

KHOA CƠ KHÍ GIAO THÔNG



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Tên đề tài:

**THIẾT KẾ KIẾN TRÚC ĐỘNG LỰC
HYBRID TRÊN CƠ SỞ XE TẢI NHẸ**

**SVTH: Nguyễn Minh Đức_ 20C4CLC2
GVHD : GS. TSKH. Bùi Văn Ga**

Đà Nẵng, 2025

TÓM TẮT

Tên đề tài: Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ.

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Minh Đức MSSV: 103200078

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Lê Anh Tú MSSV: 103200106

Sinh viên thực hiện: Lê Vũ Bảo MSSV: 103200111

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng MSSV: 103200120

Sinh viên thực hiện: Nguyễn Đăng Trường MSSV: 103200141

Cấu trúc đề án tốt nghiệp gồm 7 chương sau:

➤ **Chương 1: Tổng quan**

- Tổng quan về HEV
- Tổng quan về xe KIA Frontier K200

➤ **Chương 2: Phân tích chọn hệ động lực hev trên cơ sở xe KIA Frontier K200**

- Hệ thống HEV nối tiếp (Series hybrid)
- Hệ thống HEV song song (Parallel hybrid)
- Hệ thống HEV nối tiếp-song song (Series-parallel hybrid)
- Hệ thống HEV phức hợp (Complex hybrid)
- Lựa chọn phương án thiết kế

➤ **Chương 3: Tính chọn động cơ điện – pin – máy phát**

- Tính chọn động cơ điện
- Tính chọn pin
- Tính chọn máy phát điện

➤ **Chương 4: Sơ đồ pin và hệ thống kiểm soát nhiệt độ bằng không khí**

- Sơ đồ đấu nối pin
- Thiết kế hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin
- Mô phỏng nhiệt độ dòng khí làm mát

➤ **Chương 5: Thiết kế, bố trí và kiểm nghiệm hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA Frontier K200**

- Mô phỏng bền
- Mô phỏng an toàn va chạm pack pin

➤ **Chương 6: Hệ thống điều khiển động lực hybrid trên cơ sở xe KIA Frontier K200**

- Tổng quan về hệ thống điều khiển xe hybrid
- Hệ thống điều khiển hybrid trên cơ sở xe KIA Frontier K200
- Mô phỏng hệ thống điều khiển xe hybrid
- Thiết kế hệ thống điều khiển đóng ngắt động cơ nhiệt

- Đề xuất thiết kế bộ điều khiển quản lý pin

➤ **Chương 7: Mô hình thực nghiệm**

- Giới thiệu mô hình thực nghiệm
- Hệ động lực HEV nối tiếp trên mô hình
- Hệ thống điều khiển
- Đánh giá kết quả thử nghiệm
- Thảo luận về mô hình thực nghiệm

NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

TT	Họ tên sinh viên	Số thẻ SV	Lớp	Ngành
1	Nguyễn Minh Đức	103200078	20C4CLC1	Cơ Khí Động Lực
2	Nguyễn Lê Anh Tú	103200106	20C4CLC1	Cơ Khí Động Lực
3	Lê Vũ Bảo	103200111	20C4CLC2	Cơ Khí Động Lực
4	Lê Minh Hưng	103200120	20C4CLC2	Cơ Khí Động Lực
5	Nguyễn Đăng Trường	103200141	20C4CLC2	Cơ Khí Động Lực

Tên đề tài đồ án: Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

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

Kích thước tổng thể 5.100 x 1.750 x 2.100 mm, động cơ HYUNDAI – D4CB Diesel 04 kỳ 04 xilanh thẳng hàng tăng áp, công suất cực đại/ tốc độ quay: 130 / 3.800 Ps/(vòng/phút), Mô men xoắn/ tốc độ quay: 255/(1.500 – 3.500) N.m/(vòng/phút), hộp số M6AR1 – 6MT số sàn 6 cấp.

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

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Minh Đức	Chương 1: Tổng quan.
2	Nguyễn Lê Anh Tú	Chương 7: Mô hình thực nghiệm.
3	Lê Vũ Bảo	Chương 1: Tổng quan. Chương 2: Phân tích chọn hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA Frontier K200.
4	Lê Minh Hưng	Chương 7: Mô hình thực nghiệm.

5	Nguyễn Đăng Trường	Chương 2: Phân tích chọn hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA Frontier K200.
---	--------------------	---

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Minh Đức	Chương 5: Thiết kế, bố trí và kiểm nghiệm hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA Frontier K200.
2	Nguyễn Lê Anh Tú	Chương 6: Hệ thống điều khiển động lực hybrid trên cơ sở xe KIA Frontier K200.
3	Lê Vũ Bảo	Chương 3: Tính chọn động cơ điện – pin – máy phát.
4	Lê Minh Hưng	Chương 4: Sơ đồ pin và hệ thống kiểm soát nhiệt độ bằng không khí.
5	Nguyễn Đăng Trường	Chương 5: Thiết kế, bố trí và kiểm nghiệm hệ động lực hev trên cơ sở xe KIA Frontier K200.

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

a. Phần chung:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Minh Đức	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ sơ đồ tổng thể hệ thống HEV. - Bản vẽ tổng thể Kia Frontier K200.
2	Nguyễn Lê Anh Tú	
3	Lê Vũ Bảo	
4	Lê Minh Hưng	
5	Nguyễn Đăng Trường	

b. Phần riêng:

TT	Họ tên sinh viên	Nội dung
1	Nguyễn Minh Đức	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ lắp giá đỡ máy phát. - Bản vẽ lắp giá đỡ động cơ điện. - Bản vẽ lắp giá đỡ pin.
2	Nguyễn Lê Anh Tú	- Bản vẽ sơ đồ mạch điện hệ thống phanh tái sinh.

		<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ sơ đồ mạch điện điều khiển đóng ngắt động cơ đốt trong. - Bản vẽ chi tiết các đăng B1. - Bản vẽ chi tiết các đăng B2.
3	Lê Vũ Bảo	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ chi tiết nửa khớp nối A1. - Bản vẽ chi tiết nửa khớp nối A2. - Bản vẽ chi tiết vòng đệm. - Bản vẽ sơ đồ đấu nối điều khiển động cơ điện.
4	Lê Minh Hưng	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ chi tiết vỏ pack pin. - Bản vẽ chi tiết khung pack pin. - Bản vẽ lắp pack pin. - Bản vẽ sơ đồ mạch điện hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin.
5	Nguyễn Đăng Trường	<ul style="list-style-type: none"> - Bản vẽ chi tiết khung K200. - Bản vẽ chi tiết khung K200 HEV. - Bản vẽ bố trí khung K200 HEV. - Bản vẽ lắp các đăng. - Bản vẽ lắp khớp nối.

5. <i>Họ tên người hướng dẫn:</i>	<i>Phần/ Nội dung:</i>
PGS.TS. Lê Minh Đức	
ThS. Nguyễn Văn Phục	

6. Ngày giao nhiệm vụ đồ án:

7. Ngày hoàn thành đồ án:

Đà Nẵng, ngày...tháng năm 2025

Trưởng Bộ môn Cơ khí Động lực

Người hướng dẫn

PGS. TS. Lê Minh Đức

LỜI NÓI ĐẦU

Trong bối cảnh ngành công nghiệp ô tô ngày càng phát triển, nhu cầu cải tiến và tối ưu hóa hệ thống động lực cho các dòng xe thương mại trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. Xe Kia Frontier, với tính ứng dụng cao trong vận tải hàng hóa và khả năng vận hành mạnh mẽ, là một trong những dòng xe tải nhỏ được ưa chuộng tại thị trường Việt Nam.

Tuy nhiên, để đáp ứng những yêu cầu ngày càng khắt khe về hiệu suất, tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ môi trường, việc thiết kế lại hệ thống động lực là một bước tiến quan trọng nhằm nâng cao khả năng cạnh tranh của dòng xe này.

Đề tài “**Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ**” tập trung vào việc nghiên cứu, phân tích và đưa ra các giải pháp kỹ thuật tối ưu nhằm cải thiện hiệu suất động cơ, tăng khả năng vận hành và đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải hiện hành. Bên cạnh đó, đề tài cũng hướng đến việc ứng dụng các công nghệ mới nhằm tối ưu hóa hiệu quả sử dụng nhiên liệu và nâng cao độ bền của hệ thống.

Với tầm quan trọng của việc cải tiến động cơ không chỉ đối với ngành công nghiệp ô tô mà còn góp phần giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, nghiên cứu này hy vọng sẽ mang lại những đóng góp giá trị cho lĩnh vực thiết kế và chế tạo xe tải, đồng thời cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn cho các ứng dụng sau này.

Cuối cùng, nhóm chúng em xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến các thầy, cô đã tận tình truyền đạt lại những kiến thức quý báu cho em. Đặc biệt, em xin gửi lời cảm ơn đến thầy **PGS.TS. Lê Minh Đức** và thầy **ThS. Nguyễn Văn Phục**, nhiệt tình hướng dẫn trong quá trình nhóm chúng em thực tập tốt nghiệp. Nhóm chúng em rất mong muốn nhận được sự xem xét và chỉ dẫn của các thầy để chúng em ngày càng hoàn thiện kiến thức của mình. Nhóm chúng em xin chân thành cảm ơn, mong gửi được lời chúc tốt đẹp nhất đến các thầy để là người lái đò vững chắc cho thế hệ mai sau.

MỤC LỤC

TÓM TẮT.....	ii
NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP	v
LỜI NÓI ĐẦU.....	viii
MỤC LỤC	ix
DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ.....	xv
DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT.....	xxv
MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1: TỔNG QUAN	2
1.1 Tổng quan về HEV	2
1.2 Tổng quan về xe KIA Frontier K200.....	3
1.2.1 Giới thiệu xe KIA Frontier K200	3
1.2.2 Khảo sát các đặc tính của xe Kia Frontier K200.....	5
1.2.2.1 Khảo sát đặc tính ngoài của động cơ nhiệt.....	5
1.2.2.2 Đồ thị cân bằng lực kéo.....	6
1.2.2.4 Đồ thị nhân tố động lực học	9
1.2.2.5 Đồ thị gia tốc	11
1.2.2.6 Suất tiêu hao nhiên liệu	14
Chương 2: PHÂN TÍCH CHỌN HỆ ĐỘNG LỰC HEV TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200	17
2.1 Hệ thống HEV nối tiếp (Series hybrid)	17
2.2 Hệ thống HEV song song (Parallel hybrid).....	18
2.3 Hệ thống HEV nối tiếp-song song (Series-parallel hybrid)	19
2.4 Hệ thống HEV phức hợp (Complex hybrid).....	20
2.5 Lựa chọn phương án thiết kế	22
Chương 3: TÍNH CHỌN ĐỘNG CƠ ĐIỆN – PIN – MÁY PHÁT	23
3.1 Tính chọn động cơ điện	23
3.1.1. Giới thiệu các loại sử dụng động cơ điện.....	25
3.1.1.1 Động cơ điện một chiều (DC Motor)	25
3.1.1.1.1 Động cơ DC không chổi than (Brushless DC Motor - BLDC).....	27
3.1.1.1.2 Động cơ DC có chổi than (Brushed DC Motor).....	30
3.1.1.2 Động cơ điện xoay chiều (AC Motor).....	31
3.1.1.2.1 Động cơ điện xoay chiều cảm ứng (Induction Motor).....	33

3.1.1.2.2 Động cơ điện xoay chiều đồng bộ (Synchronous Motor)	36
3.1.2 Tính chọn động cơ điện	40
3.1.3 Tính toán đặc tính ngoài động cơ điện	44
3.1.4 Đặc tính kéo xe HEV	46
3.1.4.1 Đặc tính kéo của động cơ điện	46
3.1.4.2 Đồ thị nhân tố động lực học của xe	47
3.1.4.3 Đồ thị gia tốc của xe	48
3.2 Tính chọn pin	49
3.2.1 Giới thiệu các loại pin	49
3.2.1.1 Pin axit chì	49
3.2.1.2 Pin Niken	54
3.2.1.2.1 Pin Niken Cadmium (NiCad)	55
3.2.1.2.2 Pin Niken Hydrua kim loại (NiMH)	57
3.2.1.3 Pin Lithium	60
3.2.1.3.1 Pin Lithium-ion	60
3.2.1.3.2 Pin Lithium Polymer (Li-Po)	63
3.2.2 Tính chọn pin	65
3.2.2.1 Cơ sở lý thuyết	65
3.2.2.2 Tính toán các thông số pin	71
3.3 Tính chọn máy phát điện	73
3.3.1 Giới thiệu máy phát điện	73
3.3.2 Tính chọn máy phát điện	74
Chương 4: SƠ ĐỒ PIN VÀ HỆ THỐNG KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ	78
BẢNG KHÔNG KHÍ	78
4.1 Sơ đồ đấu nối pin	78
4.1.1 Giới thiệu các kiểu đấu nối phổ biến hiện nay	78
4.1.2 Sơ đồ đấu nối Pin trên xe	79
4.2 Thiết kế hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin	80
4.2.1 Đặt vấn đề	80
4.2.2 Thiết kế mạch làm mát Pin trên mô hình HEV nối tiếp	80
4.2.2.1 Nguồn cấp điện cho mạch hoạt động	82
4.2.2.2 Module hạ áp Buck DC-DC 5A XL4015	83
4.2.2.3 Module relay 5V-4 Kênh	84
4.2.2.4 Quạt làm mát Pin	86
4.2.2.5 Mạch điều khiển ESP32-WROOM-32	87

4.2.2.6 Cảm biến nhiệt độ LM35.....	89
4.2.2.7 Màn hình hiển thị OLED SSD1306	90
4.2.3 Sơ đồ thuật toán điều khiển	93
4.2.4 Phần mềm lập trình điều khiển.....	94
4.3 Mô phỏng nhiệt độ dòng khí làm mát.....	95
4.3.1 Cơ sở lý thuyết.....	95
4.3.1.1 Đặt vấn đề.....	95
4.3.1.2 Giải pháp làm mát pin bằng không khí cưỡng bức	97
4.3.2 Mục tiêu bài toán	98
4.3.3 Giới thiệu phần mềm mô phỏng.....	100
4.3.4 Thiết lập thông số ban đầu và điều kiện biên.....	102
4.3.4.1 Xây dựng mô hình mô phỏng.....	102
4.3.4.2 Thiết lập các thông số đầu vào	103
4.3.4.3 Thiết lập thông số lưới.....	104
4.3.5 Kết quả mô phỏng và bình luận.....	106
4.3.5.1 Mô phỏng một module pin	106
4.3.5.2 Mô phỏng một pack pin.....	113
Chương 5: THIẾT KẾ, BỐ TRÍ VÀ KIỂM NGHIỆM HỆ ĐỘNG LỰC HEV TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200	120
5.1 Mô phỏng bền	120
5.1.1 Cơ sở lý thuyết.....	120
5.1.2 Giới thiệu phần mềm mô phỏng.....	122
5.1.3 Mô phỏng bền khung xe KIA Frontier K200 nguyên bản	122
5.1.3.1 Giới thiệu khung xe Kia Frontier K200	122
5.1.3.2 Thông số mô phỏng.....	123
5.1.3.3 Quá trình mô phỏng.....	123
5.1.3.4 Kết quả mô phỏng và bình luận.....	130
5.1.4 Thiết kế bố trí hệ động lực HEV và mô phỏng bền.	141
5.1.4.1 Thiết kế bố trí động lực HEV trên cơ sở xe Kia Frontier K200.....	141
5.1.4.2 Thông số mô phỏng.....	142
5.1.4.3 Quá trình mô phỏng.....	143
5.1.4.4 Kết quả mô phỏng và bình luận.....	150
5.1.5 Mô phỏng bền đồ gá động cơ điện, đồ gá máy phát, pack pin.....	159
5.1.5.1 Mô phỏng bền đồ gá động cơ điện.....	159
5.1.5.1.1 Kết quả phân tích và đánh giá	163

5.1.5.2 Mô phỏng bền đồ gá máy phát	173
5.1.5.3 Mô phỏng bền pack pin	187
5.1.5.3.1 Kết quả phân tích và đánh giá	191
5.2 Mô phỏng an toàn va chạm pack pin	202
5.2.1 Cơ sở lý thuyết.....	202
5.2.2 Giới thiệu phần mềm mô phỏng HyperWorks	203
5.2.3 Thông số mô phỏng.....	205
5.2.4 Tiêu chuẩn mô phỏng va chạm.....	205
5.2.5 Quá trình mô phỏng.....	207
5.2.5.1 Thiết lập mô hình cho bài toán phân tích mô phỏng va chạm	207
5.2.5.2 Kiểm tra hệ thống đơn vị đầu vào	208
5.2.5.3 Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn	208
5.2.5.4 Thiết lập Properties.....	211
5.2.5.5 Thiết lập Materials (Vật liệu)	212
5.2.5.6 Thiết lập gôì cố định (Constraint)	215
5.2.5.7 Thiết lập thông số vận tốc	217
5.2.5.8 Thiết lập mối liên hệ tiếp xúc (Contact) giữa các phần tử	218
5.2.5.9 Thiết lập liên kết (Ruled) giữa các phần tử	220
5.2.5.10 Thiết lập khối lượng (Mass) cho các phần tử.....	220
5.2.5.11 Thiết lập thời gian dừng và các bước thời gian để khởi chạy mô phỏng	221
5.2.6 Kết quả mô phỏng và bình luận.....	222
Chương 6: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG LỰC HYBRID TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200	226
6.1 Tổng quan về hệ thống điều khiển xe hybrid	226
6.1.1 Nguyên lý làm việc của hệ thống điều khiển xe hybrid	226
6.1.2 Vai trò của bộ điều khiển.....	226
6.1.3 Các thành phần chính của bộ điều khiển.....	228
6.2 Hệ thống điều khiển hybrid trên cơ sở xe KIA Frontier K200	229
6.2.1 Thiết kế hệ thống điều khiển	229
6.2.2 Xây dựng các chế độ hoạt động	230
6.2.2.1 Chế độ khởi động và chạy với nguồn năng lượng từ pin	231
6.2.2.2 Chế độ chạy đường trường	232
6.2.2.3. Chế độ phanh tái sinh	233
6.2.2.4. Chế độ sạc tại vị trí dừng đỗ.....	234
6.2.3 Giải pháp hệ thống điều khiển.....	234

6.3 Mô phỏng hệ thống điều khiển xe hybrid	235
6.3.1 Giới thiệu phần mềm mô Phỏng.....	235
6.3.1.1 Tổng quan về phần mềm	235
6.3.1.2 Các chức năng của phần mềm	235
6.3.1.3 Các ứng dụng của phần mềm	236
6.3.2 Sơ đồ thuật toán hệ thống	237
6.3.3 Kết quả mô phỏng hệ thống.....	238
6.4 Thiết kế hệ thống điều khiển đóng ngắt động cơ nhiệt	242
6.4.1 Giới thiệu chung	242
6.4.1.1 Vai trò của động cơ đốt trong trong hệ động lực xe hybrid nối tiếp	242
6.4.1.2 Lựa chọn phương án thiết kế mạch đóng ngắt động cơ đốt trong	243
6.4.1.3 Nhiệm vụ và yêu cầu kỹ thuật	243
6.4.2 Giới thiệu về nhóm thiết bị trong mạch điều khiển.....	243
6.4.2.1 Vi điều khiển esp32	243
6.4.2.2 Cảm biến hall A3144.....	244
6.4.2.3 Cảm biến hiệu điện thế 25VDC.....	245
6.4.2.4 Modul relay 2 kênh.....	245
6.4.2.5 Relay JD1912 12V 100A 4 chân	246
6.4.3 Giới thiệu về phần mềm thiết kế	247
6.4.3.1 Autocad.....	247
6.4.3.2 Phần mềm Visual Studio Code.....	248
6.4.4 Quá trình thiết kế	249
6.4.5 Sơ đồ điều khiển và nguyên lý làm việc.....	251
6.5 Đề xuất thiết kế bộ điều khiển quản lý pin	252
6.5.1 Giới thiệu sơ bộ về bộ quản lý pin	252
6.5.2 Nguyên lý hoạt động của bộ quản lý pin.....	252
6.5.3 Hệ thống điều khiển BMS	255
6.5.3.1 Cấu trúc hệ thống điều khiển BMS	255
6.5.3.2 Sơ đồ thuật toán điều khiển cân bằng cell pin.....	258
Chương 7: MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM	260
7.1 Giới thiệu mô hình thực nghiệm	260
7.1.1 Mục tiêu thực hiện.....	260
7.1.2 Tổng quan về mô hình.....	261
7.1.4 Bảng sơ đồ mạch và đồng hồ hiện thị	263
7.2 Hệ động lực HEV nối tiếp trên mô hình	266

7.2.1 Động cơ Diesel	266
7.2.2 Máy phát điện	267
7.2.3 Bộ chuyển đổi điện áp	270
7.2.4 Nguồn lưu trữ năng lượng	271
7.2.5 Động cơ điện	272
7.3 Hệ thống điều khiển	274
7.3.1 Hệ thống khởi động động cơ	274
7.3.2 Hệ thống làm mát nguồn lưu trữ năng lượng	276
7.3.3 Hệ thống phanh tái sinh	278
7.3.4 Mạch điều chỉnh cân bằng điện áp	279
7.4 Đánh giá kết quả thử nghiệm	280
7.4.1 Thiết lập chu trình đo thử nghiệm	280
7.4.1.1 Mục đích thực hiện	280
7.4.1.2 Tính toán sơ bộ chu trình	280
7.4.1.3 Chu trình thực nghiệm trên động cơ đốt trong	281
7.4.1.4 Chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp	283
7.4.2 Thử nghiệm đo tiêu hao nhiên liệu	286
7.4.2.1 Dụng cụ và thiết bị	286
7.4.2.2 Các bước tiến hành	287
7.4.2.3 Kết quả	288
7.4.3 Thử nghiệm đo chỉ số phát thải	289
7.4.3.1 Dụng cụ và thiết bị	289
7.4.3.2 Các bước tiến hành	290
7.4.3.3 Kết quả	292
7.5 Thảo luận về mô hình thực nghiệm	293
KẾT LUẬN	294
TÀI LIỆU THAM KHẢO	296
PHỤ LỤC 1	300
PHỤ LỤC 2	303
PHỤ LỤC 3	305
PHỤ LỤC 4	308
PHỤ LỤC 5	312

DANH SÁCH CÁC BẢNG, HÌNH VẼ

Bảng 1.1 Thông số kỹ thuật cơ bản của xe KIA FRONTIER K200	3
Bảng 1.2 Thông số kỹ thuật của động cơ D4CB.....	4
Bảng 1.3 Thông số công suất và momen của động cơ	5
Bảng 1.4 Thông số lực kéo trên từng tay số.....	7
Bảng 1.5 Thông số lực cản ứng với từng tay số.....	8
Bảng 1.6 Thông số nhân tố động lực học	9
Bảng 1.7 Thông số nhân tố động lực học theo điều kiện bám	10
Bảng 1.8 Hệ số ảnh hưởng của các khối lượng chuyển động quay	12
Bảng 1.9 Thông số gia tốc ứng với mỗi tay số.....	12
Bảng 1.10 Thông số suất tiêu hao nhiên liệu ứng với mỗi tay số	14
Bảng 3.1 Thông số đặc tính ngoài động cơ điện	45
Bảng 3.2 Thông số đặc tính kéo	46
Bảng 3.3 Thông số đồ thị nhân tố động lực học của xe	47
Bảng 3.4 Thông số đồ thị gia tốc.....	48
Bảng 3.5 Thông số của pin chì axit.....	50
Bảng 3.6 Thông số của pin Niken Cadmium	56
Bảng 3.7 Thông số của Pin Niken Hydrua kim loại.....	59
Bảng 3.8 Thông số của Pin Li-Ion.....	62
Bảng 3.9 Thông số kỹ thuật của xe Kia Frontier K200.....	65
Bảng 3.10 Chu trình WLTC loại 3	67
Bảng 3.11 Công suất tiêu hao của các tải liên tục trên xe	70
Bảng 3.12 Công suất tiêu hao của các tải gián đoạn trên xe	70
Bảng 4.1 Bảng thiết lập các tiêu chuẩn mô phỏng ban đầu.....	103
Bảng 4.2 Bảng thiết lập các thông số mô phỏng	104
Bảng 4.3 Thông số lưới mô phỏng một module pin.....	105
Bảng 4.4 Thông số lưới mô phỏng pack pin	105
Bảng 5.1 Thông số đặt lực.....	124
Bảng 5.2 Thông số đặt lực.....	144
Bảng 5.3 Thông số kỹ thuật của khung xe và mặt phẳng giả định đầu xe tải [40]	211
Bảng 5.4 Thông số kỹ thuật vật liệu của toàn bộ mô hình [40]	211
Bảng 5.5 Thông số tải trọng mô hình bài toán va chạm.....	221
Bảng 6.1 So Sánh ưu nhược điểm cân bằng chủ động và cân bằng thụ động.....	254

Bảng 7.1 Số liệu chu trình đo thực nghiệm trên động cơ đốt trong	282
Bảng 7.2 Số liệu chu trình đo thực nghiệm trên mô hình HEV	285
Hình 1.1 Hybrid là dòng xe kết hợp động cơ xăng với động cơ điện	2
Hình 1.2 Xe KIA FRONTIER K200	3
Hình 1.3. Động cơ D4CB	4
Hình 1.3 Đồ thị đặc tính ngoài của động cơ	6
Hình 1.4 Đồ thị cân bằng lực kéo	8
Hình 1.5 Đồ thị nhân tố động lực học	11
Hình 1.6 Đồ thị gia tốc	13
Hình 1.7 Đồ thị suất tiêu hao nhiên liệu	15
Hình 2.1 Sơ đồ Hybrid nối tiếp	17
Hình 2.2 Sơ đồ Hybrid song song	19
Hình 2.3 Sơ đồ Hybrid nối tiếp song song	20
Hình 2.4 Sơ đồ Hybrid phức hợp	21
Hình 3.1 Xe Tesla Model S	24
Hình 3.2 Xe Nissan Leaf	24
Hình 3.3 Xe Vinfast VF 5	25
Hình 3.4 Cấu hình cơ bản của bộ truyền động động cơ điện DC trên xe điện	26
Hình 3.5 Cấu tạo động cơ DC có chổi than	27
Hình 3.6 Cấu tạo động cơ BLDC	27
Hình 3.7 Động cơ BLDC	28
Hình 3.8 Bố trí động cơ không chổi than trên xe điện	28
Hình 3.9 Cấu tạo động cơ BDC	31
Hình 3.10 Cấu tạo động cơ điện xoay chiều	32
Hình 3.11 Nguyên lý làm việc động cơ điện xoay chiều	32
Hình 3.12 Mặt cắt ngang của động cơ cảm ứng và rotor lồng sóc	34
Hình 3.13 Đặc tính động cơ IM với các vùng làm việc	34
Hình 3.14a Sơ đồ cấu hình cơ bản của động cơ cảm ứng	35
Hình 3.14b Cấu hình một động cơ cho xe điện thương mại	35
Hình 3.15 Synchronous Motor	37
Hình 3.16 Sơ đồ cấu hình cơ bản của động cơ đồng bộ	38
Hình 3.17 Biến tần điện áp Fed Full-Bridge ba pha	39
Hình 3.18 Sơ đồ tác dụng lực lên xe tải khi chuyển động lên dốc	41
Hình 3.19 Bộ biến tần (TZ-280-X-S-GA05)	43

Hình 3.20	Cụm động cơ điện và bộ biến tần (TZ-280-X-S-GA05) [10]	43
Hình 3.21	Đồ thị đặc tính ngoài động cơ điện	45
Hình 3.22	Đồ thị đặc tính kéo	47
Hình 3.23	Đồ thị nhân tố động lực học	48
Hình 3.24	Đồ thị gia tốc	49
Hình 3.25	Pin axit chì (ắc quy chì)	50
Hình 3.26	Cấu tạo pin axit chì (ắc quy chì)	51
Hình 3.27	Quá trình xảy ra trong pin chì – axit khi pin được nạp điện	52
Hình 3.28	Phản ứng tạo khí ở các cực khi pin được sạc đầy	53
Hình 3.29	Sự thay đổi của điện áp mạch hở của cell pin chì axit loại kín	53
Hình 3.30	Cấu tạo bên trong pin Niken Cadmium	55
Hình 3.31	Các phản ứng xảy ra khi pin NiCad phóng điện	56
Hình 3.32	Các phản ứng xảy ra khi pin NiMH phóng điện	58
Hình 3.33	Pin niken hydrua kim loại	58
Hình 3.34	Sơ đồ cấu tạo của pin Li-ion	60
Hình 3.35	Nguyên lý hoạt động của pin Lithium ion thể hiện qua quy trình sạc	62
Hình 3.36	Cấu tạo của pin Li-Po	64
Hình 3.37	Mô hình MATLAB chu trình WLTC loại 3	66
Hình 3.38	Biểu đồ chu trình WLTC loại 3	67
Hình 3.39	Mô hình tính toán MATLAB tính lực kéo và công suất của xe	68
Hình 3.40	Biểu đồ lực kéo và công suất của xe	69
Hình 3.41	Mô hình tính toán MATLAB tính năng lượng tiêu tốn trung bình	69
Hình 3.42	Biểu đồ năng lượng	69
Hình 3.43	Mô hình tính toán MATLAB tính năng lượng tiêu tốn tổng cộng	71
Hình 3.44	Máy phát điện 3 pha	73
Hình 3.45	Máy phát điện hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ	74
Hình 3.46	Máy phát GDF -180	76
Hình 3.47	Bản vẽ kích thước máy phát GDF -180	77
Hình 4.1	Pack Pin trên xe điện Volkswagen	78
Hình 4.2	Sơ đồ đấu nối Cell Pin trên xe	79
Hình 4.3	Sơ đồ mắc mạch làm mát Pin	81
Hình 4.4	Acquy cấp nguồn cho mạch hoạt động	82
Hình 4.5	Module hạ áp DC-DC/5A XL4015	84
Hình 4.6	Module relay 5V 1 kênh	85
Hình 4.7	Quạt làm mát Pin	86

Hình 4.8 Mạch điều khiển ESP32-WROOM-32.....	88
Hình 4.9 Sơ đồ chân ESP32	88
Hình 4.10 Cảm biến nhiệt độ LM35.....	90
Hình 4.11 Màn hình OLED SSD1306.....	91
Hình 4.12 Phần mềm Arduino IDE	94
Hình 4.13 Giao diện Arduino IDE	95
Hình 4.14 Pin.....	96
Hình 4.15 Hệ thống làm mát bằng không khí trên ô tô điện	98
Hình 4.16 Phương án làm mát pin bằng không khí cưỡng bức trên module, pack pin	100
Hình 4.17 Ansys.	100
Hình 4.18 Sử dụng Ansys mô phỏng khí động học của xe	101
Hình 4.19 Mô hình mô phỏng một module	102
Hình 4.20 Mô hình mô phỏng toàn bộ pack pin.....	103
Hình 4.21 Hình dạng lưới toàn bộ một module pin	106
Hình 4.22 Hình dạng lưới trên một pack pin.....	106
Hình 4.23 Biến thiên nhiệt độ của các thành phần trong module pin theo thời gian mô phỏng	107
Hình 4.24 Phân bố nhiệt độ trên từng tế bào pin.....	107
Hình 4.25 Phân bố nhiệt độ tổng thể một module.....	108
Hình 4.26 Phân bố áp suất tổng thể một module.....	108
Hình 4.27 Phân bố nhiệt độ trong một module theo mặt cắt ngang	109
Hình 4.28 Phân bố vận tốc dòng khí trong một module theo mặt cắt ngang	109
Hình 4.29 Phân bố áp suất trong một module theo mặt cắt ngang	110
Hình 4.30 Phân bố nhiệt độ trong một module theo mặt cắt dọc	110
Hình 4.31 Phân bố vận tốc dòng khí trong một module theo mặt cắt dọc	111
Hình 4.32 Phân bố áp suất trong một module theo mặt cắt dọc.....	111
Hình 4.33 Phân bố trường vận tốc trong một module theo mặt cắt dọc.....	112
Hình 4.34 Phân bố trường vận tốc trong một module theo mặt cắt ngang.....	112
Hình 4.35 Biểu đồ nhiệt độ các thành phần trong một pack pin theo 800s mô phỏng.....	113
Hình 4.36 Phân bố nhiệt độ trên từng module pin	114
Hình 4.37 Phân bố nhiệt độ tổng thể một pack pin	114
Hình 4.38 Phân bố áp suất tổng thể một pack pin.....	115
Hình 4.39 Phân bố nhiệt độ trong một pack pin theo mặt cắt ngang	115
Hình 4.40 Phân bố vận tốc dòng khí trong một pack pin theo mặt cắt ngang	116

Hình 4.41 Phân bố áp suất trong một pack pin theo mặt cắt ngang	116
Hình 4.42 Phân bố nhiệt độ trong một pack pin theo mặt cắt dọc	117
Hình 4.43 Phân bố vận tốc dòng khí trong một pack pin theo mặt cắt dọc	117
Hình 4.44 Phân bố áp suất trong một pack pin theo mặt cắt dọc	118
Hình 4.45 Phân bố trường vận tốc trong một pack pin theo mặt cắt dọc dưới dạng vector	118
Hình 4.46 Phân bố trường vận tốc trong một pack pin theo mặt cắt ngang.....	119
Hình 5.1 Phần mềm Autodesk Inventor	122
Hình 5.2 Đặt vật liệu	123
Hình 5.3 Đặt gổi cố định	124
Hình 5.4 Đặt lực cho ốc quy	125
Hình 5.5 Đặt lực cho lớp dự phòng	126
Hình 5.6 Đặt lực cho thùng nhiên liệu	126
Hình 5.7 Đặt lực cho pat treo hộp số.....	126
Hình 5.8 Đặt lực cho pat treo động cơ đốt trong.....	127
Hình 5.9 Đặt lực cho khung đỡ thùng	127
Hình 5.10 Đặt lực cho pat đỡ thùng	128
Hình 5.11 Đặt thông số lưới	128
Hình 5.12 Chia lưới khung.....	129
Hình 5.13 Ứng suất Von Mises	130
Hình 5.14 Ứng suất theo trục XX.....	131
Hình 5.15 Ứng suất theo trục YY	132
Hình 5.16 Ứng suất theo trục ZZ.....	133
Hình 5.17 Chuyển vị tương đương.....	134
Hình 5.18 Chuyển vị theo phương X	135
Hình 5.19 Chuyển vị theo phương Y.....	135
Hình 5.20 Chuyển vị theo phương Z	136
Hình 5.21 Biến dạng tương đương	137
Hình 5.22 Biến dạng theo phương X.....	138
Hình 5.23 Biến dạng theo phương Y	138
Hình 5.24:Biến dạng theo phương Z	139
Hình 5.25 Hệ số an toàn	140
Hình 5.26 Bố trí hệ động lực xe K200 HEV	141
Hình 5.27 Đặt vật liệu	143
Hình 5.28 Đặt gổi cố định	143

Hình 5.29 Đặt lực cho ốc quy	145
Hình 5.30 Đặt lực cho thùng nhiên liệu	145
Hình 5.31 Đặt lực cho pat treo động cơ đốt trong.....	146
Hình 5.32 Đặt lực cho khung đỡ thùng	147
Hình 5.33 Đặt lực cho pat đỡ thùng	147
Hình 5.34 Đặt lực pack pin.....	147
Hình 5.35 Đặt lực cho động cơ điện.....	148
Hình 5.36 Đặt lực cho máy phát.....	148
Hình 5.37 Đặt thông số lưới	149
Hình 5.38 Chia lưới	149
Hình 5.39 Ứng suất Von Mises	150
Hình 5.40 Ứng suất theo trục XX.....	151
Hình 5.41 Ứng suất theo trục YY	152
Hình 5.42 Ứng suất theo trục ZZ.....	153
Hình 5.43 Chuyển vị tương đương.....	154
Hình 5.44 Chuyển vị theo phương X	154
Hình 5.45 Chuyển vị theo phương Y.....	155
Hình 5.46 Chuyển vị theo phương Z	156
Hình 5.47 Biến dạng tương đương	156
Hình 5.48 Biến dạng theo phương X.....	157
Hình 5.49 Biến dạng theo phương Y	157
Hình 5.50 Biến dạng theo phương Z	158
Hình 5.51 Hệ số an toàn	159
Bảng 5.52 Đặt vật liệu	160
Hình 5.53 Đặt gối cố định	161
Hình 5.54 Đặt lực giá đỡ động cơ	161
Hình 5.55 Đặt lực giá đỡ động cơ	162
Hình 5.56 Cài đặt thông số lưới	163
Hình 5.57 Chia lưới mô hình.....	163
Hình 5.58 Ứng suất Von Mises	164
Hình 5.59 Ứng suất trục XX.....	165
Hình 5.60 Ứng suất trục YY.....	165
Hình 5.61 Ứng suất trục ZZ	166
Hình 5.62 Chuyển vị tương đương.....	167
Hình 5.63 Chuyển vị theo phương X	168

Hình 5.64 Chuyển vị theo phương Y	168
Hình 5.65 Chuyển vị theo phương Z.....	169
Hình 5.66 Biến dạng tương đương.....	170
Hình 5.67 Biến dạng Phương X	170
Hình 5.68 Biến dạng Phương Y	171
Hình 5.69 Biến dạng Phương Z.....	172
Hình 5.70 Nhân tố an toàn.....	172
Hình 5.71 Đặt thông số vật liệu.....	174
Hình 5.72 Đặt vật liệu toàn bộ khung bằng thép SS400	174
Hình 5.73 Đặt gối cố định	175
Hình 5.74 Đặt lực giá đỡ động cơ	176
Hình 5.75 Đặt lực giá đỡ động cơ	176
Hình 5.76 Cài đặt thông số lưới	177
Hình 5.77 Chia lưới mô hình.....	178
Hình 5.78 Ứng suất Von Mises	178
Hình 5.79 Chuyển vị tương đương.....	179
Hình 5.80 Chuyển vị theo phương X	180
Hình 5.81 Chuyển vị theo phương Y	180
Hình 5.82 Chuyển vị theo phương Z.....	181
Hình 5.83 Nhân tố an toàn.....	181
Hình 5.84 Ứng suất trục XX.....	182
Hình 5.85 Ứng suất trục YY.....	183
Hình 5.86 Ứng suất trục ZZ	183
Hình 5.87 Biến dạng tương đương	184
Hình 5.88 Biến dạng theo phương X.....	185
Hình 5.89 Biến dạng theo phương Y.....	185
Hình 5.90 Biến dạng theo phương Z	186
Hình 5.91 Đặt vật liệu	187
Hình 5.92 Đặt gối cố định	188
Hình 5.93 Đặt lực giá đỡ động cơ	189
Hình 5.94 Cài đặt thông số lưới	190
Hình 5.95 Chia lưới mô hình.....	190
Hình 5.96 Ứng suất Von Mises	191
Hình 5.97 Ứng suất trục XX.....	192
Hình 5.98 Ứng suất trục YY.....	193

Hình 5.99 Ứng suất trục ZZ	194
Hình 5.100 Chuyển vị tương đương	195
Hình 5.101 Chuyển vị theo phương X	196
Hình 5.102a Chuyển vị theo phương Y	197
Hình 5.102b Chuyển vị theo phương Z	198
Hình 5.103 Biến dạng tương đương	199
Hình 5.104 Biến dạng theo phương X	199
Hình 5.105 Biến dạng theo phương Y	200
Hình 5.106 Biến dạng theo phương Z	200
Hình 5.107 Nhân tố an toàn	201
Hình 5.108 Logo Hyperwork Altair	203
Hình 5.109 Quá trình mô phỏng va chạm hiển thị qua Hyperview	204
Hình 5.120 Thông số Properties của Thanh dọc khung trái (Khung xe)	212
Hình 5.121 Thông số Properties của Mô hình Mặt phẳng đầu xe tải	212
Hình 5.122 Đồ thị đường cong vật liệu của thép	213
Hình 5.123 Thông số Materials của khung xe	213
Hình 5.124 Thông số Materials của mô hình Mặt phẳng đầu xe tải	214
Hình 5.125 Gán Properties và Materials cho Thanh dọc khung trái (Khung xe)	214
Hình 5.126 Gán Properties và Materials cho mô hình Mặt phẳng đầu xe tải	214
Hình 6.1 ECU điều khiển xe hybrid	226
Hình 6.2 Sơ đồ hệ thống xe hybrid	227
Hình 6.3 Sơ đồ tổng thể hệ thống hybrid trên xe Kia K200	229
(Acc: Gia Tốc; GPS: Cảm biến vị trí tay số)	229
Hình 6.4 Chế độ khởi động và chạy với nguồn năng lượng từ pin.	231
Hình 6.5 Chế độ chạy đường trường	232
Hình 6.6 Chế độ Phanh Tái sinh	233
Hình 6.7 Chế độ sạc tại vị trí dừng đỗ	234
Hình 6.8 Phần mềm Matlab	235
Hình 6.9 Các tính năng của phần mềm Matlab	236
Hình 6.10 Các ứng dụng của Matlab	237
Hình 6.12 Biểu đồ vận tốc của xe	239
Hình 6.13 Biểu đồ công suất động cơ điện	240
Hình 6.14 Biểu đồ năng lượng pin	241
Hình 6.15 Biểu đồ công suất máy phát	241
Hình 6.16 Động cơ đốt trong Hyundai D4CB CRDI trên xe Kia Frontier K200	242

Hình 6.17 Vi điều khiển esp32	244
Hình 6.18 Cảm biến hall A3144.....	245
Hình 6.19 Cảm biến điện áp 25VDC.....	245
Hình 6.20 Modun relay 2 kênh.....	246
Hình 6.21 Relay JD1912 12V 100A 4 chân.....	247
Hình 6.22 Phần mềm AutoCAD.....	248
Hình 6.23 Phần mềm lập trình Visual Studio Code	249
Hình 6.24 Thiết kế sơ đồ mạch.....	249
Hình 6.25 Sơ đồ thuật toán.....	250
Hình 6.26 Sơ đồ mạch điều khiển đóng ngắt động cơ đốt trong.....	251
Hình 6.27 Khối pin lithium	252
Hình 6.28 Nguyên lý cân bằng chủ động và bị động [26].....	253
Hình 6.29 Cân bằng pin chủ động.....	254
Hình 6.30 Cân bằng pin thụ động.....	254
Hình 6.31 Cấu trúc hệ thống điều khiển BMS	256
Hình 6.32 Sơ đồ thuật toán cân bằng điện áp trên từng cell pin	258
Hình 7.1 Tổng thể mô hình HEV nối tiếp	261
Hình 7.2 Tổng thể bảng sơ đồ	264
Hình 7.3 Các đồng hồ hiển thị.....	264
Hình 7.4 Động cơ Diesel được sử dụng trên mô hình.....	266
Hình 7.5 Động cơ theo góc nhìn từ trên xuống.....	267
Hình 7.6 Máy phát điện xoay chiều.....	268
Hình 7.7 Khớp nối các đấng giữa động cơ nhiệt và máy phát.	269
Hình 7.8 Bộ chuyển đổi điện áp AC-DC.....	270
Hình 7.9 Bộ lưu trữ năng lượng	271
Hình 7.10 Động cơ điện được nối với bộ giảm tốc để dẫn động cầu sau.....	272
Hình 7.11 IC điều khiển động cơ điện.....	273
Hình 7.12 Bản mạch điều khiển khởi động động cơ đốt trong	274
Hình 7.13 Màn hình hiển thị các thông số hệ thống khởi động động cơ đốt trong.....	275
Hình 7.14 Mạch điều khiển làm mát	276
Hình 7.15 Quạt làm mát bộ lưu trữ năng lượng	277
Hình 7.16 Đồng hồ hiển thị nhiệt độ	278
Hình 7.17 Bộ điều khiển hệ thống phanh tái sinh	278
Hình 7.18 Màn hình hiển thị các thông số hệ thống phanh tái sinh	279
Hình 8.19 Mạch cân bằng điện áp acqy	280

Hình 7.20 Chu trình thực nghiệm trên động cơ đốt trong	282
Hình 7.21 Chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp	285
Hình 7.22 Dụng cụ đo lượng tiêu hao nhiên liệu	286
Hình 7.23 Dụng cụ đo tốc độ quay của động cơ.	286
Hình 7.24 Lượng nhiên liệu hiện có trước khi thực hiện đo.	287
Hình 7.25 Sử dụng máy đo tốc độ vòng quay.	287
Hình 7.26 Nhiên liệu tiêu hao sau khi thử nghiệm.....	288
Hình 7.27 Thiết bị đo khí thải HESH-BON HD-410	289
Hình 7.28 Thiết bị đo tốc độ HIOKI FT3405.....	290
Hình 7.30 Màn hình hiển thị kết quả đo phát thải.....	291

DANH SÁCH CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT

KÝ HIỆU:

P_{emax}	Công suất cực đại
P	Công suất định mức
λ	Hệ số vòng quay
M_e	Mô men có ích
P_e	Công suất có ích
n_e	Số vòng quay động cơ
f	Hệ số cản lăn
v_{max}	Vận tốc cực đại
C_x	Hệ số cản không khí
S	Diện tích cản chính diện
F_k	Lực kéo
F_f	Lực cản lăn
F_i	Lực cản dốc
F_j	Lực cản quán tính
G	Khối lượng toàn bộ xe
g	Gia tốc trọng trường
δ_j	Hệ số kể đến ảnh hưởng của các khối lượng chuyển động quay.
j	Gia tốc
F_{ω}	Lực cản khí động
r_{bx}	Bán kính bánh xe động học
i_0	Tỷ số truyền lực chính
i_{hi}	Tỷ số truyền từng tay số
F_{ki}	Lực kéo từng tay số
v_i	Vận tốc từng tay số
P_k	Công suất kéo
P_f	Công suất tiêu hao cho cản lăn
P_i	Công suất tiêu hao cho lực cản lên dốc
P_j	Công suất tiêu hao do lực cản quán tính khi tăng tốc
P_{ω}	Công suất tiêu hao cho cản không khí
η_t	Hiệu suất truyền động
P_{ki}	Công suất kéo từng tay số
P_c	Công cản
D_i	Nhân tốc động lực học từng tay số
η_{tl}	Hiệu suất truyền lực
D_{φ}	Nhân tố bám

CHỮ VIẾT TẮT:

HEV	Hybrid Electric Vehicle
ICEV	Internal Combustion Engine Vehicle
DC	Direct Current
AC	Alternating Current
PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor
EV	Electric Vehicle
PM	Permanent Magnet
BLDC	Brushless Direct Current
IM	Induction Motor
FOC	Field-oriented control
BDC	Brushed Direct Current
PWM	Pulse-width Modulated
FG	Flexible Gear
SM	Synchronous Motor
VFI	Voltage-Fed Inverter
CFI	Current-Fed Inverter
IGBT	Insulated-Gate Bipolar Transistor
ECU	Electronic Control Unit
ICE	Internal Combustion Engine
EM	Electric Motor
BMS	Battery Management System
SOC	State of Charge
SOH	State of Health
CAD	Computer-Aided Design
CFM	Cubic Feet per Minute
RAM	Random Access Memory
GPIO	General Purpose Input Output
PWM	Pulse Width Modulation
ADC	Analog-to-Digital Converter
DAC	Digital-to-Analog Converter
I2C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
LED	Light Emitting Diode
SPI	Serial Peripheral Interface
OLED	Organic Light Emitting Diode
IDE	Integrated Development Environment
PCM	Pulse Code Modulation
CFD	Computational Fluid Dynamics

MỞ ĐẦU

Mục đích của đề tài là nghiên cứu và thiết kế hệ động lực Hybrid (HEV) trên cơ sở xe tải nhẹ KIA Frontier K200, với mục tiêu cải thiện hiệu suất vận hành, giảm tiêu hao nhiên liệu và giảm thiểu tác động môi trường. Đề tài tập trung vào việc ứng dụng các công nghệ mới để tối ưu hóa hệ động lực, nâng cao độ bền và khả năng cạnh tranh của dòng xe trong thực tế.

Phạm vi nghiên cứu bao gồm khảo sát đặc tính kỹ thuật của xe KIA Frontier K200, phân tích và lựa chọn cấu hình hệ động lực Hybrid tối ưu, cũng như thiết kế và mô phỏng các hệ thống liên quan như động cơ điện, pin, máy phát và hệ điều khiển. Đối tượng chính của nghiên cứu là xe KIA Frontier K200 với các thông số kỹ thuật cụ thể đã được khảo sát.

Phương pháp nghiên cứu bao gồm việc thu thập dữ liệu thông qua khảo sát thông số kỹ thuật và nghiên cứu tài liệu liên quan, phân tích và tính toán các thông số dựa trên các công thức thực nghiệm, và sử dụng phần mềm chuyên dụng để mô phỏng hệ thống động lực, hệ thống làm mát và kiểm nghiệm độ bền. Kết quả được đánh giá qua so sánh giữa hiệu suất của xe sau khi áp dụng hệ động lực Hybrid và xe cơ sở, từ đó đưa ra các giải pháp cải tiến.

Đề án được chia thành 7 chương, bao gồm:

Chương 1: Tổng quan

Chương 2: Phân tích chọn hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA FRONTIER K200

Chương 3: Tính chọn động cơ điện – pin – máy phát

Chương 4: Sơ đồ pin và hệ thống kiểm soát nhiệt độ bằng không khí

Chương 5: Thiết kế, bố trí và kiểm nghiệm hệ động lực HEV trên cơ sở xe KIA FRONTIER K200

Chương 6: Hệ thống điều khiển động lực hybrid trên cơ sở xe KIA FRONTIER K200

Chương 7: Mô hình thực nghiệm

Chương 1: TỔNG QUAN

1.1 Tổng quan về HEV

Xe HEV (Hybrid Electric Vehicle) là một bước đột phá trong ngành công nghiệp ô tô, kết hợp giữa động cơ đốt trong và động cơ điện để tận dụng tối đa ưu điểm của cả hai công nghệ. Sự kết hợp này mang lại nhiều lợi ích vượt trội, từ khả năng tiết kiệm nhiên liệu, giảm phát thải khí nhà kính, đến cải thiện trải nghiệm lái xe. Với hệ thống quản lý năng lượng thông minh, xe HEV có thể tự động chuyển đổi giữa các chế độ hoạt động, như sử dụng động cơ điện, động cơ đốt trong hoặc cả hai, tùy thuộc vào điều kiện vận hành.



Hình 1.1 Hybrid là dòng xe kết hợp động cơ xăng với động cơ điện

Một trong những lợi thế lớn nhất của xe HEV là khả năng tái tạo năng lượng thông qua hệ thống phanh tái tạo. Hệ thống này cho phép năng lượng từ quá trình phanh được chuyển đổi thành điện năng và lưu trữ trong pin, giúp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Ngoài ra, xe HEV còn nổi bật với sự êm ái khi vận hành, đặc biệt trong chế độ sử dụng động cơ điện, mang lại trải nghiệm lái xe mượt mà và thân thiện với môi trường đô thị. Tuy nhiên, khi đi sâu hơn vào các loại cấu trúc của xe HEV, nổi bật nhất là HEV nối tiếp, với đặc điểm vận hành và thiết kế riêng biệt. Trong HEV nối tiếp, động cơ đốt trong không trực tiếp tham gia vào việc truyền động lực cho bánh xe. Thay vào đó, nó hoạt động như một máy phát điện, tạo ra năng lượng để cung cấp cho động cơ điện hoặc sạc pin.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Khác với các hệ thống HEV song song hay HEV hỗn hợp, HEV nối tiếp tập trung toàn bộ lực kéo từ động cơ điện. Điều này mang lại sự linh hoạt và hiệu quả tối ưu, đặc biệt trong điều kiện giao thông đô thị, nơi xe thường xuyên phải khởi động và dừng lại. Khi vận hành ở tốc độ thấp hoặc trong điều kiện ùn tắc, xe có thể hoạt động hoàn toàn bằng năng lượng từ động cơ điện, giúp tiết kiệm nhiên liệu đáng kể và giảm thiểu phát thải. Đặc tính vận hành của HEV nối tiếp cũng mang lại nhiều lợi thế về mặt kỹ thuật. Động cơ đốt trong trong hệ thống này được thiết kế để hoạt động ở mức công suất ổn định và hiệu quả cao nhất. Điều này không chỉ kéo dài tuổi thọ của động cơ mà còn giảm tiêu thụ nhiên liệu trong suốt vòng đời của xe. Đồng thời, cấu trúc truyền động đơn giản hơn giúp xe di chuyển mượt mà và không bị gián đoạn khi chuyển đổi năng lượng.

1.2 Tổng quan về xe KIA Frontier K200

1.2.1 Giới thiệu xe KIA Frontier K200

- Thông số kỹ thuật cơ bản của xe Kia Frontier K200 [1]:



Hình 1.2 Xe KIA FRONTIER K200

Bảng 1.1 Thông số kỹ thuật cơ bản của xe KIA FRONTIER K200

TT	Tên thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Khối lượng bản thân	kg	1.440
2	Khối lượng chở cho phép	kg	1.990
3	Khối lượng toàn bộ	kg	3.995
4	Kích thước tổng thể (DxRxC)	mm	5.100 x 1.750 x 2.100
5	Chiều dài cơ sở	mm	2.615
6	Tốc độ tối đa	km/h	115
7	Khoảng sáng gầm xe	mm	185

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

8	Khả năng leo dốc	%	33,4
9	Bán kính quay vòng nhỏ nhất	m	5.2
10	Hộp số	M6AR1 – 6MT. Cơ khí, số sàn, 6 số tiến, 1 số lùi	
11	Tỷ số truyền	$i_{h1} = 4,271$; $i_{h2} = 2,248$; $i_{h3} = 1,364$; $i_{h4} = 1$; $i_{h5} = 0,823$; $i_{h6} = 0,676$; $i_R = 3,727$	
12	Hệ thống phanh	Thủy lực, trước đĩa/sau tang trống, trợ lực chân không	
13	Hệ thống treo		
	Trước	Độc lập, thanh xoắn, thanh cân bằng, giảm chấn thủy lực	
	Sau	Phụ thuộc, nhíp lá, giảm chấn thủy lực	
14	Hệ thống lái	Thanh răng – bánh răng, trợ lực thủy lực	
15	Kí hiệu lốp		
	Trước	195R15C	
	Sau	155R12C	

- Thông số kỹ thuật của động cơ HYUNDAI D4CB-CRDi:



Hình 1.3. Động cơ D4CB

Bảng 1.2 Thông số kỹ thuật của động cơ D4CB

TT	Tên thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Tên động cơ	HYUNDAI – D4CB	
2	Loại động cơ	Diesel, 04 kỳ, 04 xilanh thẳng hàng, tăng áp, phun nhiên liệu trực tiếp điều khiển điện tử (ECU)	
3	Dung tích xi lanh	cc	2.497

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

4	Đường kính x hành trình piston	mm	91 x 96
5	Công suất cực đại/ tốc độ quay	Ps/(vòng/phút)	130 / 3.800
6	Mô men xoắn/ tốc độ quay	N.m/(vòng/phút)	255/1.500 – 3.500

1.2.2 Khảo sát các đặc tính của xe Kia Frontier K200

1.2.2.1 Khảo sát đặc tính ngoài của động cơ nhiệt

- Phương trình đặc tính ngoài của động cơ: Phương trình công suất ứng với từng giá trị số vòng quay của trục khuỷu động cơ được viết theo công thức thực nghiệm của S.R. Lây Đécman [2]:

$$P_e = P_{e_{max}} \cdot (a\lambda + b\lambda^2 - c\lambda^3) \quad (1.1)$$

Trong đó: $\lambda = 1$ vì là động cơ diesel 4 kỳ có buồng cháy trực tiếp, $a = 0,5$; $b = 1,5$; $c = 1$.

- Phương trình momen xoắn ứng với từng giá trị số vòng quay của trục khuỷu động cơ được viết theo công thức [2]:

$$M_e = 9551 \cdot \frac{P_e}{n_e} \quad (1.2)$$

- Vậy hệ số cản lăn f được tính:

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{max}^2}{1500}\right) \quad (1.3)$$

- Lập bảng:

+ Các thông số n_N ; P_e ; M_e đã có công thức tính

+ Cho $\lambda = \frac{n_e}{n_N}$ với $\lambda = 0,1; 0,2; \dots; 1$. (1.4)

- Kết quả tính được ghi ở bảng:

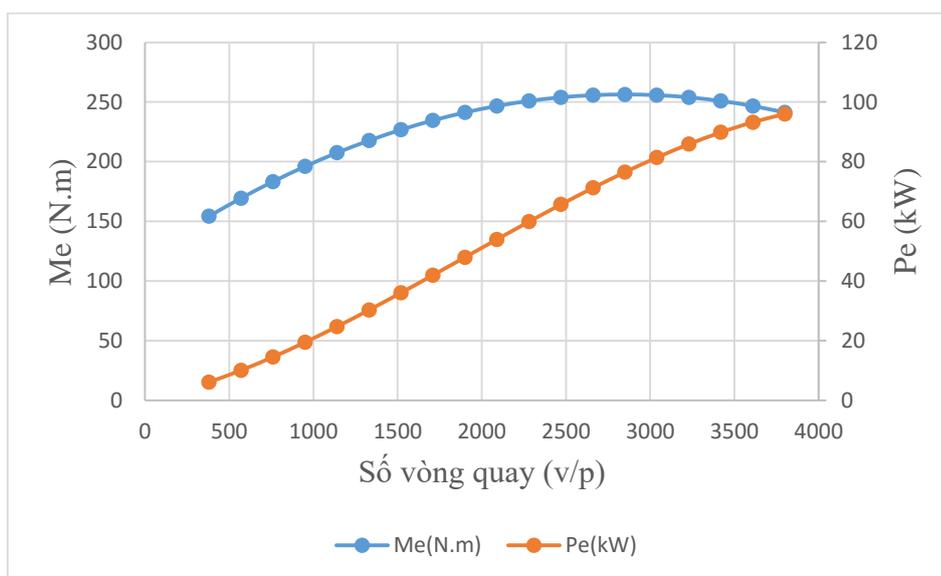
Bảng 1.3 Thông số công suất và momen của động cơ

λ	n_e (v/p)	P_e (kW)	M_e (N.m)
0.1	380	6.144	154.408
0.2	760	14.592	183.360
0.3	1140	24.768	207.486
0.4	1520	36.096	226.787
0.5	1900	48	241.263
0.6	2280	59.904	250.914
0.7	2660	71.232	255.739

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

0.8	3040	81.408	255.739
0.9	3420	89.856	250.914
1	3800	96	241.263

- Sau khi tính toán và xử lý số liệu ta xây dựng được đường đặc tính ngoài với công suất P_e (kW) và momen xoắn M_e (N.m):



Hình 1.3 Đồ thị đặc tính ngoài của động cơ

Nhận xét: Đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa tốc độ quay của động cơ (n_e) và công suất (P_e) cùng mô-men xoắn (M_e). Công suất của động cơ tăng dần theo tốc độ quay, cho thấy động cơ hoạt động hiệu quả hơn ở tốc độ cao. Trong khi đó, mô-men xoắn tăng lên tới một giá trị tối đa tại khoảng 2500-3500 vòng/phút, sau đó giảm dần khi tốc độ quay tiếp tục tăng. Điều này chỉ ra rằng động cơ đạt hiệu suất tối ưu trong một dải tốc độ nhất định và giảm hiệu suất khi vượt qua ngưỡng này.

1.2.2.2 Đồ thị cân bằng lực kéo

- Phương trình cân bằng lực kéo của ô tô [2]:

$$F_k = F_f + F_i + F_j + F_\omega \quad (1.5)$$

$$F_{ki} = \frac{M_{ki}}{r_b} = \frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{hi} \cdot \eta_{tl}}{r_b} \quad (1.6)$$

Trong đó: F_k là lực kéo tiếp tuyến ở bánh xe chủ động.

$$F_f \text{ là lực cản lăn. } F_f = G \cdot f \cdot \cos \alpha = G \cdot f \text{ (do } \alpha = 0) \quad (1.7)$$

$$F_i \text{ là lực cản lên dốc. } F_i = G \cdot \sin \alpha = 0 \text{ (do } \alpha = 0) \quad (1.8)$$

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

F_j là lực quán tính (xuất hiện khi xe chuyển động không ổn định).

$$F_j = \frac{G}{g} \cdot \delta_j \cdot j$$

F_ω là lực cản không khí. $F_\omega = W \cdot v^2$

- Vận tốc ứng với mỗi tay số [2]:

$$v_i = \frac{2\pi \cdot n_e \cdot r_{bx}}{60 \cdot i_0 \cdot i_{hi}} \quad (1.9)$$

- Lập bảng và tính toán các giá trị F_{ki} và v_i tương ứng:

Bảng 1.4 Thông số lực kéo trên từng tay số

Pe (Kw)	Me (N.m)	ne (v/p)	Tay số 1		Tay số 2		Tay số 3	
			v ₁	F _{k1}	v ₂	F _{k2}	v ₃	F _{k3}
6.14	154.41	380	0.506	10815.85	0.96	5692.82	1.58	3454.19
10.12	169.49	570	0.758	11872.09	1.44	6248.76	2.37	3791.51
14.59	183.36	760	1.011	12843.83	1.92	6760.23	3.17	4101.84
19.50	196.03	950	1.264	13731.06	2.40	7227.21	3.96	4385.20
24.77	207.49	1140	1.517	14533.80	2.88	7649.73	4.75	4641.56
30.32	217.74	1330	1.770	15252.04	3.36	8027.77	5.54	4870.94
36.10	226.79	1520	2.022	15885.78	3.84	8361.33	6.33	5073.33
42.01	234.63	1710	2.275	16435.03	4.32	8650.42	7.12	5248.74
48.00	241.26	1900	2.528	16899.77	4.80	8895.03	7.92	5397.16
53.99	246.69	2090	2.781	17280.02	5.28	9095.17	8.71	5518.60
59.90	250.91	2280	3.034	17575.76	5.76	9250.83	9.50	5613.05
65.68	253.93	2470	3.286	17787.01	6.24	9362.02	10.29	5680.52
71.23	255.74	2660	3.539	17913.76	6.72	9428.73	11.08	5720.99
76.50	256.34	2850	3.792	17956.01	7.20	9450.97	11.87	5734.49
81.41	255.74	3040	4.045	17913.76	7.68	9428.73	12.67	5720.99
85.88	253.93	3230	4.298	17787.01	8.17	9362.02	13.46	5680.52
89.86	250.91	3420	4.550	17575.76	8.65	9250.83	14.25	5613.05
93.25	246.69	3610	4.803	17280.02	9.13	9095.17	15.04	5518.60
96.00	241.26	3800	5.056	16899.77	9.61	8895.03	15.83	5397.16

Tay số 4		Tay số 5		Tay số 6		Tay số lùi	
v ₄	F _{k4}	v ₅	F _{k5}	v ₆	F _{k6}	v _r	F _{kr}
2.16	2532.39	2.62	2084.16	3.19	1711.90	0.57	8596.11
3.24	2779.70	3.94	2287.69	4.79	1879.08	0.85	9435.57
4.32	3007.22	5.25	2474.94	6.39	2032.88	1.13	10207.88
5.40	3214.95	6.56	2645.91	7.99	2173.31	1.42	10913.03

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

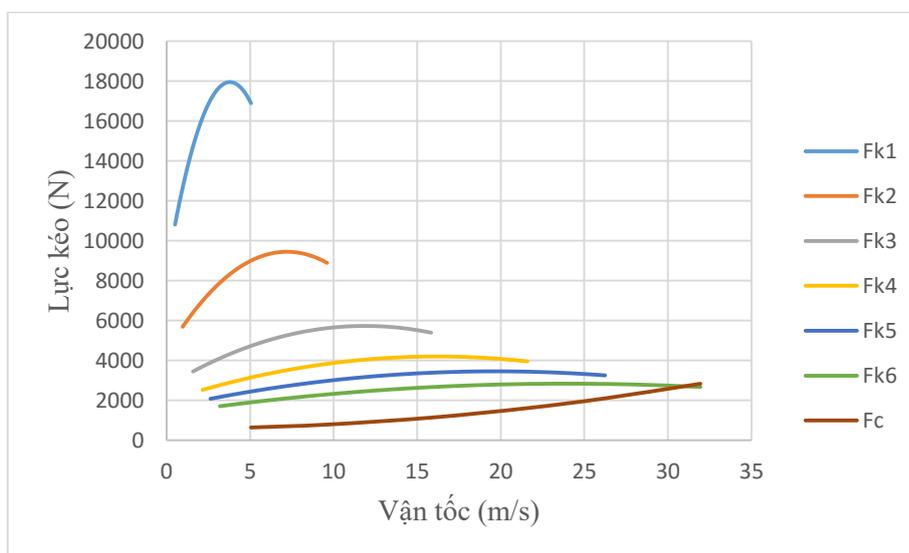
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

6.48	3402.90	7.87	2800.59	9.58	2300.36	1.70	11551.02
7.56	3571.07	9.18	2938.99	11.18	2414.04	1.98	12121.86
8.64	3719.45	10.50	3061.11	12.78	2514.35	2.26	12625.54
9.72	3848.05	11.81	3166.95	14.37	2601.28	2.55	13062.06
10.80	3956.87	13.12	3256.50	15.97	2674.84	2.83	13431.42
11.88	4045.89	14.43	3329.77	17.57	2735.02	3.11	13733.63
12.96	4115.14	15.74	3386.76	19.17	2781.83	3.40	13968.68
14.04	4164.60	17.06	3427.47	20.76	2815.27	3.68	14136.57
15.12	4194.28	18.37	3451.89	22.36	2835.33	3.96	14237.31
16.20	4204.17	19.68	3460.03	23.96	2842.02	4.25	14270.88
17.28	4194.28	20.99	3451.89	25.56	2835.33	4.53	14237.31
18.36	4164.60	22.30	3427.47	27.15	2815.27	4.81	14136.57
19.43	4115.14	23.61	3386.76	28.75	2781.83	5.10	13968.68
20.51	4045.89	24.93	3329.77	30.35	2735.02	5.38	13733.63
21.59	3956.87	26.24	3256.50	31.94	2674.84	5.66	13431.42

Bảng 1.5 Thông số lực cản ứng với từng tay số

Vận tốc	5.056	9.61	15.83	21.59	26.24	31.94
F_c	644.23	791.33	1140.53	1616.09	2105.93	2837.95
F_ϕ	21069.05	21069.05	21069.05	21069.05	21069.05	21069.05



Hình 1.4 Đồ thị cân bằng lực kéo

Nhận xét:

+ Trục tung biểu diễn các lực kéo F_{k1} , F_{k2} , F_{k3} , F_{k4} , F_{k5} , F_{k6} , $F_{c(gió+lăn)}$. Trục hoành biểu diễn vận tốc v (m/s).

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

+ Khoảng giới hạn giữa các đường cong kéo F_{ki} và đường cong tổng lực cản là lực kéo dư dùng để tăng tốc hoặc leo dốc.

+ Đối với đường cong F_{k6} khoảng tốc độ lớn nhất của xe không giao với đường cong lực cản F_c nên ở trạng thái tức thời và cực đại của động cơ sẽ cung cấp lực kéo tiếp tuyến lớn hơn lực cản để xe đạt được tốc độ lớn nhất $v_{max}= 31,94$ m/s.

+ Tổng lực kéo của xe tải phải nhỏ hơn lực bám giữa bánh xe và mặt đường.

+ Từ đồ thị động cơ phù hợp với điều kiện chuyển động động của ô tô và đáp ứng được sức kéo yêu cầu.

1.2.2.4 Đồ thị nhân tố động lực học

- Nhân tố động lực học là tỷ số giữa hiệu số của lực kéo tiếp tuyến F_k và lực cản không khí F_ω với trọng lượng toàn bộ của ô tô khách. Tỷ số này được ký hiệu là “D” [2]:

$$D = \frac{F_k - F_\omega}{G} = \left(\frac{M_e \cdot i_t \cdot \eta}{r_b} - W \cdot v^2 \right) \cdot \frac{1}{G} \quad (1.10)$$

- Xây dựng đồ thị:

$$D_i = \left(\frac{M_e \cdot i_0 \cdot i_{hi} \cdot \eta_{hl}}{r_b} - W \cdot v^2 \right) \cdot \frac{1}{G} \quad (1.11)$$

- Đồ thị nhân tố động lực học thể hiện mối quan hệ giữa D với tốc độ chuyển động v của ô tô khi đủ tải và động cơ làm việc ở đường đặc tính tốc độ ngoài, $D=f(v)$.

- Lập bảng và tính toán các giá trị D_{ki} và v_i tương ứng:

Bảng 1.6 Thông số nhân tố động lực học

ne (v/p)	Me (Nm)	Tay số 1		Tay số 2		Tay số 3	
		V ₁	D ₁	V ₂	D ₂	V ₃	D ₃
380	154.41	0.51	0.28	0.96	0.15	1.58	0.09
570	169.49	0.76	0.30	1.44	0.16	2.37	0.10
760	183.36	1.01	0.33	1.92	0.17	3.17	0.10
950	196.03	1.26	0.35	2.40	0.18	3.96	0.11
1140	207.49	1.52	0.37	2.88	0.19	4.75	0.12
1330	217.74	1.77	0.39	3.36	0.20	5.54	0.12
1520	226.79	2.02	0.41	3.84	0.21	6.33	0.13
1710	234.63	2.28	0.42	4.32	0.22	7.12	0.13
1900	241.26	2.53	0.43	4.80	0.23	7.92	0.13
2090	246.69	2.78	0.44	5.28	0.23	8.71	0.14
2280	250.91	3.03	0.45	5.76	0.23	9.50	0.14

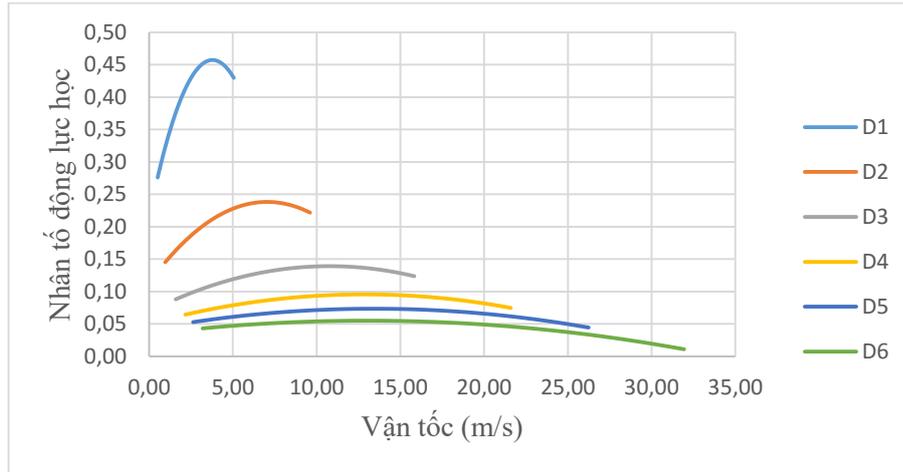
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

2470	253.93	3.29	0.45	6.24	0.24	10.29	0.14
2660	255.74	3.54	0.46	6.72	0.24	11.08	0.14
2850	256.34	3.79	0.46	7.20	0.24	11.87	0.14
3040	255.74	4.04	0.46	7.68	0.24	12.67	0.14
3230	253.93	4.30	0.45	8.17	0.24	13.46	0.13
3420	250.91	4.55	0.45	8.65	0.23	14.25	0.13
3610	246.69	4.80	0.44	9.13	0.23	15.04	0.13

Tay số 4		Tay số 5		Tay số 6	
V_4	D_4	V_5	D_5	V_6	D_6
2.16	0.06	2.62	0.05	3.19	0.04
3.24	0.07	3.94	0.06	4.79	0.05
4.32	0.08	5.25	0.06	6.39	0.05
5.40	0.08	6.56	0.07	7.99	0.05
6.48	0.08	7.87	0.07	9.58	0.05
7.56	0.09	9.18	0.07	11.18	0.05
8.64	0.09	10.50	0.07	12.78	0.05
9.72	0.09	11.81	0.07	14.37	0.05
10.80	0.09	13.12	0.07	15.97	0.05
11.88	0.10	14.43	0.07	17.57	0.05
12.96	0.10	15.74	0.07	19.17	0.05
14.04	0.10	17.06	0.07	20.76	0.05
15.12	0.09	18.37	0.07	22.36	0.04
16.20	0.09	19.68	0.07	23.96	0.04
17.28	0.09	20.99	0.06	25.56	0.04
18.36	0.09	22.30	0.06	27.15	0.03
19.43	0.08	23.61	0.06	28.75	0.02
20.51	0.08	24.93	0.05	30.35	0.02

Bảng 1.7 Thông số nhân tố động lực học theo điều kiện bám

v (m/s)	5.056	9.606	15.832	21.594	26.239	31.944
D_ϕ	0.5361	0.5324	0.5234	0.5113	0.4988	0.4801
f	0.0152	0.0159	0.0175	0.0196	0.0218	0.0252



Hình 1.5 Đồ thị nhân tố động lực học

Nhận xét:

+ Dạng đồ thị nhân tố động lực học $D = f(v)$ tương tự như dạng đồ thị lực kéo $F_k = f(v)$, nhưng vận tốc lớn thì đường cong dốc hơn.

+ Để xe tải chuyển động không bị trượt quay thì nhân tố động lực học D phải thoả mãn điều kiện sau: $f \leq D \leq D_\phi$

+ Vùng giới hạn giữa đường cong D_ϕ là vùng thoả mãn điều kiện trên. Khi $D > D_\phi$ trong giới hạn nhất định có thể dùng đường đặc tính cục bộ của động cơ để chống trượt quay nếu điều kiện khai thác thực tế xảy ra.

1.2.2.5 Đồ thị gia tốc

- Biểu thức tính gia tốc [2]:

$$J = \frac{D_i - f}{\delta_i} \times g \quad (1.12)$$

- Khi ô tô chuyển động trên đường bằng ($a = 0$) thì:

$$J = \frac{D_i - f}{\delta_i} \times g$$

Trong đó: D_i là giá trị nhân tố động lực học ở tay số thứ i tương ứng với tốc độ v_i đã biết từ đồ thị $D = f(v)$.

$f-a$ là hệ số cản lăn và độ dốc của đường.

J_i là gia tốc của ô tô ở tay số thứ i .

δ_j là hệ số kể đến ảnh hưởng của các khối lượng chuyển động quay.

$$\delta_j = 1 + 0.05(1 + i_{hi}^2) \quad (1.13)$$

Bảng 1.8 Hệ số ảnh hưởng của các khối lượng chuyển động quay

Tay số	1	2	3	4	5	6
TST	4.271	2.248	1.364	1	0.823	0.676
δ_J	1.962	1.302	1.143	1.1	1.083	1.072

- Khi ô tô chuyển động với vận tốc $v < 22$ m/s thì $f = f_0$. Khi ô tô chuyển động với vận tốc $v > 22$ m/s thì $f = f_0 \times \left(1 + \frac{v^2}{1500}\right)$

- Lập bảng tính toán các giá trị j_i theo v_i ứng với từng tay số:

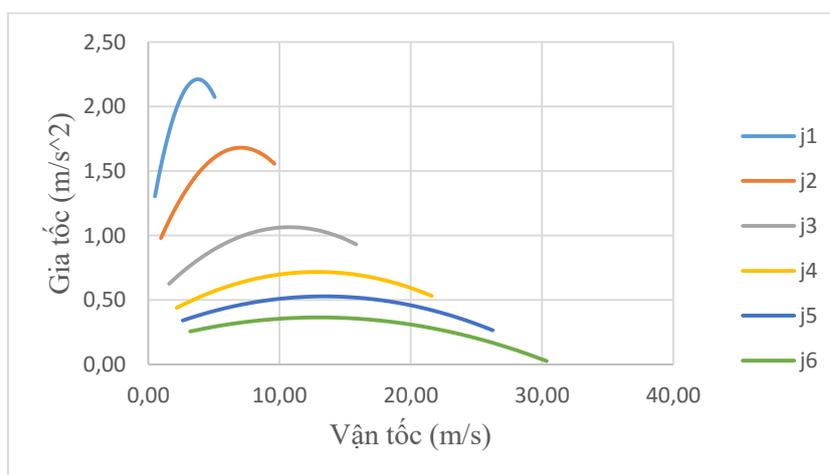
Bảng 1.9 Thông số gia tốc ứng với mỗi tay số

ne (v/p)	Me (Nm)	Tay số 1		Tay số 2		Tay số 3	
		v₁	j₁	v₂	j₂	v₃	j₃
380	154.41	0.51	1.30	0.96	0.98	1.58	0.626
570	169.49	0.76	1.44	1.44	1.09	2.37	0.698
760	183.36	1.01	1.56	1.92	1.18	3.17	0.764
950	196.03	1.26	1.68	2.40	1.27	3.96	0.824
1140	207.49	1.52	1.78	2.88	1.35	4.75	0.876
1330	217.74	1.77	1.87	3.36	1.42	5.54	0.923
1520	226.79	2.02	1.95	3.84	1.49	6.33	0.962
1710	234.63	2.28	2.02	4.32	1.54	7.12	0.996
1900	241.26	2.53	2.08	4.80	1.59	7.92	1.022
2090	246.69	2.78	2.13	5.28	1.62	8.71	1.043
2280	250.91	3.03	2.16	5.76	1.65	9.50	1.056
2470	253.93	3.29	2.19	6.24	1.67	10.29	1.064
2660	255.74	3.54	2.21	6.72	1.68	11.08	1.064
2850	256.34	3.79	2.21	7.20	1.68	11.87	1.058
3040	255.74	4.04	2.21	7.68	1.67	12.67	1.046
3230	253.93	4.30	2.19	8.17	1.66	13.46	1.027
3420	250.91	4.55	2.16	8.65	1.63	14.25	1.002
3610	246.69	4.80	2.12	9.13	1.60	15.04	0.970

Tay số 4		Tay số 5		Tay số 6	
v₄	j₄	v₅	j₅	v₆	j₆
2.16	0.44	2.62	0.34	3.19	0.2570
3.24	0.49	3.94	0.38	4.79	0.2894
4.32	0.54	5.25	0.42	6.39	0.3161

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

5.40	0.58	6.56	0.45	7.99	0.3371
6.48	0.62	7.87	0.48	9.58	0.3523
7.56	0.65	9.18	0.50	11.18	0.3618
8.64	0.68	10.50	0.52	12.78	0.3655
9.72	0.69	11.81	0.52	14.37	0.3635
10.80	0.71	13.12	0.53	15.97	0.3557
11.88	0.72	14.43	0.53	17.57	0.3422
12.96	0.72	15.74	0.52	19.17	0.3229
14.04	0.72	17.06	0.51	20.76	0.2979
15.12	0.71	18.37	0.49	22.36	0.2671
16.20	0.69	19.68	0.47	23.96	0.2306
17.28	0.67	20.99	0.44	25.56	0.1884
18.36	0.64	22.30	0.40	27.15	0.1404
19.43	0.61	23.61	0.36	28.75	0.0867
20.51	0.58	24.93	0.32	30.35	0.0272



Hình 1.6 Đồ thị gia tốc

Nhận xét:

- + Gia tốc cực đại của xe tải lớn nhất ở tay số một và giảm dần đến tay số cuối cùng.
- + Tốc độ nhỏ nhất của xe tải $v_{\min} = 0,64$ m/s tương ứng với số vòng quay ổn định nhỏ nhất của động cơ $n_{\min} = 320$ vòng/phút.
- + Trong khoảng vận tốc từ 0 đến v_{\min} , xe tải bắt đầu khởi hành, khi đó, ly hợp trượt và bướm ga mở dần dần.
- + Ở tốc độ $v_{\max} = 31,94$ m/s thì $j = 0$, lúc đó xe không còn khả năng tăng tốc.

1.2.2.6 Suất tiêu hao nhiên liệu

Khi ô tô chuyển động, tính kinh tế nhiên liệu của nó phụ thuộc vào tính kinh tế nhiên liệu của động cơ đặt trên ô tô và tiêu hao công suất để khắc phục lực cản chuyển động. Khi thí nghiệm động cơ trên bộ thí nghiệm, ta xác định được mức tiêu hao nhiên liệu theo thời gian (kg/h) và công suất phát ra của động cơ P_e (kW)

Mức tiêu hao nhiên liệu theo thời gian được xác định theo biểu thức:

$$G_T = \frac{Q \cdot \rho_n}{t} \left(\frac{kg}{h} \right) \quad (1.14)$$

Trong đó: Q là mức tiêu hao nhiên liệu (lít)

t là thời gian động cơ hoạt động

ρ_n là tỉ trọng nhiên liệu (dầu diesel là 0.85).

Biểu thức đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của động cơ, ta dùng suất tiêu hao nhiên liệu có ích g_e :

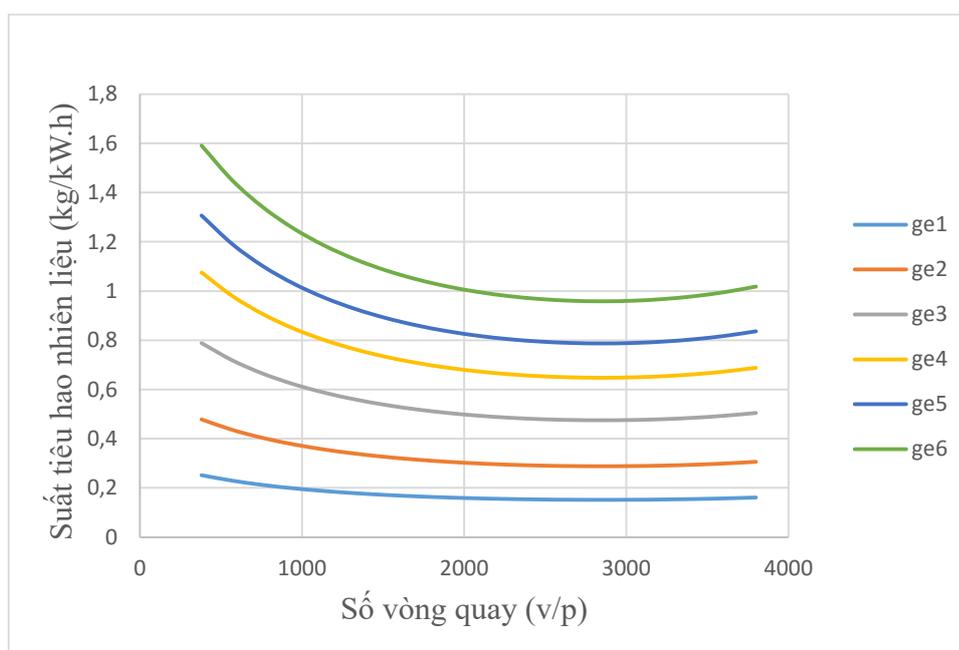
$$g_e = \frac{G_T}{P_e} = \frac{Q \cdot \rho_n}{P_e \cdot t} \left(\frac{kg}{kW \cdot h} \right) \quad (1.15)$$

Bảng 1.10 Thông số suất tiêu hao nhiên liệu ứng với mỗi tay số

ne	Ne	Tay số 1			Tay số 2			Tay số 3		
		v ₁	t ₁	g _{e1}	v ₂	t ₂	g _{e2}	v ₃	t ₃	g _{e3}
380	6.14	1.82	54.94	0.25	3.46	28.92	0.48	5.70	17.55	0.79
570	10.12	2.73	36.63	0.23	5.19	19.28	0.44	8.55	11.70	0.72
760	14.59	3.64	27.47	0.21	6.92	14.46	0.40	11.40	8.77	0.66
950	19.50	4.55	21.98	0.20	8.65	11.57	0.38	14.25	7.02	0.62
1140	24.77	5.46	18.31	0.19	10.37	9.64	0.36	17.10	5.85	0.59
1330	30.32	6.37	15.70	0.18	12.10	8.26	0.34	19.95	5.01	0.56
1520	36.10	7.28	13.73	0.17	13.83	7.23	0.33	22.80	4.39	0.54
1710	42.01	8.19	12.21	0.17	15.56	6.43	0.31	25.65	3.90	0.52
1900	48.00	9.10	10.99	0.16	17.29	5.78	0.31	28.50	3.51	0.50
2090	53.99	10.01	9.99	0.16	19.02	5.26	0.30	31.35	3.19	0.49
2280	59.90	10.92	9.16	0.15	20.75	4.82	0.29	34.20	2.92	0.49
2470	65.68	11.83	8.45	0.15	22.48	4.45	0.29	37.05	2.70	0.48
2660	71.23	12.74	7.85	0.15	24.21	4.13	0.29	39.90	2.51	0.48
2850	76.50	13.65	7.33	0.15	25.94	3.86	0.29	42.75	2.34	0.47
3040	81.41	14.56	6.87	0.15	27.67	3.61	0.29	45.60	2.19	0.48
3230	85.88	15.47	6.46	0.15	29.39	3.40	0.29	48.45	2.06	0.48
3420	89.86	16.38	6.10	0.15	31.12	3.21	0.29	51.29	1.95	0.49
3610	93.25	17.29	5.78	0.16	32.85	3.04	0.30	54.14	1.85	0.49
3800	96.00	18.20	5.49	0.16	34.58	2.89	0.31	56.99	1.75	0.50

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Tay số 4			Tay số 5			Tay số 6		
v ₄	t ₄	g _{e4}	v ₅	t ₅	g _{e5}	v ₆	t ₆	g _{e6}
7.77	12.863	1.076	9.45	10.587	1.307	11.50	8.696	1.591
11.66	8.576	0.980	14.17	7.058	1.191	17.25	5.797	1.449
15.55	6.432	0.906	18.89	5.293	1.100	23.00	4.348	1.340
19.43	5.145	0.847	23.61	4.235	1.029	28.75	3.478	1.253
23.32	4.288	0.800	28.34	3.529	0.973	34.50	2.899	1.184
27.21	3.675	0.763	33.06	3.025	0.927	40.25	2.484	1.128
31.10	3.216	0.732	37.78	2.647	0.890	46.00	2.174	1.083
34.98	2.859	0.708	42.51	2.353	0.860	51.75	1.932	1.047
38.87	2.573	0.688	47.23	2.117	0.836	57.50	1.739	1.018
42.76	2.339	0.673	51.95	1.925	0.818	63.25	1.581	0.996
46.64	2.144	0.662	56.68	1.764	0.804	69.00	1.449	0.979
50.53	1.979	0.654	61.40	1.629	0.795	74.75	1.338	0.967
54.42	1.838	0.649	66.12	1.512	0.789	80.50	1.242	0.961
58.30	1.715	0.648	70.84	1.412	0.787	86.25	1.159	0.958
62.19	1.608	0.649	75.57	1.323	0.789	92.00	1.087	0.961
66.08	1.513	0.654	80.29	1.245	0.795	97.75	1.023	0.967
69.97	1.429	0.662	85.01	1.176	0.804	103.50	0.966	0.979
73.85	1.354	0.673	89.74	1.114	0.818	109.25	0.915	0.996
77.74	1.286	0.688	94.46	1.059	0.836	115.00	0.870	1.018



Hình 1.7 Đồ thị suất tiêu hao nhiên liệu

Nhận xét:

+ Suất tiêu hao nhiên liệu tiết kiệm nhất ở dãy vòng tua từ 2500-3000 v/p.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

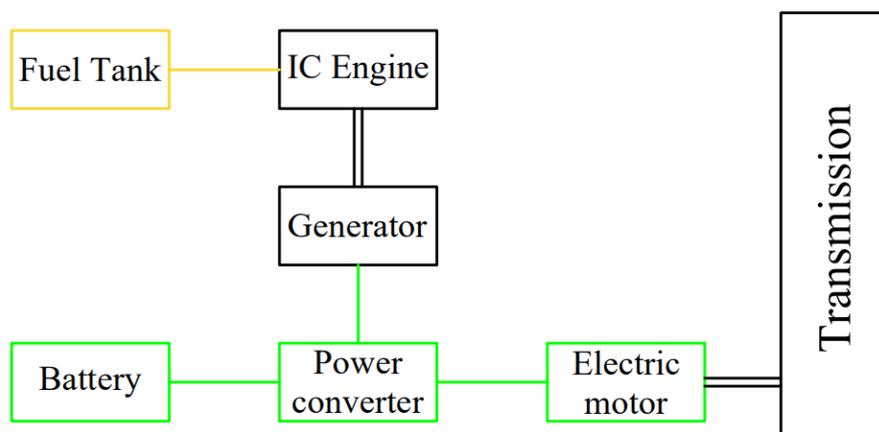
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- + Ở vòng tua thấp (<1000 v/p), hầu hết các đường đều có giá trị tiêu hao nhiên liệu cao, thể hiện hiệu suất động cơ thấp khi làm việc ở tốc độ quay nhỏ.
- + Khi vòng tua tăng lên, suất tiêu hao giảm dần cho đến một giá trị tối ưu, sau đó có xu hướng tăng nhẹ trở lại, điều này cho thấy có một điểm vận hành tối ưu về hiệu suất nhiên liệu.

Chương 2: PHÂN TÍCH CHỌN HỆ ĐỘNG LỰC HEV TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200

2.1 Hệ thống HEV nối tiếp (Series hybrid)

- Hệ thống hybrid nối tiếp là loại HEV đơn giản nhất. Công suất cơ học của động cơ được chuyển đổi thành điện năng thông qua một máy phát điện. Điện năng chuyển đổi này sẽ sạc pin, hoặc bỏ qua pin để dẫn động bánh xe thông qua cùng một động cơ điện và hệ thống truyền động cơ học. Về mặt ý tưởng, đây là một loại xe điện có hỗ trợ thêm máy phát điện, nhằm kéo dài phạm vi hoạt động để tương đương với xe chạy bằng động cơ đốt trong (ICEV). Do không có ly hợp trong toàn bộ liên kết cơ học, hệ thống này có lợi thế đáng kể về tính linh hoạt trong việc bố trí bộ máy phát điện. Mặc dù có thêm lợi thế là hệ thống truyền động đơn giản, nhưng nó cần ba thiết bị truyền động - động cơ, máy phát điện và động cơ điện. Một nhược điểm khác là tất cả các thiết bị truyền động này cần được thiết kế để đạt công suất tối đa nếu HEV nối tiếp được thiết kế để leo dốc dài. Tuy nhiên, khi chỉ cần phục vụ các chuyến đi ngắn như đi làm hoặc mua sắm, bộ máy phát điện có thể sử dụng mức công suất thấp hơn [3].



Hình 2.1 Sơ đồ Hybrid nối tiếp

- Trong đó:
- + Fuel tank: thùng xăng
- + IC Engine: động cơ đốt trong
- + Generator: máy phát điện
- + Battery: pin
- + Power converter: bộ chuyển đổi
- + Electric motor: động cơ điện

+ Transmission: vì sai

- Ưu điểm:

+ Chạy ở tốc độ thấp và trong điều kiện đô thị, xe hybrid nối tiếp có thể sử dụng động cơ điện để cung cấp hiệu suất tốt và giảm lượng khí thải.

+ Phanh tái tạo cho phép hệ thống thu hồi năng lượng khi phanh, giúp tiết kiệm nhiên liệu bằng cách chuyển đổi động năng từ phanh lại thành điện năng.

+ Vì không có ly hợp trong liên kết cơ học, việc đặt vị trí của động cơ và máy phát điện có tính linh hoạt cao.

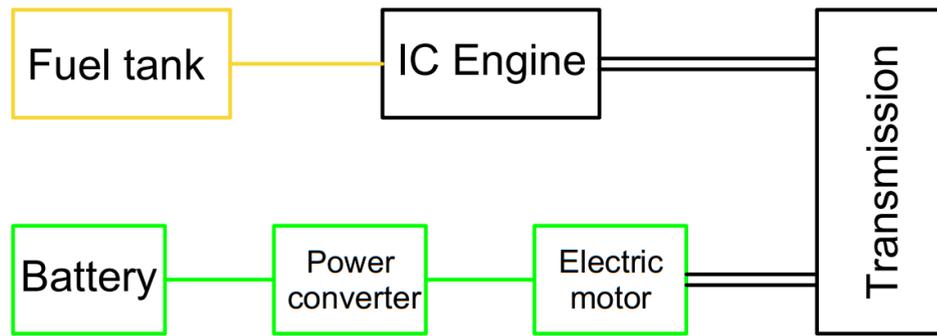
- Nhược điểm:

+ Pin có dung tích và kích thước lớn vì động cơ điện đóng vai trò truyền lực chính. Do đó, động cơ diesel dễ rơi vào tình trạng quá tải khi phải làm việc liên tục để cung cấp đủ năng lượng cho pin và động cơ điện.

+ Xe có cấu trúc phức tạp hơn, yêu cầu nhiều thiết bị động cơ khác nhau như động cơ nhiệt, máy phát điện và động cơ điện, làm tăng chi phí sản xuất và bảo dưỡng.

2.2 Hệ thống HEV song song (Parallel hybrid)

- Khác với hybrid nối tiếp, HEV song song cho phép cả động cơ và động cơ điện cung cấp công suất song song để dẫn động bánh xe. Vì cả động cơ và động cơ điện thường được kết nối với trục dẫn động của bánh xe thông qua hai bộ ly hợp, công suất dẫn động có thể được cung cấp bởi động cơ đốt trong, động cơ điện hoặc cả hai. Về mặt ý tưởng, nó vốn là một loại ICEV được hỗ trợ bằng điện để giảm lượng khí thải và tiêu thụ nhiên liệu. Động cơ điện có thể được sử dụng làm máy phát điện để sạc pin thông qua phanh tái tạo năng lượng hoặc hấp thụ công suất từ động cơ khi công suất động cơ lớn hơn mức cần thiết để dẫn động bánh xe. So với HEV nối tiếp, hybrid song song chỉ cần hai thiết bị truyền động - động cơ và động cơ điện. Một ưu điểm khác so với hybrid nối tiếp là một động cơ nhỏ hơn và một động cơ điện nhỏ hơn có thể được sử dụng để đạt hiệu suất tương tự cho đến khi pin cạn kiệt. Ngay cả đối với các chuyến đi dài, chỉ cần động cơ được thiết kế cho công suất tối đa, trong khi động cơ điện có thể chỉ bằng khoảng một nửa [3].



Hình 2.2 Sơ đồ Hybrid song song

- Trong đó:

- + Fuel tank: thùng xăng
- + IC Engine: động cơ đốt trong
- + Generator: máy phát điện
- + Battery: pin
- + Power converter: bộ chuyển đổi
- + Electric motor: động cơ điện
- + Transmission: vi sai

• Ưu điểm:

- + Xe sẽ có công suất cao hơn nhờ được trang bị hai nguồn truyền lực. Pin có dung tích và kích thước không quá lớn, giúp giảm áp lực lên động cơ xăng.
- + Có thể sử dụng động cơ điện để tăng cường mô-men xoắn hoặc công suất khi cần thiết, đặc biệt trong các tình huống yêu cầu mô-men xoắn cao như khi khởi động.

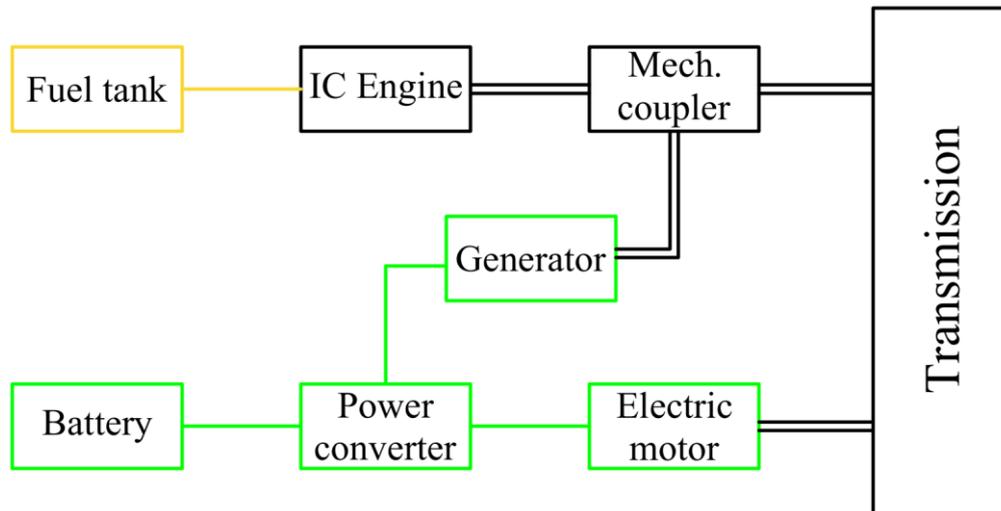
• Nhược điểm:

- + Chi phí sản xuất cao vì hệ thống có kết cấu phức tạp.
- + Xe hybrid song song có cấu trúc phức tạp hơn xe hybrid nối tiếp và yêu cầu hệ thống điều khiển phức tạp để quản lý việc chuyển đổi giữa hai nguồn năng lượng.
- + Việc đặt vị trí của động cơ đốt trong và động cơ điện có thể bị hạn chế do cần kết nối với hộp số và trục truyền động.

2.3 Hệ thống HEV nối tiếp-song song (Series-parallel hybrid)

- Trong hybrid nối tiếp-song song, cấu hình kết hợp các đặc điểm của cả hybrid nối tiếp và song song, nhưng có thêm một liên kết cơ học so với hybrid nối tiếp và một máy phát điện bổ sung so với hybrid song song. Mặc dù sở hữu các đặc tính ưu việt của cả hai loại, HEV nối tiếp-song song tương đối phức tạp hơn và tốn kém hơn. Tuy nhiên,

với sự tiên bộ của công nghệ điều khiển và sản xuất, một số HEV hiện đại ưu tiên áp dụng hệ thống này [3].



Hình 2.3 Sơ đồ Hybrid nối tiếp song song

- Trong đó:

- + Fuel tank: thùng xăng
- + IC Engine: động cơ đốt trong
- + Generator: máy phát điện
- + Battery: pin
- + Power converter: bộ chuyển đổi
- + Electric motor: động cơ điện
- + Transmission: vi sai
- + Mech coupler: bộ phận kết nối

• Ưu điểm:

+ Xe có các ưu điểm của cả xe nối tiếp và song song. Xe vận hành tốt ở các chế độ làm việc khác nhau, phù hợp với nhu cầu vận hành cụ thể, cung cấp hiệu suất tối ưu từ việc sử dụng động cơ điện đến động cơ đốt trong hoặc cả hai đồng thời.

• Nhược điểm:

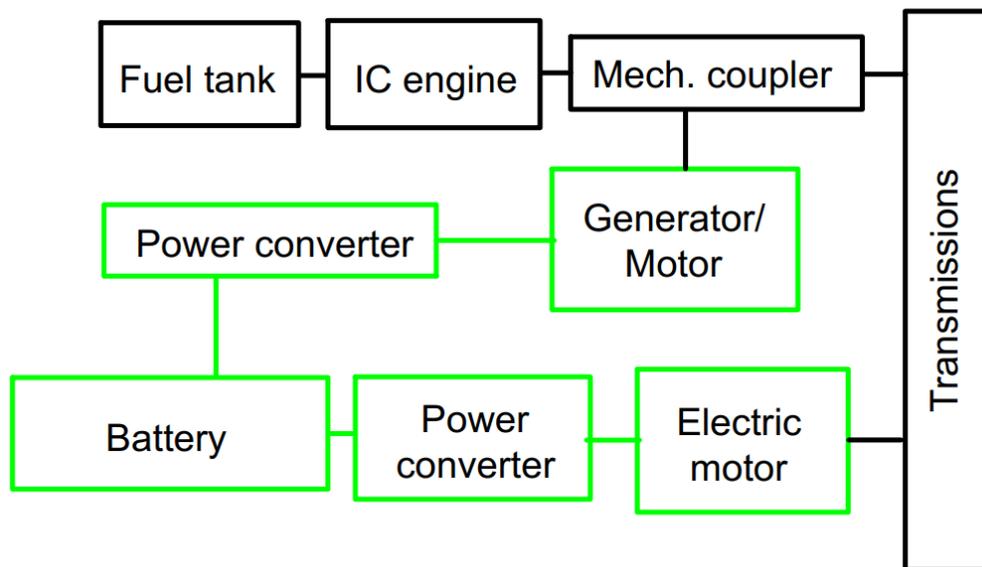
+ Chi phí sản xuất cao vì hệ thống có kết cấu phức tạp hơn so với xe hybrid nối tiếp và song song.

+ Yêu cầu hệ thống điều khiển phức tạp và chính xác để quản lý việc chuyển đổi giữa hai nguồn năng lượng.

2.4 Hệ thống HEV phức hợp (Complex hybrid)

- Đúng như tên gọi, hệ thống này có cấu hình phức tạp không thể được phân loại vào ba loại trên. Hệ thống hybrid phức hợp dường như tương tự như hybrid nối tiếp-

song song, vì cả máy phát điện và động cơ điện đều là thiết bị điện. Tuy nhiên, điểm khác biệt chính nằm ở dòng năng lượng hai chiều của động cơ điện trong hybrid phức hợp và dòng năng lượng một chiều của máy phát trong hybrid nối tiếp-song song. Dòng năng lượng hai chiều này cho phép các chế độ vận hành đa dạng, đặc biệt là chế độ vận hành với ba nguồn công suất (động cơ và hai động cơ điện), điều mà hybrid nối tiếp-song song không thể thực hiện. Tương tự như HEV nối tiếp-song song, hybrid phức hợp gặp phải sự phức tạp và chi phí cao hơn. Tuy nhiên, một số HEV mới ra mắt đã áp dụng hệ thống này cho các phương tiện dẫn động hai cầu (dual axle propulsion) [3].



Hình 2.4 Sơ đồ Hybrid phức hợp

- Trong đó:
 - + Fuel tank: thùng xăng
 - + IC Engine: động cơ đốt trong
 - + Generator: máy phát điện
 - + Battery: pin
 - + Power converter: bộ chuyển đổi
 - + Electric motor: động cơ điện
 - + Transmission: vi sai
 - + Mech coupler: bộ phận kết nối
- Ưu điểm:
 - + Xe có khả năng vận hành ở nhiều chế độ khác nhau nên tận dụng linh hoạt nguồn năng lượng từ động cơ đốt trong và các động cơ điện để cung cấp hiệu suất tối ưu trong các tình huống khác nhau.
- Nhược điểm:

+ Cấu trúc và hệ thống điều khiển của xe hybrid phức hợp thường phức tạp hơn nhiều so với các loại hybrid khác, làm tăng độ phức tạp trong việc sản xuất và bảo trì dẫn đến chi phí cao.

+ Hệ thống điều khiển của xe hybrid phức hợp yêu cầu sự chính xác và kiểm soát cao để quản lý hoạt động của các thành phần phức tạp này.

2.5 Lựa chọn phương án thiết kế

- Hệ thống hybrid nối tiếp cho phép động cơ đốt trong hoạt động ổn định ở dải công suất tối ưu, trong khi động cơ điện đảm nhiệm việc dẫn động bánh xe. Điều này giúp giảm tiêu hao nhiên liệu và khí thải, đặc biệt trong môi trường đô thị hoặc khi xe tải thường xuyên khởi động và dừng. Động cơ đốt trong không kết nối trực tiếp với bánh xe mà chỉ tạo ra điện, hệ thống hybrid nối tiếp cho phép bố trí động cơ và máy phát điện ở những vị trí tối ưu trên xe tải, tạo không gian linh hoạt hơn cho các thành phần khác. Phương pháp HEV nối tiếp không sử dụng ly hợp hoặc hộp số phức tạp, hệ thống này giảm bớt chi phí bảo trì và độ phức tạp của hệ truyền động. Với những ưu điểm trên và khả năng đáp ứng điều kiện làm việc của xe tải Thaco Frontier hoạt động trong đô thị, cấu trúc hệ thống HEV nối tiếp là sự lựa chọn phù hợp.

Chương 3: TÍNH CHỌN ĐỘNG CƠ ĐIỆN – PIN – MÁY PHÁT

3.1 Tính chọn động cơ điện

Động cơ điện là gì?

Trong bối cảnh nhu cầu về xe ô tô thân thiện với môi trường ngày càng tăng, động cơ điện đã trở thành một phần quan trọng trong ngành công nghiệp ô tô. Các động cơ điện không chỉ giúp giảm thiểu khí thải và ô nhiễm môi trường, mà còn đem lại những lợi ích về hiệu suất, chi phí vận hành thấp và bảo dưỡng đơn giản hơn so với các động cơ đốt trong truyền thống. Cùng với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ, xe điện hiện đại đang ngày càng trở nên phổ biến, thay thế dần các xe sử dụng động cơ xăng và dầu. Động cơ điện trên ô tô hiện nay chủ yếu được chia thành hai loại chính: Động cơ một chiều (DC) và động cơ xoay chiều (AC). Mỗi loại động cơ đều có những ưu điểm và ứng dụng riêng, tùy thuộc vào yêu cầu về hiệu suất, tuổi thọ và chi phí sản xuất của các hãng xe. Động cơ điện hoạt động dựa trên nguyên lý chuyển đổi năng lượng điện thành cơ năng, giúp xe di chuyển mà không cần nhiên liệu hóa thạch, từ đó giảm bớt sự phụ thuộc vào nguồn nhiên liệu truyền thống và giảm thiểu khí thải CO₂, một trong những tác nhân gây ô nhiễm không khí nghiêm trọng.

Một trong những lợi thế nổi bật của động cơ điện là khả năng cung cấp mô-men xoắn lớn ngay từ khi bắt đầu khởi động, giúp xe điện có khả năng tăng tốc nhanh chóng và mượt mà mà không cần phải chuyển số như động cơ đốt trong. Đồng thời, động cơ điện cũng ít gây tiếng ồn hơn rất nhiều so với các loại động cơ xăng hay dầu, mang đến một trải nghiệm lái xe êm ái và yên tĩnh. Hiện các hãng xe lớn đang sử dụng như được biết đến là một trong những hãng xe tiên phong trong việc áp dụng công nghệ xe điện, Tesla là một trong những hãng xe tiên phong trong việc sử dụng động cơ điện trong các mẫu xe ô tô của mình. Đặc biệt, Tesla sử dụng động cơ đồng bộ AC (PMSM) cho các mẫu xe như Model S và Model X. Động cơ đồng bộ AC của Tesla nổi bật với khả năng cung cấp mô-men xoắn mạnh mẽ và hiệu suất ổn định, đồng thời giảm thiểu sự cần thiết phải bảo trì, vì chúng không sử dụng chổi than. Đây là một yếu tố quan trọng giúp Tesla đạt được phạm vi hoạt động lớn và hiệu suất vận hành ấn tượng trên các dòng xe của mình.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.1 Xe Tesla Model S

Nissan đã khẳng định vị thế của mình trong ngành xe điện với mẫu Nissan Leaf, chiếc xe điện bán chạy nhất thế giới trong nhiều năm. Nissan sử dụng động cơ điện xoay chiều đồng bộ trong Leaf, giúp nâng cao hiệu suất và giảm chi phí bảo dưỡng. Động cơ PMSM mang lại mô-men xoắn mạnh mẽ và hiệu suất cao, đồng thời ít phải bảo trì nhờ vào công nghệ nam châm vĩnh cửu. Mẫu xe này đã được nhiều người tiêu dùng yêu thích nhờ vào giá thành phải chăng và tính năng thân thiện với môi trường.



Hình 3.2 Xe Nissan Leaf

VinFast, thương hiệu ô tô Việt Nam, đã nhanh chóng gia nhập thị trường xe điện toàn cầu và sử dụng công nghệ động cơ điện tiên tiến trong các mẫu xe của mình. Đặc biệt, VinFast VF5 sử dụng động cơ PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor), một lựa chọn phổ biến trong ngành công nghiệp xe điện nhờ vào hiệu suất cao, mô-men xoắn mạnh mẽ và độ bền lâu dài. Động cơ PMSM giúp VF5 vận hành êm ái, tiết kiệm năng lượng và đạt hiệu quả tối ưu trong việc di chuyển, đồng thời mang đến trải nghiệm lái xe linh hoạt và mạnh mẽ. VinFast đã chọn động cơ PMSM cho VF5 nhằm đảm bảo

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

mẫu xe này không chỉ thân thiện với môi trường mà còn có khả năng vận hành ổn định và hiệu quả trong mọi điều kiện sử dụng.



Hình 3.3 Xe Vinfast VF 5

Ngoài các thương hiệu lớn trên, còn nhiều hãng xe khác như Porsche Taycan, Audi e-tron Hyundai Kona Electric và Ioniq 5, BMW i3 hay Kia EV6 cũng đang đầu tư mạnh mẽ vào các dòng xe điện. Các thương hiệu này không chỉ tập trung vào việc cải thiện hiệu suất của động cơ điện mà còn phát triển công nghệ pin tiên tiến để tăng cường phạm vi di chuyển và giảm thời gian sạc.

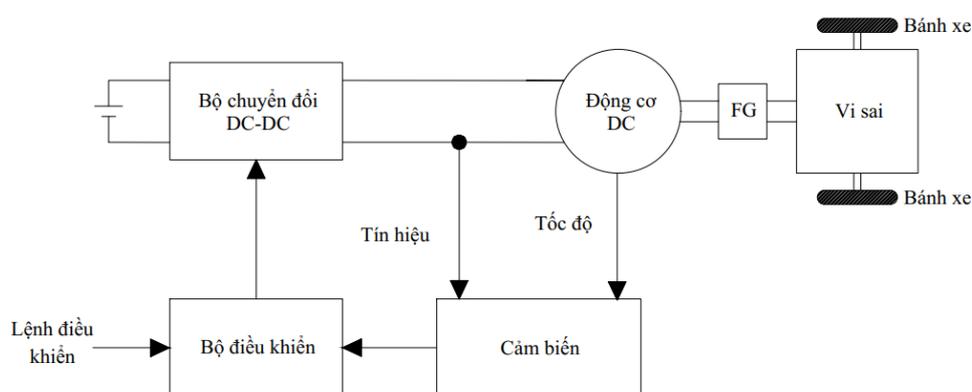
3.1.1. Giới thiệu các loại sử dụng động cơ điện

3.1.1.1 Động cơ điện một chiều (DC Motor)

Động cơ điện 1 chiều là loại động cơ hoạt động dựa trên chuyển đổi năng lượng điện thành năng lượng cơ học nghĩa là sự tương tác giữa từ trường và dòng điện một chiều để tạo ra momen quay. Động cơ DC lấy năng lượng điện thông qua dòng điện trực tiếp và chuyển đổi năng lượng này thành vòng quay cơ học. Động cơ điện một chiều được chia làm 2 loại chính là: Động cơ điện 1 chiều được kích từ bởi dòng điện và động cơ điện một chiều được kích từ bởi nam châm vĩnh cửu. Trong lĩnh vực ô tô, động cơ DC được ưa chuộng nhờ khả năng kiểm soát chính xác tốc độ và mô-men xoắn, điều này đặc biệt quan trọng trong các hệ thống như trợ lực lái, cửa sổ tự động hay quạt làm mát. Động cơ DC có thể khởi động, dừng và đảo chiều tức thì, hỗ trợ các chức năng như phanh tái tạo trong xe điện, giúp tối ưu hóa hiệu suất và nâng cao trải nghiệm lái.

Các kiểu động cơ DC (Direct Current) khác nhau đã được áp dụng rộng rãi cho các loại ô tô điện khác nhau với chức năng điều chỉnh tốc độ linh hoạt khi khởi động, phanh và lùi xe. Cấu hình động cơ điện DC cho xe điện mới nhất gồm một mạch điện trở mắc nối tiếp hoặc song song với động cơ. Điện áp động cơ bằng điện áp của pin trừ

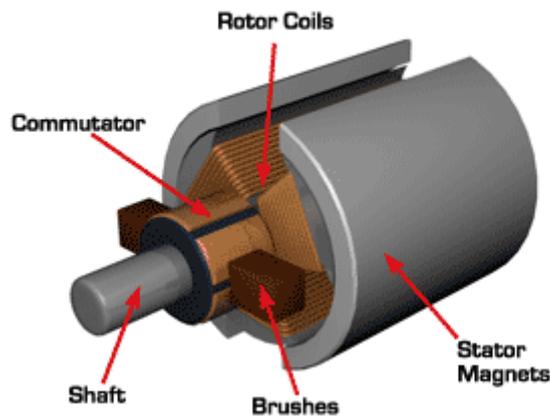
đi điện áp tiêu hao trên các điện trở và có thể được điều chỉnh bằng cách sử dụng chuyển mạch cơ để mở hoặc ngắt các điện trở đó. Trước đây, việc áp dụng điều khiển các động cơ DC kiểu lưu biến (reostatic) là phổ biến do nó có thiết kế đơn giản và chi phí thấp, nhưng hiện nay không áp dụng nữa mà thường áp dụng rộng rãi bộ điều khiển chopper DC vì chúng có kích thước nhỏ hơn, trọng lượng nhẹ hơn, hiệu suất cao hơn và khả năng kiểm soát tốt hơn. Hình 3.4 cho thấy cấu hình cơ bản của bộ truyền động động cơ DC, trong đó bộ biến đổi DC – DC dùng để chuyển đổi nguồn dòng điện một chiều từ mức điện áp này sang mức điện áp khác phù hợp với điện áp phản ứng và yêu cầu kích từ. Biến số điều khiển phản hồi là tốc độ động cơ và phản hồi dòng điện phản ứng để bảo vệ động cơ [4].



Hình 3.4 Cấu hình cơ bản của bộ truyền động động cơ điện DC trên xe điện

Đối với động cơ điện của EV, bộ truyền động động cơ DC thường sử dụng tốc độ cao để đạt được mật độ công suất cao, thông thường lên đến 5000 vòng/phút, do đó thường dùng một cặp bánh răng cố định (FG) nhằm giảm tốc độ xuống còn 1000 vòng/phút để dẫn động các bánh xe. Khi đỗ xe, có hai phương pháp là điều khiển động cơ điện một chiều quay ngược lại hoặc dùng kết hợp một số lùì, tuy nhiên, thường dùng động cơ điện quay ngược vì số lùì cồng kềnh, kém hiệu quả và phức tạp.

Cấu tạo chung của một động cơ DC như hình 3.5, bao gồm stator, rotor, chổi than và cổ góp. Stator là phần đứng yên với một hoặc nhiều cặp nam châm vĩnh cửu (Permanent Magnet - PM) để tạo ra trường kích từ, trong khi rotor là phần lõi chuyển động quay được làm từ các cuộn dây, quấn tạo thành nam châm điện; chổi than (Carbon Brush) là phần tiếp xúc và tiếp điện cho cổ góp, cổ góp (Commutator) là bộ phận làm nhiệm vụ tiếp xúc và chia nhỏ nguồn điện cho các cuộn dây trên rotor. Mỗi 1 điểm tiếp xúc sẽ tương ứng với 1 cuộn dây trên rotor. Một bộ phận khác cũng khá quan trọng là bộ phận chỉnh lưu, để biến đổi dòng điện trong khi rotor quay liên tục [4].

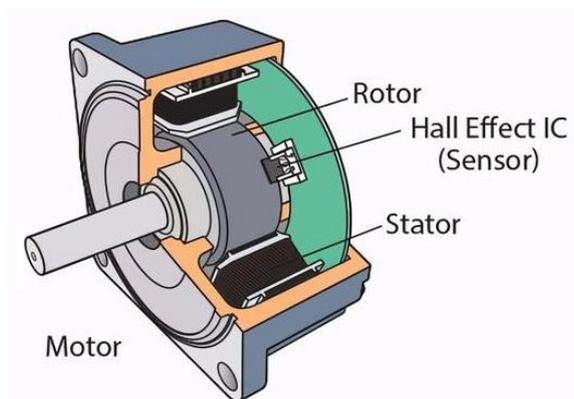


Hình 3.5 Cấu tạo động cơ DC có chổi than

3.1.1.1.1 Động cơ DC không chổi than (Brushless DC Motor - BLDC)

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

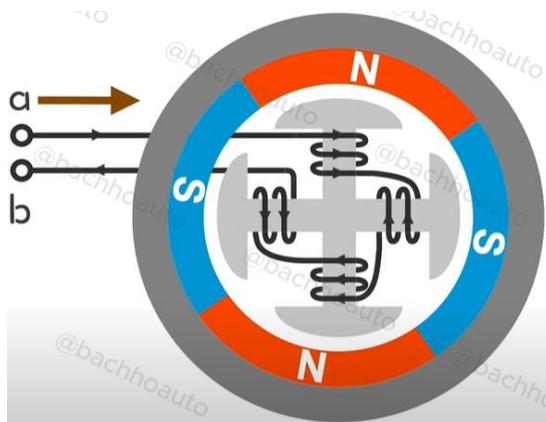
Động cơ DC không chổi than (BLDC) là loại động cơ điện phổ biến trong các ứng dụng xe điện và các thiết bị điện tử hiện đại, đặc biệt vì hiệu suất cao, độ bền lâu dài và ít phải bảo trì. So với các động cơ DC truyền thống, động cơ BLDC không sử dụng chổi than để chuyển đổi dòng điện trong cuộn dây, do đó giảm thiểu ma sát và mài mòn, giúp tăng tuổi thọ và hiệu suất của động cơ.



Hình 3.6 Cấu tạo động cơ BLDC

Nguyên lý cơ bản của động cơ BLDC là sử dụng nam châm vĩnh cửu (permanent magnets) ở phần rotor và các cuộn dây (stator) ở phần cố định. Khi dòng điện được cung cấp cho các cuộn dây của stator, từ trường được tạo ra, làm cho rotor quay theo từ trường này. Điều này tạo ra chuyển động quay mà không cần sử dụng các chổi than và bộ chuyển mạch (commutator) như trong động cơ DC truyền thống. Quá trình này được điều khiển bởi một bộ điều khiển điện tử (Electronic Speed Controller - ESC), bộ điều

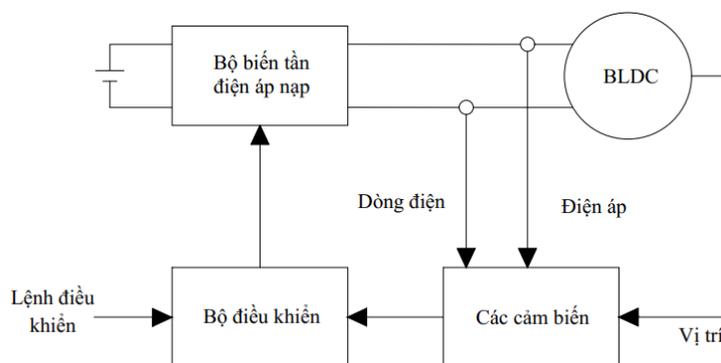
khiển này sẽ xác định khi nào và như thế nào dòng điện sẽ được cấp cho các cuộn dây của stator. ESC giúp điều chỉnh tốc độ quay và mô-men xoắn của động cơ, đồng thời đảm bảo rằng động cơ hoạt động hiệu quả và ổn định trong suốt quá trình sử dụng.



Hình 3.7 Động cơ BLDC

b. Bố trí chung động cơ BLDC trên xe điện

Cấu hình bố trí hệ thống truyền động động cơ BLDC cho xe điện tương tự như cấu hình truyền động động cơ cảm ứng. Có thể có các phương án như cấu hình một động cơ và nhiều động cơ cũng như hệ truyền lực có hộp số và không hộp số. Về cơ bản, cấu hình hệ thống một động cơ bao gồm một máy nam châm vĩnh cửu không chổi than, một biến tần cấp điện áp, một bộ điều khiển điện tử và một số cảm biến như trong hình 3.8 [4].



Hình 3.8 Bố trí động cơ không chổi than trên xe điện

Khi động cơ PM không chổi than được thiết kế với sự phân bố hình sin của từ thông khe hở không khí và bố trí cuộn dây stator phân bố, nó hoạt động như một động cơ đồng bộ, (động cơ đồng bộ PM hoặc động cơ AC không chổi than PM brushless AC - BLAC). Tương tự như hệ truyền lực động cơ IM (Induction Motor), hệ truyền lực động cơ đồng bộ PM áp dụng các phương pháp điều khiển tốc độ phức tạp như điều khiển

hướng trường FOC và điều khiển mô-men trực tiếp, cần một cảm biến vị trí đặt tiền như bộ mã hóa hoặc bộ phân giải vị trí tuyệt đối. Mặc dù về lý thuyết có thể bỏ qua cảm biến vị trí đối với vận hành vòng hở, nhưng chiến lược này ít khi dùng cho động cơ EV.

Khi động cơ PM không chổi than được thiết kế với sự phân bố từ thông khe hở không khí theo hình thang và bố trí tập trung các cuộn dây stator, động cơ sẽ hoạt động giống như động cơ DC không có chổi than, gọi là động cơ PM BLDC. Điều khiển tốc độ tương ứng đơn giản trong đó dòng điện stator được điều khiển sao cho dòng điện hình chữ nhật thẳng hàng với từ thông hình thang. Cảm biến vị trí là bắt buộc để đảm bảo đồng bộ hóa dòng điện với từ thông. Yêu cầu về độ phân giải của cảm biến vị trí này không đòi hỏi cao vì chỉ cần sáu thời điểm chuyển mạch cho mỗi chu kỳ điện. Nói chung, cảm biến vị trí Hall được sử dụng vì có chi phí thấp [4].

c. Ưu và nhược điểm

- Ưu điểm:

+ Động cơ BLDC đạt hiệu suất cao nhất do sử dụng nam châm vĩnh cửu (PM) để kích từ mà không tiêu thụ điện, đồng thời loại bỏ tổn thất do ma sát cơ học từ cổ góp và chổi than.

+ Nam châm đất hiếm giúp BLDC đạt mật độ từ thông cao, tạo mô-men lớn trong khi động cơ nhỏ gọn và nhẹ.

+ Động cơ BLDC dễ điều khiển như động cơ DC, với các biến điều khiển ổn định trong suốt quá trình hoạt động.

+ Rotor không nóng lên do không có dòng điện lưu thông, nhiệt chỉ sinh ra ở stator và dễ tản nhiệt hơn.

+ Không có chổi than và cổ góp nên giảm nhu cầu bảo trì, tăng độ tin cậy và tuổi thọ, chỉ phụ thuộc vào cách điện, vòng bi và nam châm.

+ Chuyển mạch điện tử và tần số cao giảm đáng kể tiếng ồn, không gây khó chịu khi hoạt động.

- Nhược điểm:

+ Nam châm đất hiếm có giá thành cao, làm tăng chi phí sản xuất động cơ BLDC.

+ Động cơ PM BLDC bị giới hạn tốc độ tối đa, không thể vượt quá hai lần tốc độ cơ bản, ảnh hưởng đến hiệu quả phương tiện.

+ Nam châm đất hiếm lớn gây nguy hiểm trong chế tạo do hút các vật kim loại bay; khi xe chìm nước, động cơ vẫn tạo điện áp cao ở đầu nối, nguy hiểm cho hành khách và người cứu hộ.

+ Nam châm dễ bị khử từ bởi lực từ động lớn hoặc nhiệt độ cao, đòi hỏi làm mát cẩn thận, đặc biệt trong động cơ liên khối.

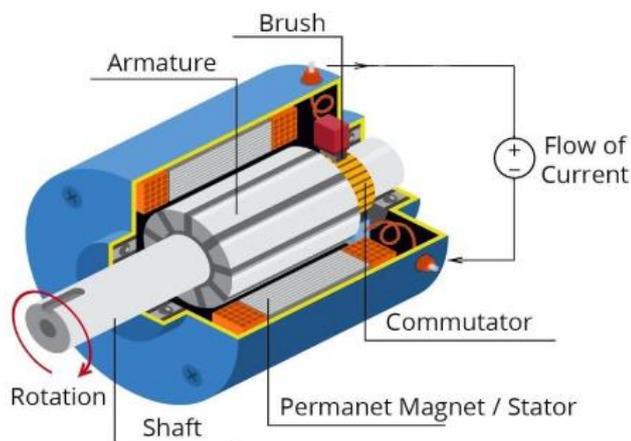
+ Lỗi biến tần ngắn mạch gây dòng lớn trong cuộn dây, có thể làm chặn rotor, dẫn đến mất kiểm soát phương tiện và nguy cơ khử từ hoặc phá hủy nam châm.

3.1.1.1.2 Động cơ DC có chổi than (Brushed DC Motor)

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Động cơ DC có chổi than (BDC) được đặt tên từ "chổi than", bộ phận dùng để tạo sự tiếp xúc điện với rotor và chuyển mạch dòng điện trong động cơ. Mặc dù không còn phổ biến trong các xe điện hiện đại, động cơ DC có chổi than vẫn được sử dụng trong một số ứng dụng ô tô, đặc biệt là trong các xe ô tô truyền thống hoặc xe hybrid. Động cơ này có khả năng điều chỉnh tỷ lệ mô-men xoắn và tốc độ linh hoạt, vì tốc độ và mô-men xoắn tỷ lệ thuận với điện áp và dòng điện cấp vào động cơ, điều này giúp dễ dàng điều khiển.

Một động cơ DC có chổi than bao gồm 4 thành phần chính: stator (cuộn dây tĩnh), rotor (phần quay), chổi than và bộ chuyển mạch (commutator). Rotor là phần quay của động cơ, bao gồm một hoặc nhiều cuộn dây. Khi các cuộn dây này được cấp điện, chúng tạo ra một trường từ. Các cực từ của rotor sẽ bị hút về phía các cực từ đối diện của stator, làm cho rotor quay. Để duy trì chuyển động quay liên tục, cuộn dây trong rotor cần phải được cấp điện theo một chu trình thay đổi liên tục, điều này được thực hiện nhờ vào bộ chuyển mạch (commutator), giúp đảo ngược chiều dòng điện trong cuộn dây rotor. Quá trình chuyển đổi này gọi là commutation, và nó đảm bảo rằng rotor tiếp tục quay mà không bị cản trở bởi các cực từ đã tạo ra trong stator. Hướng quay của động cơ có thể được đảo ngược một cách dễ dàng bằng cách thay đổi chiều của dòng điện cấp cho động cơ, tức là thay đổi chiều cực của các chổi than hoặc nguồn điện cung cấp.



Hình 3.9 Cấu tạo động cơ BDC

Động cơ DC có chổi than (BDC) hoạt động dựa trên nguyên lý từ trường và chuyển mạch dòng điện trong rotor để tạo ra chuyển động quay. Cấu tạo cơ bản của động cơ gồm có stator, rotor phần quay, chổi than và bộ chuyển mạch.

b. Ưu và nhược điểm

- Ưu điểm:

- + Hiệu suất cao khoảng 85-90%, vận hành nhẹ nhàng, êm ái dù ở vận tốc thấp hay cao.
- + Do được kích từ nam châm vĩnh cửu nên có thể giảm tổn hao đồng và sắt, đồng thời giảm hao tổn nguồn năng lượng.
- + Có thể tăng tốc và giảm tốc trong khoảng thời gian ngắn.
- + Tiết kiệm chi phí bảo trì chổi than và vành trượt.
- + Độ bền của động cơ (motor) cao hơn.

- Nhược điểm:

- + Giá thành cao hơn do cần bộ điều khiển điện tử.
- + Cần giải pháp làm mát hiệu quả khi hoạt động ở công suất cao.
- + Sửa chữa phức tạp nếu bộ điều khiển hoặc cảm biến hỏng.

3.1.1.2 Động cơ điện xoay chiều (AC Motor)

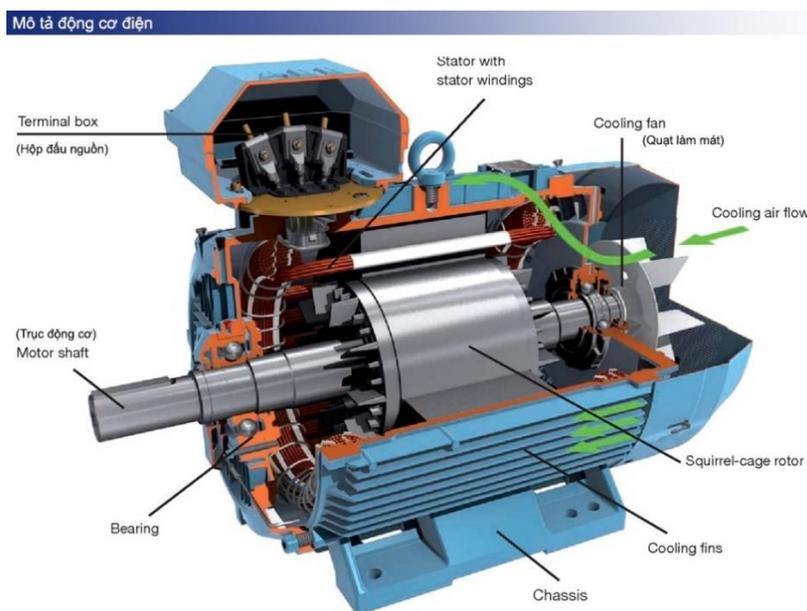
Động cơ điện xoay chiều là động cơ điện hoạt động với dòng điện xoay chiều. Động cơ điện xoay chiều được sản xuất với nhiều kiểu và công suất khác nhau. Theo sơ đồ nối điện có thể phân ra làm 2 loại: động cơ 3 pha và 1 pha, và nếu theo tốc độ có động cơ đồng bộ và động cơ không đồng bộ.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

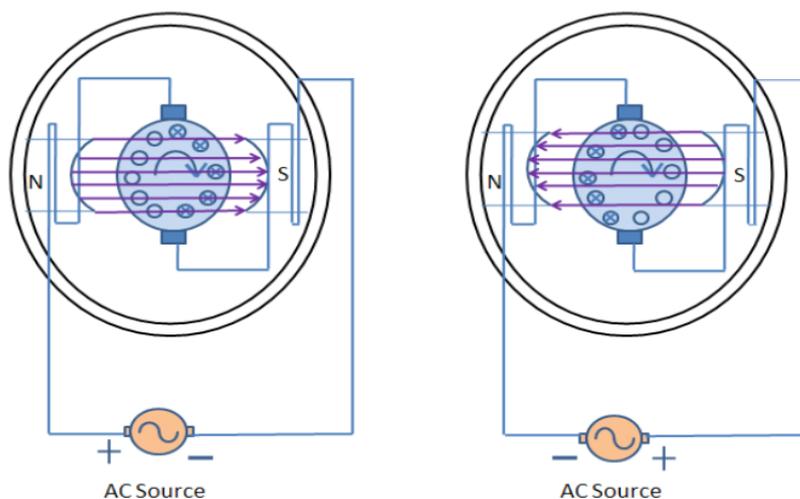
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Phụ thuộc vào cấu tạo của mỗi loại động cơ điện mà chúng có nguyên lý hoạt động khác nhau. Đối với động cơ điện xoay chiều cũng có cấu tạo và nguyên lý hoạt động rõ ràng. Về phần cấu tạo, động cơ điện xoay chiều gồm có hai phần chính: stator và rotor. Stator gồm các cuộn dây của ba pha điện quấn trên các lõi sắt bố trí trên một vành tròn để tạo ra từ trường quay. Rôto hình trụ có tác dụng như một cuộn dây quấn trên lõi thép [4].



Hình 3.10 Cấu tạo động cơ điện xoay chiều

Khi mắc động cơ vào mạng điện xoay chiều, từ trường quay do stator gây ra làm cho rôto quay trên trục. Chuyển động quay của rôto được trục máy truyền ra ngoài và được sử dụng để vận hành các máy công cụ hoặc các cơ cấu chuyển động khác.



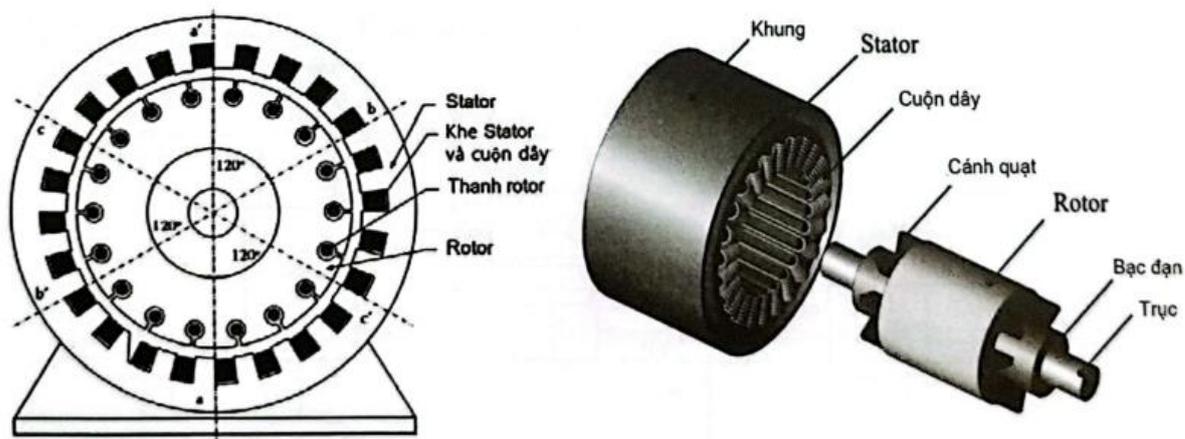
Hình 3.11 Nguyên lý làm việc động cơ điện xoay chiều

3.1.1.2.1 Động cơ điện xoay chiều cảm ứng (Induction Motor)

Động cơ cảm ứng IM (Induction Motor) không cổ góp được ứng dụng rộng rãi cho hệ động lực các xe EV, HEV. Động cơ IM có tốc độ quay của rotor chậm hơn so với tốc độ quay của từ trường stator. Giá thành thấp, thông dụng, dễ chế tạo, động cơ IM hoàn toàn có thể thực hiện các thuật toán điều khiển vector tiên tiến cho động cơ ô tô điện. Động cơ IM đạt hiệu suất cao khi sử dụng cho xe chạy thường xuyên trên những địa hình cho phép tốc độ cao. Hiệu suất cũng như quãng đường đi được sẽ không tối ưu, nếu sử dụng động cơ IM cho những quãng đường nhỏ, hay dừng đỗ như nước ta. Có hai loại động cơ cảm ứng là động cơ cảm ứng rotor dây quấn và động cơ cảm ứng lồng sóc. Vì chi phí cao, cần bảo trì và thiếu độ bền, động cơ cảm ứng rotor dây quấn ít được dùng so với động cơ cảm ứng lồng sóc trong xe điện EV và HEV. Do đó, động cơ cảm ứng lồng sóc được gọi chung là động cơ cảm ứng dùng trong xe điện. Rotor lồng sóc được sử dụng trong phần lớn động cơ cảm ứng 3 pha vì nó có cấu tạo đơn giản và chắc chắn, cho phép hoạt động trong những điều kiện xấu nhất. Tuy nhiên, IM có nhược điểm là có mô-men khởi động thấp, các thanh rotor bị ngắn mạch vĩnh viễn và không có cách nào để tăng mô-men ban đầu [4].

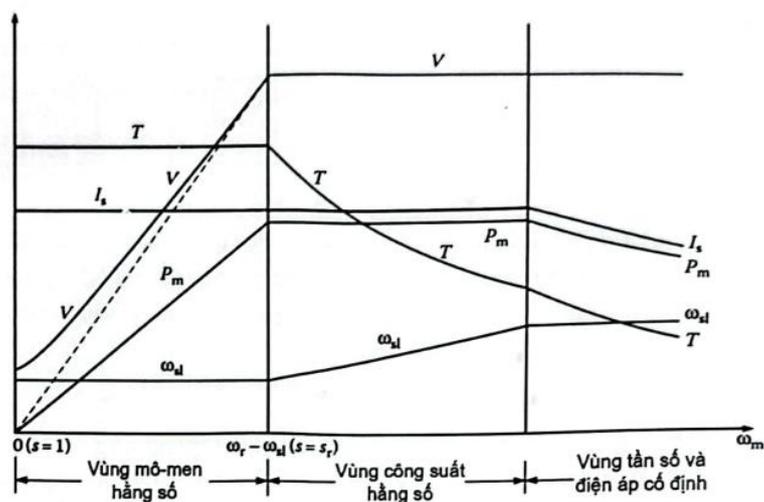
a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

IM lồng sóc bao gồm một stator kết hợp với cuộn dây phân ứng ba pha. Rotor lồng sóc có các thanh nhôm được đúc trong các khe ở ngoài vi ngoài của rotor. Các thanh nhôm ngắn mạch với nhau ở cả hai đầu của rotor bằng các vòng đầu bằng nhôm đúc, có dạng hình quạt kết hợp để làm mát. Mặt cắt của động cơ cảm ứng hai cực như hình 3.12. Khe ở vòng trong của stator được mắc vào các cuộn dây 3 pha, a-a', b-b', và c-c'. Các đường cuốn của mỗi cuộn dây được phân bố sao cho dòng điện trong cuộn dây tạo ra giá trị gần đúng mật độ từ thông phân bố hình sin xung quanh ngoại vi của khe hở không khí. Bộ ba các cuộn dây được bố trí theo góc 120° [4].



Hình 3.12 Mặt cắt ngang của động cơ cảm ứng và rotor lồng sóc

Khi tốc độ động cơ vượt quá tốc độ định mức của nó, điện áp được cố định ở giá trị danh định của nó và tần số tăng liên tục theo tốc độ động cơ. Động cơ hoạt động với phương pháp giảm dòng điện kích từ (Field weakening) theo điều khiển tốc độ từ thông (Field Oriented Control - FOC). Độ trượt s được cố định ở giá trị định mức của nó tương ứng với giá trị định mức tần số và tốc độ trượt δ tăng tuyến tính với tốc độ động cơ. Phương thức điều khiển này dẫn đến vùng hoạt động công suất không đổi, như hình 3.13 [4].

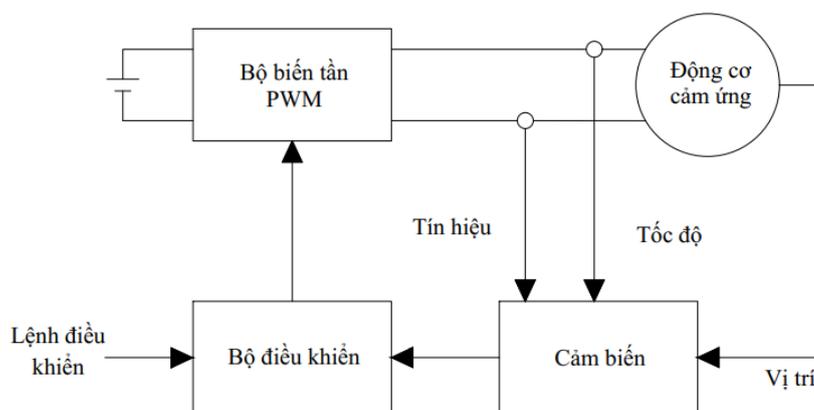


Hình 3.13 Đặc tính động cơ IM với các vùng làm việc

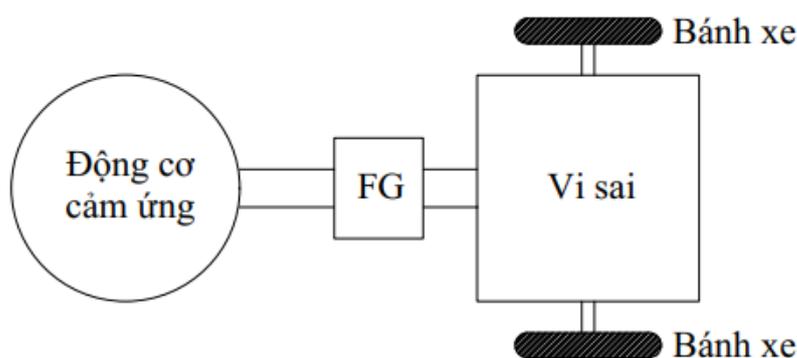
Nguyên lý hoạt động của động cơ điện không đồng bộ khi cấp nguồn điện xoay chiều cho stator, từ trường quay được tạo ra. Từ trường này cắt các thanh dẫn của rotor, tạo dòng điện cảm ứng trong rotor. Dòng điện này tương tác với từ trường quay của stator, tạo ra lực điện từ làm rotor quay. Tốc độ rotor luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường quay để duy trì quá trình cảm ứng điện từ

b. Cấu hình động cơ cảm ứng

Cấu hình cơ bản của hệ truyền động IM, bao gồm một động cơ cảm ứng lồng sóc 3 pha, biến tần điều chế độ rộng xung (pulse-width modulated - PWM) ba pha được cấp nguồn điện áp, bộ điều khiển điện tử và một số cảm biến như trong hình 3.14a. Đối với động cơ điện xe EV, có thể bố trí hệ động lực có một hoặc nhiều động cơ. Hệ động lực một động cơ cảm ứng được áp dụng rộng rãi cho xe điện thương mại. Như trong hình 3.14b, cấu hình một động cơ chỉ sử dụng một IM và một biến tần PWM, cho phép giảm thiểu kích thước, trọng lượng và chi phí. Hệ động lực này cần một bộ vi sai để điều chỉnh tốc độ của các bánh xe khi vào đường vòng. Ngoài ra, còn sử dụng một bộ bánh răng cố định (FG) để giảm tốc độ động cơ phù hợp với tốc độ bánh xe. Cần lưu ý rằng thiết kế động cơ tốc độ cao của IM được áp dụng rất rộng rãi cho động cơ EV vì giúp giảm kích thước và trọng lượng, vốn là yếu tố quan trọng đối với EV [4].



Hình 3.14a Sơ đồ cấu hình cơ bản của động cơ cảm ứng



Hình 3.14b Cấu hình một động cơ cho xe điện thương mại

c. Ưu điểm và nhược điểm

- Ưu điểm:

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- + Có cấu tạo đơn giản, không cần bộ chổi than, cổ góp hay bộ phận phức tạp, giúp giảm chi phí và bảo trì.
- + Bền bỉ và ít phải bảo trì vì không có chổi than hay bộ phận chuyển động phức tạp.
- + Chi phí sản xuất và bảo trì động cơ cảm ứng thấp.
- + Hoạt động ổn định trong nhiều điều kiện khác nhau và có khả năng chịu tải tốt.
- + Có khả năng tự khởi động mà không cần các thiết bị khởi động phức tạp.

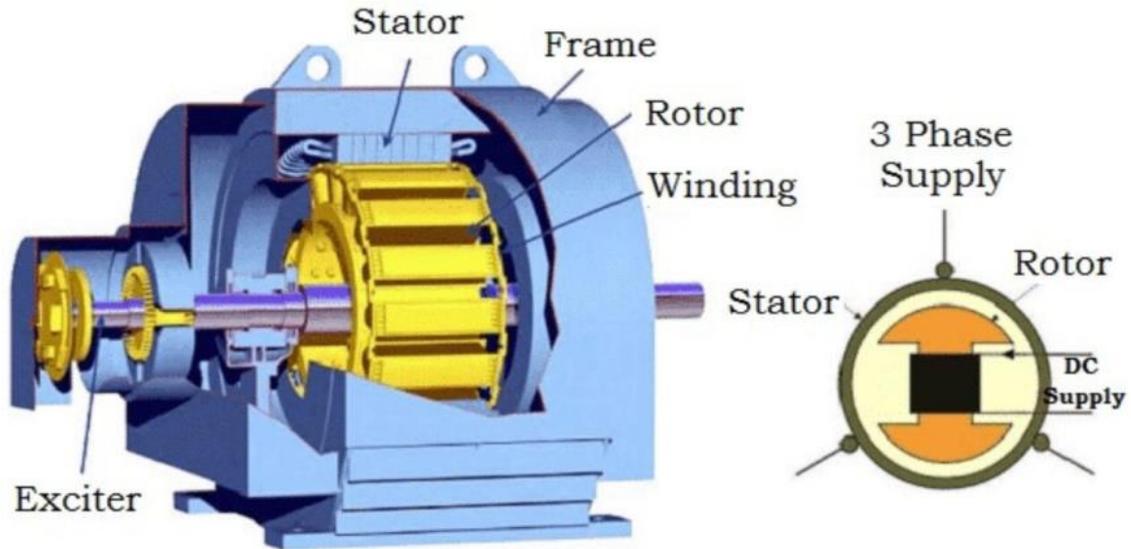
- Nhược điểm:

- + Có hiệu suất thấp hơn so với động cơ đồng bộ vì có tổn thất năng lượng do ma sát.
- + Tốc độ của rotor không ổn định và luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường quay của stator, gây hiện tượng trượt.
- + Có mô-men xoắn thấp ở tốc độ thấp, đặc biệt khi khởi động hoặc tải nhẹ.
- + Động cơ cảm ứng không đạt độ chính xác cao trong việc điều khiển tốc độ hoặc vị trí rotor.
- + Để điều khiển động cơ cảm ứng trong các ứng dụng thay đổi tốc độ, cần phải sử dụng bộ biến tần hoặc bộ điều khiển tần số, làm tăng độ phức tạp.

3.1.1.2.2 Động cơ điện xoay chiều đồng bộ (Synchronous Motor)

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Synchronous motor (động cơ đồng bộ) là loại động cơ điện trong đó tốc độ quay của rotor (phần cảm) luôn đồng bộ với tốc độ quay của từ trường stator (phần ứng). Tốc độ này không thay đổi dù tải có thay đổi, nhờ cơ chế "đồng bộ" giữa từ trường rotor và tín hiệu điện từ stator. Động cơ đồng bộ được ứng dụng rộng rãi trong xe điện nhờ khả năng duy trì tốc độ chính xác và hiệu suất cao. Tính năng này rất quan trọng trong việc kiểm soát động cơ bánh xe, hệ thống phanh tái tạo, hoặc các chức năng đòi hỏi sự đồng bộ và ổn định như điều khiển vị trí bánh xe hay tốc độ.

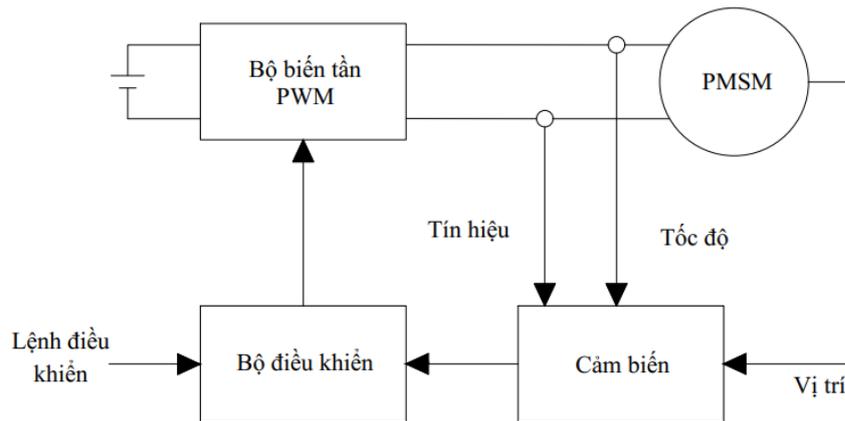


Hình 3.15 Synchronous Motor

Nguyên lý hoạt động của động cơ này dựa trên sự tương tác giữa từ trường quay do dòng điện trong stato tạo ra và từ trường của rôto. Khi dòng điện xoay chiều chạy qua cuộn dây stato, nó tạo ra một từ trường quay. Rôto của động cơ, được kích thích bởi dòng điện một chiều hoặc dòng điện xoay chiều, sẽ quay với tốc độ sao cho nó đồng bộ với từ trường quay của stato. Tốc độ quay này không thay đổi và luôn giữ ở một giá trị nhất định, gọi là tốc độ đồng bộ.

b. Cấu hình động cơ xoay chiều đồng bộ

Cấu hình cơ bản của hệ truyền động SM (Synchronous Motor) bao gồm một động cơ đồng bộ 3 pha, biến tần điều chế độ rộng xung (pulse-width modulated - PWM) ba pha được cấp nguồn điện áp, bộ điều khiển điện tử và một số cảm biến. Đối với động cơ điện trên xe EV, có thể bố trí hệ động lực với một hoặc nhiều động cơ. Hệ động lực một động cơ đồng bộ được áp dụng rộng rãi cho xe điện thương mại nhờ thiết kế đơn giản, hiệu suất cao và độ tin cậy. Cấu hình một động cơ chỉ sử dụng một SM và một biến tần PWM, giúp giảm thiểu kích thước, trọng lượng và chi phí. Hệ động lực này cần một bộ vi sai để điều chỉnh tốc độ của các bánh xe khi vào đường vòng. Ngoài ra, còn sử dụng một bộ bánh răng cố định (FG) để giảm tốc độ động cơ phù hợp với tốc độ bánh xe. Động cơ đồng bộ tốc độ cao (high-speed SM) được ứng dụng phổ biến trong thiết kế EV, giúp giảm kích thước và trọng lượng động cơ, vốn là yếu tố quan trọng đối với xe điện hiện đại [4].



Hình 3.16 Sơ đồ cấu hình cơ bản của động cơ đồng bộ

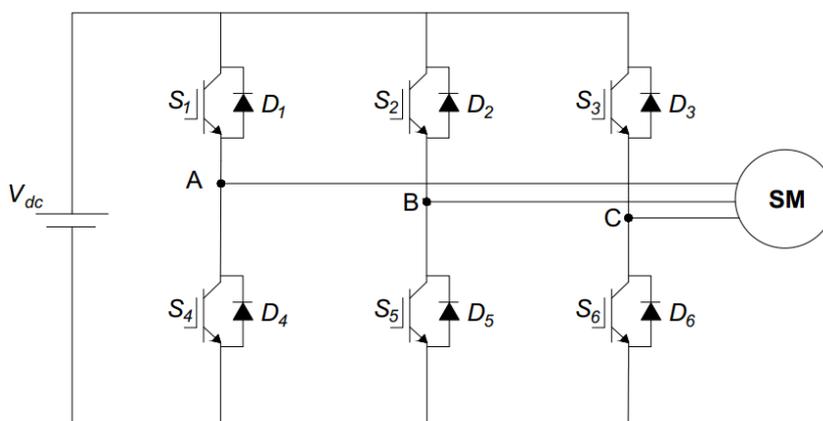
c. Biến tần cho động cơ đồng bộ

Biến tần cho động cơ xoay chiều đồng bộ (Synchronous Motor - SM) thường được phân thành hai loại là biến tần điện áp (Voltage-Fed Inverter - VFI) và biến tần dòng điện (Current-Fed Inverter - CFI). Tuy nhiên, biến tần dòng điện ít được sử dụng trong động cơ đồng bộ trên xe điện do yêu cầu cần thêm phần tử điện cảm nối tiếp lớn để điều chỉnh dòng điện nguồn. Trên thực tế, biến tần điện áp được sử dụng phổ biến hơn nhờ thiết kế đơn giản và công suất thấp ở một trong hai chiều quay. Bộ biến tần điện áp điển hình dạng Fed Full-Bridge ba pha tạo ra dòng điện xoay chiều cung cấp cho stator của động cơ đồng bộ. Dạng sóng đầu ra có thể là sáu bước hoặc PWM (Pulse Width Modulation), tùy thuộc vào chiến lược điều khiển áp dụng cho từng ứng dụng.

Biến tần sáu bước đơn giản hơn với suy hao chuyển mạch thấp, được sử dụng rộng rãi nhờ dạng sóng đầu ra tối ưu về thành phần hài và cường độ. Tần số cơ bản của biến tần sáu bước có thể điều chỉnh linh hoạt, cho phép kiểm soát tốc độ động cơ. Các chiến lược PWM hiện đại như PWM hình sin, PWM vectơ không gian, PWM thông thường, và PWM tối ưu đã được áp dụng phổ biến trong động cơ đồng bộ. Đặc biệt, PWM vectơ không gian (Space Vector PWM) được sử dụng rộng rãi nhờ khả năng tối ưu hóa từ trường quay, giúp duy trì sự đồng bộ giữa rotor và stator.

Thiết kế biến tần cho động cơ đồng bộ phụ thuộc rất nhiều vào công nghệ thiết bị công suất. Hiện tại, biến tần sử dụng IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor) là lựa chọn phổ biến trên các xe điện hiện đại nhờ khả năng hoạt động hiệu quả ở tốc độ chuyển mạch cao, giảm sóng hài và nhiễu âm học. Khi thiết kế, điện áp làm việc của IGBT phải lớn hơn ít nhất hai lần điện áp pin danh định để đảm bảo an toàn trước các xung tăng áp trong quá trình chuyển đổi. Đồng thời, dòng điện làm việc phải đủ lớn để tránh việc cần

kết nối song song nhiều thiết bị, và tốc độ chuyển mạch phải cao để ngăn ngừa sóng hài động cơ cũng như nhiễu âm học [4].



Hình 3.17 Biến tần điện áp Fed Full-Bridge ba pha

d. Ưu và nhược điểm

- Ưu điểm:

- + Hiệu suất cao nhờ sử dụng nam châm vĩnh cửu trong rotor.
- + Tạo ra hiệu suất năng lượng cao hơn so với các loại động cơ khác nhờ ít tổn thất năng lượng.
- + Kích thước nhỏ gọn và nhẹ hơn.
- + Hoạt động êm ái, ít ma sát và tổn thất năng lượng, giảm tiếng ồn và rung.
- + Rotor quay đồng bộ với tần số dòng điện, PMSM duy trì tốc độ ổn định, chính xác và phản ứng nhanh với tải thay đổi.

- Nhược điểm:

- + Sử dụng nam châm vĩnh cửu làm tăng chi phí sản xuất.
- + Cần một bộ điều khiển điện tử phức tạp để điều chỉnh dòng điện và vị trí rotor, làm tăng độ phức tạp của hệ thống.
- + Nam châm vĩnh cửu có thể bị hư hỏng nếu động cơ hoạt động quá tải hoặc quá nhiệt.
- + Yêu cầu hệ thống làm mát tốt để ngăn ngừa quá nhiệt khi hoạt động lâu dài ở công suất cao.

⇒ Dựa trên các tiêu chí quan trọng như hiệu suất, tốc độ chính xác, mô-men xoắn, chi phí, kích thước, và yêu cầu về khả năng vận hành. Nên chọn động cơ điện AC

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo; Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

đồng bộ cho việc cải tạo xe tải điện. Vì động cơ đồng bộ mang lại hiệu suất cao nhất trong các loại động cơ hiện nay, rotor quay đồng bộ với từ trường quay trong stator, giúp giảm thiểu tổn thất năng lượng và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng, điều này rất quan trọng đối với các ứng dụng yêu cầu tiết kiệm năng lượng như xe tải điện. Hơn nữa, tốc độ chính xác của động cơ đồng bộ là một yếu tố then chốt, vì rotor của động cơ này quay hoàn toàn đồng bộ với từ trường của stator, giúp duy trì tốc độ ổn định, không bị ảnh hưởng bởi tải và độ trượt như động cơ cảm ứng. Giúp đảm bảo rằng xe tải có thể vận hành ổn định trên các tuyến đường dài, giảm thiểu sự thay đổi tốc độ khi gặp tải thay đổi.

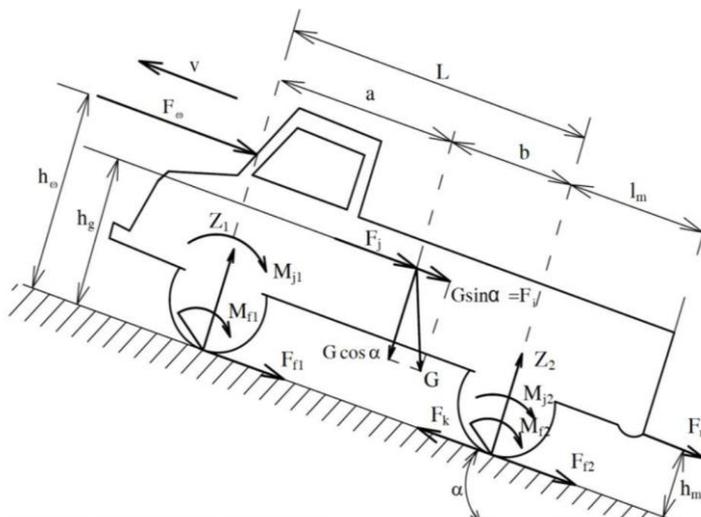
Về Mô-men xoắn, động cơ đồng bộ cung cấp mô-men xoắn ổn định và mạnh mẽ, điều này rất quan trọng khi xe tải phải vận hành dưới tải nặng và thay đổi liên tục, giúp xe dễ dàng vượt qua các vật cản và duy trì tốc độ ổn định trong mọi điều kiện. Mặc dù chi phí đầu tư ban đầu cho động cơ đồng bộ có thể cao hơn so với động cơ cảm ứng hoặc BLDC, nhưng với hiệu suất cao và khả năng duy trì hiệu suất ổn định trong suốt quá trình vận hành, động cơ đồng bộ sẽ tiết kiệm chi phí dài hạn nhờ vào việc giảm tổn thất năng lượng và tối ưu hóa hiệu quả vận hành. Cuối cùng, về kích thước và khả năng vận hành, mặc dù động cơ đồng bộ có thể có kích thước lớn hơn, nhưng sự ổn định và bền bỉ mà nó mang lại trong các ứng dụng công suất lớn và yêu cầu độ chính xác cao sẽ đảm bảo rằng xe tải điện có thể hoạt động hiệu quả và đáng tin cậy trong thời gian dài.

Với những yếu tố trên, động cơ đồng bộ là lựa chọn tối ưu cho việc cải tạo xe tải điện, đảm bảo hiệu suất cao, độ ổn định và khả năng vận hành bền bỉ.

3.1.2 Tính chọn động cơ điện

- Xe tải sau cải tạo theo quy định của luật giao thông đường bộ với xe tải nhẹ xe di chuyển từ 50 km/h đến tối đa là 90 km/h, đường cao tốc thì dưới 120 km/h.

- Công suất cần thiết của động cơ điện được tính toán dựa trên phương trình cân bằng lực kéo theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:



Hình 3.18 Sơ đồ tác dụng lực lên xe tải khi chuyển động lên dốc

$$F_k = F_f + F_i + F_j + F_\omega \quad (3.1)$$

Trong đó: F_k là lực kéo tiếp tuyến tại bánh xe chủ động
 F_f là lực cản lăn
 F_i là lực cản dốc
 F_ω là lực cản khí động
 F_j là lực cản quán tính

* Trường hợp 1:

- Thời điểm xe hoạt động ở vận tốc cực đại của động cơ điện (100 km/h) thì lúc này đường đặc tính kéo cắt đường đặc tính cản tại v_{max} nên sẽ không tính chọn công suất động cơ cho lực cản dốc và lực quán tính tăng tốc, chỉ tồn tại lực cản lăn và lực cản gió.

+ Lực cản lăn theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_f = f \cdot G = 0,018.39190,95 = 705,437N \quad (3.2)$$

Trong đó: f là hệ số cản lăn

G là tổng trọng lượng của xe, ở đây $G = 3995.9,81 = 39190,95N$

+ Lực cản không khí theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_\omega = C_x \cdot S \cdot v^2 = 0,6.1,75.2,127,7778^2 = 1701,39N \quad (3.3)$$

Trong đó: C_x là hệ số cản không khí. Đối với ô tô tải chọn $C_x = 0,6 (Ns^2/m^4)$

S là diện tích cản chính diện. ($S = B.H$)

B là chiều rộng lớn nhất, $B = 1,75 m$

H là chiều cao lớn nhất, $H = 2,1 m$

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

v là vận tốc lớn nhất của xe $v = 100 \text{ (km/h)} = 27,7778 \text{ (m/s)}$;

- Thay phương trình (3.2) và (3.3) vào (3.1) ta có:

$$F_k = F_f + F_\omega = 705,44 + 1701,39 = 2406,83N \quad (3.4)$$

- Công suất của xe tại tốc độ tối đa theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau, hiệu suất động cơ điện 95%:

$$P_e = \frac{F_k \cdot v}{\eta_{dl}} = \frac{2406,83 \cdot 27,7778}{0,95} = 70375,20W \quad (3.5)$$

- Xe cơ sở Kia Frontier K200 có công suất động cơ là 96 kW, sau khi công suất đi qua các bộ truyền với hiệu suất η_t thì công suất của động cơ công suất được truyền đến trước vi sai là 75,7 kW so với vận tốc chọn để tính chọn động cơ điện thì động cơ điện đáp ứng được công suất cần thiết để xe hoạt động.

+ Hiệu suất truyền đến trước vi sai theo tài liệu [5]:

$$\eta_t = \eta_{lh} \cdot \eta_{hs}^2 \cdot \eta_{cardan} \cdot \eta_{tolan}^2 = 0,9 \cdot 0,96^2 \cdot 0,97 \cdot 0,99^2 = 0,788 \quad (3.6)$$

+ Công suất được truyền đến trước vi sai:

$$P_{ivs} = P_{cs} \cdot \eta_t = 96 \cdot 0,788 = 75,7kW \quad (3.7)$$

* Trường hợp 2:

Khi xe leo dốc với vận tốc khoảng 5 m/s, cần tính toán công suất động cơ điện bao gồm các thành phần lực cản quan trọng như lực cản dốc, lực cản lăn, lực cản gió. Trong trường hợp này, đường đặc tính kéo của động cơ phải vượt qua tổng các lực cản để đảm bảo xe có thể duy trì vận tốc 5 m/s trên đoạn đường dốc.

+ Lực cản lăn theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_f = f \cdot G = 0,018 \cdot 39190,95 = 705,437N \quad (3.8)$$

+ Lực cản không khí theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_\omega = W \cdot v^2 = 0,6 \cdot 1,75 \cdot 2,1 \cdot 5^2 = 55,125N \quad (3.9)$$

+ Lực cản dốc theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_i = G \cdot \sin \alpha = 39190,95 \cdot \sin(18,47) = 12415,57N \quad (3.10)$$

Trong đó với độ leo dốc là 33,4% tương đương với 18,47 độ.

- Thay phương trình (3.8), (3.9) và (3.10) vào (3.1) ta có:

$$F_k = F_f + F_\omega + F_i = 705,44 + 55,125 + 12415,6 = 13176,13N \quad (3.11)$$

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Công suất của xe tại tốc độ tối đa theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau có hiệu suất động cơ điện 95%:

$$P_e = \frac{F_k \cdot v}{\eta_{dl}} = \frac{13176,13.5}{0,95} = 69348,05W \quad (3.12)$$

- Từ các dữ liệu trên ta chọn được động cơ điện có các thông số sau [10]:



Hình 3.19 Bộ biến tần (TZ-280-X-S-GA05) [10]



Hình 3.20 Cụm động cơ điện và bộ biến tần (TZ-280-X-S-GA05) [10]

a. Thông số động cơ điện:

- + Tên nhà cung cấp: Anyang Wanfeng Industrial & Trading Co., Ltd.
- + Mã sản phẩm: TZ-280-X-S-GA05
- + Công suất: 55/80 kW
- + Momen xoắn: 240 Nm
- + Hiệu điện thế: 350/750V
- + Cường độ dòng điện: 152A-334A
- + Số vòng quay: 4400/6000rpm

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

- + Khối lượng 62kg
- + Kích thước DxR: 357 x 280 mm

b. Thông số bộ biến tần:

- + Điện áp/pin: 540V
- + Dải điện áp đầu vào: 350–720V
- + Công suất cực đại: 122kW
- + Dòng ra định mức: 225A
- + Dòng ra tối đa: 338A
- + Dải tần số đầu ra: 0–600Hz
- + Làm mát: bằng nước (Water Cooling)
- + Khối lượng : $\leq 10\text{kg}$

3.1.3 Tính toán đặc tính ngoài động cơ điện

- Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ giữa tốc độ quay với momen và công suất của động cơ [6].

$$P_{E\max} = \omega.M \quad (3.13)$$

- Phương trình momen động cơ điện [6]:

$$\begin{cases} M_E = \frac{P_{E\max}}{\omega}; \forall \omega_B \leq \omega \leq \omega_N \\ M_{E\max} = \frac{P_{E\max}}{\omega_B}; \forall \omega < \omega_B \end{cases} \quad (3.14)$$

- Khi tốc độ góc của động cơ điện $\omega_B \leq \omega$ thì ta có $P_e = \text{const}$. Còn khi tốc độ góc $\omega_B > \omega$ thì ta có $M_{e\max} = \text{const}$

- Tốc độ góc tại điểm công suất cực đại:

$$\omega_N = \frac{\pi.n}{30} = \frac{\pi.6000}{30} = 628\text{rad} / \text{s} \quad (3.15)$$

- Mômen định mức của động cơ điện:

$$M_N = \frac{P_{E\max}}{\omega_e} = \frac{80000}{628} = 127,38\text{Nm} \quad (3.16)$$

- Hệ số thích ứng của động cơ theo momen xoắn theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$K_N = \frac{M_{\max}}{M_N} = \frac{240}{127,38} = 1,884 \quad (3.17)$$

$$\lambda_M = \frac{1}{K_M} = \frac{1}{1,884} = 0.530785563 \quad (3.18)$$

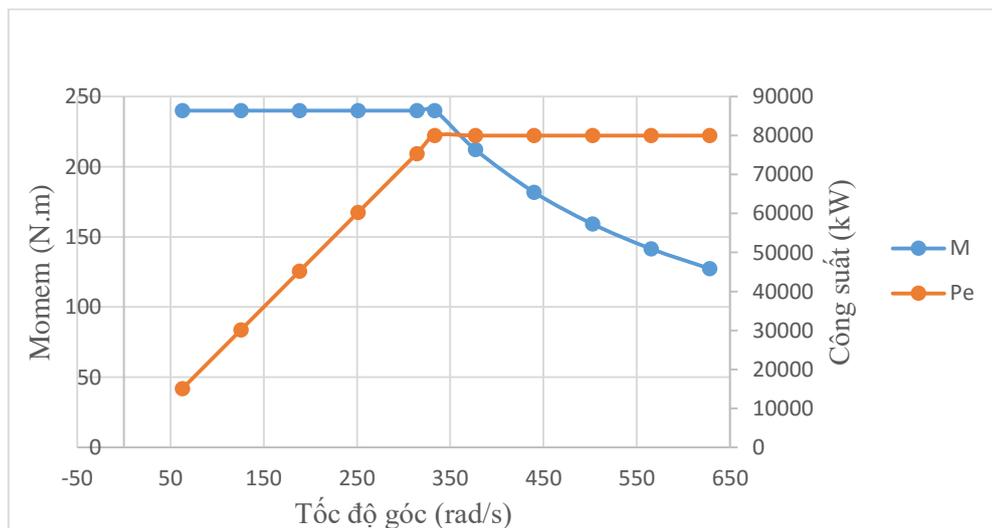
- Tốc độ góc tại điểm momen xoắn cực đại:

$$\omega_B = \frac{P_{E_{\max}}}{M_{\max}} = \frac{80000}{240} = 333,33 \text{ rad / s} \quad (3.19)$$

- Từ các tính toán trên ta lập được bảng số liệu sau:

Bảng 3.1 Thông số đặc tính ngoài động cơ điện

λ	ω	M	Pe
0.1	62.83	240	15079.6
0.2	125.66	240	30159.3
0.3	188.50	240	45238.9
0.4	251.33	240	60318.6
0.5	314.16	240	75398.2
0.5305	333.33	240	80000
0.6	376.99	212.21	80000
0.7	439.82	181.89	80000
0.8	502.65	159.15	80000
0.9	565.49	141.47	80000
1	628.32	127.32	80000



Hình 3.21 Đồ thị đặc tính ngoài động cơ điện

3.1.4 Đặc tính kéo xe HEV

3.1.4.1 Đặc tính kéo của động cơ điện

Ta có lực kéo ở bánh xe chủ động của xe theo tài liệu [6] được xác định theo biểu thức sau:

$$F_k = \frac{M_e \cdot i_t \cdot \eta_{dl}}{r_b} \quad (3.20)$$

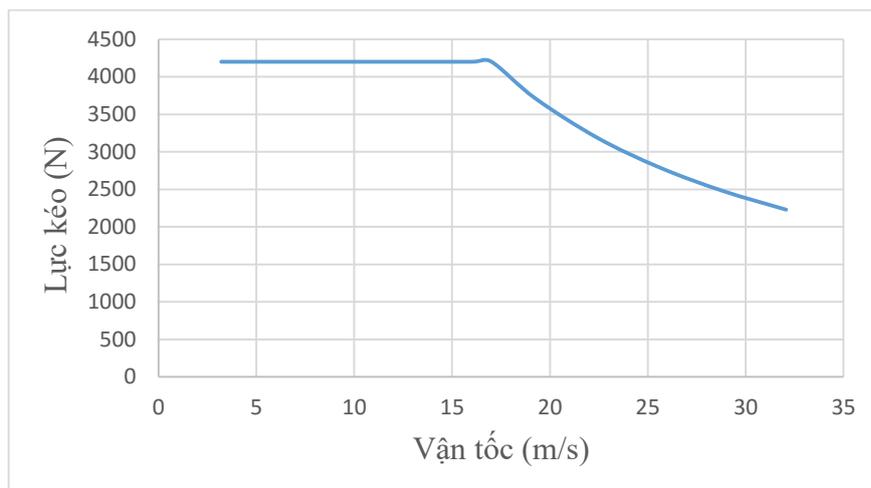
Trong đó: M_e là momen xoắn của động cơ điện (N.m)
 i_t là tỉ số truyền từ động cơ điện đến bánh xe chủ động, $i_t = 3,727$
 η_{dl} là Hiệu suất truyền động từ động cơ điện đến bánh xe chủ động, lấy $\eta_{dl} = 0,95$.
 r_{bx} là bán kính bánh xe chủ động, $r_{bx} = 0,25515$ m

Ta có bảng tính và đồ thị $F_k = f(v)$:

Bảng 3.2 Thông số đặc tính kéo

λ	ω	v	F_k
0.1	62.832	3.21	4201.51
0.2	125.664	6.41	4201.51
0.3	188.496	9.62	4201.51
0.4	251.327	12.83	4201.51
0.5	314.159	16.03	4201.51
0.5305	333.333	17.01	4201.51
0.6	376.991	19.24	3714.95
0.7	439.823	22.45	3184.24
0.8	502.655	25.65	2786.21
0.9	565.487	28.86	2476.63
1	628.319	32.07	2228.97

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.22 Đồ thị đặc tính kéo

Nhận xét:

+ Lực kéo (F_k) duy trì ổn định ở mức cao (khoảng 4200 N) khi vận tốc từ 0 đến khoảng 20 m/s. Điều này cho thấy động cơ có khả năng tạo ra lực kéo lớn trong giai đoạn khởi động và tốc độ thấp.

Sau vận tốc khoảng 20 m/s, lực kéo giảm dần khi vận tốc tăng lên

3.1.4.2 Đồ thị nhân tố động lực học của xe

Ta có đồ thị nhân tố động lực học $D = f(v)$ được xây dựng theo tài liệu [2] được xác

định theo biểu thức sau:

$$D = \frac{F_k - F_\omega}{G} \quad (3.21)$$

$$F_\omega = C_x \cdot S \cdot v^2 \quad (3.22)$$

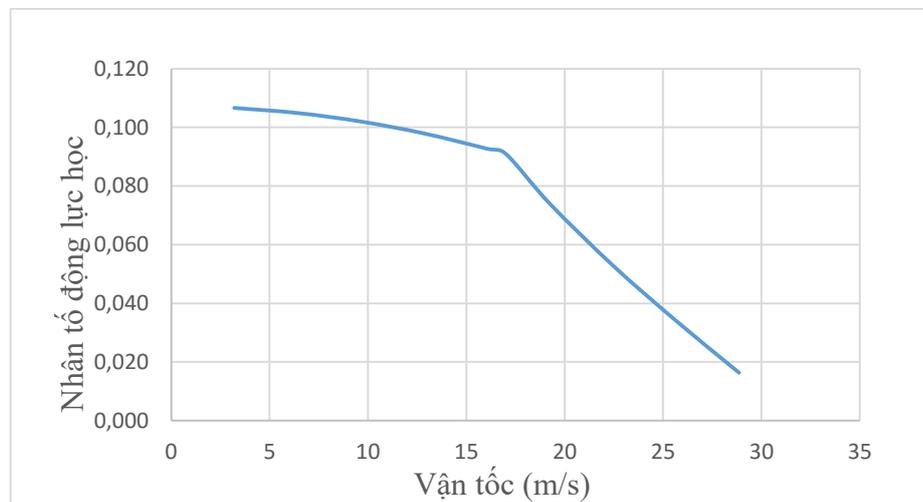
- Trong đó :
- G là trọng lượng xe sau cải tạo (N), $G = 39190,95$ (N);
 - C_x là hệ số cản không khí. Đối với ô tô tải chọn $C_x = 0,6$ (Ns^2/m^4);
 - F_ω là lực cản khí động;
 - S là diện tích cản chính diện ($S = B.H$);
 - B là chiều rộng lớn nhất, $B = 1,75$ m;
 - H là chiều cao lớn nhất, $H = 2,1$ m;
 - v là vận tốc lớn nhất của xe;

Bảng 3.3 Thông số đồ thị nhân tố động lực học của xe

λ	ω	v	F_k	F_w	D
0.1	62.832	3.207	3330.4174	22.675	0.107

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

0.2	125.664	6.414	3330.4174	90.700	0.105
0.3	188.496	9.620	3330.4174	204.074	0.102
0.4	251.327	12.827	3330.4174	362.798	0.098
0.5	314.159	16.034	3330.4174	566.873	0.093
0.531	333.333	17.012	3330.4174	638.180	0.091
0.6	376.991	19.241	2944.7355	816.297	0.074
0.7	439.823	22.447	2524.059	1111.070	0.053
0.8	502.655	25.654	2208.5516	1451.194	0.034
0.9	565.487	28.861	1963.157	1836.667	0.016
1	628.319	32.068	1766.8413	2267.490	-0.001



Hình 3.23 Đồ thị nhân tố động lực học

Nhận xét:

+ Đồ thị cho thấy nhân tố động lực học của động cơ điện giảm dần khi vận tốc tăng. Điều này nghĩa là hiệu suất động lực học của động cơ giảm ở vận tốc cao hơn. Như vậy, động cơ hoạt động hiệu quả hơn ở các vận tốc thấp và trung bình.

3.1.4.3 Đồ thị gia tốc của xe

Ta xây dựng đồ thị dựa theo tài liệu [2] được xác định theo biểu thức sau:

$$J = \frac{D_i - f}{\delta_i} \times g \quad (3.23)$$

$$\delta_j = 1 + 0.05(1 + i_t^2) \quad (3.24)$$

Bảng 3.4 Thông số đồ thị gia tốc

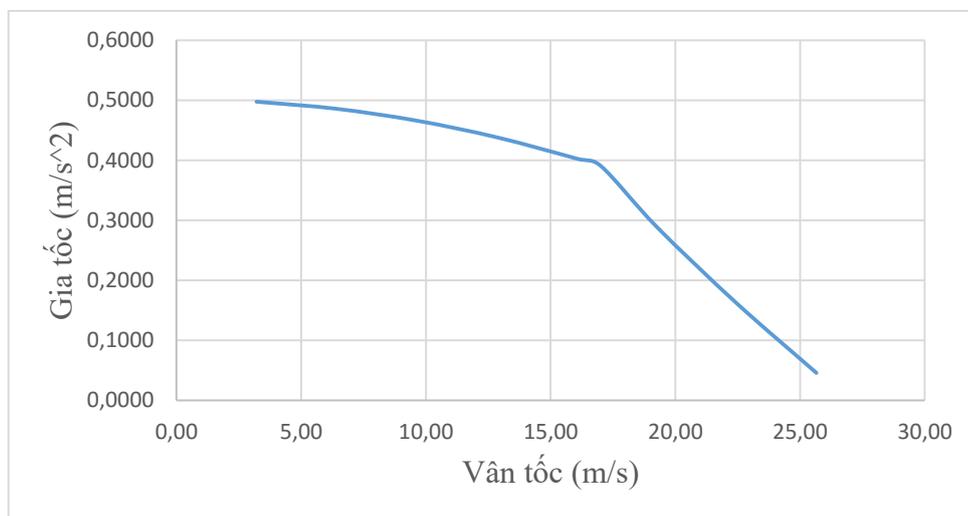
v	D	f	j
4.046	0.107	0.0181	0.4977

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

8.091	0.105	0.0185	0.4858
12.137	0.102	0.0191	0.4661
16.182	0.098	0.0200	0.4385
20.228	0.093	0.0211	0.4029
21.462	0.091	0.0215	0.3905
24.273	0.074	0.0224	0.2897
28.319	0.053	0.0240	0.1622
32.364	0.034	0.0259	0.0459
36.410	0.016	0.0280	-0.0656
40.455	-0.001	0.0303	-0.1761



Hình 3.24 Đồ thị gia tốc

Nhận xét:

+ Đồ thị thể hiện gia tốc giảm dần khi vận tốc tăng, phản ánh lực cản và giới hạn công suất động cơ làm giảm khả năng tăng tốc ở tốc độ cao.

3.2 Tính chọn pin

3.2.1 Giới thiệu các loại pin

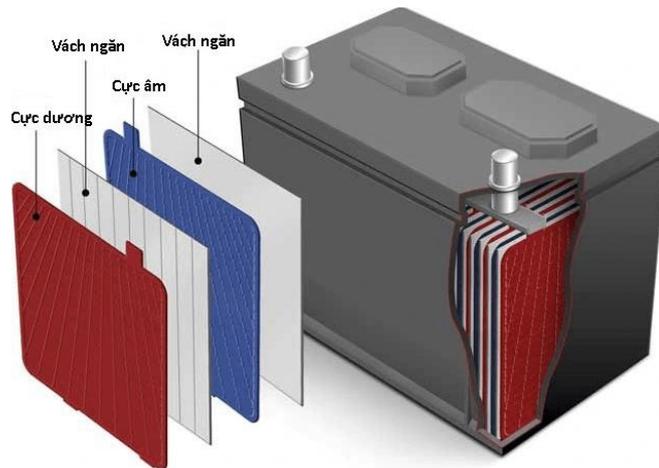
3.2.1.1 Pin axit chì

Pin axit chì, hay còn được gọi là ắc quy axit chì, là một loại pin sử dụng công nghệ axit chì để lưu trữ và cung cấp năng lượng điện. Được phát minh từ lâu và vẫn được sử dụng rộng rãi cho các thiết bị điện tử, xe máy, ô tô, hệ thống năng lượng dự phòng và nhiều ứng dụng khác, pin axit chì là một trong những công nghệ pin phổ biến nhất trên thị trường.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.25 Pin axit chì (ắc quy chì)

Trước kia, loại pin được biết đến nhiều nhất và được sử dụng rộng rãi nhất cho xe điện là pin axit chì. Trong các cell pin axit chì, các bản cực âm có chì xốp làm vật liệu hoạt tính, trong khi các bản cực dương có vật liệu hoạt tính là chì dioxit. Các tấm được ngâm trong dung dịch điện phân axit sunfuric loãng. Axit sunfuric kết hợp với chì và oxit chì để tạo ra chì sunfat và nước, năng lượng điện được giải phóng của pin được đưa ra trong bảng 3.5 [4].

Bảng 3.5 Thông số của pin chì axit

Thông số	Giá trị
Năng lượng riêng	30 - 40 Wh/kg tùy thuộc vào việc sử dụng
Mật độ năng lượng	60 - 95 Wh/L
Công suất riêng	~ 250 W/kg trước khi hiệu suất giảm nhất nhiều
Điện áp danh nghĩa của cell	2 V
Hiệu suất dung lượng	80-92 % thay đổi theo tốc độ xả và nhiệt độ
Nội trở	Cực nhỏ ~ 0.022 Ω /cell pin cho 1Ah cell pin
Thương mại và giá	Có sẵn trên thị trường giá từ 0,15-0,30 USD/Wh

Nhiệt độ hoạt động	Môi trường thường, hiệu suất kém trong điều kiện cực lạnh
Tự xả điện	3-20% trên 1 tháng
Chu kỳ sạc xả	Lên đến 800 lần, đến 80% dung lượng
Thời gian sạc	8 giờ (nhưng 90% được sạc trong 1 giờ)

a. Pin axit chì có cấu tạo cơ bản gồm các thành phần chính sau:

- Ống ăn mòn: Đây là thành phần ngoài cùng của pin, thường được làm bằng nhựa chịu axit hoặc kim loại chống ăn mòn như thép. Ống ăn mòn giữ chặt các thành phần bên trong và ngăn chặn sự rò rỉ của dung dịch axit.

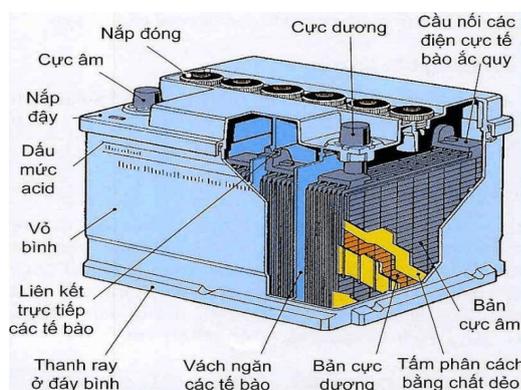
- Tấm âm điện: Tấm âm điện trong pin axit chì được làm bằng chì (Pb). Thường có dạng tấm tạo ra các ổ cắm nhỏ để giữ axit sulfuric.

- Tấm dương điện: Tấm dương điện được làm bằng chì ôxít (PbO₂). Tấm này tạo điện áp và phản ứng hóa học trong quá trình sạc và xả pin.

- Giấy bạc: Giấy bạc được đặt giữa các tấm âm và dương điện trong pin axit chì. Chức năng của giấy bạc là ngăn cách các tấm, ngăn chặn sự tiếp xúc trực tiếp và ngăn chặn ngắn mạch trong pin.

- Dung dịch axit sulfuric: Dung dịch axit sulfuric nằm trong ống ăn mòn và là chất mang điện trong quá trình hoạt động của pin. Axit sulfuric tác động với tấm âm và dương điện, tạo ra phản ứng hóa học để tạo ra dòng điện.

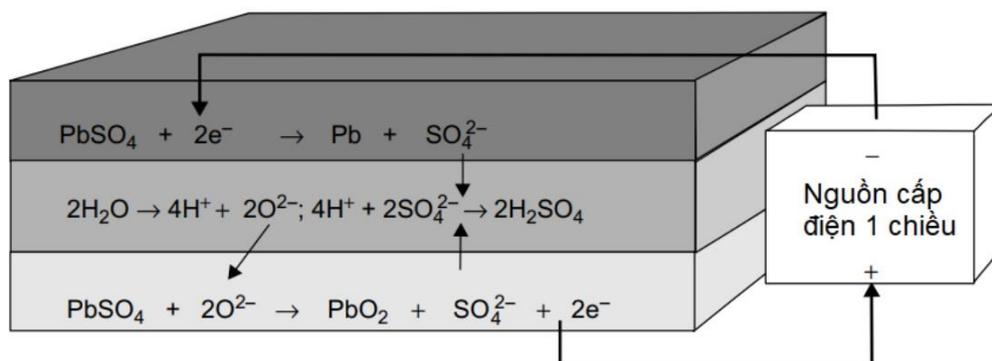
- Cái nắp: Một số loại pin axit chì có nắp vặn có thể mở để kiểm tra mức axit hoặc thay thế dung dịch axit sulfuric. Nắp cũng có chức năng cho phép thoát khí nếu áp suất bên trong pin tăng cao.



Hình 3.26 Cấu tạo pin axit chì (ắc quy chì)

b. Nguyên lý hoạt động

Khi sạc, nguồn điện bên ngoài cung cấp năng lượng để đảo ngược các phản ứng hóa học trong pin axit-chì. Chì sunfat ($PbSO_4$) trên bản cực dương chuyển thành chì điôxít (PbO_2), còn trên bản cực âm, nó chuyển thành chì kim loại (Pb). Đồng thời, axit sulfuric (H_2SO_4) trong chất điện phân được tái tạo, và các ion di chuyển trong dung dịch để duy trì dòng điện. Ở giai đoạn cuối, phản ứng điện phân nước có thể xảy ra, tạo ra khí hydro và oxy, vì vậy cần kiểm soát dòng và điện áp để tránh làm hỏng pin [4].



Hình 3.27 Quá trình xảy ra trong pin chì – axit khi pin được nạp điện

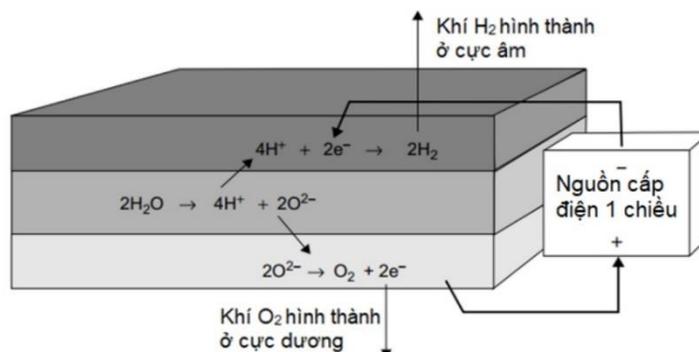
c. Đặc điểm đặc biệt

Các phản ứng của pin axit chì với chì và chì điôxít không ổn định trong axit sulfuric và bị phân hủy, mặc dù rất chậm với các phản ứng:



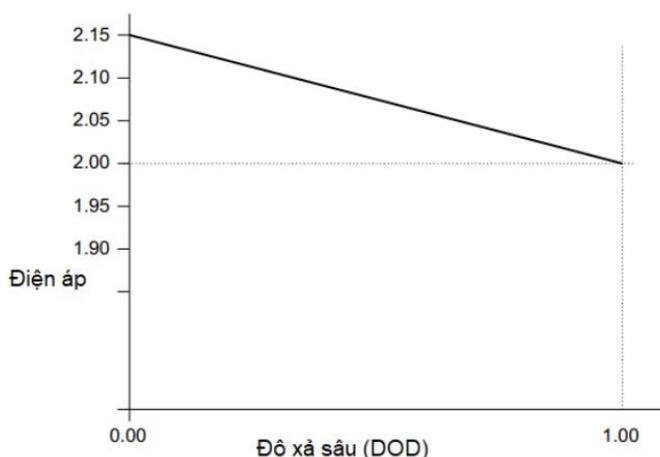
Điều này dẫn đến hiện tượng pin tự xả, với tốc độ tự xả phụ thuộc vào nhiệt độ của cell, xảy ra nhanh hơn khi nhiệt độ cao. Ngoài ra, các yếu tố như độ tinh khiết của vật liệu và hợp kim sử dụng trong giá đỡ điện cực cũng ảnh hưởng đến tốc độ tự xả. Những phản ứng không mong muốn này, bao gồm việc tạo ra khí hydro và oxy, cũng xảy ra trong quá trình xả pin, đặc biệt nhanh hơn khi pin xả ở tốc độ cao. Điều này là do điện áp thấp, nhiệt độ tăng và hoạt động điện cực mạnh hơn, dẫn đến hiện tượng chai pin và pin cạn nhanh hơn. Một vấn đề khác là các cell pin không xả đồng đều, dẫn đến một số cell xả nhiều hơn cell khác. Điều này ảnh hưởng đến cách pin được sạc và dễ gây chai pin. Các phản ứng tạo khí xảy ra khi trên điện cực không còn $PbSO_4$ để nhường hoặc nhận electron, thường xuất hiện khi pin được sạc đầy hoặc gần đầy. Lưu ý rằng cả quá trình sạc và xả đều làm thay đổi nồng độ chất điện ly trong cell pin [4].

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.28 Phản ứng tạo khí ở các cực khi pin được sạc đầy

Sự thay đổi nồng độ của các chất phản ứng có nghĩa là có một sự thay đổi nhỏ trong điện áp tạo ra bởi cell pin khí nó phóng điện. Đối với loại pin chì axit kín hiện đại, sự thay đổi là tuyến tính ở mức độ khá tốt. Lưu ý rằng điện áp này của pin thông thường không thể được sử dụng để chỉ thị trạng thái sạc của pin. Thông thường không thể đo điện áp hở mạch này khi pin đang được sử dụng và trong mọi trường hợp, nó cũng bị ảnh hưởng nhiều bởi nhiệt độ và do đó, một phép đo sự thay đổi của điện áp pin có thể bị ảnh hưởng mạnh bởi những yếu tố khác [4].



Hình 3.29 Sự thay đổi của điện áp mạch hở của cell pin chì axit loại kín

Khi Sạc quá mức và hiện tượng tự xả của pin axit-chì thường dẫn đến việc mất nước, do nước bị phân tách thành khí hydro (H₂) và oxy (O₂). Trong các thiết kế pin cũ, các khí này thoát ra ngoài, khiến chất điện phân cần được bổ sung nước định kỳ. Tuy nhiên, các loại pin kín hiện đại đã khắc phục vấn đề này nhờ khả năng giữ lại và tái kết hợp khí để tạo thành nước, đảm bảo hoạt động ổn định mà không cần bảo trì thường xuyên. Dù vậy, tốc độ tạo khí vẫn cần được kiểm soát để tránh áp suất quá lớn gây hỏng pin.

Một vấn đề quan trọng khác là sự đa dạng của các loại pin axit-chì trên thị trường. Người dùng cần chọn đúng loại pin phù hợp với mục đích sử dụng. Ví dụ, pin SLI (khởi động, chiếu sáng, đánh lửa) dùng cho ô tô thông thường không phù hợp cho xe điện. Tương tự, các loại pin cho hệ thống chiếu sáng sự cố hoặc báo động cũng không thích hợp. Chỉ các loại pin axit-chì xả sâu, được phát minh bởi Vincent và Scrosati (1998), mới đáp ứng tốt yêu cầu của xe điện, nhưng đây cũng là loại pin có giá thành cao nhất [4].

d. Ưu và nhược điểm

- Ưu điểm:

+ Giá thành thấp hơn so với nhiều công nghệ pin khác, là một lợi thế đáng kể đối với nhiều người tiêu dùng.

+ Cung cấp công suất cao, đặc biệt trong khoảng thời gian ngắn. Điều này làm cho pin axit chì phù hợp với các thiết bị yêu cầu năng lượng lớn như ô tô, xe máy và hệ thống dự phòng.

+ Có khả năng chịu tải cao, cho phép nó phục vụ trong các ứng dụng yêu cầu khả năng khởi động mạnh mẽ như khởi động động cơ ô tô.

+ Không đòi hỏi quy trình sạc phức tạp và dễ dàng bảo dưỡng. Việc kiểm tra và thay thế dung dịch axit sulfuric cũng khá đơn giản.

- Nhược điểm:

+ Có trọng lượng nặng so với nhiều công nghệ pin khác. Điều này tạo ra hạn chế trong việc di chuyển và lắp đặt, đặc biệt đối với các thiết bị di động như điện thoại di động.

+ Tuổi thọ không cao so với các công nghệ pin tiên tiến khác như pin lithium-ion. Điều này yêu cầu việc thay thế pin thường xuyên và làm tăng chi phí dài hạn.

+ Yêu cầu bảo dưỡng định kỳ để đảm bảo hiệu suất và tuổi thọ tối ưu. Việc kiểm tra dung dịch axit, kiểm tra và thay thế các thành phần bị hỏng là cần thiết.

+ Pin axit chì chứa axit sulfuric và chì, hai chất có tác động tiêu cực đến môi trường nếu không được xử lý đúng cách. Thải pin axit chì không đúng cách có thể gây ô nhiễm và ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

3.2.1.2 Pin Niken

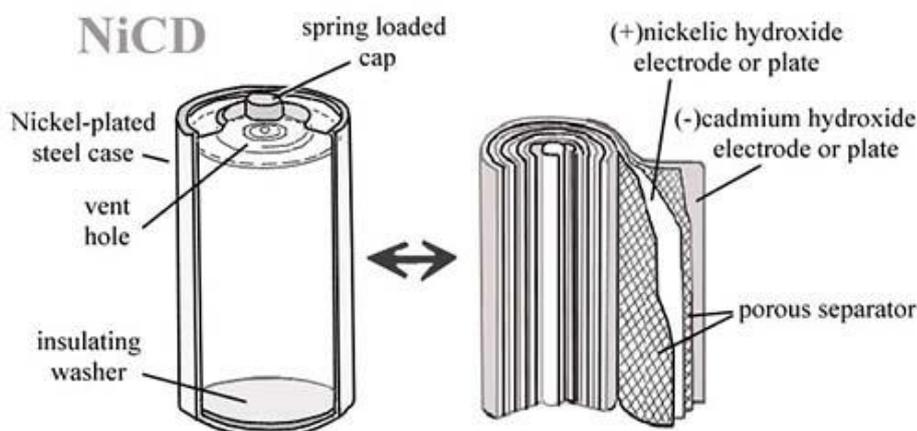
Nhiều loại pin thương mại sử dụng niken làm vật liệu điện cực dương, bao gồm pin sắt-niken, kẽm-niken, cadmium-niken và pin Nickel-Metal Hydride (NiMH). Trong số này, pin NiMH được sử dụng rộng rãi nhất nhờ hiệu suất cao và thân thiện với môi trường hơn so với pin cadmium-niken (Ni-Cd). Pin kẽm-niken có hiệu suất năng lượng

khá tốt, nhưng tuổi thọ của nó lại hạn chế, chỉ khoảng 300 chu kỳ xả-sạc sâu, khiến nó ít phổ biến hơn. Mặc dù các loại pin khác như sắt-niken có độ bền cao, nhưng chúng thường nặng và có mật độ năng lượng thấp hơn, làm giảm tính cạnh tranh trong các ứng dụng hiện đại. Do đó, pin NiMH đã trở thành lựa chọn phổ biến trong nhiều thiết bị tiêu dùng nhờ dung lượng lớn, độ bền ổn định và giảm thiểu tác động môi trường.

3.2.1.2.1 Pin Niken Cadmium (NiCad)

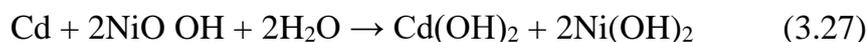
a. Cấu tạo

Pin NiCad có nhiều kích cỡ và hình dạng khác nhau, mặc dù không dễ dàng có được chúng với kích thước lớn hơn cần thiết cho xe điện, thị trường chính của chúng là các công cụ cầm tay và thiết bị điện tử. Chúng cũng rất mạnh mẽ cả về cơ học và điện năng và có thể được sạc lại trong vòng một giờ và lên đến 60% dung lượng trong 20 phút.



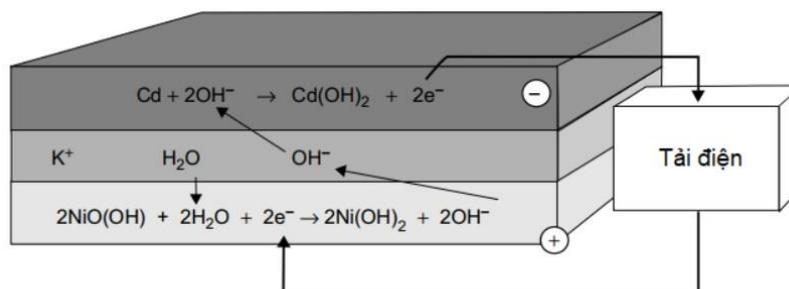
Hình 3.30 Cấu tạo bên trong pin Niken Cadmium

Pin niken cadmium được coi là một trong những đối thủ cạnh tranh chính của pin axit chì để sử dụng cho xe điện và loại pin này có năng lượng riêng gần gấp đôi pin axit chì. Pin NiCad sử dụng niken oxyhydroxide cho điện cực dương và cadmium kim loại cho điện cực âm. Năng lượng điện thu được từ phản ứng sau.



Các phản ứng xảy ra trên các điện cực được mô tả trong hình 2.10, giúp làm rõ các electron được tạo ra từ đâu và pin hoạt động như thế nào. Có một điều trái ngược giữa pin này và pin chì axit đó là chất điện phân của nó lại đặc lại khi pin xả điện.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.31 Các phản ứng xảy ra khi pin NiCad phóng điện

Pin NiCad đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều thiết bị, bao gồm cả việc sử dụng trong xe điện. Pin NiCad có ưu điểm là công suất riêng cao, vòng đời dài (lên đến 2500 chu kỳ), phạm vi nhiệt độ hoạt động rộng từ -40°C đến $+80^{\circ}\text{C}$, tự phóng điện thấp và lưu trữ lâu dài. Điều này là do pin là một hệ thống rất ổn định, với các phản ứng tương đương với quá trình tự phóng điện của pin chì axit chỉ diễn ra rất chậm.

Nhược điểm của pin điện áp hoạt động của mỗi cell chỉ khoảng 1,2 V, vì vậy cần 10 cell trong mỗi viên pin 12V danh nghĩa, so với 6 cell đối với pin chì axit. Điều này giải thích một phần giá thành của loại pin này cao hơn. Một vấn đề nữa là chi phí của cadmium gấp vài lần chì và điều này không có khả năng thay đổi. Cadmium cũng có hại cho môi trường và gây ung thư.

Bảng 3.6 Thông số của pin Niken Cadmium

Thông số	Giá trị
Năng lượng riêng	40-55 Wh/kg tùy thuộc vào dòng
Mật độ năng lượng	70 - 90 Wh/l tùy thuộc vào dòng
Công suất riêng	~ 125 W/kg
Điện áp danh nghĩa của cell	1.2 V
Hiệu suất dung lượng	Tốt
Nội trở	Rất thấp, khoảng 0.06Ω / mỗi cell có dung lượng 1Ah
Tính thương mại	Tốt khi kích cỡ nhỏ, khó khăn với kích cỡ lớn
Nhiệt độ làm việc	$-40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$
Tự xả điện	0.5 % /1 ngày, rất thấp
Chu kỳ sạc xả	1200 đến khi còn khoảng 80 % dung lượng
Thời gian sạc	1 giờ sạc nhanh, 20 phút có thể sạc được 60%

Chi phí của pin NiCad thường gấp 3 lần so với pin chì axit và nó được bù đắp phần nào đó bằng vòng đời dài hơn. Hiệu suất sạc của nó giảm nhanh chóng trên 35°C nhưng điều này không ảnh hưởng đến việc sử dụng nó trong xe điện [4].

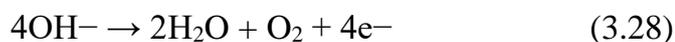
b. Đặc điểm đặc biệt

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Cũng như pin chì axit, pin NiCad cần được sạc đúng cách. Tuy nhiên, bởi vì các cell NiCad ít có xu hướng tự phóng điện hơn nên vấn đề có thể đơn giản hơn so với pin chì axit. Thông thường, pin được sạc với dòng điện không đổi cho đến khi điện áp cell của nó đạt đến giá trị định mức, lúc này dòng điện sẽ tắt. Tại thời điểm này, điện áp của cell giảm xuống mức thấp hơn điện áp định mức và dòng điện được bật trở lại. Quá trình này được tiếp tục cho đến khi pin được sạc lại.

Ngoài ra, pin có thể được sạc lại ở dòng điện không đổi, thấp hơn; đây là một hệ thống đơn giản hơn, nhưng mất nhiều thời gian hơn. Một tính năng thông minh của pin NiCad là cách nó đối phó với việc sạc quá mức. Cell pin được tạo ra để có lượng dư cadimi hydroxit trong điện cực âm. Điều này có nghĩa là điện cực dương sẽ luôn được sạc đầy trước. Nếu tiếp tục có dòng điện nạp thì sẽ dẫn đến việc tạo ra oxy ở điện cực dương thông qua phản ứng:



Kết quả là O_2 tự do tạo thành khuếch tán đến điện cực âm ở đó nó tác dụng với Cadimi và H_2O tạo ra Hydroxit Cadimi theo phản ứng:



Cũng như phản ứng này, phản ứng sạc bình thường sẽ diễn ra ở điện cực này, sử dụng các điện cực được tạo ra bởi phản ứng:



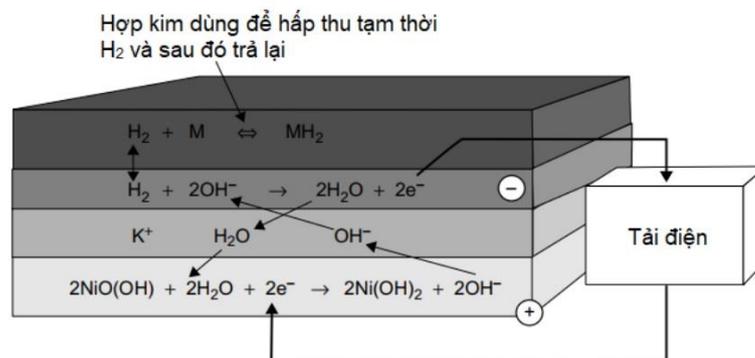
Quan sát 2 phản ứng trên ta thấy tỉ lệ tạo ra Cadimi Hydroxit bằng với tỉ lệ nó chuyển hóa thành Cadimi. Do đó chúng ta có một hệ thống bền vững hoàn hảo, không sử dụng bất kỳ vật liệu nào từ pin. Tổng của 3 phản ứng trên là không ảnh hưởng gì đến pin. Do đó, tình trạng sạc quá mức này có thể tiếp tục vô thời hạn [4].

3.2.1.2.2 Pin Niken Hydrua kim loại (NiMH)

a. Cấu tạo

Pin NiMH đã được đưa vào ứng dụng thương mại vào những năm cuối của thế kỷ 20. Hiệu suất của loại pin này tương đương với pin NiCad, nhưng điểm khác biệt chính là ở điện cực âm của pin NiMH, thay vì sử dụng cadmium như pin NiCad, nó sử dụng hydro hấp thụ trong một hydrua kim loại, điều này giúp loại bỏ cadmium, mang lại một lợi thế lớn. Một đặc điểm đặc biệt của pin NiMH là điện cực âm hoạt động giống như một pin nhiên liệu. Phản ứng ở điện cực dương tương tự như trong pin NiCad, khi niken oxyhydroxit chuyển thành niken hydroxit trong quá trình phóng điện. Tại điện cực âm, H_2 sẽ được giải phóng khỏi kim loại mà nó đã liên kết tạm thời, và phản ứng này

tạo ra nước cùng với các điện tử. Các hợp kim kim loại dùng để giữ hydro có công thức thường là độc quyền.



Hình 3.32 Các phản ứng xảy ra khi pin NiMH phóng điện

Nguyên tắc hoạt động của chúng hoàn toàn giống như trong các hydro hydrua kim loại được sử dụng cùng với pin nhiên liệu. Nguyên tắc cơ bản là một phản ứng thuận nghịch, trong đó hydro được liên kết với kim loại, và sau đó được giải phóng dưới dạng hydro tự do khi cần thiết. Để điều này có thể diễn ra cell phải được làm kín, vì một xúc tác quan trọng trong quá trình hấp thụ/giải hấp là áp suất của khí hydro phải được duy trì ở một giá trị khá ổn định. Một điểm quan trọng nữa về vấn đề làm kín là các hợp kim hấp thụ hydro sẽ bị hỏng nếu không khí lọt vào cell. Đó là do chúng sẽ phản ứng với không khí và các phân tử khác sẽ chiếm giữ các vị trí được sử dụng để lưu trữ hydro.



Hình 3.33 Pin niken hydrua kim loại

Phản ứng hóa học tổng quát xảy ra trong pin NiMH như sau:



Xét về mật độ năng lượng và mật độ công suất, pin NiMH có phần tốt hơn so với pin NiCad. Pin NiMH có năng lượng riêng danh định khoảng 65Wh/kg và mật độ năng lượng danh định là 150 Wh/l và công suất riêng tối đa khoảng 200W/kg. Về hầu hết các khía cạnh, hiệu suất của nó tương tự hoặc tốt hơn một chút so với pin NiCad. Điện áp

định của tế bào là 1,2 V. Một khía cạnh mà NiMH tốt hơn NiCad là có thể sạc pin nhanh hơn một chút do đó nó cần phải được làm mát.

Bảng 3.7 Thông số của Pin Niken Hydrua kim loại

Thông số	Giá trị
Năng lượng riêng	40-120 Wh/kg tùy thuộc vào năng lượng
Mật độ năng lượng	140-400 Wh/l
Công suất riêng	300-1000 W/kg
Điện áp danh nghĩa của cell	1.2 V
Hiệu suất dung lượng	65-80%
Nội trở	Rất thấp, 0.06 Ω/ cell có dung lượng 1Ah
Tính thương mại	Tốt với cell pin nhỏ
Nhiệt độ làm việc	Nhiệt độ môi trường
Tự xả điện	30% tháng
Chu kỳ sạc xả	~1000 đến khi còn khoảng 80 % phóng điện
Thời gian sạc	1 giờ sạc nhanh, 20 phút có thể sạc được 60%

Cùng với lượng nhiệt được tạo ra do nội trở của pin, phản ứng H₂ liên kết với kim loại tiếp giáp với điện cực âm tỏa nhiệt khá mạnh. Ngoại trừ những pin cỡ nhỏ sử dụng trên các loại xe máy, hệ thống làm mát là một đặc tính quan trọng của hệ thống pin NiMH. Pin NiMH có khả năng lưu trữ năng lượng cao hơn một chút so với hệ thống NiCad và cũng đắt hơn một chút. Có một khía cạnh mà hiệu suất của nó kém hơn đáng kể so với pin NiCa đó là đặc tính tự xả của nó. Các phân tử H₂ rất nhỏ, và chúng có thể dễ dàng khuếch tán qua chất điện phân đến điện cực dương, nơi nó sẽ phản ứng:



Kết quả là H₂ bị mất từ cực âm và niken hydroxit được hình thành ở cực dương. Việc này khiến pin tự xả khá nhanh. Một đặc điểm độc đáo của pin NiMH là thành phần của chất điện phân không thay đổi trong quá trình sạc hoặc phóng điện; nước và ion OH⁻ được tạo ra và sử dụng với tỷ lệ chính xác. Kết quả là điện trở bên trong và điện áp mạch hở của cell không thay đổi nhiều trong quá trình phóng điện so với pin chì axit hoặc pin NiCad.

Chế độ sạc của pin NiMH tương tự như của pin NiCad, dòng điện được bật và tắt để giữ điện áp cell ở giữa giới hạn trên và giới hạn dưới. Giống như pin NiCad, pin NiMH có thể được sạc trong vòng 1 giờ [4].

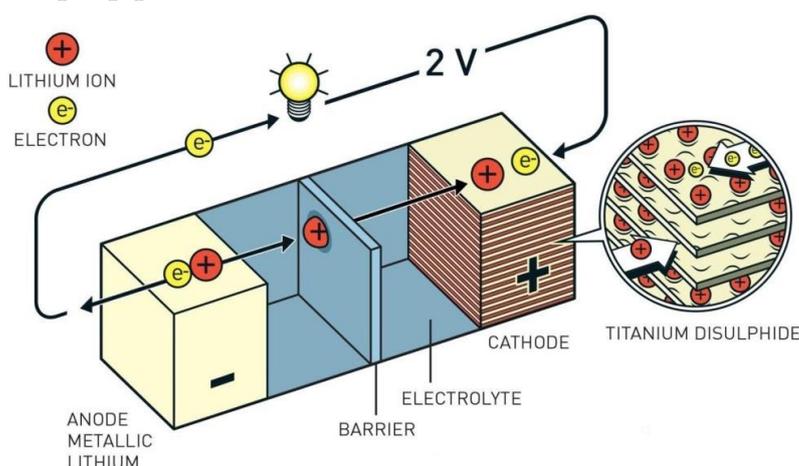
3.2.1.3 Pin Lithium

Pin Lithium, còn được gọi là pin Li-ion hoặc pin Lithi-ion, viết tắt là LIB, là một loại pin sạc bao gồm nhiều tế bào ghép lại, tương tự như pin axit-chì và một số loại pin khác. Pin này sử dụng kim loại Lithium hoặc hợp kim Lithium làm vật liệu điện cực âm và dung dịch điện giải không dẫn dính. Pin Lithium được phân thành hai loại chính: pin Lithium kim loại và pin Lithium-Ion (Li-Ion). Trong đó, pin Lithium-Ion không chứa Lithium kim loại và có khả năng sạc lại.

3.2.1.3.1 Pin Lithium-ion

a. Cấu tạo:

Pin Lithium-ion (Li-ion) được phát triển từ những năm 1990, gồm điện cực dương làm từ oxit kim loại chuyển tiếp, điện cực âm từ carbon, chất điện phân (dung dịch hữu cơ hoặc polyme rắn), và màng phân cách nhựa xốp. Trong quá trình xả, ion lithium di chuyển từ cực âm qua chất điện phân đến cực dương, tạo ra dòng điện khi electron chạy qua mạch ngoài. Khi sạc, ion lithium di chuyển ngược lại. Phản ứng hóa học thuận nghịch cho phép pin sạc lại nhiều lần.



Hình 3.34 Sơ đồ cấu tạo của pin Li-ion

Cấu tạo pin Li-ion bao gồm: 1 cực dương, 1 cực âm, bộ phân tách, chất điện phân và hai bộ thu dòng điện.

- Điện cực dương: vật liệu sử dụng cho điện cực dương thường là LiCoO_2 hoặc LiMn_2O_4 . Cấu trúc phân tử của chúng bao gồm các phân tử oxit cobalt liên kết với các nguyên tử lithium. Khi dòng điện chạy qua, các nguyên tử lithium tách khỏi cấu trúc này, tạo thành các ion lithium dương (Li^+).

- Điện cực âm: thường được làm từ than chì (graphite) hoặc các vật liệu carbon khác. Vai trò chính của nó là lưu trữ các ion lithium (Li^+) trong các lớp tinh thể của cấu trúc carbon.

- Bộ phân tách: hay màng ngăn cách điện, được làm từ nhựa polyethylene (PE) hoặc polypropylene (PP). Nó nằm giữa điện cực dương và điện cực âm, với cấu trúc nhiều lỗ nhỏ. Chức năng chính của bộ phân tách là ngăn chặn sự tiếp xúc trực tiếp giữa hai điện cực, tránh hiện tượng đoản mạch, đồng thời cho phép các ion lithium (Li^+) di chuyển qua.

- Chất điện phân: đây là dung dịch lấp đầy không gian giữa hai điện cực và màng ngăn. Thành phần chính của chất điện phân thường bao gồm LiPF_6 (muối lithium hexafluorophosphate) và dung môi hữu cơ. Vai trò của chất điện phân là dẫn truyền các ion lithium giữa hai điện cực trong quá trình sạc và xả. Độ dẫn ion cao, thường đạt từ 1-2 S/cm ở nhiệt độ phòng, độ dẫn tăng khoảng 30-40% khi nhiệt độ đạt 40°C và giảm nhẹ khi nhiệt độ xuống dưới 0°C [4].

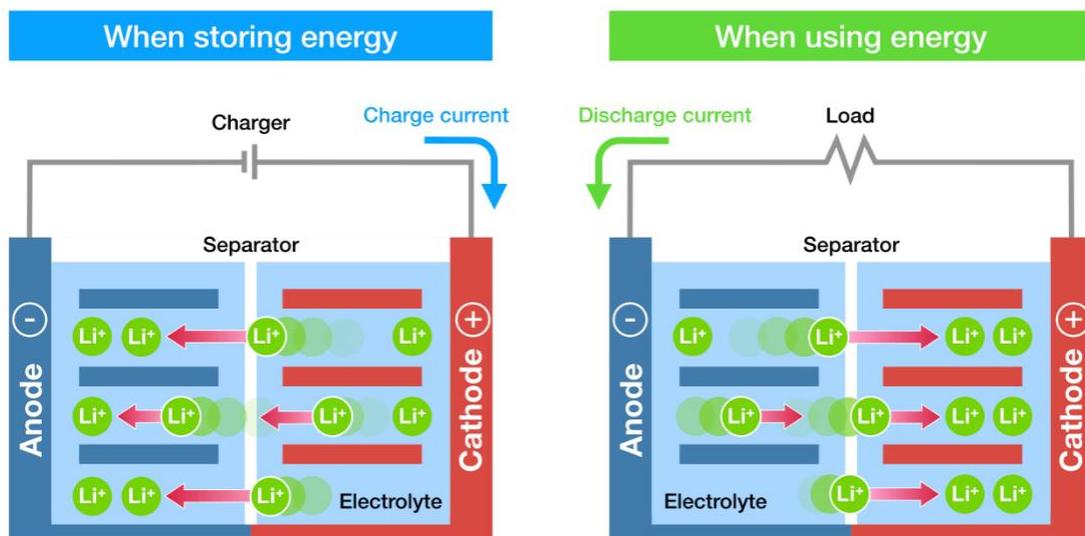
b. Nguyên lý hoạt động

- Quy trình xả:

Li-ion mang điện dương di chuyển từ cực âm (thường là graphite) qua dung dịch điện ly sang cực dương và dương cực sẽ có phản ứng với ion liti. Mỗi ion Li dịch chuyển từ cực âm sang cực dương trong pin thì ở mạch ngoài, lại tiếp tục có 1 electron chuyển động từ cực âm sang cực dương, sinh ra dòng điện chạy từ cực dương sang cực âm. Điều này tạo ra cân bằng điện tích giữa 2 cực.

- Quy trình sạc:

Quá trình sạc diễn ra ngược lại quá trình xả. Dưới điện áp sạc, electron bị buộc chạy từ điện cực dương của pin (trở thành cực âm), Li-ion tách khỏi cực dương di chuyển trở về điện cực âm của pin (ở quy trình này đóng vai trò cực dương). Trong quá trình sạc và xả pin sẽ đảo chiều. Trong một chu kỳ phóng điện, những nguyên tử liti ở cực dương bị ion hóa và tách khỏi các điện tử của chúng. Các ion liti di chuyển từ cực dương và đi qua chất điện phân cho đến khi chúng đến được cực âm. Tại đây chúng tái kết hợp với các điện tử và trung hòa về điện.



Hình 3.35 Nguyên lý hoạt động của pin Lithium ion thể hiện qua quy trình sạc

Bảng 3.8 Thông số của Pin Li-Ion

Thông số	Giá trị
Năng lượng riêng	200-350 Wh/kg
Mật độ năng lượng	250 - 620 Wh/L
Công suất riêng	1000-5000 W/kg
Điện áp danh nghĩa của cell	3.5 V
Hiệu suất Amphour	95-99%
Nội trở	Rất thấp
Tính thương mại	Nhiều nhà cung cấp
Nhiệt độ làm việc	Nhiệt độ môi trường
Tự xả điện	rất thấp, 5%/tháng
Chu kỳ sạc xả	2000
Thời gian sạc	2-3h

c. Ưu điểm và nhược điểm

- Ưu điểm:

+ Pin Li-ion có thể lưu trữ năng lượng nhiều hơn 3-4 lần so với pin niken-cadmium cùng kích thước, cho phép thiết bị hoạt động lâu hơn và thiết kế nhỏ hơn, nhẹ hơn.

+ Pin Li-ion được đánh giá an toàn với người sử dụng, không gây ô nhiễm và có nguy cơ cháy nổ thấp. Pin có thể hoạt động hiệu quả hơn 2,5 lần ở nhiệt độ thấp và hoạt động an toàn lên đến 65 độ C.

+ Sạc nhanh, an toàn trong những ưu điểm của pin Li-ion trong 60 phút có thể tiến hành nạp được 80% dung lượng pin.

+ Khi không sử dụng, pin Li-ion chỉ mất 2-3% điện tích mỗi tháng, duy trì nguồn điện trong thời gian dài hơn.

+ Nếu được chăm sóc đúng cách, pin Li-ion có thể chịu được 2.000 chu kỳ sạc-xả trở lên, trong nhiều trường hợp có thể kéo dài 8-10 năm.

- Nhược điểm:

+ Những loại pin này dễ bị mất kiểm soát nhiệt, có khả năng dẫn đến hỏa hoạn hoặc nổ, đặc biệt là khi bị hư hỏng hoặc quản lý không đúng cách.

+ Hiệu suất và tuổi thọ có thể bị ảnh hưởng đáng kể khi tiếp xúc với nhiệt độ rất cao hoặc rất thấp.

+ Quy trình sản xuất phức tạp và vật liệu được sử dụng khiến pin lithium-ion đắt hơn một số loại pin thay thế khác.

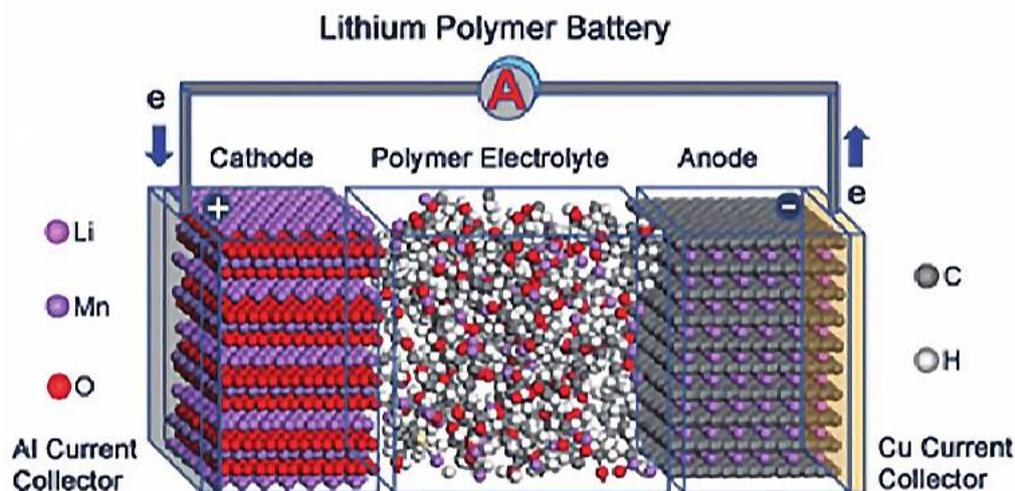
+ Theo thời gian, pin lithium-ion bị suy giảm, thường chỉ chịu được 500-1000 chu kỳ sạc trước khi dung lượng giảm đáng kể.

+ Việc khai thác lithium và các vật liệu khác có thể gây hại cho hệ sinh thái, làm ô nhiễm nguồn nước và góp phần gây ô nhiễm không khí.

3.2.1.3.2 Pin Lithium Polymer (Li-Po)

a. Cấu tạo nguyên lý

Pin Li-Po (Lithium-Ion Polymer, Lithium-Polymer) không sử dụng chất điện phân dạng lỏng mà thay vào đó nó sử dụng chất điện phân xốp hoặc chất điện phân gel, dạng polymer khô, tương tự như một miếng phim nhựa mỏng miếng phim này được kẹp (thực sự là ghép lá) giữa cực dương và cực âm của pin cho phép trao đổi ion, vì vậy pin có thể làm rất mỏng với các hình dạng và kích thước của cell pin khác nhau.



Hình 3.36 Cấu tạo của pin Li-Po

Pin Lithium-Polymer sử dụng kim loại lithium làm điện cực âm và oxit kim loại làm điện cực dương. Trong quá trình phản ứng hóa học, lithium kết hợp với oxit kim loại tạo thành oxit kim loại lithium (Li_xMyOz), đồng thời giải phóng năng lượng. Khi sạc lại, phản ứng hóa học diễn ra ngược lại, với lithium vừa là chất phản ứng vừa là ion di động qua chất điện phân. Phản ứng hóa học tổng quát:



Tuy nhiên, điện cực âm bằng lithium rắn gây ra các vấn đề về an toàn và hiệu suất, dẫn đến việc pin Lithium-Polymer dần được thay thế bằng pin Lithium-Ion.

Về nguyên lý hoạt động sạc xả giống với Li-Ion nhưng lại khác nhau về chất điện phân. Li-Ion sử dụng chất điện phân lỏng (dung dịch hữu cơ) còn Li-Po sử dụng chất điện phân dạng polymer (thường là dạng gel), giúp pin mỏng hơn, nhẹ hơn và có khả năng chịu được hình dạng linh hoạt hơn [4].

b. Ưu và nhược điểm

- Ưu điểm

+ Pin Li-Po có khả năng cung cấp dung lượng năng lượng lớn, giúp xe điện có thể đi được một khoảng cách xa trước khi cần sạc lại.

+ Pin Li-Po có khả năng xả tải mạnh, cho phép xe điện vận hành mạnh mẽ và đạt được tốc độ cao.

+ Cấu trúc mỏng và linh hoạt của pin Li-Po cho phép nó được thiết kế với kích thước nhỏ gọn, giúp giảm trọng lượng và tạo không gian linh hoạt cho hệ thống pin trong xe điện.

+ Pin Li-Po có hiệu suất sạc và xả tốt, cho phép nạp và giải phóng năng lượng nhanh chóng và hiệu quả.

- Nhược điểm:

+ Pin Li-Po có tuổi thọ thấp hơn so với các loại pin Lithium-ion khác như pin LiFePO₄. Việc sử dụng pin Li-Po cho xe điện có thể yêu cầu thay thế pin sau một khoảng thời gian ngắn hơn.

+ Pin Li-Po có khả năng nổ, cháy hoặc phát nhiệt nếu không được sử dụng hoặc bảo quản đúng cách. Do đó, việc bảo quản, sạc và vận hành pin Li-Po phải tuân thủ các quy định an toàn nghiêm ngặt để tránh tai nạn.

+ Pin Li-Po có giá thành cao hơn so với một số loại pin khác, điều này có thể là một yếu tố quan trọng trong quyết định sử dụng cho xe điện.

3.2.2 Tính chọn pin

3.2.2.1 Cơ sở lý thuyết

a. Thông số tính toán

Dựa vào các thông số kỹ thuật của xe cơ sở Kia Frontier K200 [1].

Bảng 3.9 Thông số kỹ thuật của xe Kia Frontier K200

Thông số kỹ thuật	Đơn vị	Kia Frontier K200
Dài-Rộng-Cao (DxRxH)	mm	5.100 x 1.750 x 2.100
Chiều dài cơ sở	mm	2.615
Trọng lượng không tải	kg	1.440
Trọng lượng toàn tải	kg	3.995
Động cơ	HYUNDAI – D4CB	
Công suất cực đại / tốc độ quay	Ps/(vòng/phút)	130 / 3.800
Moment xoắn / tốc độ quay	N.m/(vòng/phút)	255/1.500 – 3.500
Tốc độ tối đa	km/h	115

b. Cơ sở tính toán mức tiêu tổn năng lượng:

Để xác định kích thước và số lượng pin cần sử dụng trong hệ thống, cần phải có hai thông số chính, đó là:

+ Mức năng lượng tiêu tổn trung bình (E_{avg}): Đây là mức năng lượng trung bình mà xe tiêu thụ trong quá trình vận hành.

+ Khoảng cách mà xe đi được trong một lần nạp (D_v): Đây là quãng đường mà xe có thể di chuyển sau mỗi lần nạp đầy pin.

Để tính toán mức tiêu hao năng lượng trung bình E_{avg} , chúng ta cần đưa xe lên bảng thử công suất và sử dụng các chu trình lái khác nhau để tính toán mức tiêu hao này. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sẽ sử dụng chu trình lái WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle), một chuẩn được áp dụng rộng rãi tại Châu Âu để xác định mức khí thải và mức tiêu hao nhiên liệu của các loại xe xăng và xe hybrid [7].

Chu trình lái WLTC gồm ba chu trình, sử dụng tiêu chuẩn nào là phụ thuộc vào tỉ số công suất tối đa chia khối lượng không tải (power to mass ratio) PM_r (W/kg).

+ Loại 1: Phương tiện công suất nhỏ với $PM_r \leq 22$.

+ Loại 2: Phương tiện công suất trung bình với $22 < PM_r \leq 34$.

+ Loại 3: Phương tiện công suất lớn với $PM_r > 34$.

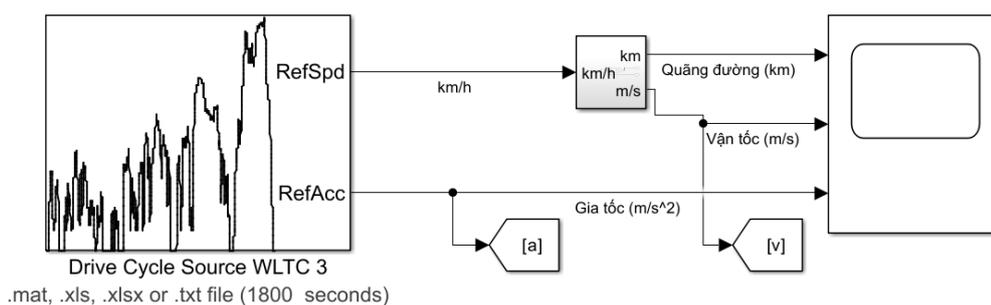
Xe Kia Frontier K200 có tỉ số:

$$PM_r = \frac{P_{e\max}}{m_v} = \frac{96000}{1440} = 66.667 > 34 \quad (3.34)$$

⇒ ta sẽ sử dụng chu trình lái loại 3.

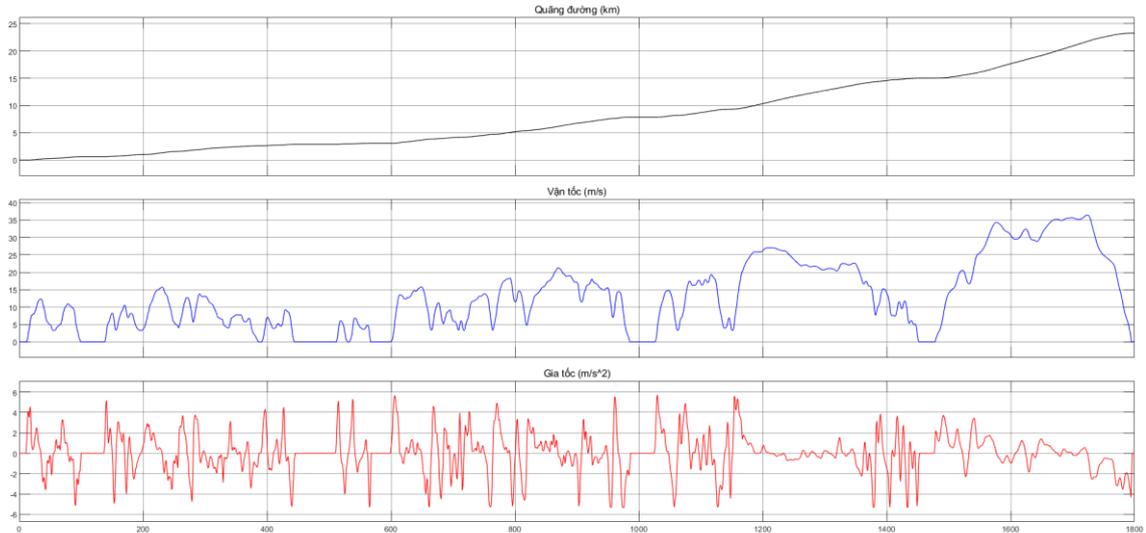
Chu trình lái được chia thành 4 giai đoạn, mỗi giai đoạn có tốc độ tối đa khác nhau: thấp: 56.5 km/h, Trung bình: 76.6 km/h, Cao: 97.4 km/h, Cực cao: 131.3 km/h.

Bốn giai đoạn này mô phỏng cho các loại đường: đô thị, ngoại ô, nông thôn và cao tốc.



Hình 3.37 Mô hình MATLAB chu trình WLTC loại 3

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.38 Biểu đồ chu trình WLTC loại 3

Bảng 3.10 Chu trình WLTC loại 3

	Thấp	Trung bình	Cao	Cao cực	Tổng cộng
Thời gian (s)	589	433	455	323	1800
Thời gian dừng (s)	150	49	31	8	235
Quãng đường (m)	3095	4756	7162	8254	23266
% dừng	26.50%	11.10%	6.80%	2.20%	13.40%
Tốc độ tối đa (km/h)	56.5	76.6	97.4	131.3	
Tốc độ trung bình không tính thời gian dừng (km/h)	25.3	44.5	60.7	94	53.5
Tốc độ trung bình có tính thời gian dừng (km/h)	18.9	39.4	56.5	91.7	46.5
Gia tốc thấp nhất (m/s ²)	-1.5	-1.5	-1.5	-1.44	
Gia tốc cao nhất (m/s ²)	1.611	1.611	1.666	1.055	

c. Mô phỏng chu trình lái bằng MATLAB:

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Đầu tiên để tính được năng lượng tiêu tốn trung bình theo các chu trình lái thử nghiệm, chúng ta phải xem xét các loại lực cản khi xe di chuyển trên đường. Các lực cản chính bao gồm: lực quán tính, lực cản lăn, lực cản dốc, lực cản gió.

- Lực cản tổng cộng [2]:

$$F_{tot} = F_f + F_i + F_j + F_\omega \quad (3.35)$$

- Lực cản lăn:

$$F_f = G.f.\cos(\alpha) \quad (3.36)$$

- Lực cản dốc:

$$F_i = G.\sin(\alpha) \quad (3.37)$$

- Lực cản khí động:

$$F_\omega = \frac{1}{2}.\rho.C_x.S.v^2 \quad (3.38)$$

Trong đó: ρ là khối lượng riêng không khí $\rho = 1,225$ (kg/m³).

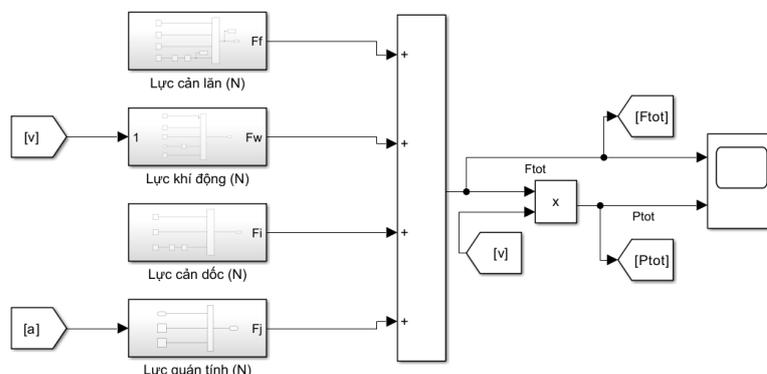
C_x là hệ số cản không khí $C_x = 0,6$ (Ns/m⁴).

S là diện tích mặt cản gió $S = 3.675$ (m²).

- Lực cản quán tính:

$$F_j = \frac{G}{g}.j \quad (3.39)$$

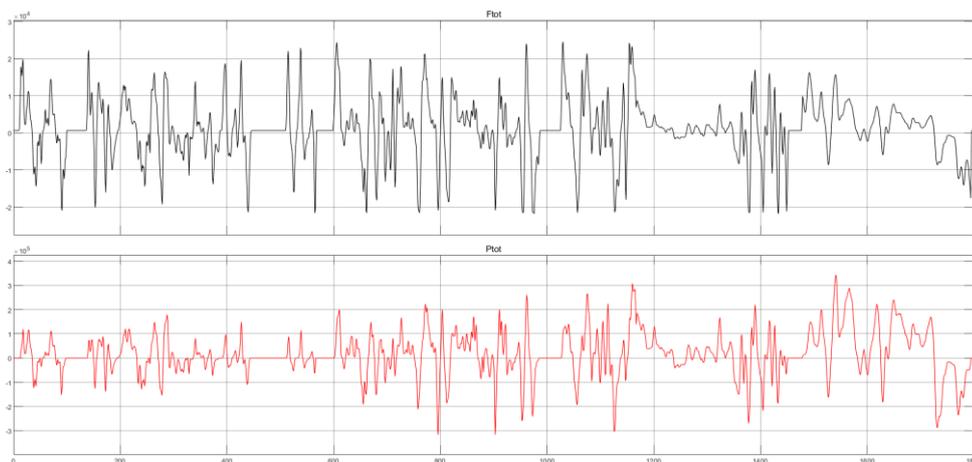
Trong đó: j - là gia tốc tịnh tiến của xe (m/s²).



Hình 3.39 Mô hình tính toán MATLAB tính lực kéo và công suất của xe

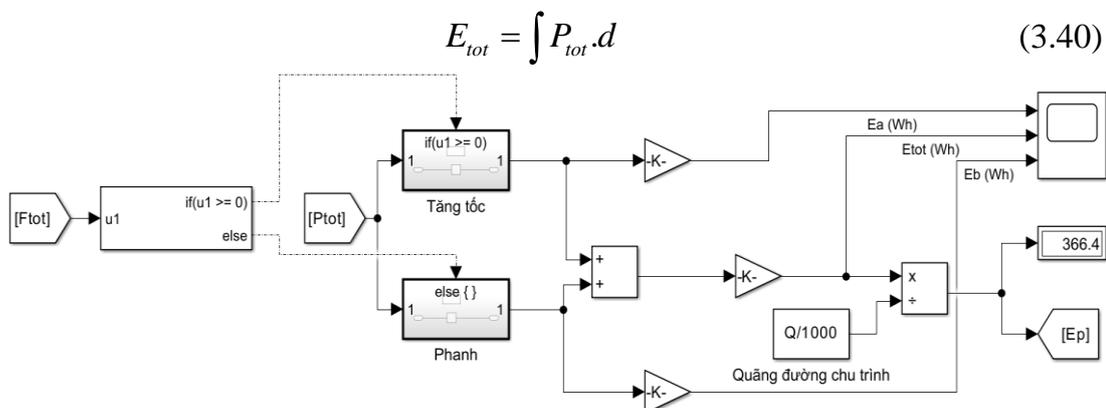
Từ sơ đồ tính toán MATLAB trên ta chạy chu trình WTLC loại 3 thì ta sẽ tính công suất tổng cộng P_{tot} .

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



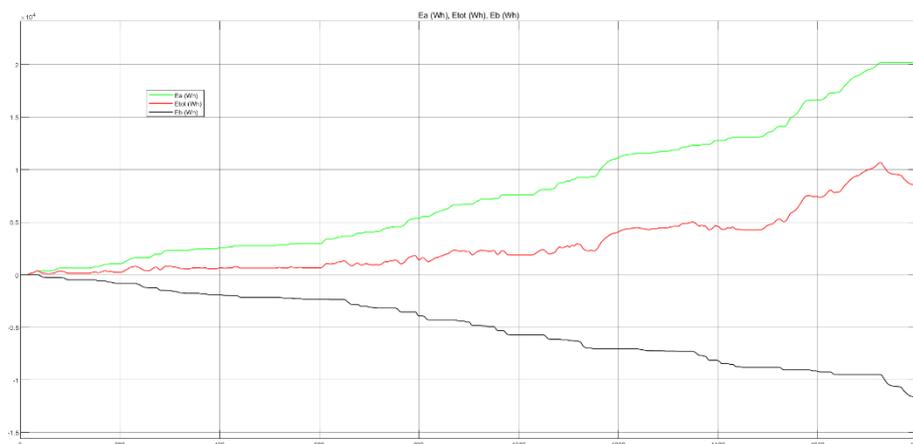
Hình 3.40 Biểu đồ lực kéo và công suất của xe

Ta lấy nguyên hàm của tổng công suất theo thời gian ta sẽ có được tổng năng lượng tiêu thụ E_{tot} (Wh).



Hình 3.41 Mô hình tính toán MATLAB tính năng lượng tiêu tốn trung bình

Sau khi chạy mô phỏng thì ta có kết quả năng lượng tiêu tốn trung bình là $E_p=366,4$ Wh.



Hình 3.42 Biểu đồ năng lượng

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Sau khi tính toán tổng năng lượng tiêu thụ, ta chia giá trị này cho quãng đường mô phỏng là 23266 m để tính được năng lượng tiêu thụ trung bình. Khi xe tăng tốc, F_{tot} sẽ có giá trị dương, dẫn đến P_{tot} và E_{tot} cũng dương, có nghĩa là năng lượng tiêu thụ theo thời gian sẽ tăng. Ngược lại, khi xe phanh, F_{tot} sẽ có giá trị âm, kéo theo P_{tot} và E_{tot} cũng âm, nghĩa là năng lượng tiêu thụ theo thời gian sẽ giảm.

d. Tổng năng lượng tiêu tốn trung bình [8]:

Ngoài việc cung cấp năng lượng để xe di chuyển, hệ thống pin còn phải cung cấp điện cho các hệ thống phụ khác như: các hệ thống 12V, hệ thống làm mát,...

Bảng 3.11 Công suất tiêu hao của các tải liên tục trên xe

STT	Tải liên tục	Công suất (W)
1	Đèn đuôi và đèn hai bên	30
2	Đèn biển số	10
3	Đèn pha chính	120
4	Đèn cốt	100
5	Đèn tap-lô	25
6	Radio/ cassette/ CD	15
	Tổng	300

Bảng 3.12 Công suất tiêu hao của các tải gián đoạn trên xe

STT	Tải gián đoạn	Công suất (W)
1	Đèn phanh	40
2	Giặt mưa trước	80
3	Nâng kính điện	150
4	Quạt dàn nóng	150
5	Motor quạt thổi	80
6	Đèn nội thất	10
7	Còi	40
8	Đèn sương mù	10
9	Đèn lùi	40
10	Các đèn phụ	110
11	Thiết bị châm thuốc	100
12	Quạt tản nhiệt pin	80

	Tổng	890
--	-------------	------------

Để tính được công suất của các tải gián đoạn ta phải nhân với hệ số hoạt động được ước tính khoảng 10% ($0,1.890 = 89 \text{ W}$). Sau đó ta cộng với công suất tiêu thụ của tải liên tục ta sẽ được công suất tiêu tốn của các hệ thống phụ [8],[9]:

$$P_{aux} = 300 + 89 = 389W \quad (3.41)$$

Chu trình thời gian mô phỏng là 1800s vậy tổng năng lượng các hệ thống phụ:

$$E_{ss} = 389.1800.0,00027778 = 194,5W \quad (3.42)$$

Năng lượng tiêu tốn trung bình cho các hệ thống phụ:

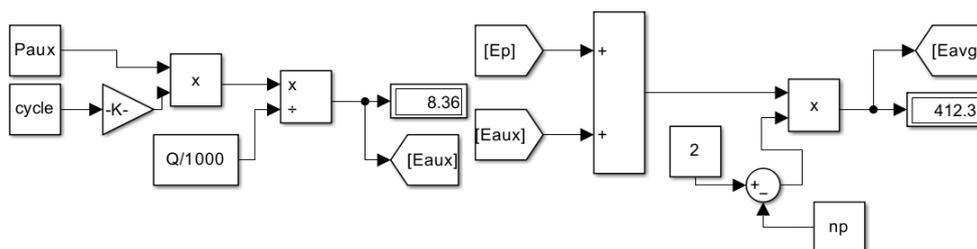
$$E_{aux} = 194,5 : 23,266 = 8,35Wh / km \quad (3.43)$$

Năng lượng tiêu tốn tổng cộng:

$$E_{avg} = (E_p + E_{aux}) * (2 - \eta_p) \quad (3.44)$$

$$= (366,4 + 8,35). (2 - 0,9) = 412,225Wh / km$$

Trong đó: η_p là hiệu suất truyền động từ điện năng thành cơ năng, $\eta_p = 0,9$.



Hình 3.43 Mô hình tính toán MATLAB tính năng lượng tiêu tốn tổng cộng

3.2.2.2 Tính toán các thông số pin

a. Thông số pin chọn:

- Chọn loại pin 18650. Thông số của pin được trình bày trong bảng 3.10.

Bảng 3.13 Thông số của kỹ thuật của pin

Hình dạng	Hình trụ	Khối lượng m_{bc} (kg)	0,046
Model	18650	Dung lượng C_{bc} (Ah)	3,5
Chiều dài L_{bc} (m)	0,065	Điện áp U_{bc} (V)	3,7
Đường kính D_{bc} (m)	0,018	C-rate	3

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Thể tích của mỗi cell pin:

$$V_{cc} = \frac{\pi \cdot D_{bc}^2}{4} \cdot L_{bc} = \frac{\pi \cdot 0,0185^2}{4} \cdot 0,0653 = 1.755 \cdot 10^{-5} m^3 \quad (3.45)$$

- Năng lượng của một cell pin:

$$E_{bc} = C_{bc} \cdot U_{bc} = 3.5 \cdot 3.7 = 12,95 Wh \quad (3.46)$$

- Năng lượng riêng theo thể tích:

$$U_V = \frac{E_{bc}}{V_{cc}} = \frac{12,95}{1.755 \cdot 10^{-5}} = 737773,83 Wh / m^3 \quad (3.47)$$

- Năng lượng riêng theo khối lượng:

$$U_G = \frac{E_{bc}}{m_{bc}} = \frac{12,95}{0,046} = 281,521 Wh / kg \quad (3.48)$$

b. Tính toán các thông số của hệ thống pin [9]:

- Công suất của hệ thống:

$$P = U \cdot I \quad (3.49)$$

Trong đó: U – Điện áp định danh chọn 570 V.

- Năng lượng mà hệ thống cần cung cấp để đi hết quãng đường D_v , giả thiết quãng đường tối đa xe đi hết năng lượng là $D_v = 60$ km.

$$E_{bp} = E_{avg} \cdot D_v = 412,235 \cdot 60 = 24734,149 Wh \quad (3.50)$$

- Số cell pin mắc nối tiếp:

$$N_{cs} = \frac{U_{bp}}{U_{bc}} = \frac{570}{3,7} = 154 \quad (3.51)$$

- Ta sẽ có được điện áp của hệ thống pin:

$$U_{bp} = N_{cs} \cdot U_b = 154 \cdot 3,7 = 569,8 V \quad (3.52)$$

- Năng lượng của một chuỗi cell nối tiếp E_{bs} :

$$E_{bs} = E_{bc} \cdot N_{cs} = 12,95 \cdot 154 = 1994,3 Wh \quad (3.53)$$

- Số chuỗi nối tiếp mắc song song N_{bs} :

$$N_{bs} = \frac{E_{bp}}{E_{bs}} = \frac{24734,149}{1994,3} = 12,4 \quad (3.54)$$

Vì số chuỗi phải là số nguyên nên ta phải làm tròn đến số nguyên lớn nhất $N_{cs} = 13$.

- Năng lượng của hệ thống pin theo số chuỗi mắc song song:

$$E_{bp} = E_{bs} \cdot N_{bs} = 1942,5 \cdot 13 = 25252,5 Wh \quad (3.55)$$

- Dung lượng của hệ thống pin C_{bp} :

$$C_{bp} = N_{bs} \cdot C_{bc} = 13 \cdot 3,5 = 45,5 Ah \quad (3.56)$$

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Số cell pin có trong hệ thống pin N_{cb} :

$$N_{cb} = N_{sb} \cdot N_{cs} = 150 \cdot 13 = 2002 \quad (3.57)$$

- Dòng điện xả cực đại của một chuỗi I_{spc} :

$$I_{spc} = C_{rate} \cdot C_{bc} = 3.3,5 = 10,5A \quad (3.58)$$

- Dòng điện xả cực đại của hệ thống pin I_{bpp} :

$$I_{bpp} = I_{spc} \cdot N_{sb} = 10,5 \cdot 13 = 136,5A \quad (3.59)$$

- Khối lượng của cả hệ thống pin:

$$m_{bp} = m_{bc} \cdot N_{cb} = 0,046 \cdot 1950 = 92,092kg \quad (3.60)$$

- Công suất pin:

$$P_{bpp} = U_{bp} \cdot I_{bpp} = 570 \cdot 136,5 = 77777,7W \quad (3.61)$$

3.3 Tính chọn máy phát điện

3.3.1 Giới thiệu máy phát điện

Máy phát điện là thiết bị biến đổi cơ năng thành điện năng thông thường sử dụng nguyên lý cảm ứng điện từ. Nguồn cơ năng sơ cấp có thể là các động cơ tua bin hơi, tua bin nước, động cơ đốt trong, tua bin gió hoặc các nguồn cơ năng khác.

Máy phát điện trên ô tô, nguồn cơ năng sơ cấp thường là động cơ đốt trong của xe. Khi động cơ hoạt động, nó truyền chuyển động quay tới máy phát điện thông qua dây đai truyền động (dây curoa). Máy phát điện trên ô tô có nhiệm vụ cung cấp điện năng cho các hệ thống điện trên xe, như đèn pha, hệ thống điều hòa, hệ thống âm thanh, và nạp lại năng lượng cho ắc quy. Quá trình này đảm bảo rằng các thiết bị điện tử trên xe hoạt động ổn định ngay cả khi động cơ chạy ở các tốc độ khác nhau. Máy phát điện trên ô tô thường được thiết kế nhỏ gọn và bền bỉ, phù hợp với điều kiện vận hành liên tục và đa dạng.



Hình 3.44 Máy phát điện 3 pha

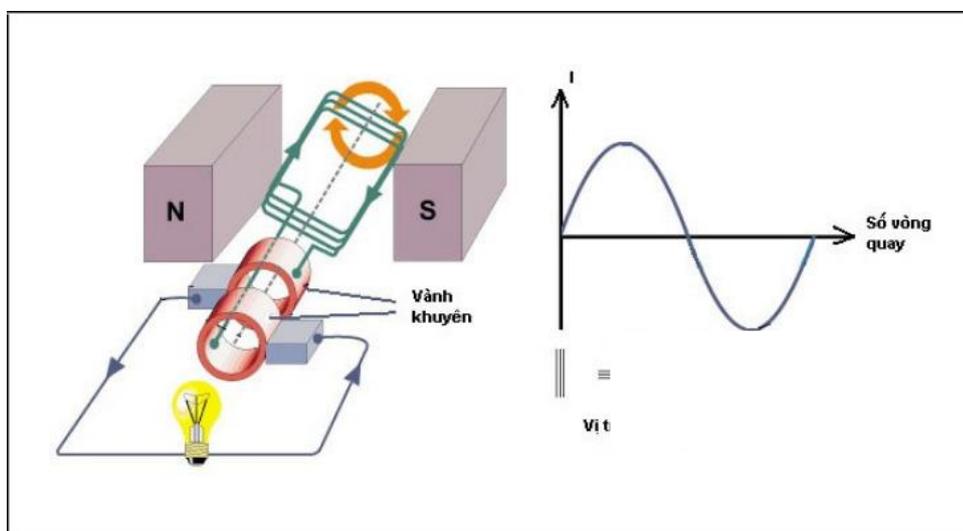
- Công dụng: Máy phát điện có vai trò quan trọng trong đời sống sinh hoạt, sản xuất và hỗ trợ các phương tiện giao thông. Không chỉ đảm bảo cung cấp nguồn điện cho máy móc hoạt động ổn định mà máy phát điện còn mang đến nhiều công dụng hữu ích khác:

+ Phát điện: Khi vận hành, động cơ quay trong máy sẽ hoạt động, truyền chuyển động quay qua dây đai đến máy phát điện. Rotor bằng nam châm điện của máy sẽ tạo ra từ trường, sau đó tác động lên dây quấn trong stator để phát ra điện.

+ Chỉnh lưu: Khi máy phát điện tạo ra điện năng, dòng điện xoay chiều này chưa thể sử dụng trực tiếp cho các thiết bị. Vì thế bên trong máy sẽ có bộ phận chỉnh lưu, giúp điều chỉnh dòng điện xoay chiều thành một chiều, để các thiết bị điện có thể sử dụng được.

+ Hiệu chỉnh điện áp: Có chức năng điều chỉnh điện áp sinh ra luôn ổn định. Ngay cả khi tốc độ máy phát điện thay đổi thì bộ hiệu chỉnh vẫn đảm bảo hiệu điện thế của dòng điện truyền đến các thiết bị điện luôn là hằng số.

- Nguyên lý hoạt động: Máy phát điện hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ. Máy hoạt động sẽ làm tăng giảm luân phiên số đường sức từ nam châm đi qua tiết diện cuộn dây, từ đó xuất hiện dòng điện cảm ứng trong cuộn dây và dòng điện ấy cũng luân phiên đổi chiều, tạo ra dòng điện.



Hình 3.45 Máy phát điện hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng điện từ

3.3.2 Tính chọn máy phát điện

Đầu tiên ta phải xác định được công suất máy phát điện phải chọn là bao nhiêu, ta có công thức sau:

$$P_g = P_e + P_{es} + P_{cb} \quad (3.62)$$

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Trong đó: P_g là công suất máy phát
 P_e là công suất động cơ điện tại $v = 60$ km/h
 P_{es} là công suất hệ thống điện trên xe
 P_{cb} là công suất sạc pin

- Công suất động cơ điện (*):

Dựa vào tốc độ trung bình mà xe khi di chuyển khoảng 50-60km/h ta tính được công suất của động cơ điện tại đây tốc độ đó mà chọn máy phát phù hợp kết cấu khung gầm xe và công suất của động cơ điện. Ta vẫn sử dụng các công thức ở phần “3.1.2. Tính chọn động cơ điện” để xác định công suất của xe:

+ Phương trình cân bằng lực kéo

$$F_k = F_f + F_i + F_\omega + F_j \quad (3.63)$$

+ Lực cản lăn

$$F_f = f \cdot G = 0,018 \cdot 39190,95 = 705,4371N \quad (3.64)$$

Trong đó: f là hệ số cản lăn.

G là tổng trọng lượng của xe.

+ Lực cản không khí

$$F_\omega = W \cdot v^2 = 0,6 \cdot 1,75 \cdot 2,1 \cdot 16,1667^2 = 612,5N \quad (3.65)$$

Trong đó: W là nhân tố cản không khí. ($W=C_x \cdot S$)

C_x là hệ số cản không khí. Đối với ô tô tải chọn $C_x = 0,6$ (Ns^2/m^4);

S là diện tích cản chính diện. ($S = B \cdot H$);

B là chiều rộng lớn nhất, $B = 1,75$ m;

H là chiều cao lớn nhất, $H = 2,1$ m;

v là vận tốc lớn nhất của xe $v = 60$ (km/h) = 16,16667(m/s);

+ Thay phương trình (3.64) và (3.65) vào (3.63) ta có:

$$F_k = F_f + F_\omega = 705,44 + 612,5 = 1317,94N \quad (3.66)$$

+ Công suất của xe tại tốc độ tối đa, hiệu suất động cơ điện 95%:

$$P_e = \frac{F_k \cdot v}{\eta_{dl}} = \frac{1324,5 \cdot 16,16667}{0,95} = 23121,703W \quad (3.67)$$

- Công suất hệ thống điện trên xe (**):

Thông số công suất đã được tính ở (3.36).

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

$$P_{es} = P_{aux} = 389W \quad (3.68)$$

- Công suất cần để sạc pin (***) trong vòng 2 giờ:

$$P_{cb} = \frac{E_{bp}}{t} = \frac{25925,9}{2} = 12962,95W \quad (3.69)$$

- Ta thế (*),(**) và (***) vào công thức (xx):

$$\begin{aligned} P_g &= P_e + P_{es} + P_{cb} \\ &= 23121,703 + 389 + 12962,95 = 36473,653W \end{aligned} \quad (3.70)$$

=> Vậy ta chọn máy phát có công suất lớn hơn 36473,653W

- Từ các dữ liệu trên ta chọn được máy phát có các thông số sau:



Hình 3.46 Máy phát GDF -180

+ Tên nhà cung cấp: QINGDAO GREEF NEW ENERGY EQUIPMENT CO.,LTD.

+ Mã sản phẩm: GDF – 180

+ Loại động cơ: Động cơ xoay chiều đồng bộ (3phase)

+ Công suất: 40 kW

+ Mo-men xoắn: 2,6/129,3 N.m

+ Hệ số công suất: > 0.95%

+ Hiệu điện thế: 380 VAC

+ Cường độ dòng điện: 60,8 A

+ Tần số: 100 Hz

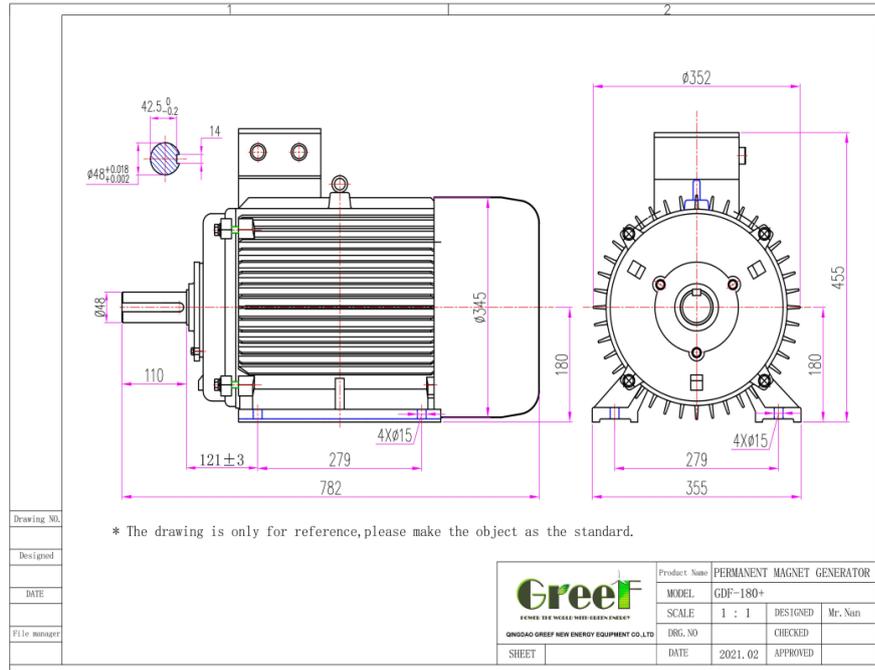
+ Số cặp cực: 2

+ Số vòng quay: 3000 rpm

+ Khối lượng: 186kg

+ Kích thước: 78,2 x 35,5 x 45,5 cm

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 3.47 Bản vẽ kích thước máy phát GDF -180

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Chương 4: SƠ ĐỒ PIN VÀ HỆ THỐNG KIỂM SOÁT NHIỆT ĐỘ BẰNG KHÔNG KHÍ

4.1 Sơ đồ đấu nối pin

4.1.1 Giới thiệu các kiểu đấu nối phổ biến hiện nay

Đấu nối nối tiếp: Là phương pháp kết nối các cực âm và cực dương của các cell pin theo chuỗi. Kiểu nối này làm tăng điện áp tổng của hệ thống mà không thay đổi dòng điện. Ví dụ, 10 cell pin mỗi cell 3.7V nối tiếp sẽ tạo ra hệ thống pin có điện áp 37V. Phương pháp này phù hợp với các hệ thống cần điện áp cao như xe máy điện hoặc ô tô điện. Tuy nhiên, nếu một cell bị hỏng, toàn bộ hệ thống sẽ ngừng hoạt động, do đó cần sử dụng hệ thống quản lý pin (BMS) để giám sát và bảo vệ các cell.



Hình 4.1 Pack Pin trên xe điện Volkswagen

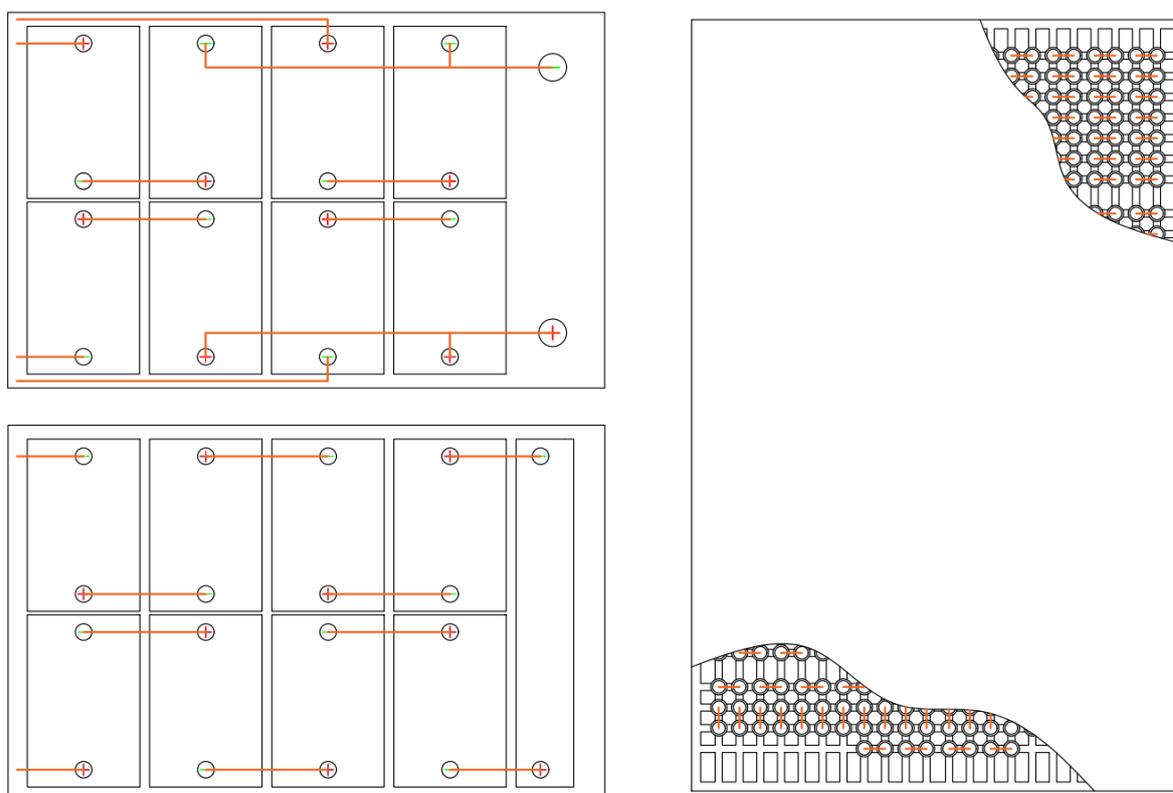
Đấu nối song song: Kết nối cực dương với cực dương và cực âm với cực âm giữa các cell pin. Phương pháp này giữ nguyên điện áp nhưng tăng dung lượng của hệ thống, giúp xe điện có thể hoạt động lâu hơn. Chẳng hạn, 5 cell pin 3.7V, 2Ah đấu song song sẽ tạo ra hệ thống pin có điện áp 3.7V và dung lượng 10Ah. Kiểu nối này thường được sử dụng trong các hệ thống cần thời gian hoạt động lâu, như xe đạp điện hoặc xe điện cỡ nhỏ.

Đấu nối kết hợp: Là sự kết hợp giữa nối tiếp và song song, vừa tăng điện áp vừa tăng dung lượng của hệ thống pin. Ví dụ, nếu có 8 cell pin mỗi cell 3.7V, 2Ah, bạn có thể chia thành 2 chuỗi, mỗi chuỗi gồm 4 cell nối tiếp để tạo ra điện áp 14.8V, sau đó nối song song 2 chuỗi để đạt dung lượng 4Ah. Cách đấu nối này thường được áp dụng trong các xe điện yêu cầu cả điện áp và dung lượng cao, như ô tô điện hoặc xe tải điện.

4.1.2 Sơ đồ đấu nối Pin trên xe

Dựa theo thông số tính toán pin tại mục “3.2.2.2” tiến hành bố trí theo điều kiện thực tế. Để đảm bảo được yêu cầu về công suất, điện áp cũng như thời gian tiêu thụ nguồn năng lượng pin. Hai phương pháp đấu nối phổ biến nhất là nối tiếp và song song được kết hợp sử dụng nhằm tăng điện áp và thời gian sử dụng pin. Nhằm tăng tối đa thời hạn sử dụng Pin, tránh được tình trạng dung lượng trên từng cell khác nhau dẫn đến pin nhanh xuống cấp.

Giải thích cách mắc nối: Sau khi liên hệ thực tế thì cách đấu nối pin có một chút thay đổi để phù hợp với điều kiện bố trí trên xe. Tổng số pack trên xe là 3 pack, trong đó bao gồm 2 pack có 9 module nối tiếp và 1 pack có 8 module nối tiếp (được tách làm 2 bộ 4 module). Để kích được hiệu điện thế lên thì ta cần nối tiếp thêm 1 bộ 4 module cho 2 pack 9 module. Từ đó ta có được 2 bộ mỗi bộ gồm 13 module nối tiếp. Cuối cùng ta mắc song song 2 bộ lại và được kết quả như đã tính toán.



Hình 4.2 Sơ đồ đấu nối Cell Pin trên xe

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

4.2 Thiết kế hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin

4.2.1 Đặt vấn đề

Trên các dòng xe hybrid (HEV), việc duy trì nhiệt độ ổn định cho pin là yếu tố quan trọng để đảm bảo hiệu suất, độ bền và an toàn của hệ thống năng lượng. Pin lithium-ion, vốn được sử dụng rộng rãi trong các phương tiện này, có thể bị giảm hiệu suất hoặc thậm chí hư hỏng nếu không được làm mát đúng cách. Khi pin hoạt động, nó phát sinh nhiệt, và nếu không được kiểm soát, nhiệt độ quá cao có thể làm giảm tuổi thọ của pin, tăng nguy cơ cháy nổ hoặc gây ra sự cố cho các bộ phận liên quan.

Do đó, việc thiết kế một mạch điều khiển làm mát pin hiệu quả là vô cùng cần thiết. Mạch điều khiển này cần phải đảm bảo rằng các cảm biến nhiệt độ có thể giám sát liên tục nhiệt độ của pin và kích hoạt các cơ chế làm mát như quạt hoặc hệ thống tản nhiệt khi cần thiết. Hệ thống phải được tối ưu hóa để phản ứng nhanh với sự thay đổi nhiệt độ và duy trì nhiệt độ của pin trong phạm vi an toàn. Ngoài ra, mạch điều khiển cũng cần phải có khả năng quản lý năng lượng hiệu quả, đảm bảo việc làm mát không tiêu tốn quá nhiều năng lượng của hệ thống. Một trong những thách thức chính trong thiết kế mạch điều khiển là việc xây dựng một sơ đồ mạch có thể phối hợp hiệu quả giữa các thành phần như cảm biến nhiệt độ, quạt làm mát, bộ điều khiển, relay và các linh kiện điện tử khác. Các thành phần này cần được kết nối một cách thông minh để phản ứng nhanh chóng và chính xác với những thay đổi nhiệt độ của pin, đồng thời giảm thiểu tối đa sự thất thoát năng lượng và đảm bảo sự bền bỉ lâu dài của hệ thống.

Vì vậy, việc thiết kế sơ đồ mạch điều khiển làm mát pin không chỉ là vấn đề về kỹ thuật mà còn liên quan đến tối ưu hóa hiệu quả làm mát và nâng cao độ an toàn của xe, góp phần nâng cao trải nghiệm và độ tin cậy của người sử dụng.

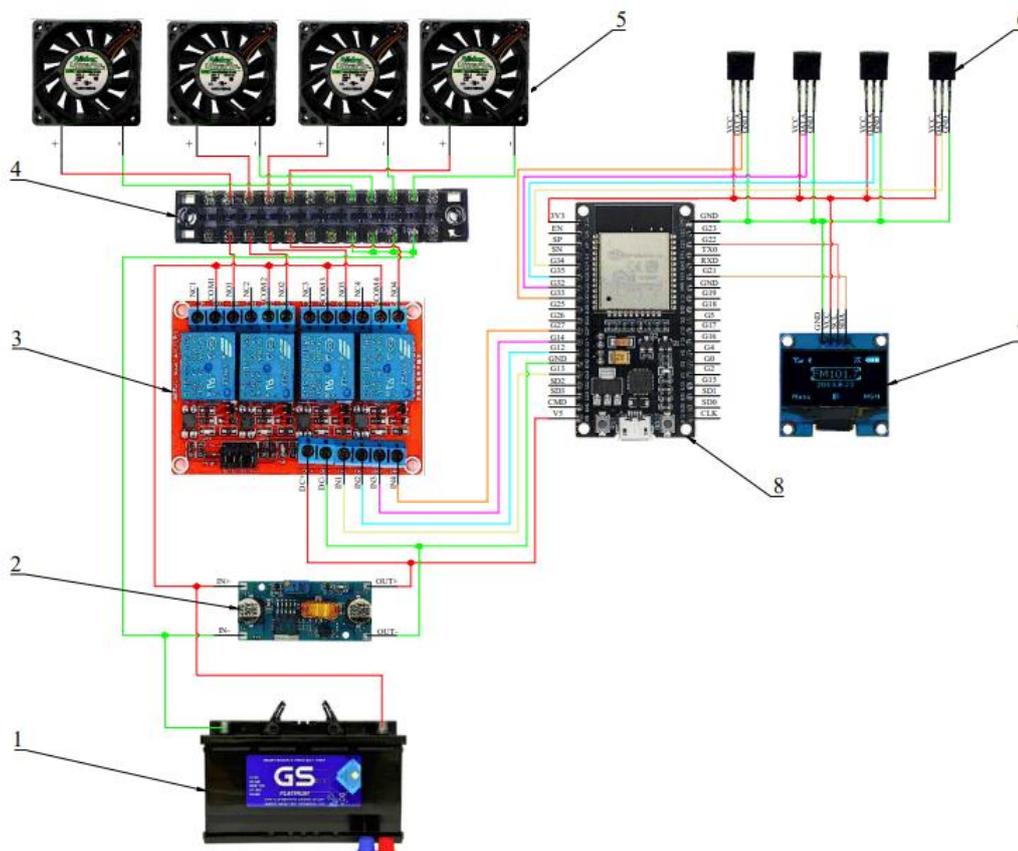
4.2.2 Thiết kế mạch làm mát Pin trên mô hình HEV nối tiếp

Mạch điều khiển làm mát pin trên xe Hybrid Electric Vehicle (HEV) đóng vai trò rất quan trọng trong việc duy trì nhiệt độ ổn định cho hệ thống pin, giúp tối ưu hóa hiệu suất hoạt động và bảo vệ pin khỏi các tác động xấu do quá nhiệt. Pin trong xe HEV, đặc biệt là các pin lithium-ion, thường xuyên phải trải qua quá trình sạc và xả năng lượng, và trong suốt quá trình này, nhiệt độ của pin có thể tăng lên đáng kể. Nếu nhiệt độ không được kiểm soát kịp thời, sẽ ảnh hưởng đến tuổi thọ của pin và có thể dẫn đến các sự cố nghiêm trọng như giảm hiệu suất hoặc cháy nổ. Mạch điều khiển làm mát pin trong xe HEV hoạt động bằng cách kết nối và điều phối các thành phần như cảm biến nhiệt độ, quạt làm mát, bộ tản nhiệt, relay và bộ điều khiển trung tâm. Các cảm biến nhiệt độ gắn trực tiếp trên các tế bào pin sẽ liên tục theo dõi nhiệt độ và gửi tín hiệu đến bộ điều

khiển. Khi nhiệt độ vượt quá ngưỡng an toàn, bộ điều khiển sẽ kích hoạt các cơ chế làm mát như quạt hoặc hệ thống tản nhiệt để giảm nhiệt độ nhanh chóng. Mạch điều khiển này cũng được thiết kế để tối ưu hóa năng lượng, đảm bảo rằng hệ thống làm mát hoạt động hiệu quả mà không làm giảm hiệu suất của xe. Các tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ sẽ được xử lý và chuyển đổi thành tín hiệu điều khiển, giúp điều chỉnh tốc độ quạt hoặc bật/tắt các cơ chế làm mát khác, tùy thuộc vào tình trạng nhiệt độ của pin.

Một tính năng quan trọng của mạch điều khiển là khả năng tự động hóa. Khi nhiệt độ của pin đạt đến mức nguy hiểm, hệ thống sẽ tự động điều chỉnh các hoạt động làm mát mà không cần sự can thiệp của người lái xe. Điều này giúp bảo vệ pin khỏi quá nhiệt, đồng thời đảm bảo xe luôn vận hành ở hiệu suất tối ưu. Bên cạnh đó, mạch điều khiển cũng cần phải có các cơ chế bảo vệ để ngắt mạch khi có sự cố hoặc nếu có sự cố liên quan đến hệ thống làm mát, nhằm đảm bảo an toàn cho người sử dụng.

Với vai trò là "bộ não" của hệ thống làm mát pin, mạch điều khiển làm mát giúp xe HEV duy trì hiệu suất ổn định, bảo vệ pin khỏi các tác động xấu của nhiệt độ và tối ưu hóa sự kết hợp giữa động cơ điện và động cơ xăng, từ đó mang lại trải nghiệm lái xe an toàn và hiệu quả.



Hình 4.3 Sơ đồ mắc mạch làm mát Pin

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

- 1: Nguồn; 2: Modul hạ áp; 3: Relay; 4: Quạt làm mát; 5: Mạch điều khiển;
6: Cảm biến nhiệt độ; 7: Màn hình hiển thị.

4.2.2.1 Nguồn cấp điện cho mạch hoạt động

Acquy 12V thường được sử dụng làm nguồn điện chính hoặc phụ cho các hệ thống điện và mạch điều khiển trong các ứng dụng như mạch làm mát pin, hệ thống điều khiển động cơ, hoặc các thiết bị phụ trợ trong xe hybrid (HEV).

Thông số kỹ thuật: Điện áp danh định: 12V – tiêu chuẩn cho hầu hết các hệ thống điện dân dụng và xe hơi, dễ dàng tích hợp với các thiết bị điện tử khác.

- Cung cấp năng lượng ổn định cho mạch điều khiển: Đây là nguồn điện chính để cung cấp năng lượng cho các thành phần như cảm biến nhiệt độ, quạt làm mát, bộ điều khiển và các relay trong hệ thống làm mát pin.

- Khả năng hoạt động liên tục: Dung lượng đủ để cung cấp năng lượng cho các mạch điện nhỏ và trung bình trong thời gian dài, đảm bảo mạch hoạt động liên tục mà không cần thay đổi nguồn hoặc sạc lại thường xuyên.

- Tương thích cao: Điện áp 12V là tiêu chuẩn phổ biến, dễ dàng tích hợp với nhiều thiết bị điện tử và linh kiện điện trong các mạch làm mát hoặc điều khiển.



Hình 4.4 Acquy cấp nguồn cho mạch hoạt động

Acquy 12V là lựa chọn phù hợp cho các mạch làm mát hoặc hệ thống điện yêu cầu nguồn ổn định, kích thước nhỏ gọn và thời gian hoạt động lâu dài. Với dung lượng 50Ah, loại acquy này đảm bảo cung cấp đủ năng lượng cho các mạch làm mát pin trên xe hybrid hoặc các ứng dụng tương tự, đồng thời mang lại sự hiệu quả về mặt chi phí và khả năng lắp đặt linh hoạt trong không gian hạn chế.

4.2.2.2 Module hạ áp Buck DC-DC 5A XL4015

Module hạ áp Buck DC-DC 5A XL4015 là một loại mô-đun chuyển đổi điện áp DC (Direct Current) từ nguồn điện áp cao xuống nguồn điện áp thấp hơn. Đây là một trong những module phổ biến được sử dụng trong nhiều ứng dụng điện tử như cấp nguồn cho các mạch điện áp thấp, các dự án Arduino, ESP32, các thiết bị tiêu thụ điện năng thấp, hoặc các hệ thống cần cung cấp điện ổn định.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp đầu vào (Input Voltage): 4V đến 40V – Module có thể nhận nguồn điện vào từ một dải điện áp khá rộng, giúp nó phù hợp với nhiều loại nguồn khác nhau.

- Điện áp đầu ra (Output Voltage): 1,25V đến 36V – Điện áp đầu ra có thể điều chỉnh từ 1,25V đến 36V, cho phép sử dụng trong nhiều ứng dụng khác nhau, từ cấp nguồn cho các mạch điều khiển, cảm biến, đến các thiết bị đòi hỏi nguồn điện thấp ổn định.

- Dòng điện đầu ra (Output Current): Tối đa 5A – Module có thể cung cấp dòng điện lên tới 5A, đáp ứng nhu cầu cung cấp năng lượng cho các thiết bị có công suất tiêu thụ vừa và lớn.

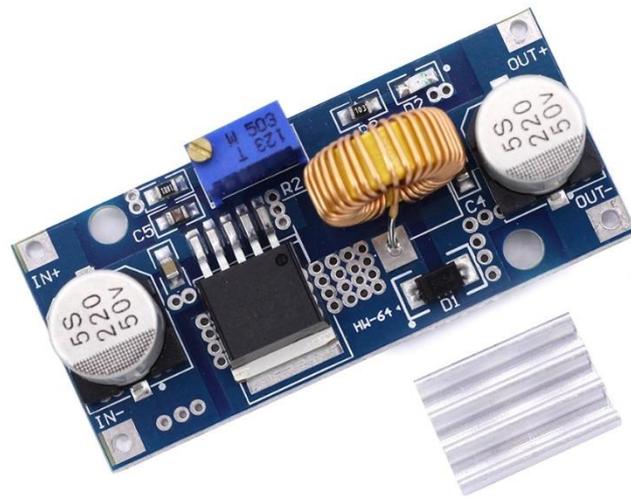
- Hiệu suất chuyển đổi (Efficiency): Lên đến 96% – Với hiệu suất chuyển đổi cao, module này giúp giảm thiểu nhiệt lượng sinh ra và tiết kiệm năng lượng khi hoạt động.

- Tần số chuyển đổi (Switching Frequency): Khoảng 180kHz – Tần số chuyển đổi này giúp giảm thiểu các dao động tần số và cải thiện hiệu suất hoạt động của module.

Module hạ áp Buck XL4015 sử dụng công nghệ DC-DC buck converter, có khả năng giảm điện áp đầu vào từ mức cao xuống mức điện áp yêu cầu một cách hiệu quả. Mạch hoạt động dựa trên nguyên lý điều chế độ rộng xung (PWM), điều khiển một transistor (MOSFET) để chuyển mạch nhanh chóng, từ đó tạo ra điện áp ổn định ở đầu ra.

- Điều chỉnh điện áp đầu ra: Điện áp đầu ra có thể điều chỉnh thông qua một biến trở (potentiometer) trên module. Người dùng có thể vặn biến trở này để thay đổi điện áp sao cho phù hợp với yêu cầu của thiết bị sử dụng.

- Bảo vệ quá tải và quá nhiệt: Module XL4015 được tích hợp các cơ chế bảo vệ như bảo vệ quá tải và bảo vệ nhiệt độ quá cao, giúp tăng tuổi thọ và độ tin cậy của module.



Hình 4.5 Module hạ áp DC-DC/5A XL4015

Module hạ áp Buck DC-DC 5A XL4015 có nhiều ưu điểm nổi bật, bao gồm hiệu suất chuyển đổi cao lên đến 96%, giúp giảm thiểu năng lượng mất mát và nhiệt phát sinh. Module dễ sử dụng với khả năng điều chỉnh điện áp đầu ra linh hoạt thông qua biến trở, phù hợp cho nhiều ứng dụng khác nhau. Nó hỗ trợ dòng điện lên đến 5A, đáp ứng nhu cầu cấp nguồn cho các thiết bị tiêu thụ điện năng lớn. Bên cạnh đó, module còn tích hợp các cơ chế bảo vệ quá tải và quá nhiệt, giúp bảo vệ thiết bị và nâng cao độ bền. Với các tính năng này, module là lựa chọn lý tưởng cho các mạch điện tử yêu cầu nguồn điện ổn định và có thể điều chỉnh.

4.2.2.3 Module relay 5V-4 Kênh

Module Relay 5V 1 Kênh là một module được sử dụng để điều khiển các thiết bị điện cao cấp, hoạt động với điện áp 5V, giúp bạn có thể bật/tắt các thiết bị sử dụng điện áp cao (220V AC, 12V DC, v.v.) thông qua tín hiệu điều khiển từ các mạch điện áp thấp (như vi điều khiển Arduino, ESP32, Raspberry Pi).

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp điều khiển: 5V DC – Đây là điện áp tiêu chuẩn cho module, phù hợp với nhiều vi điều khiển và mạch điện tử phổ biến.
- Số kênh: 4 kênh – Module có thể điều khiển một thiết bị mỗi lần, phù hợp cho các ứng dụng điều khiển đơn giản.
- Dòng điện đầu vào: Khoảng 5mA khi kích hoạt – Dòng điện này rất nhỏ, giúp tiết kiệm năng lượng cho vi điều khiển.
- Dòng điện tải: Thường từ 10A đến 15A đối với các thiết bị điện áp thấp, và có thể lên đến 10A cho điện áp AC 220V – Điều này giúp bạn có thể điều khiển các thiết bị có công suất lớn mà không cần thiết bị điều khiển phức tạp.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Module Relay 5V 4 kênh bao gồm bốn relay, mạch điều khiển và các linh kiện hỗ trợ khác. Relay là một công tắc điện tử có thể đóng hoặc mở khi có tín hiệu kích hoạt từ vi điều khiển. Khi vi điều khiển gửi tín hiệu 5V vào đầu vào của module, relay sẽ đóng mạch và cho phép dòng điện đi qua các thiết bị điện.

- Điều khiển đơn giản: Một chân điều khiển (IN) kết nối với vi điều khiển, trong khi các chân thường (COM), mở (NO), và đóng (NC) kết nối với thiết bị cần điều khiển. Khi nhận tín hiệu từ vi điều khiển, chân NO và COM sẽ kết nối, cho phép dòng điện chạy qua thiết bị.

- Bảo vệ mạch điều khiển: Module được tích hợp diode bảo vệ (flyback diode) giúp bảo vệ vi điều khiển khỏi các xung điện từ relay khi chuyển mạch.



Hình 4.6 Module relay 5V 1 kênh

Điều khiển thiết bị điện áp cao: Module cho phép điều khiển các thiết bị sử dụng điện áp cao (như quạt, bóng đèn, động cơ, v.v.) từ mạch điện áp thấp, an toàn và tiện lợi. Dễ sử dụng: Với điện áp điều khiển 5V và giao diện đơn giản, module dễ dàng tích hợp với các vi điều khiển như Arduino, Raspberry Pi, ESP32, v.v. Khả năng tải lớn: Với khả năng chịu dòng tải lên đến 10A (220V AC), module có thể điều khiển các thiết bị có công suất lớn mà không cần thiết bị phụ trợ phức tạp. Đảm bảo an toàn: Các relay này có tính năng bảo vệ, giúp tránh sự cố khi điều khiển các thiết bị điện lớn. Diode bảo vệ giúp ngăn chặn xung điện từ làm hỏng mạch điều khiển.

Module Relay 5V 4 Kênh là một công cụ cực kỳ hữu ích cho các dự án điện tử, đặc biệt là khi cần điều khiển các thiết bị điện áp cao từ mạch điện áp thấp. Với thiết kế đơn giản, dễ sử dụng, và khả năng tải lớn, module này là lựa chọn lý tưởng cho các ứng

dụng tự động hóa, nhà thông minh, và các hệ thống điều khiển thiết bị điện trong các dự án DIY.

4.2.2.4 Quạt làm mát Pin

Quạt làm mát pin 12V là một thiết bị phổ biến trong các hệ thống điện tử và xe điện, dùng để làm mát các bộ pin, giúp duy trì nhiệt độ hoạt động ổn định và ngăn ngừa việc quá nhiệt có thể gây hỏng hóc hoặc giảm hiệu suất. Quạt làm mát này hoạt động với điện áp 12V, tương thích với nhiều loại hệ thống điện, đặc biệt là các hệ thống sử dụng pin 12V hoặc các ứng dụng cần cấp nguồn từ ắc quy xe ô tô, hệ thống điện năng lượng mặt trời, hoặc các mạch điều khiển khác.

Thông số kỹ thuật:

- Điện áp hoạt động: 12V DC – Đây là điện áp tiêu chuẩn cho các quạt làm mát pin, tương thích với các hệ thống sử dụng ắc quy 12V hoặc các nguồn điện xe hơi, các hệ thống điện tái tạo.
- Dòng điện tiêu thụ: Thường dao động từ 1A đến 5A, tùy vào loại quạt và kích thước. Dòng điện tiêu thụ của quạt giúp đảm bảo hiệu suất làm mát mà không làm giảm hiệu quả năng lượng của hệ thống.
- Lưu lượng khí (Air Flow): Thường được đo bằng CFM (Cubic Feet per Minute) hoặc m³/h (mét khối mỗi giờ), quạt có thể cung cấp lưu lượng khí từ 30 đến 100 CFM hoặc hơn tùy vào thiết kế và yêu cầu làm mát.
- Công suất: Công suất của quạt thường từ 12W đến 60W, giúp làm mát hiệu quả mà không tốn quá nhiều năng lượng.



Hình 4.7 Quạt làm mát Pin

Quạt làm mát pin 12V là một phần quan trọng trong việc bảo vệ và duy trì hiệu suất của các bộ pin. Với khả năng làm mát hiệu quả, dễ dàng tích hợp vào các hệ thống điện 12V và tiết kiệm năng lượng, quạt làm mát giúp tăng tuổi thọ của pin, đồng thời đảm bảo hiệu suất hoạt động ổn định trong suốt quá trình sử dụng. Đây là một giải pháp lý tưởng cho các ứng dụng như xe điện, năng lượng tái tạo, và các hệ thống điện tử yêu cầu làm mát pin.

4.2.2.5 Mạch điều khiển ESP32-WROOM-32

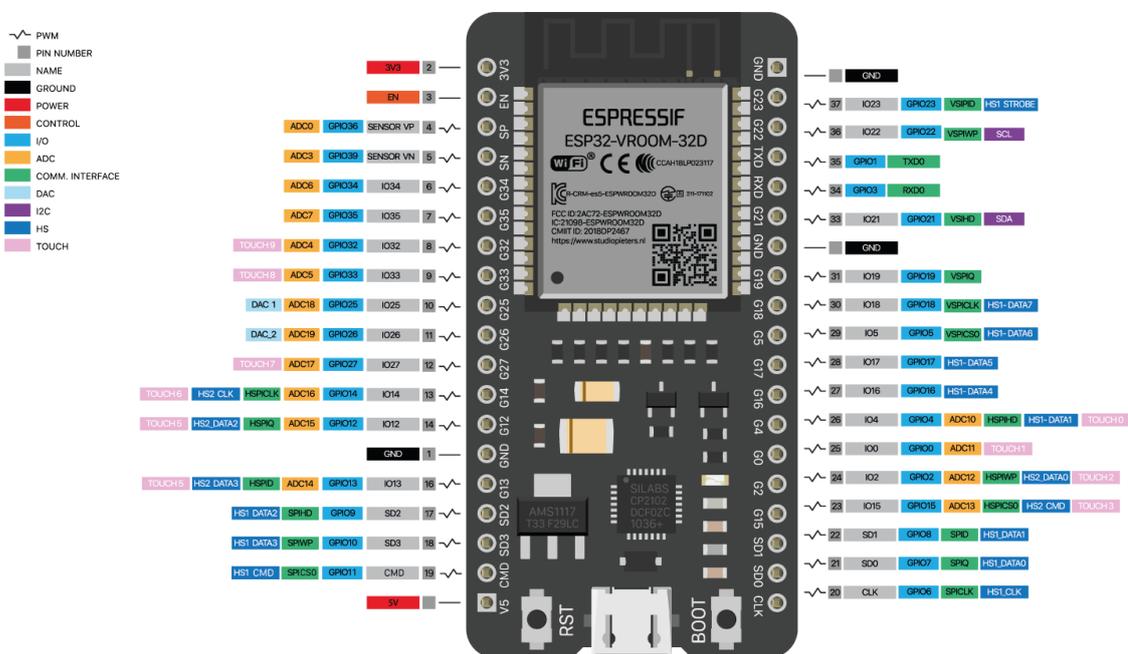
ESP32 WROOM 32 là một module vi điều khiển mạnh mẽ và phổ biến, được sản xuất bởi Espressif Systems, nổi bật với khả năng kết nối Wi-Fi và Bluetooth (BLE). ESP32 WROOM 32 là một trong những module được sử dụng rộng rãi trong các dự án IoT (Internet of Things), tự động hóa, và các ứng dụng yêu cầu kết nối không dây và xử lý tín hiệu mạnh mẽ.

Thông số kỹ thuật:

- Vi xử lý: CPU: Dual-core, 32-bit, Tensilica LX6 với tốc độ tối đa lên tới 240 MHz, giúp xử lý mạnh mẽ và hiệu quả. Lõi xung nhịp: Lõi kép (dual-core) cho phép xử lý song song, tăng khả năng đáp ứng các tác vụ phức tạp.
- Bộ nhớ: Bộ nhớ trong (RAM): 520KB SRAM. Bộ nhớ Flash: 4MB (hoặc tùy chọn khác tùy vào phiên bản của module) giúp lưu trữ mã nguồn và dữ liệu ứng dụng.
- Kết nối không dây: Wi-Fi: Hỗ trợ chuẩn IEEE 802.11 b/g/n, tốc độ lên tới 150 Mbps, cho phép kết nối Internet không dây. Bluetooth: Hỗ trợ Bluetooth v4.2 (Classic và BLE – Bluetooth Low Energy), giúp kết nối với các thiết bị Bluetooth.
- GPIO (General Purpose Input Output): GPIOs: Có tối đa 34 chân GPIO (tùy vào phiên bản module), hỗ trợ nhiều chức năng như đầu vào, đầu ra, PWM, ADC, DAC, I2C, SPI, UART, v.v.
- Cảm biến và các tính năng bổ sung: ADC: Chuyển đổi tín hiệu analog sang số với 12-bit độ phân giải. DAC: Bộ chuyển đổi digital-to-analog. PWM: Hỗ trợ điều khiển độ sáng LED, điều chỉnh tốc độ động cơ, v.v. SPI, I2C, UART: Cung cấp các giao tiếp tốc độ cao cho các cảm biến, màn hình, hoặc các thiết bị ngoại vi.
- Nguồn điện: Điện áp hoạt động: 3.3V (có thể cung cấp điện áp 5V từ các nguồn ngoài, nhưng cần phải hạ áp xuống 3.3V thông qua một bộ điều chỉnh điện áp).
- Kích thước: 18mm x 25,5mm (tùy vào phiên bản và board mạch).



Hình 4.8 Mạch điều khiển ESP32-WROOM-32



Hình 4.9 Sơ đồ chân ESP32

ESP32 WROOM 32 hoạt động dựa trên bộ vi xử lý tích hợp cùng các giao thức kết nối không dây. Module này tích hợp đầy đủ các tính năng cần thiết để phát triển các ứng dụng IoT từ các giao thức kết nối (Wi-Fi, Bluetooth) cho đến các giao tiếp ngoại vi như SPI, I2C, UART để giao tiếp với các cảm biến và thiết bị ngoại vi. Với vi xử lý lõi kép, ESP32 có khả năng xử lý các tác vụ phức tạp, đồng thời cho phép kết nối với nhiều thiết bị và cảm biến trong thời gian thực. Hơn nữa, với sự hỗ trợ của Wi-Fi và Bluetooth, ESP32 có thể giao tiếp trực tiếp với các thiết bị IoT khác hoặc các nền tảng đám mây.

Kết nối không dây mạnh mẽ: Hỗ trợ Wi-Fi và Bluetooth, giúp kết nối dễ dàng và linh hoạt với các thiết bị khác và mạng Internet. Vi xử lý mạnh mẽ: Lõi kép với tốc độ lên tới 240MHz giúp xử lý nhanh chóng các tác vụ phức tạp trong các ứng dụng thời gian

thực. Tiết kiệm năng lượng: ESP32 có chế độ tiết kiệm điện hiệu quả, rất thích hợp cho các ứng dụng IoT cần hoạt động lâu dài mà không tiêu thụ quá nhiều năng lượng. Tính linh hoạt cao: Hỗ trợ nhiều giao thức và chuẩn kết nối như UART, SPI, I2C, PWM, giúp dễ dàng tích hợp với các thiết bị ngoại vi như cảm biến, màn hình, động cơ, v.v. Phát triển dễ dàng: Được hỗ trợ mạnh mẽ từ cộng đồng lập trình viên, nhiều thư viện và công cụ phát triển miễn phí như Arduino IDE, ESP-IDF, và PlatformIO. Giá thành hợp lý: So với các vi điều khiển khác có tính năng tương tự, ESP32 có giá thành khá thấp nhưng lại cung cấp rất nhiều tính năng mạnh mẽ.

ESP32 WROOM 32 là một module vi điều khiển đa năng với kết nối không dây mạnh mẽ, khả năng xử lý mạnh mẽ và tính linh hoạt cao. Với hỗ trợ Wi-Fi, Bluetooth và các giao thức ngoại vi như SPI, I2C, UART, ESP32 là lựa chọn lý tưởng cho các dự án IoT, tự động hóa, và các ứng dụng điện tử cần kết nối không dây và xử lý thời gian thực. Sự hỗ trợ rộng rãi từ cộng đồng và tài liệu phát triển giúp việc phát triển ứng dụng trở nên dễ dàng và nhanh chóng.

4.2.2.6 Cảm biến nhiệt độ LM35

Cảm biến nhiệt độ LM35 là một cảm biến nhiệt độ analog được sản xuất bởi Texas Instruments. LM35 được thiết kế để cung cấp tín hiệu nhiệt độ chính xác và ổn định với mức tiêu thụ năng lượng rất thấp. Cảm biến này được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng yêu cầu đo nhiệt độ với độ chính xác cao, bao gồm các hệ thống điều khiển, giám sát môi trường và các thiết bị điện tử.

Thông số kỹ thuật:

- Dải đo nhiệt độ: LM35 có khả năng đo nhiệt độ trong khoảng từ -55°C đến $+150^{\circ}\text{C}$, với độ phân giải và độ chính xác rất cao, đặc biệt là trong các dải nhiệt độ phổ biến. LM35 thường được sử dụng trong các ứng dụng đo nhiệt độ không quá khắt khe về dải đo nhưng lại yêu cầu độ chính xác tốt trong phạm vi nhiệt độ trung bình.

- Điện áp hoạt động: LM35 hoạt động trong dải điện áp từ 4V đến 30V, nhưng trong các ứng dụng tiêu chuẩn, cảm biến này thường được cấp nguồn 5V (hoặc 3.3V nếu sử dụng với các vi điều khiển như ESP32). Điều này giúp LM35 rất linh hoạt trong các ứng dụng yêu cầu nguồn điện áp thấp.

- Độ chính xác: Độ chính xác của LM35 là $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ trong khoảng nhiệt độ từ 25°C đến 50°C . Với độ phân giải rất tốt, LM35 có thể cung cấp các giá trị nhiệt độ ổn định và chính xác trong phạm vi sử dụng phổ biến.

Thông số màn hình hiển thị OLED:

- Độ phân giải: 128x64 pixels (đây là độ phân giải phổ biến nhất).
- Kích thước màn hình: Màn hình OLED thường có kích thước nhỏ, từ 0.96 inch đến 1.3 inch, phù hợp cho các thiết bị di động hoặc các ứng dụng yêu cầu màn hình nhỏ.
- Đặc tính hiển thị: OLED sử dụng công nghệ phát sáng từ diode hữu cơ, không cần đèn nền như màn hình LCD, do đó hiển thị sắc nét, độ tương phản cao và tiết kiệm năng lượng. Màn hình có khả năng hiển thị đồ họa và văn bản, bao gồm các ký tự, hình ảnh bitmap, và các dạng đồ họa phức tạp.
- Giao tiếp: I2C (Inter-Integrated Circuit): Giao tiếp I2C là phổ biến nhất với SSD1306, giúp tiết kiệm số chân GPIO của vi điều khiển. SPI (Serial Peripheral Interface): Ngoài I2C, SSD1306 cũng có thể giao tiếp qua SPI, tuy nhiên, I2C vẫn là lựa chọn phổ biến vì tính đơn giản và ít yêu cầu về chân GPIO.
- Điện áp hoạt động: SSD1306 hoạt động với điện áp 3.3V hoặc 5V, tùy thuộc vào mô-đun bạn sử dụng.
- Tiêu thụ năng lượng: Tiết kiệm năng lượng hơn nhiều so với màn hình LCD nhờ vào công nghệ OLED, đặc biệt khi sử dụng các màn hình chỉ hiển thị văn bản hoặc đồ họa đơn giản.
- Màu sắc: Màn hình OLED SSD1306 chỉ hỗ trợ màu đen và trắng (monochrome), không có màu sắc như màn hình OLED màu RGB hoặc TFT. Tuy nhiên, nó vẫn có thể tạo ra các hiệu ứng hiển thị rất sắc nét và tương phản cao.



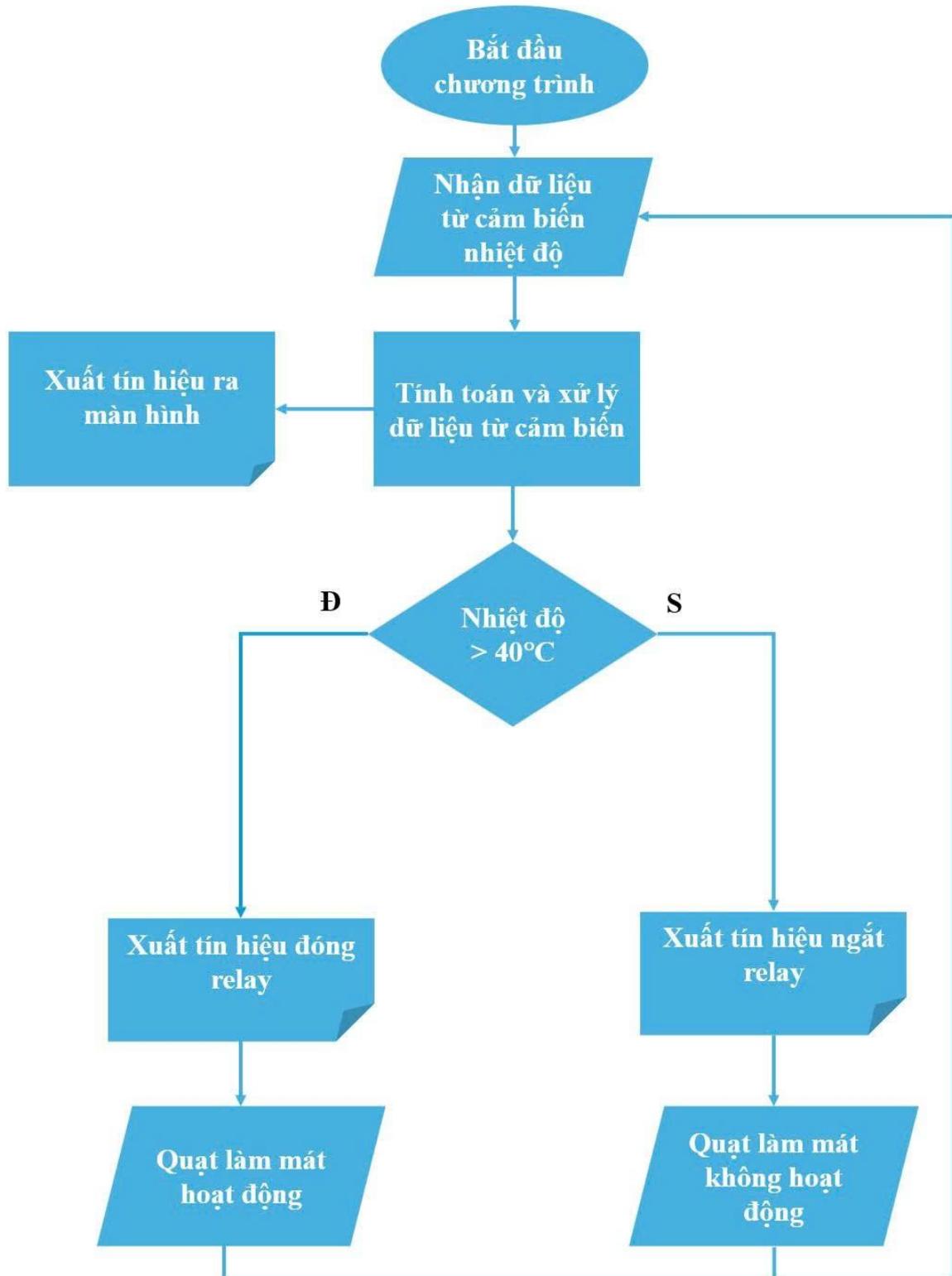
Hình 4.11 Màn hình OLED SSD1306

OLED SSD1306 là một màn hình hiển thị nhỏ gọn, tiết kiệm năng lượng, với độ tương phản cao và khả năng hiển thị sắc nét, lý tưởng cho các dự án điện tử yêu cầu một màn

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

hình chất lượng cao và tiết kiệm không gian. Với khả năng hiển thị văn bản và đồ họa, nó phù hợp với nhiều ứng dụng trong IoT, robot, thiết bị đo lường và các hệ thống hiển thị thông báo.

4.2.3 Sơ đồ thuật toán điều khiển



4.2.4 Phần mềm lập trình điều khiển

Arduino IDE (Integrated Development Environment) là phần mềm mã nguồn mở phổ biến, được thiết kế để lập trình các board mạch Arduino. Với giao diện đơn giản và dễ sử dụng, Arduino IDE phù hợp cho cả người mới bắt đầu và các lập trình viên có kinh nghiệm. Phần mềm này giúp người dùng dễ dàng viết mã, biên dịch, và tải lên các board vi điều khiển mà không gặp phải các bước phức tạp. Arduino IDE sử dụng ngôn ngữ lập trình C/C++, đồng thời cung cấp một kho thư viện phong phú, giúp người lập trình dễ dàng giao tiếp với các thiết bị ngoại vi như cảm biến, động cơ, và mô-đun khác.

Arduino IDE có một số tính năng nổi bật. Đầu tiên là khả năng hỗ trợ nhiều loại board Arduino khác nhau, từ các board phổ biến như Arduino Uno, Arduino Nano cho đến các board chuyên dụng hơn như Arduino Mega hay Arduino Due. Người dùng chỉ cần lựa chọn board và cổng kết nối qua USB để bắt đầu lập trình. Một tính năng quan trọng khác là khả năng tự động phát hiện và kết nối với board, giúp người dùng dễ dàng sử dụng mà không cần thao tác phức tạp.

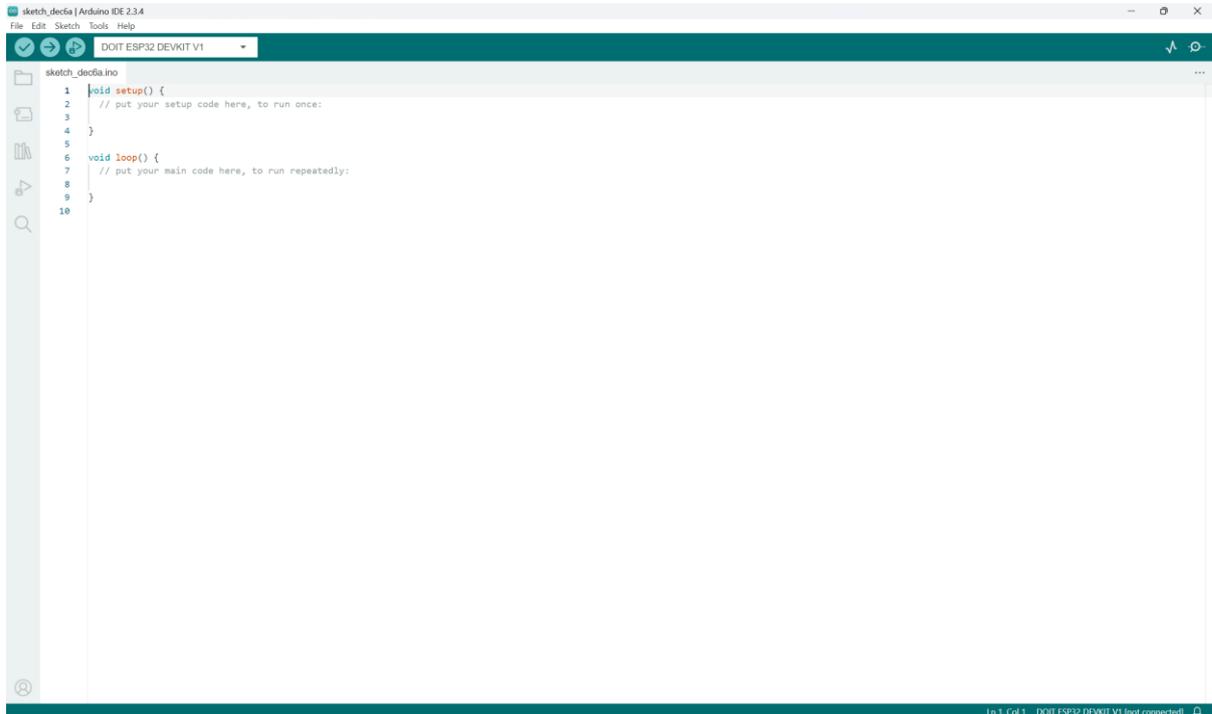


Hình 4.12 Phần mềm Arduino IDE

Ngoài ra, Arduino IDE có tích hợp công cụ Serial Monitor, cho phép người dùng theo dõi thông tin từ board Arduino trong thời gian thực. Điều này rất hữu ích trong việc debug, kiểm tra dữ liệu cảm biến hoặc theo dõi trạng thái của hệ thống. Các chức năng biên dịch và tải chương trình lên board Arduino đều rất nhanh chóng, giúp tiết kiệm thời gian phát triển. Nếu gặp lỗi trong mã nguồn, Arduino IDE sẽ thông báo chi tiết về lỗi để người dùng dễ dàng khắc phục.

Một ưu điểm lớn của Arduino IDE là tính mở và khả năng mở rộng. Arduino IDE là phần mềm mã nguồn mở và miễn phí, đồng thời hỗ trợ cài đặt thêm các thư viện và plugin từ cộng đồng để phục vụ các nhu cầu phát triển chuyên sâu hơn. Ngoài ra, cộng

đồng người dùng Arduino rất mạnh mẽ và rộng lớn, cung cấp nhiều tài liệu, hướng dẫn và giải pháp cho các vấn đề thường gặp trong quá trình lập trình.



Hình 4.13 Giao diện Arduino IDE

Arduino IDE không chỉ dành cho những người mới bắt đầu mà còn phù hợp với các nhà phát triển chuyên nghiệp. Với kho thư viện phong phú, tốc độ biên dịch nhanh, và cộng đồng hỗ trợ mạnh mẽ, Arduino IDE giúp người dùng dễ dàng phát triển các dự án điện tử, IoT, robot, và ứng dụng phần cứng phức tạp. Bên cạnh đó, Arduino IDE có thể chạy trên nhiều hệ điều hành như Windows, macOS và Linux, giúp người dùng linh hoạt trong việc phát triển và thử nghiệm dự án của mình.

Tóm lại, Arduino IDE là một công cụ tuyệt vời cho việc phát triển ứng dụng điện tử, có thể phục vụ nhu cầu từ người mới bắt đầu đến các nhà phát triển kỳ cựu. Với tính năng dễ sử dụng, cộng đồng lớn và hỗ trợ mạnh mẽ, Arduino IDE là lựa chọn lý tưởng để phát triển các dự án phần cứng và phần mềm sáng tạo.

4.3 Mô phỏng nhiệt độ dòng khí làm mát

4.3.1 Cơ sở lý thuyết

4.3.1.1 Đặt vấn đề

Nhiệt độ là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến đặc tính, tính năng an toàn và tuổi thọ của pin. Mức nhiệt tăng khi sạc hoặc phóng điện, đặc biệt ở các chế độ tải lớn, do đó pin phải được làm mát để duy trì nhiệt độ ổn định trong vùng làm việc. Để có hiệu suất tốt nhất, nhiệt độ làm việc ưu tiên của pin Lithium-ion (Li-ion) nằm trong khoảng từ 15°C

đến 35°C, chênh lệch nhiệt độ tối đa giữa các tế bào (cell) bên trong bộ pin (pack) không vượt quá 5°C. Nhiệt độ nằm ngoài các giới hạn này có tính năng động tiêu cực đến hiệu suất nhiệt của pin, dẫn đến giảm dung lượng đáng kể và giảm tuổi thọ. Khi nhiệt độ giảm quá thấp: Với nhiệt độ nhỏ hơn 5°C sẽ không thể thực hiện sạc nhanh, nhưng khi giảm xuống Vị trí 0°C sẽ không có khả năng sạc, mất khả năng cung cấp điện, xe không thể gia tốc.

Khi nhiệt độ pin tăng quá cao: Với nhiệt độ trên 35°C, pin đặc biệt bị suy giảm, xe giảm khả năng tăng tốc độ. mới nhiệt độ trên 40°C, có thể dẫn đến hư hỏng cho pin mà không thể phục hồi. Ở nhiệt độ lớn hơn 70°C - 100°C, kích hoạt các chuỗi phản ứng tự làm nóng pin, là nguyên nhân phá vỡ các tế bào liên kết. Trường hợp không có các biện pháp an toàn dẫn đến nguyên cơ cháy. Theo báo cáo của một số cơ quan chức năng, các vụ hỏa hoạn của xe điện chủ yếu liên quan đến cháy pin Li-ion. Mặc dù theo thông tin thống kê, các sự cố cháy xe điện hiếm khi xảy ra, nhưng các vụ cháy pin Li-ion gây lo ngại về an toàn như tỏa nhiệt, nhiều loại khí độc, khói độc.



Hình 4.14 Pin

Nhiệt độ ảnh hưởng đến nhiệt độ công suất của bộ pin. Nhiệt độ cao có thể dẫn đến sự hòa tan hoặc phá vỡ chất điện phân liên pha rắn SEI và tạo ra các muối Liti, các muối này ít thấm vào các ion Liti và làm tăng trở thành kháng điện cực. Kết quả là, Liti tiếp tục được liên kết để tạo thành một lớp SEI mới. Một khi vật chất hoạt động đã được biên dịch theo một cách không thể thu hồi thành các pha động, thì khả năng sử dụng năng lượng sẽ bị giảm vĩnh viễn. Tốc độ và vận tốc của hầu hết các quá trình phá hủy này phụ thuộc vào nhiều vào các kết nối điện cực chất điện phân nhưng tan chảy như luôn là một hàm của nhiệt độ môi trường. Ánh sáng của nhiệt độ đến khả năng tự phóng điện của pin

Với pin đã tích điện, hiện tượng tự phóng điện làm giảm khả năng lượng dự trữ. Quá trình chủ yếu đã bị chấm dứt bởi phản ứng không kiểm soát được ở lớp ranh giới SEI-

chất phân tách. Khi nhiệt độ tăng, trạng thái tích điện của nền tăng lên, hiện tượng điện tự phóng xảy ra mạnh hơn.

4.3.1.2 Giải pháp làm mát pin bằng không khí cưỡng bức

Đây là một trong những hệ thống làm mát pin ô tô điện đầu tiên được các nhà sản xuất ô tô điện sử dụng. Làm mát pin ô tô điện bằng không khí hoạt động dựa trên nguyên lý đối lưu đơn giản như một cách truyền nhiệt ra khỏi bộ pin. Khi ô tô điện di chuyển, quạt hoặc máy thổi sẽ thổi không khí qua bề mặt pin nóng, giúp nhiệt lượng được truyền ra bên ngoài. Ưu điểm của phương pháp này là hoạt động đơn giản, dễ dàng kiểm soát. Tuy nhiên phương pháp làm mát pin ô tô điện bằng không khí có thể tạo ra tiếng ồn và độ rung, không hiệu quả trong môi trường nhiệt độ cao hoặc đối với pin năng lượng cao. Lý do là vì pin năng lượng cao sẽ tỏa ra một lượng nhiệt lớn hơn, hiệu quả làm mát từ không khí là không đủ để đáp ứng nhu cầu làm mát cần thiết của pin.

Ngoài ra, hệ thống làm mát ô tô điện này cũng không thích hợp để vận hành ở những vùng khí hậu nóng. Vì nhiệt độ không khí từ môi trường đã cao sẵn sẽ làm cho hiệu quả làm mát bị giảm đi.

Ưu điểm:

- Đơn giản và dễ triển khai: Hệ thống làm mát bằng không khí có thiết kế đơn giản và dễ dàng tích hợp vào các cấu trúc hiện có của xe điện. Điều này giúp giảm chi phí phát triển và triển khai hệ thống.

- Chi phí thấp: So với các hệ thống làm mát bằng chất lỏng hoặc vật liệu chuyển pha, hệ thống làm mát bằng không khí thường có chi phí sản xuất và bảo trì thấp hơn. Điều này làm giảm tổng chi phí sở hữu và vận hành xe điện.

- Không sử dụng chất lỏng: Việc không sử dụng chất lỏng làm mát loại bỏ nguy cơ rò rỉ và sự cần thiết phải bảo trì các bơm hoặc đường ống dẫn chất lỏng, giúp tăng độ tin cậy và giảm chi phí bảo dưỡng.

- Trọng lượng nhẹ hơn: Hệ thống làm mát bằng không khí thường nhẹ hơn so với hệ thống làm mát bằng chất lỏng, giúp giảm trọng lượng tổng thể của xe và cải thiện hiệu suất năng lượng.

- An toàn cao: Không khí là môi chất làm mát không cháy, không độc hại và không gây ô nhiễm môi trường. Điều này giúp tăng cường độ an toàn và thân thiện với môi trường của hệ thống làm mát.

- Dễ bảo trì và vệ sinh: Hệ thống làm mát bằng không khí dễ dàng bảo trì và vệ sinh hơn so với các hệ thống làm mát bằng chất lỏng, giúp giảm thời gian và chi phí bảo dưỡng.

- Không yêu cầu hệ thống phức tạp: Hệ thống làm mát bằng không khí không yêu cầu các thiết bị phức tạp như máy bơm, bộ trao đổi nhiệt hoặc két làm mát, giúp giảm thiểu sự phức tạp và khả năng hỏng hóc của hệ thống.

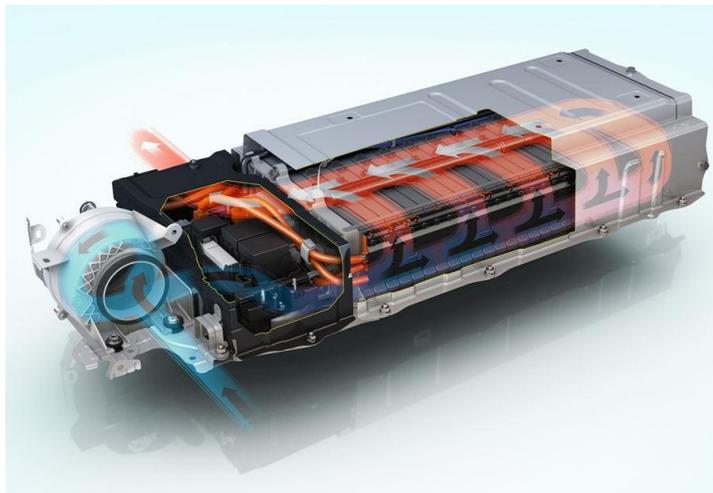
Nhược điểm:

- Hiệu quả làm mát hạn chế: Hệ thống làm mát bằng không khí thường có hiệu quả làm mát thấp hơn so với các phương pháp làm mát bằng chất lỏng hoặc vật liệu chuyển pha. Điều này có thể dẫn đến việc không thể duy trì nhiệt độ pin trong khoảng an toàn khi xe hoạt động ở công suất cao hoặc trong điều kiện nhiệt độ môi trường cao.

- Phụ thuộc vào điều kiện môi trường: Hiệu suất của hệ thống làm mát bằng không khí phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và luồng không khí xung quanh. Trong các điều kiện môi trường nóng hoặc khi xe hoạt động ở tốc độ thấp, khả năng làm mát của hệ thống này có thể bị giảm đáng kể.

- Cần không gian lớn hơn: Để đạt được hiệu quả làm mát tương đương với các hệ thống làm mát bằng chất lỏng, hệ thống làm mát bằng không khí có thể yêu cầu diện tích bề mặt lớn hơn. Điều này có thể dẫn đến thiết kế cồng kềnh hơn và chiếm nhiều không gian hơn trong xe.

- Tiếng ồn: Quạt làm mát có thể tạo ra tiếng ồn, điều này có thể ảnh hưởng đến trải nghiệm lái xe và độ thoải mái của hành khách. Mức độ tiếng ồn có thể trở thành vấn đề đáng lo ngại, đặc biệt trong các thiết kế xe điện cao cấp yêu cầu môi trường lái xe yên tĩnh.



Hình 4.15 Hệ thống làm mát bằng không khí trên ô tô điện

4.3.2 Mục tiêu bài toán

Trong bối cảnh ngành công nghiệp xe điện ngày càng phát triển mạnh mẽ, việc quản lý nhiệt độ của pin lithium-ion trở thành một thách thức quan trọng, có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất vận hành, độ bền, và độ an toàn của toàn hệ thống. Pin lithium-ion, vốn là

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

nguồn năng lượng chính của xe điện, dễ dàng sinh nhiệt trong quá trình sạc và xả liên tục. Nếu không được kiểm soát hiệu quả, nhiệt độ cao có thể dẫn đến suy giảm tuổi thọ pin, hiệu suất sử dụng năng lượng thấp, và nguy cơ cháy nổ. Trong số các giải pháp quản lý nhiệt phổ biến, hệ thống làm mát bằng không khí nổi bật nhờ tính đơn giản, chi phí thấp, và khả năng tích hợp dễ dàng vào thiết kế xe.

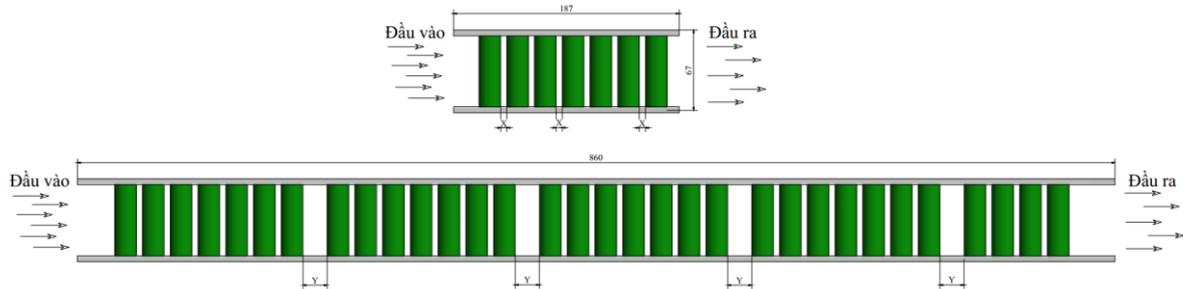
Mục tiêu đầu tiên và quan trọng nhất của hệ thống làm mát pin bằng không khí là duy trì nhiệt độ của các cell pin trong khoảng hoạt động tối ưu, từ 20°C đến 40°C. Đây là ngưỡng nhiệt độ mà ở đó hiệu suất hoạt động của pin được tối ưu hóa, đồng thời rủi ro về mặt an toàn và suy giảm hiệu suất được giảm thiểu. Một hệ thống làm mát hiệu quả cũng phải đảm bảo tính đồng đều nhiệt độ giữa các cell trong pack pin, vì sự chênh lệch nhiệt độ lớn có thể dẫn đến hiện tượng lão hóa không đồng đều và giảm hiệu suất chung của toàn bộ hệ thống.

Bên cạnh đó, việc thiết kế hệ thống làm mát phải cân nhắc đến yếu tố gọn nhẹ và tiết kiệm năng lượng. Hệ thống cần hạn chế tối đa khối lượng bổ sung để không ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu suất và khả năng vận hành của xe. Đồng thời, việc tiêu thụ năng lượng từ các thiết bị hỗ trợ như quạt hoặc máy thổi khí cũng cần được tối ưu hóa, nhằm giảm thiểu tổn thất năng lượng và kéo dài quãng đường di chuyển của xe điện. Một yếu tố không thể bỏ qua là tối ưu hóa dòng chảy không khí. Các thông số như tốc độ luồng khí, cấu hình kênh dẫn khí, và thiết kế module pin cần được nghiên cứu kỹ lưỡng để đảm bảo không khí lưu thông hiệu quả qua từng cell pin. Điều này không chỉ giúp làm mát nhanh chóng mà còn góp phần duy trì sự ổn định nhiệt độ trong suốt quá trình vận hành xe.

Ngoài các yêu cầu kỹ thuật, hệ thống làm mát bằng không khí cần đạt được tính khả thi về chi phí và khả năng sản xuất hàng loạt. Mục tiêu này đảm bảo rằng giải pháp không chỉ phù hợp về mặt kỹ thuật mà còn mang lại lợi ích kinh tế, giúp dễ dàng ứng dụng vào các dòng xe điện từ phổ thông đến cao cấp.

Cuối cùng, việc phát triển và hoàn thiện hệ thống làm mát pin lithium bằng không khí không chỉ nhằm đáp ứng nhu cầu hiện tại mà còn hướng tới tương lai của ngành xe điện. Một giải pháp làm mát hiệu quả, bền vững và thân thiện với môi trường sẽ góp phần quan trọng vào việc thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành công nghiệp này, đồng thời giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường toàn cầu.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.16 Phương án làm mát pin bằng không khí cưỡng bức trên module, pack pin

4.3.3 Giới thiệu phần mềm mô phỏng

Ansys được thành lập vào năm 1970 bởi John Swanson. Năm 2000, Ansys đã thực hiện mua lại các công ty thiết kế kỹ thuật khác, mua thêm công nghệ cho động lực học chất lỏng, thiết kế điện tử và phân tích vật lý khác. Ansys, Inc. là một công ty cổ phần của Mỹ có trụ sở tại Canonsburg, Pennsylvania. Ansys phát triển và tiếp thị phần mềm mô phỏng kỹ thuật. Phần mềm Ansys được sử dụng để thiết kế các sản phẩm và chất bán dẫn, cũng như tạo ra các mô phỏng để kiểm tra độ bền của sản phẩm, phân bố nhiệt độ, lưu lượng chất lỏng và các tính chất điện từ.

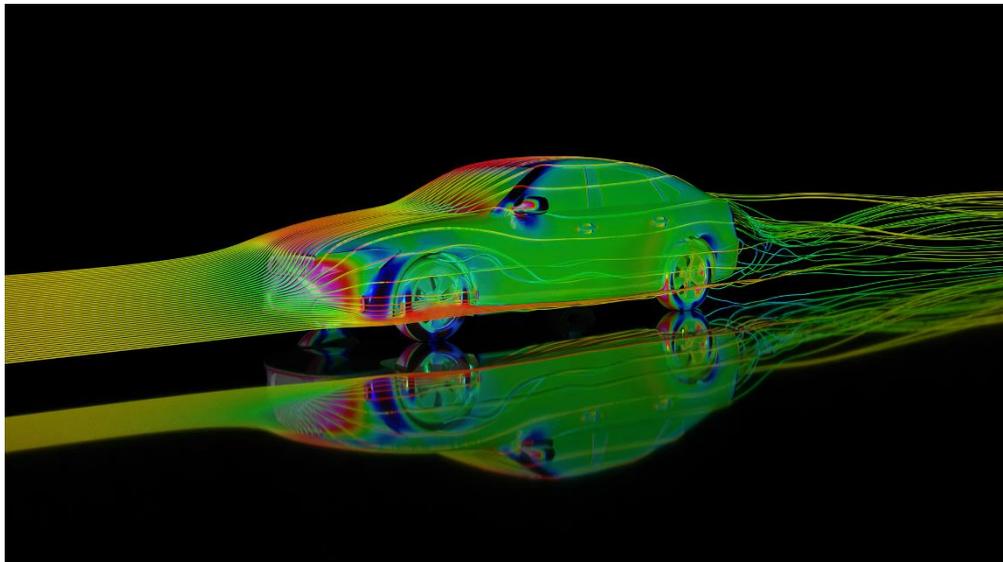


Hình 4.17 Ansys.

ANSYS là một phần mềm toàn diện và bao quát hầu hết các lĩnh vực vật lý, giúp can thiệp vào thế giới mô hình ảo và phân tích kỹ thuật cho các giai đoạn thiết kế. Hầu hết các nhà đầu tư rất thích phần mềm phân tích kỹ thuật này so với những gì chúng làm được và số tiền họ phải bỏ ra. Phần mềm phân tích mạnh này giúp quá trình thiết kế kỹ thuật qua một cấp độ mới, không chỉ làm việc với những môi trường, thông số biến động, các hàm nhiều cấp bậc, mà còn hỗ trợ làm việc mang tính thích nghi với những mô hình kỹ thuật mới, nhưng công cụ CAE nhiều tính năng. Dĩ nhiên Ansys sẽ giúp nâng cao hiệu quả khi thiết kế, nâng cao tính sáng tạo, giảm bớt ràng buộc, hạn chế vật

lý, thực hiện các bài kiểm tra mô phỏng mà không thể thực hiện trên những phần mềm khác.

Ansys phát triển và tiếp thị phần mềm phân tích phần tử hữu hạn được sử dụng để mô phỏng các vấn đề kỹ thuật. Phần mềm này tạo ra các mô hình máy tính mô phỏng cấu trúc, thiết bị điện tử hoặc linh kiện máy để mô phỏng ứng suất, độ dẻo dai, độ đàn hồi, phân bố nhiệt độ, điện từ, lưu lượng chất lỏng và các thuộc tính khác. Ansys được sử dụng để mô phỏng cách một sản phẩm hoạt động với các thông số kỹ thuật khác nhau, mà không cần làm các sản phẩm thử nghiệm hoặc tiến hành các thử nghiệm va chạm. Ví dụ, phần mềm Ansys có thể mô phỏng một cây cầu sẽ ra sao sau nhiều năm sử dụng, cách xử lý tốt nhất cá hồi trong thùng để tránh lãng phí, hoặc cách thiết kế một tấm ván trượt sử dụng ít vật liệu hơn mà không bị mất an toàn.



Hình 4.18 Sử dụng Ansys mô phỏng khí động học của xe

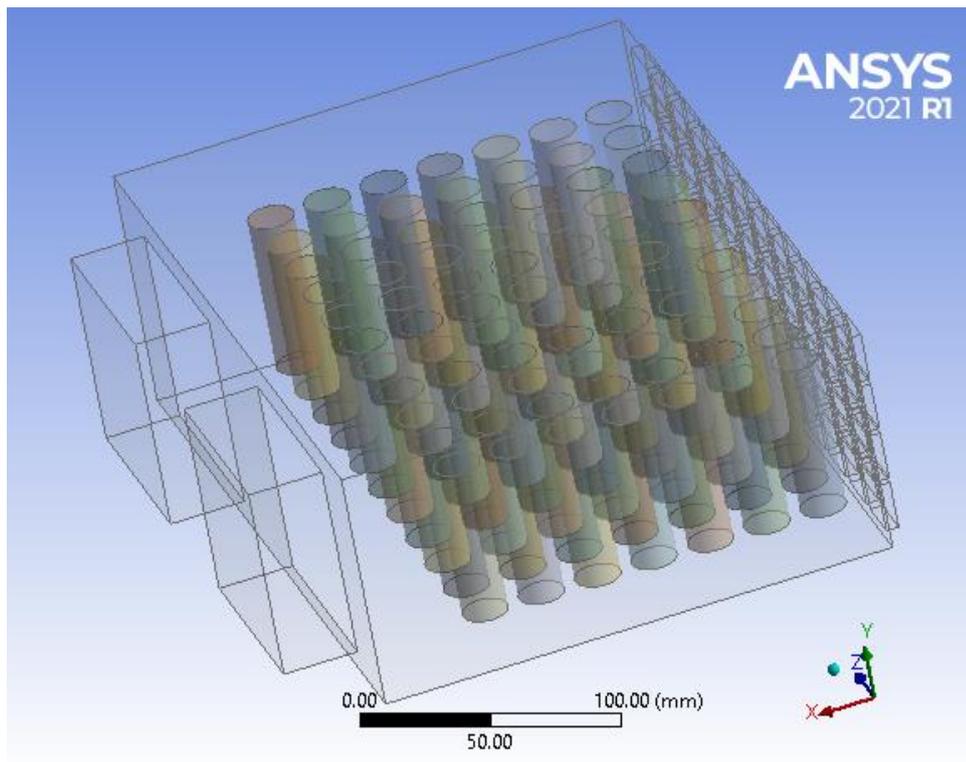
Hầu hết các mô phỏng trong Ansys được thực hiện bằng phần mềm Ansys Workbench, là một trong những sản phẩm chính của công ty. Thông thường, người dùng Ansys phá vỡ các cấu trúc lớn hơn thành các thành phần nhỏ được mô phỏng và thử nghiệm riêng lẻ. Người dùng có thể bắt đầu bằng cách xác định kích thước của đối tượng, và sau đó thêm trọng lượng, áp suất, nhiệt độ và các đặc tính vật lý khác. Cuối cùng, phần mềm Ansys mô phỏng và phân tích chuyển động, sự mỏi, tiêu chuẩn phá hủy, lưu lượng chất lỏng, phân bố nhiệt độ, hiệu quả điện từ và các hiệu ứng khác theo thời gian.

4.3.4 Thiết lập thông số ban đầu và điều kiện biên

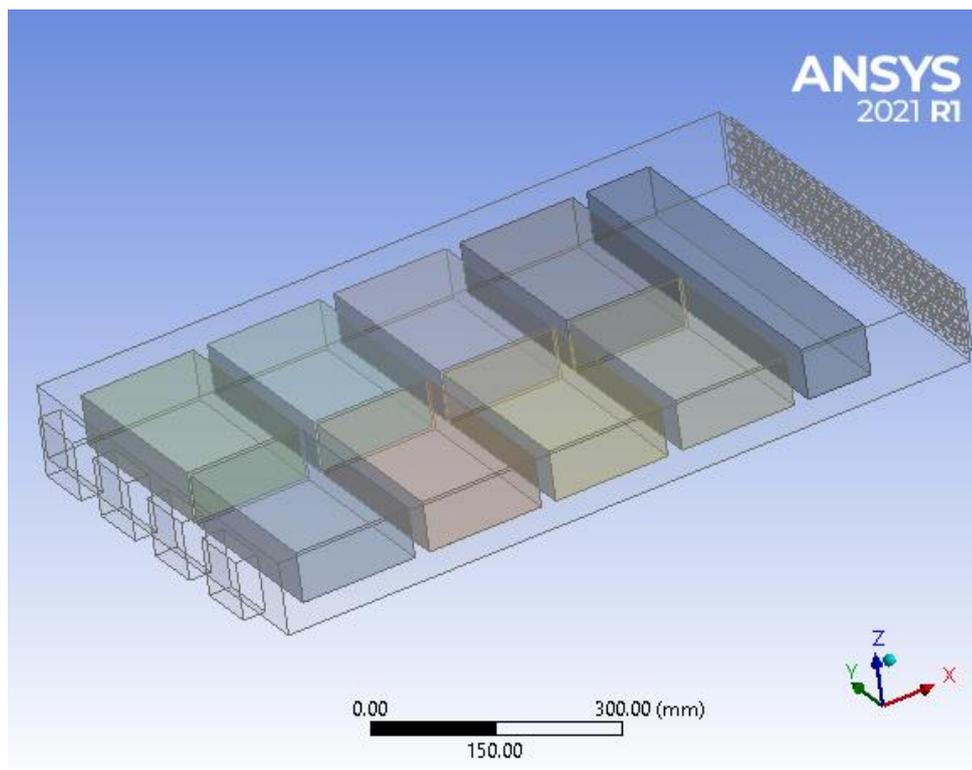
4.3.4.1 Xây dựng mô hình mô phỏng

Xây dựng mô hình mô phỏng không chỉ tiết kiệm thời gian và chi phí so với việc thử nghiệm thực tế mà còn giúp các nhà thiết kế kiểm soát chi tiết các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu suất làm mát. Thông qua mô phỏng, chúng ta có thể phân tích các biến như nhiệt độ, dòng chảy không khí, và sự phân bố nhiệt trong module pin để đánh giá hiệu quả của thiết kế. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc đảm bảo sự đồng đều nhiệt độ giữa các cell pin, giảm thiểu tình trạng quá nhiệt cục bộ và tăng tuổi thọ cho toàn bộ hệ thống.

Ngoài ra, mô phỏng còn cho phép thử nghiệm nhiều kịch bản hoạt động khác nhau mà không gây rủi ro về an toàn hoặc phát sinh chi phí sản xuất. Các kết quả từ mô phỏng có thể được sử dụng để điều chỉnh các thông số thiết kế, tối ưu hóa hệ thống làm mát và phát triển các giải pháp phù hợp với yêu cầu thực tế. Trong lĩnh vực xe điện, nơi tốc độ đổi mới công nghệ rất nhanh, việc áp dụng mô hình mô phỏng không chỉ là một lợi thế mà còn là yêu cầu thiết yếu để đáp ứng các tiêu chuẩn hiệu suất, an toàn và thân thiện với môi trường.



Hình 4.19 Mô hình mô phỏng một module



Hình 4.20 Mô hình mô phỏng toàn bộ pack pin

4.3.4.2 Thiết lập các thông số đầu vào

Việc thiết lập thông số đầu vào trong ANSYS Fluent đóng vai trò then chốt trong việc đảm bảo tính chính xác và độ tin cậy của mô phỏng. Các thông số như mô hình rối, điều kiện biên, điều kiện ban đầu, đặc tính vật liệu và cấu trúc lưới ảnh hưởng trực tiếp đến cách Fluent giải quyết các phương trình chi phối dòng chảy và truyền nhiệt trong hệ thống. Mục tiêu của quá trình thiết lập là tạo ra một mô hình mô phỏng phản ánh đúng hiện tượng vật lý thực tế, giúp dự đoán chính xác nhiệt độ, vận tốc và áp suất trong hệ thống làm mát. Từ đó, kết quả mô phỏng có thể được sử dụng để đánh giá hiệu suất làm mát của thiết kế hiện tại, so sánh các phương án kỹ thuật khác nhau và làm cơ sở cho việc tối ưu hoá hệ thống trong các nghiên cứu sau này.

Bảng 4.1 Bảng thiết lập các tiêu chuẩn mô phỏng ban đầu

Model	Settings
Space	3D
Time	Unsteady, 1st-Order Implicit
Vicous	Standard k-epsilon turbulence model
Wall Treatment	Enhanced Wall Treatment
Heat Transfer	Enabled

Thiết lập vận tốc dòng khí đầu vào cố định 20 m/s ở nhiệt độ 300 K. Việc lựa chọn giá trị vận tốc và nhiệt độ không khí được căn cứ vào các điều kiện làm việc của quạt làm mát thực tế của hệ thống, đồng thời đảm bảo tính ổn định trong quá trình mô phỏng. Vận tốc dòng khí càng cao thì khả năng cuốn nhiệt từ bề mặt pin càng lớn, góp phần làm giảm nhiệt độ bề mặt nhanh chóng. Bên cạnh đó, nhiệt độ không khí đầu vào ở mức 300 K (tương đương 27°C) được xem là điều kiện môi trường tiêu chuẩn, giúp đánh giá được hiệu suất làm mát trong điều kiện lý tưởng.

Bảng 4.2 Bảng thiết lập các thông số mô phỏng

Fluid-Air	
Density	1.225 kg/m ³
C _p	1006.43 J/(kg.K)
Thermal Conductivity	0.0242 W/(m.K)
Viscosity	1.789e-05 kg/(m.s)
Molecular Weight	28.966 kg/kmol
Thermal Expansion Coefficient	0
Speed of Sound	none
Solid-Lithium	
Density	2722 kg/m ³
C _p	1200 J/(kg.K)
Thermal Conductivity	0.2 W/(m.K)

Thiết lập mức pin ban đầu ở nhiệt độ tối đa 40°C tương đương 313°K là mức nhiệt tối đa trong phạm vi hoạt động ổn định của pin Lithium, để đánh giá tính hiệu quả trong khả năng làm mát và kiểm soát nhiệt độ của hệ thống làm mát. Nếu nhiệt độ tiếp tục tăng vượt quá 40°C thì cần phải có những điều chỉnh cần thiết.

4.3.4.3 Thiết lập thông số lưới

Trước khi chạy mô phỏng CFD, việc lựa chọn loại lưới phù hợp đóng vai trò then chốt trong việc đảm bảo độ chính xác của kết quả và hiệu suất tính toán. Loại lưới được sử dụng: Tet Cell (tế bào tứ diện) cho phần không gian 3D của luồng không khí và Mixed Cell (tế bào hỗn hợp) cho các cấu trúc phức tạp như cell và module pin. Tet Cell là loại lưới gồm các phần tử tứ diện có bốn mặt tam giác, phù hợp với những vùng hình học không đều và dễ tạo lưới tự động mà vẫn giữ được mức độ chính xác tương đối cao. Điều này đặc biệt hữu ích trong không gian dòng khí với nhiều bề mặt cong và khe hẹp, nơi mà lưới vuông hoặc hexahedral khó triển khai.

Trong khi đó, Mixed Cell là sự kết hợp giữa nhiều loại phần tử khác nhau như tứ diện, lăng trụ (prism), hoặc hexahedron (hình hộp chữ nhật), cho phép linh hoạt tùy chỉnh độ mịn của lưới ở từng khu vực. Đặc biệt, ở các vùng gần tường (near-wall) và

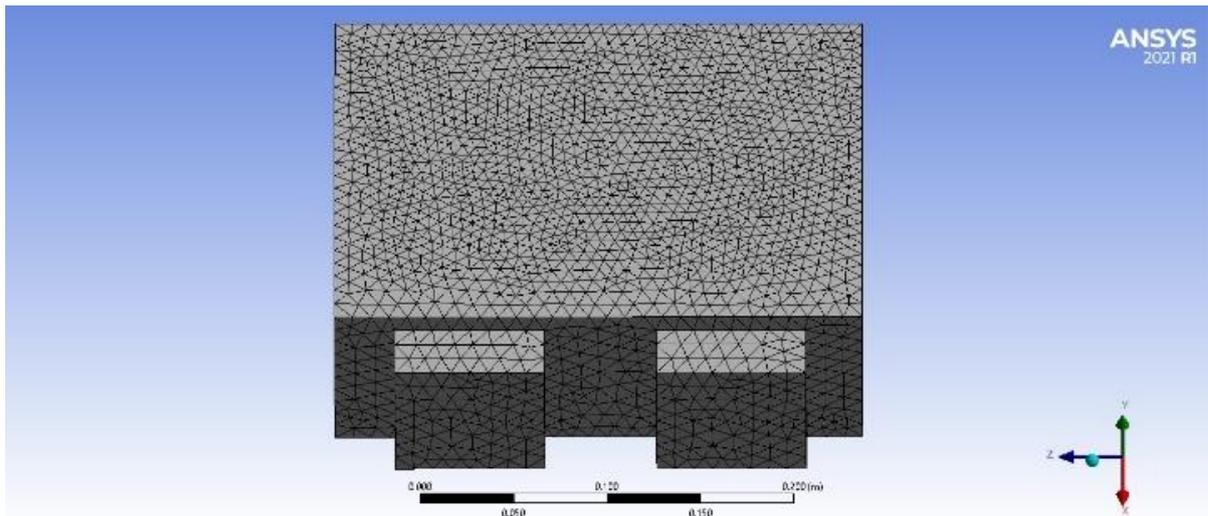
giao diện tiếp xúc giữa các module pin – nơi có gradient nhiệt độ và vận tốc lớn – lưới hỗn hợp giúp cải thiện khả năng bắt chính xác hiện tượng biên và tăng tính hội tụ cho mô phỏng. Sự kết hợp này mang lại sự cân bằng tối ưu giữa độ chính xác, tốc độ tính toán, và dung lượng bộ nhớ, từ đó góp phần đảm bảo hiệu quả và độ tin cậy của toàn bộ quá trình mô phỏng.

Bảng 4.3 Thông số lưới mô phỏng một module pin

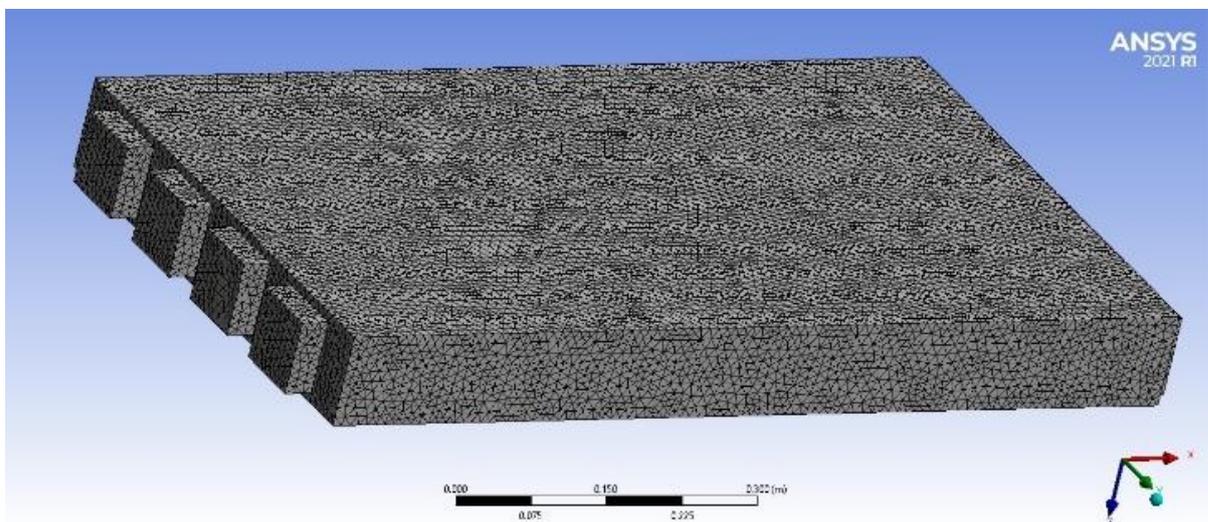
Mesh Size			
Cells	Faces	Nodes	
927387	2700654	305909	
Mesh Quality			
Name	Type	Min Orthogonal Quality	Max Aspect Ratio
Air	Tet cell	0.21450482	16.832598
Cellwall	Mixed Cell	0.43489167	10.411489

Bảng 4.4 Thông số lưới mô phỏng pack pin

Mesh Size			
Cells	Faces	Nodes	
261330	752740	86227	
Mesh Quality			
Name	Type	Min Orthogonal Quality	Max Aspect Ratio
air	Tet cell	0.12738712	25.47769
module	Mixed Cell	1	1.7671783



Hình 4.21 Hình dạng lưới toàn bộ một module pin

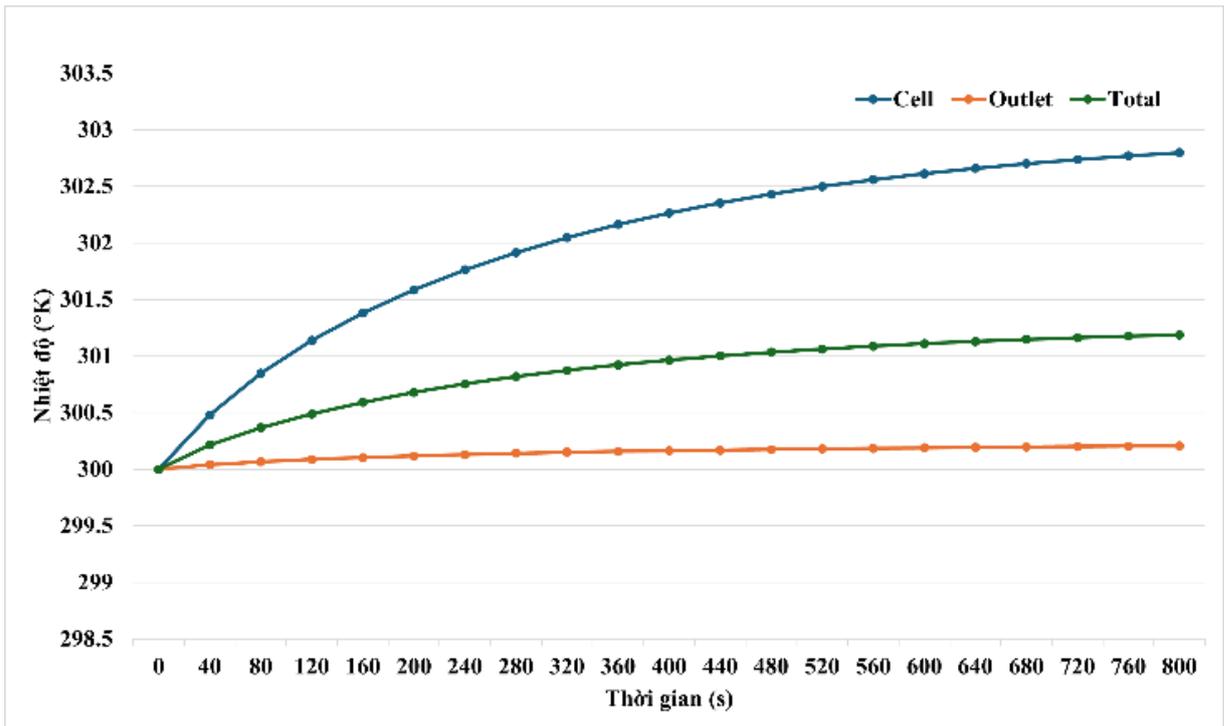


Hình 4.22 Hình dạng lưới trên một pack pin

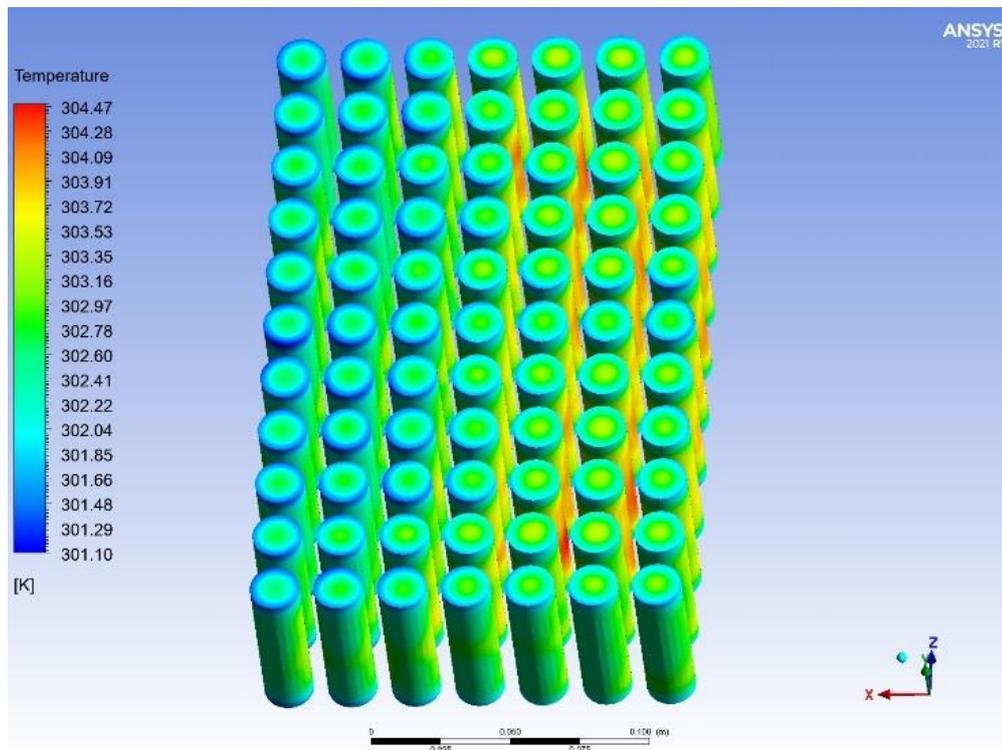
4.3.5 Kết quả mô phỏng và bình luận

4.3.5.1 Mô phỏng một module pin

Biểu đồ trên thể hiện sự thay đổi nhiệt độ của tế bào pin, đầu ra và tổng thể của module trong 800s mô phỏng. Đường nhiệt độ tế bào pin (Cell) cho thấy nhiệt độ trong các tế bào tăng dần theo thời gian từ khoảng 300K-304K phản ánh sự tích tụ nhiệt trong các tế bào. Nhiệt độ tại cửa ra (Outlet) có xu hướng tăng rất ít, cho thấy nhiệt được thoát ra nhanh chóng. Đường nhiệt độ tổng thể (Total) thể hiện nhiệt độ tổng thể của module tăng đều trong suốt quá trình mô phỏng. Sự khác biệt trong mức tăng nhiệt độ giữa các thành phần cho thấy khả năng trao đổi nhiệt và làm mát của hệ thống, giúp đánh giá hiệu quả tản nhiệt và xác định các điều chỉnh cần thiết để duy trì nhiệt độ trong phạm vi an toàn.

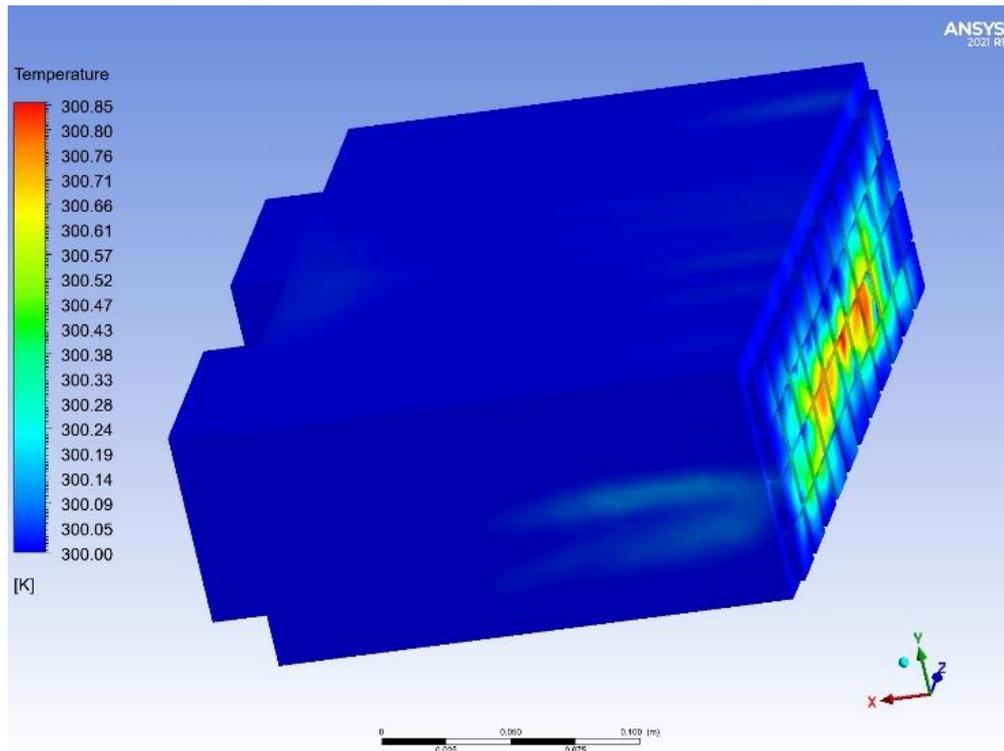


Hình 4.23 Biến thiên nhiệt độ của các thành phần trong module pin theo thời gian mô phỏng

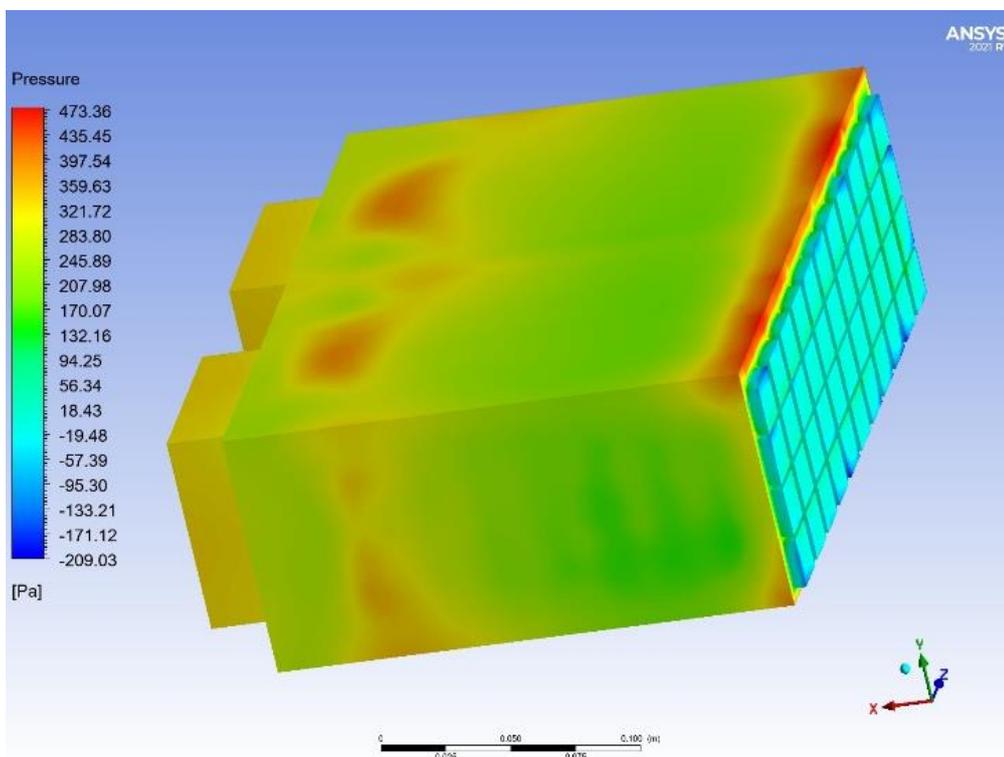


Hình 4.24 Phân bố nhiệt độ trên từng tế bào pin

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.25 Phân bố nhiệt độ tổng thể một module

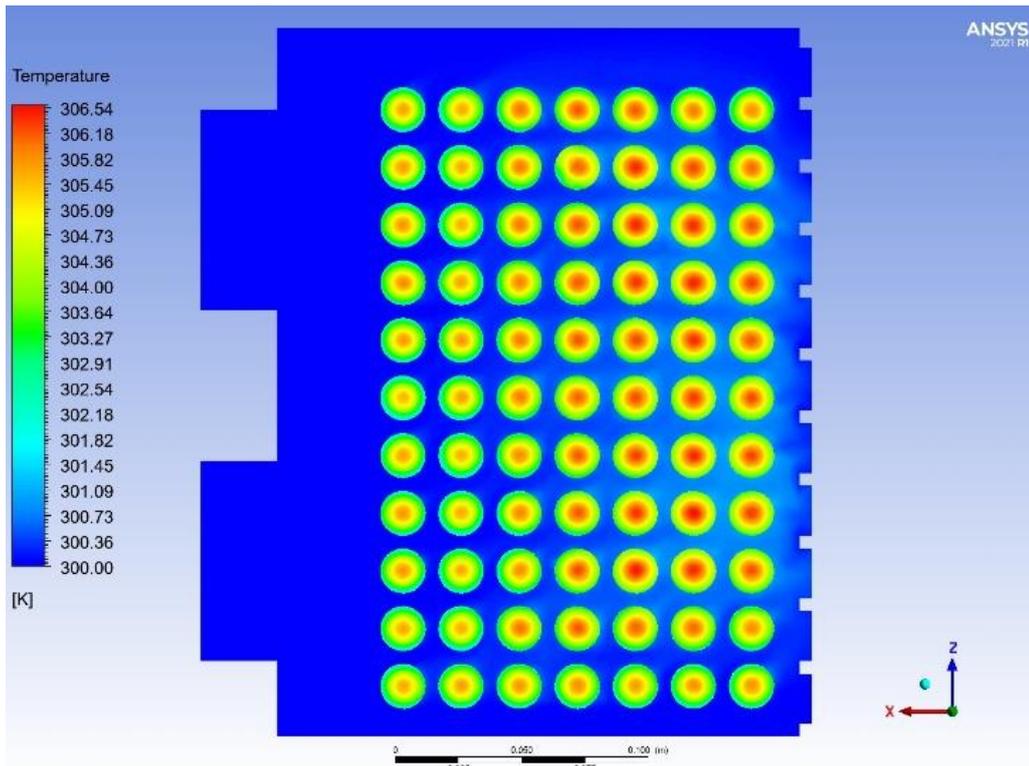


Hình 4.26 Phân bố áp suất tổng thể một module

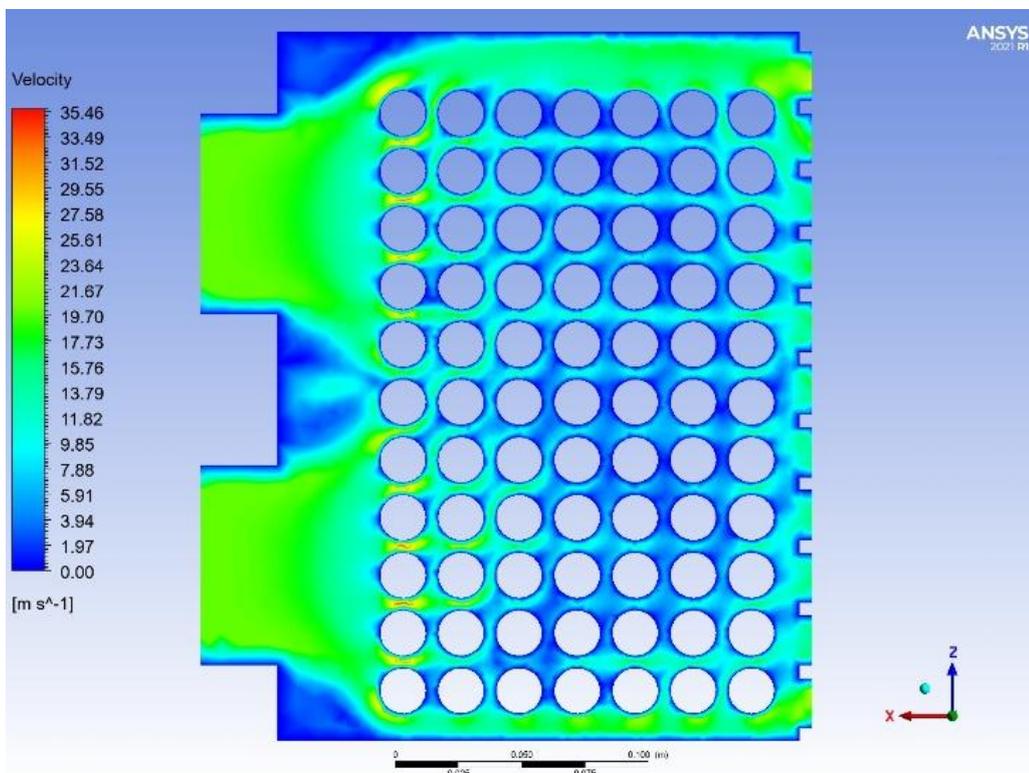
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.27 Phân bố nhiệt độ trong một module theo mặt cắt ngang

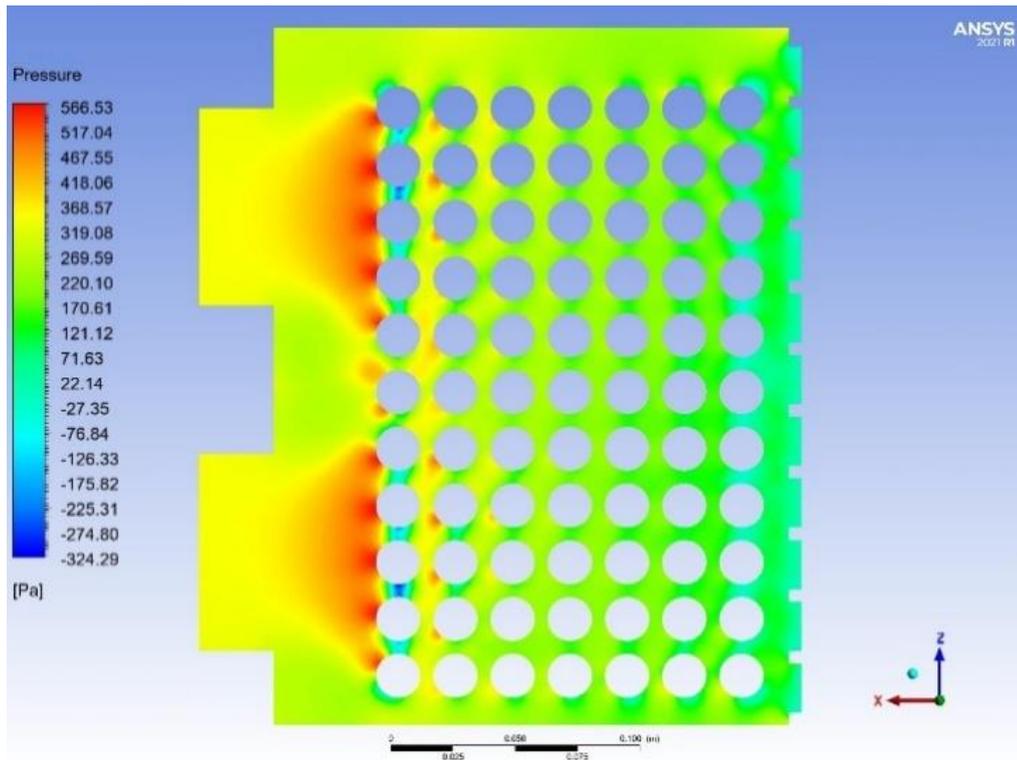


Hình 4.28 Phân bố vận tốc dòng khí trong một module theo mặt cắt ngang

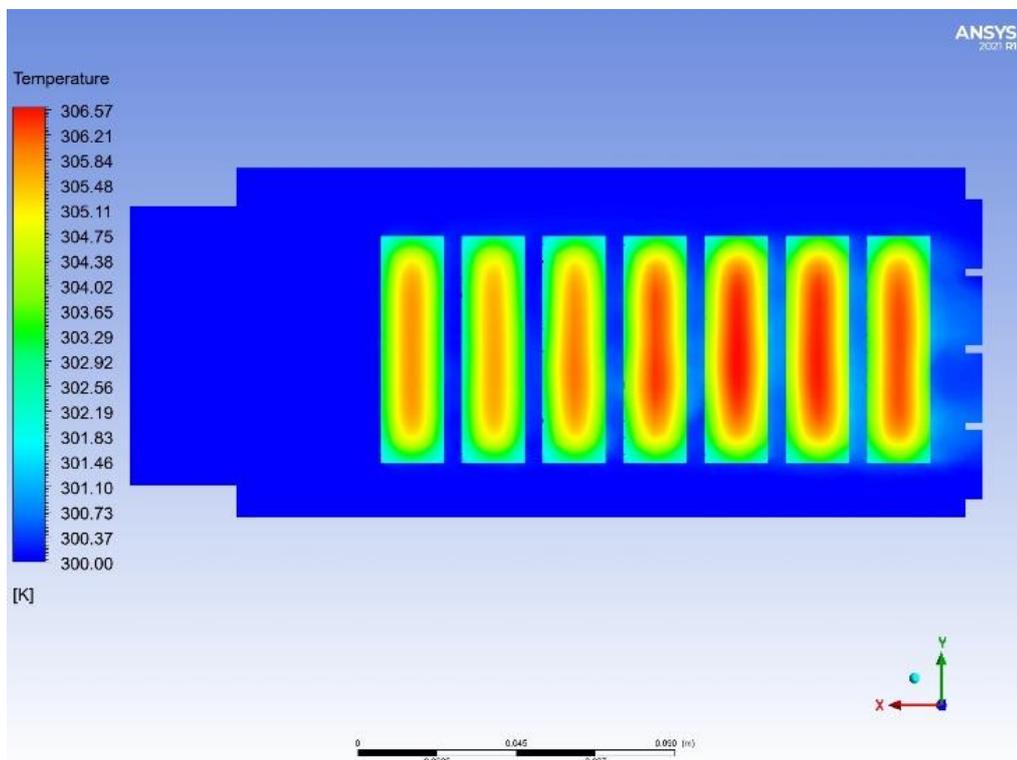
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.29 Phân bố áp suất trong một module theo mặt cắt ngang

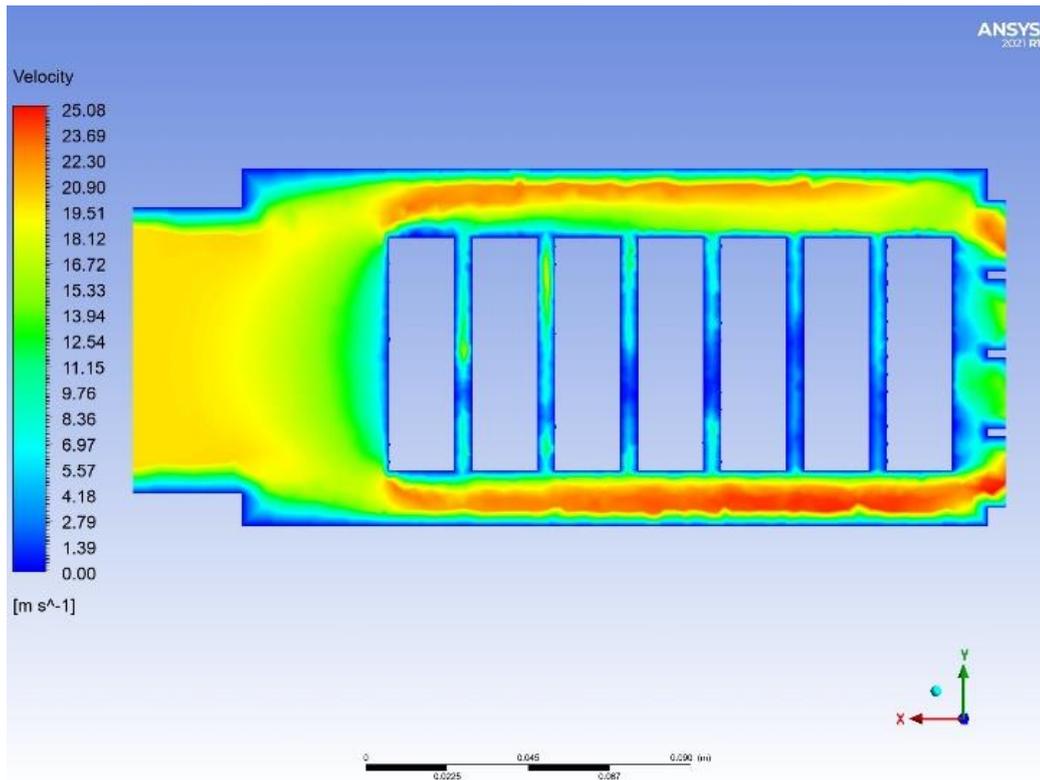


Hình 4.30 Phân bố nhiệt độ trong một module theo mặt cắt dọc

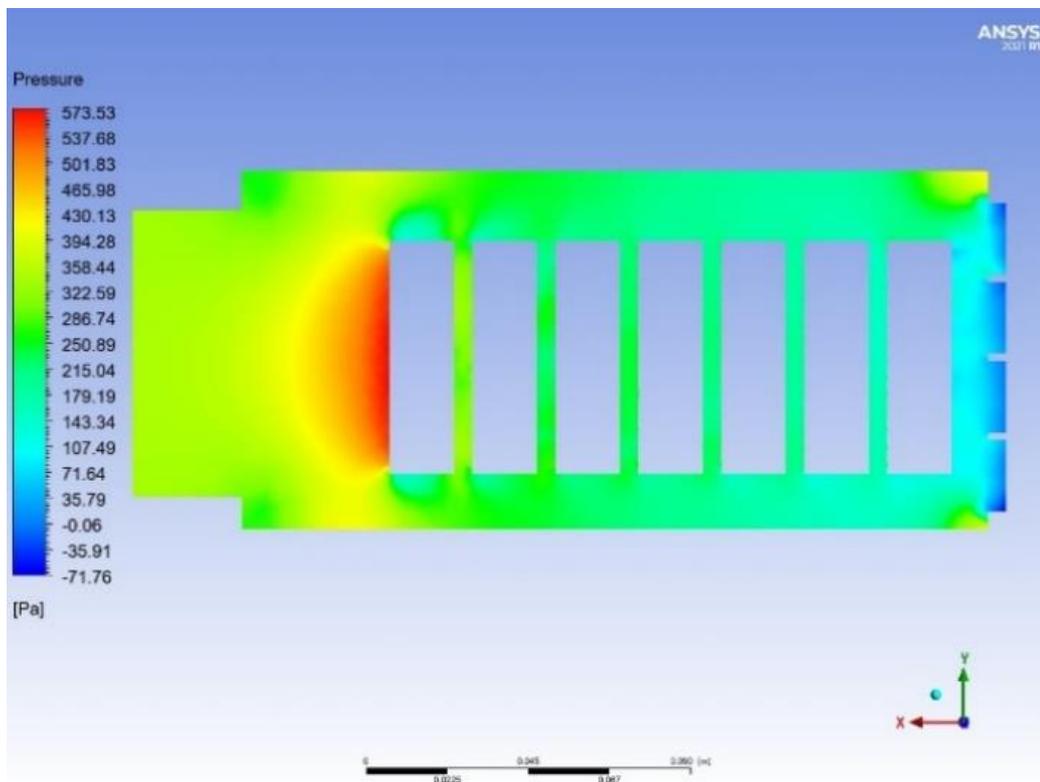
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.31 Phân bố vận tốc dòng khí trong một module theo mặt cắt dọc

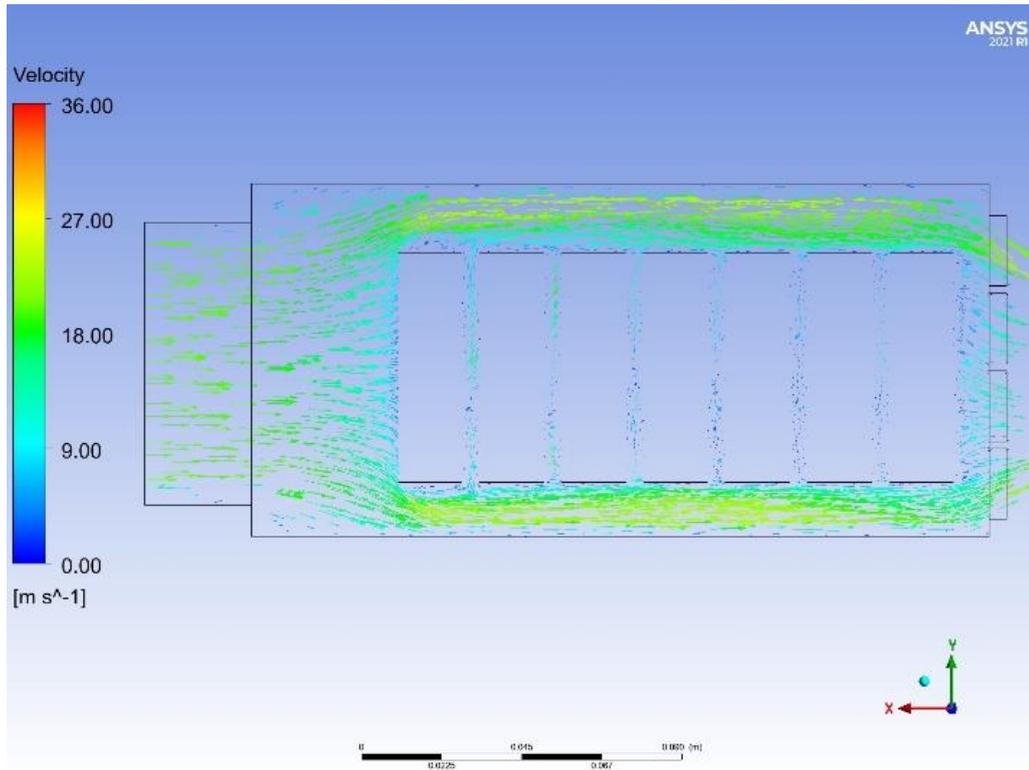


Hình 4.32 Phân bố áp suất trong một module theo mặt cắt dọc

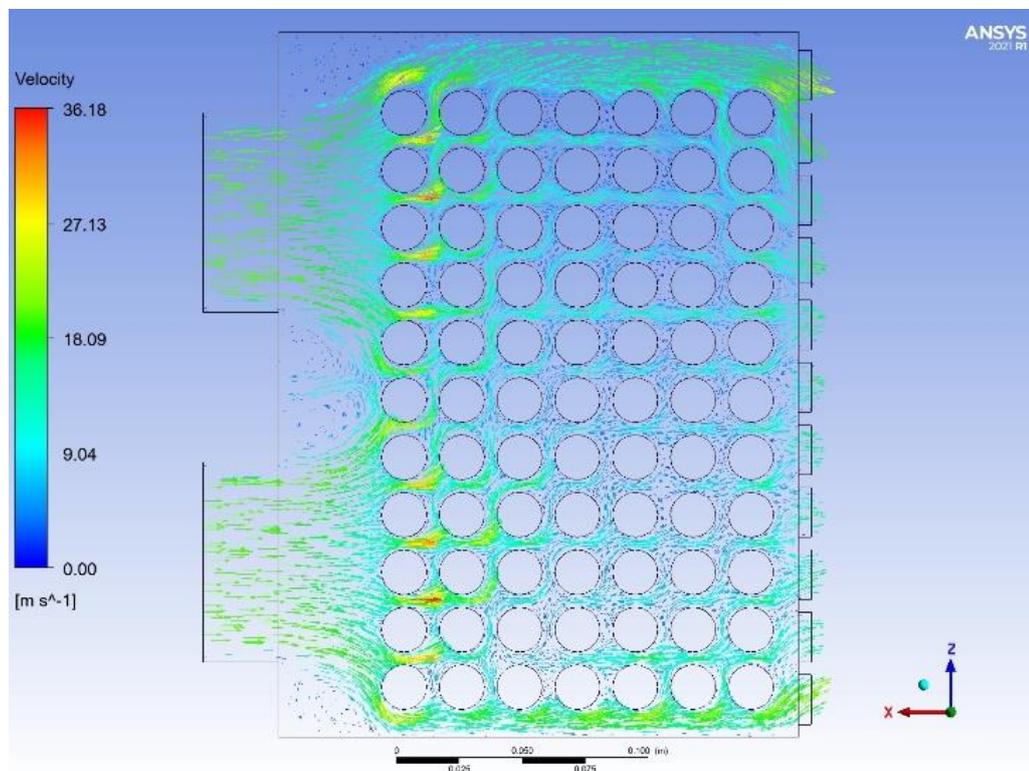
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 4.33 Phân bố trường vận tốc trong một module theo mặt cắt dọc



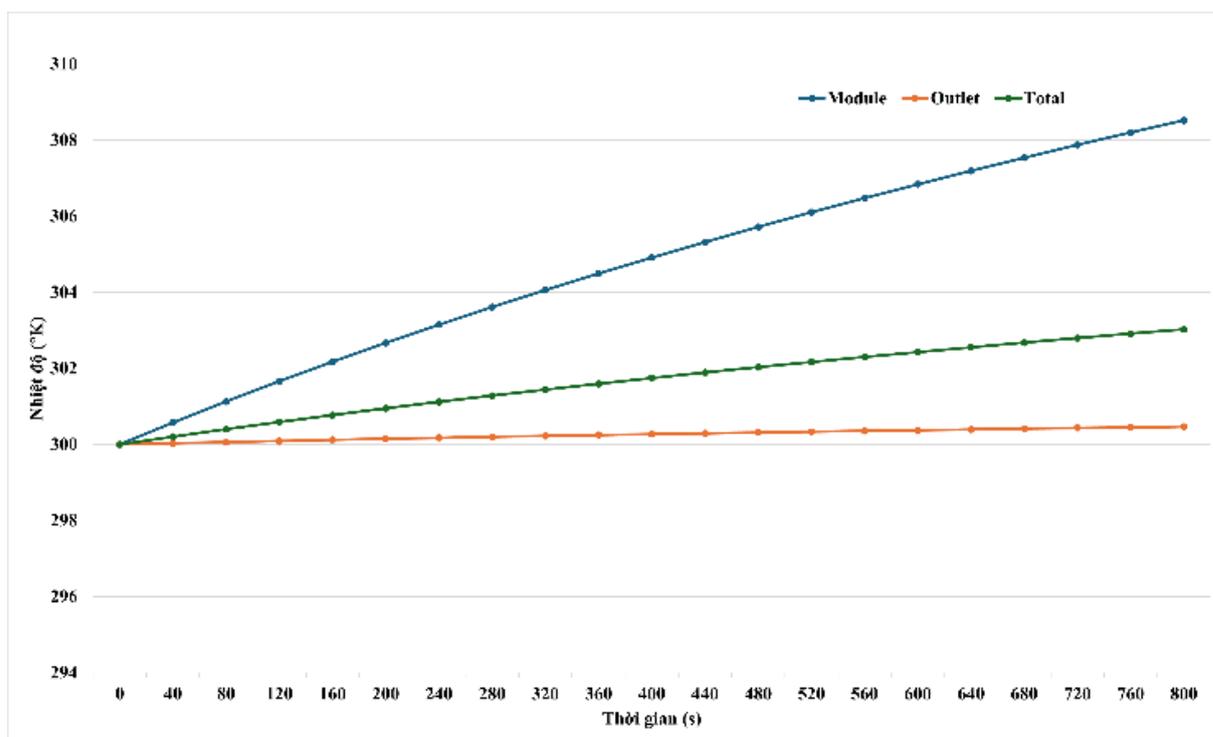
Hình 4.34 Phân bố trường vận tốc trong một module theo mặt cắt ngang

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Hình 4.24, 4.27, và 4.30 mô tả sự phân bố nhiệt độ của từng tế bào pin trong module. Có thể dễ dàng thấy ở những tế bào pin phía sau có nhiệt độ cao hơn do nhận ít tác động của dòng khí. Nhiệt độ cao nhất chỉ đạt mức $\sim 307^{\circ}\text{K}$, cho thấy hiệu quả làm mát ổn định của hệ thống. Mặc dù nguồn nhiệt tế bào pin tỏa ra ban đầu lên đến 313°K , nhưng chỉ sau một thời gian ngắn làm mát, nhiệt độ được giữ ổn định quanh giá trị 307°K . Kết hợp với kết quả trên Hình 4.28, 4.29, 4.31, 4.32, 4.33, và 4.34 có thể thấy được phân bố áp suất và vận tốc của dòng khí tác động lên từng tế bào pin. Vận tốc cao nhất của dòng khí trong module đạt $\sim 36\text{ m/s}$ vượt 16 m/s so với điều kiện thiết lập ban đầu. Vận tốc này đạt được tại vị trí khe hở của các tế bào pin do tiết diện dòng chảy bị thu hẹp. Qua các kết quả từ mặt cắt của trường vận tốc ta có thể thấy những khoảng xoáy lốc được tạo ra tại các góc của module đặc biệt là khoảng giữa hai quạt.

4.3.5.2 Mô phỏng một pack pin

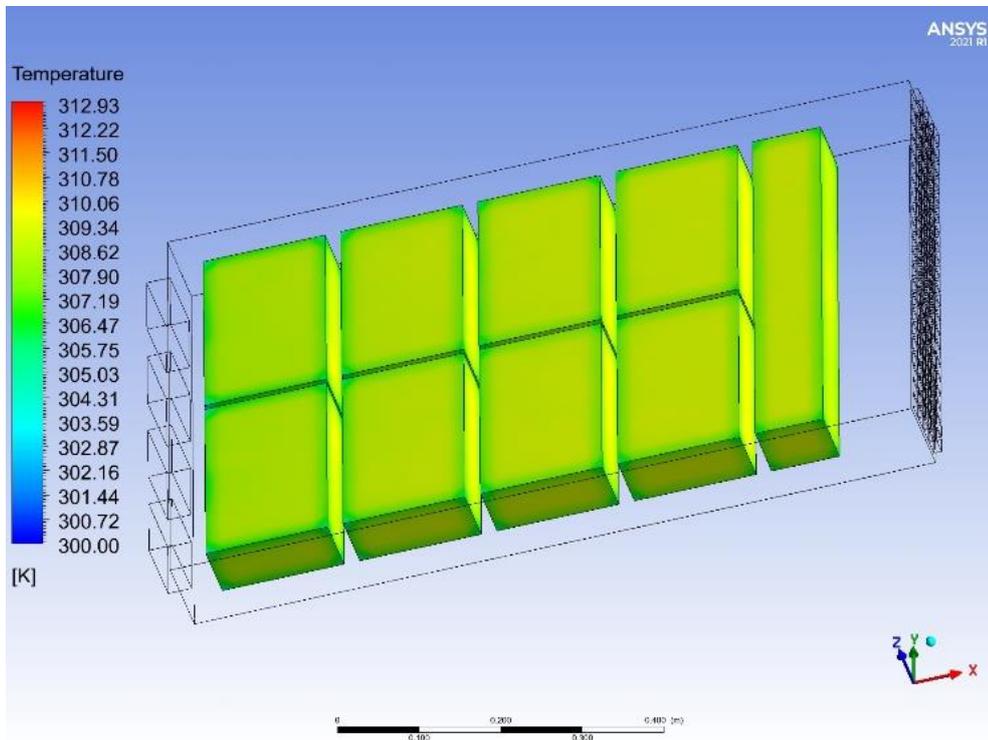


Hình 4.35 Biểu đồ nhiệt độ các thành phần trong một pack pin theo 800s mô phỏng

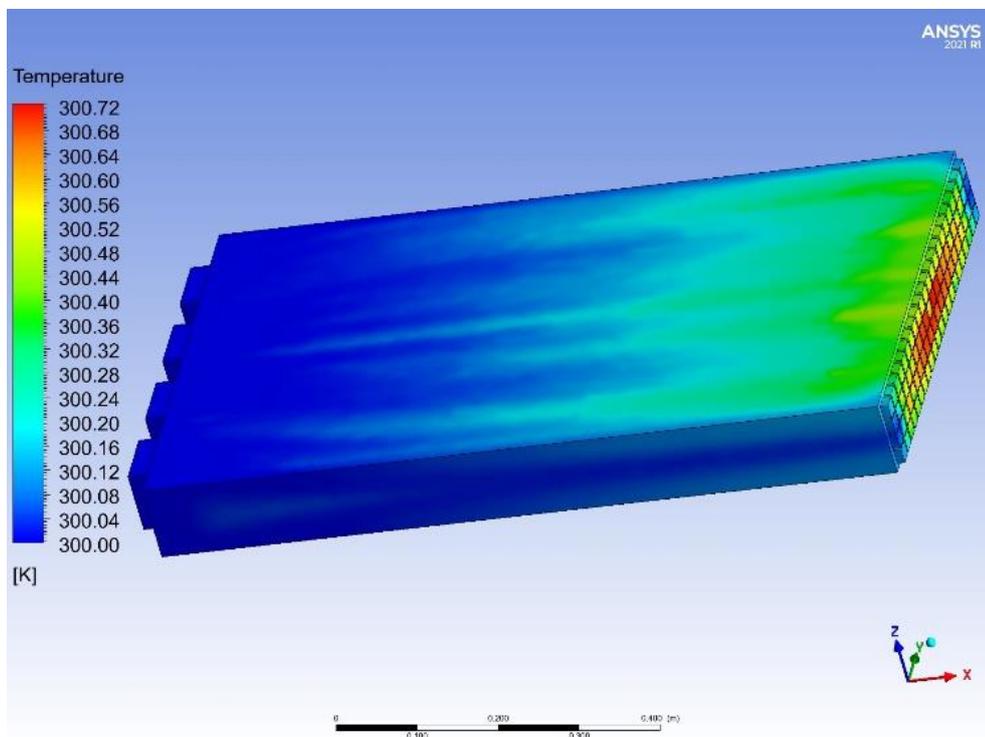
So với hình 4.23, nhiệt độ của từng module tăng đều hơn theo gian mô phỏng và đạt mức cao nhất $\sim 308,5^{\circ}\text{K}$ tại giây thứ 800 trong mô phỏng. Bên cạnh đó, đối với hình 4.35 nhiệt độ outlet cũng tăng không đáng kể cho thấy tính hiệu quả của phương án thoát nhiệt. Dù nhiệt độ có tăng chênh lệch so với mô phỏng trong một module nhưng nhiệt độ thoát ra vẫn ở mức tương đương, không có sự khác biệt lớn giữa hai lần mô phỏng. Về phần nhiệt độ tổng thể, ta dễ dàng thấy được tại mô phỏng trong pack pin có sự thay đổi $\sim 2^{\circ}\text{C}$ so với lần mô phỏng trong một module. Tuy nhiên vấn đề này không đáng quan ngại, số

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

lượng module trong một pack pin là 9 module và tổng cộng có đến 693 tế bào pin. Vì vậy nhiệt độ tổng thể tăng là chuyện không thể tránh khỏi. Với nhiệt độ tổng thể như vậy, có thể thấy tính hiệu quả trong phương án thiết kế làm mát.



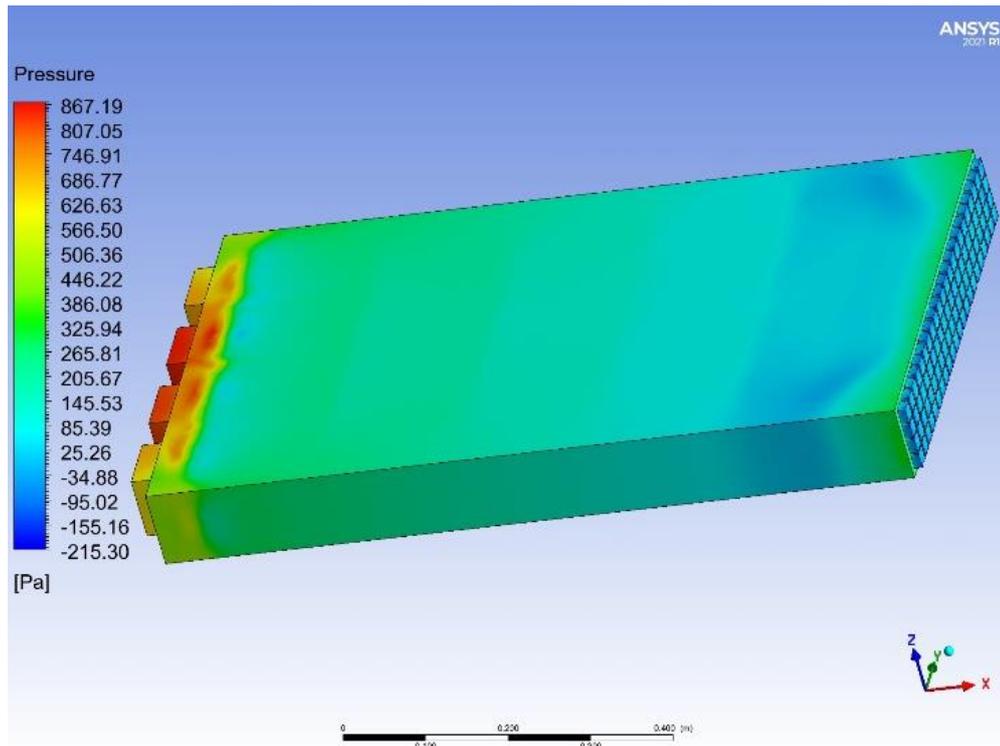
Hình 4.36 Phân bố nhiệt độ trên từng module pin



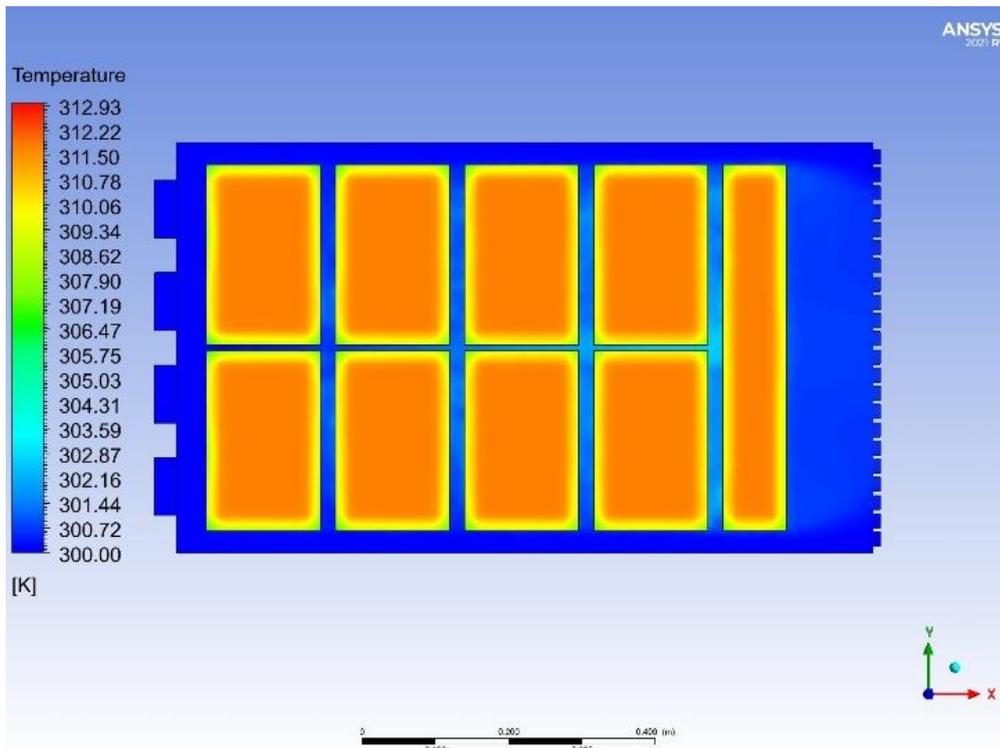
Hình 4.37 Phân bố nhiệt độ tổng thể một pack pin

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

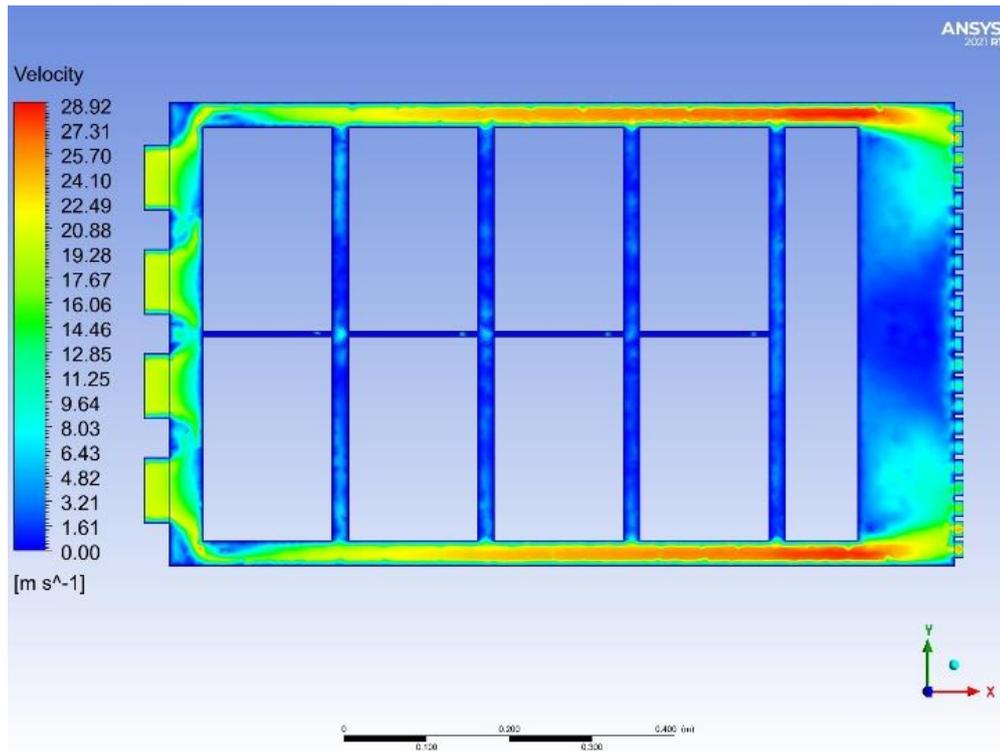


Hình 4.38 Phân bố áp suất tổng thể một pack pin

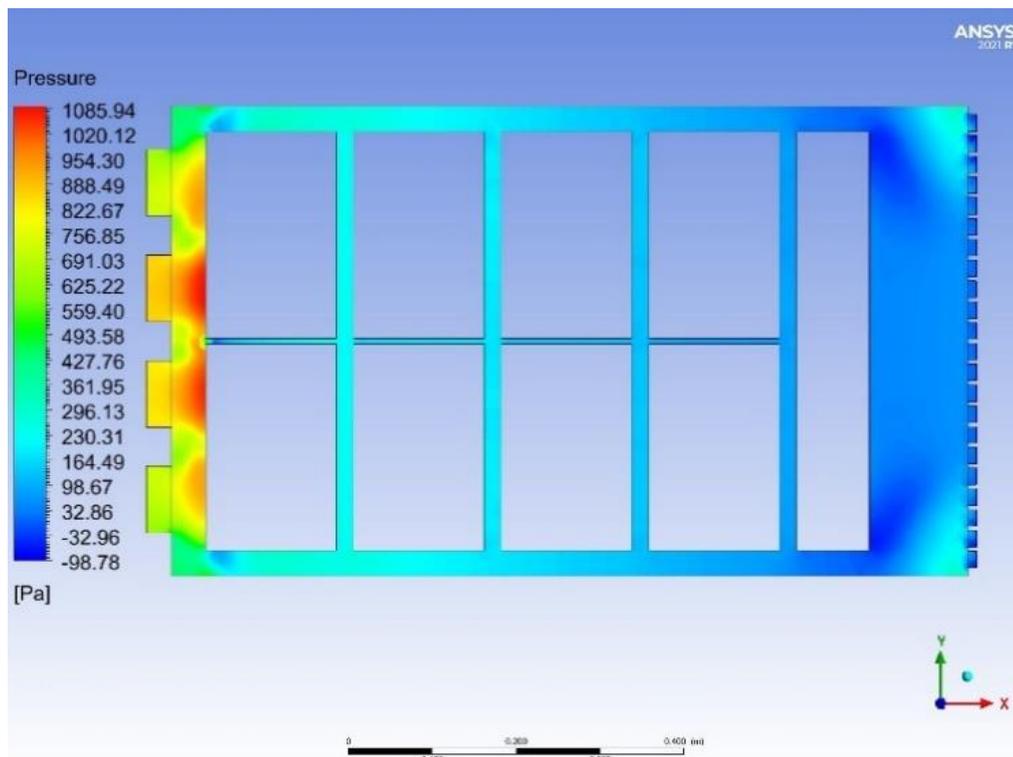


Hình 4.39 Phân bố nhiệt độ trong một pack pin theo mặt cắt ngang

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

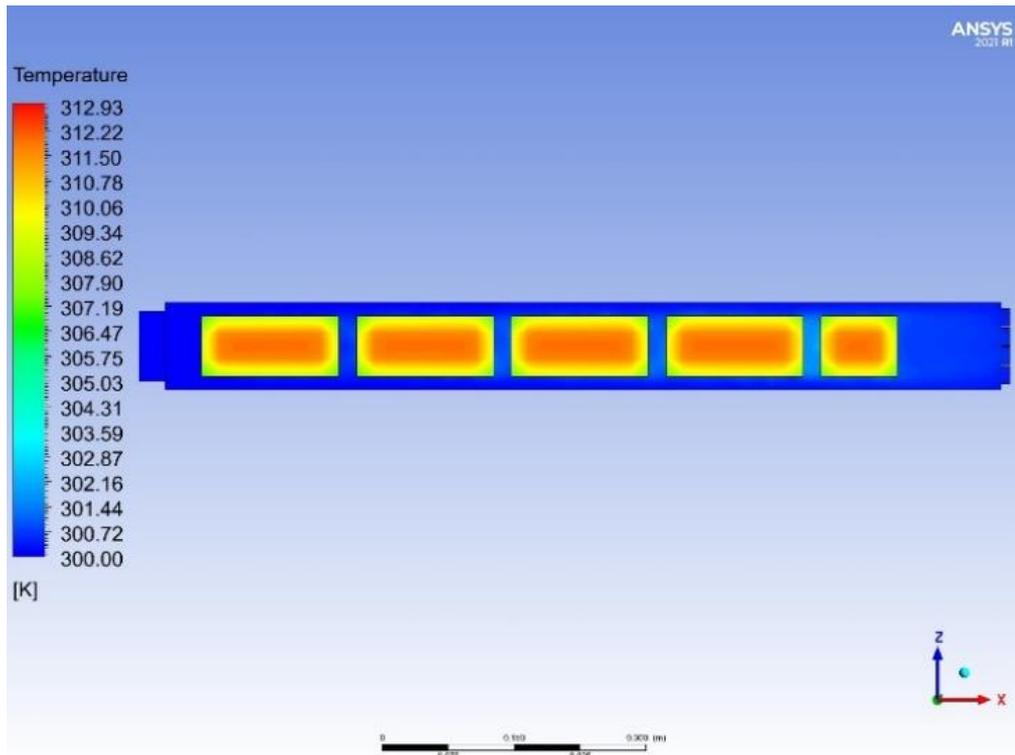


Hình 4.40 Phân bố vận tốc dòng khí trong một pack pin theo mặt cắt ngang

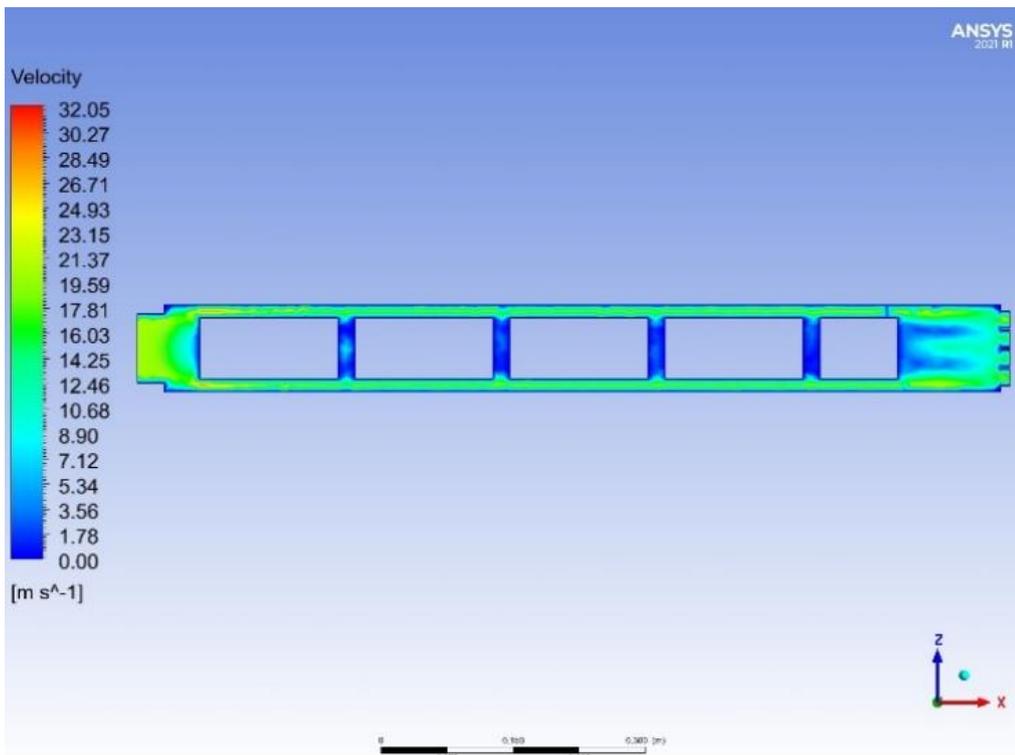


Hình 4.41 Phân bố áp suất trong một pack pin theo mặt cắt ngang

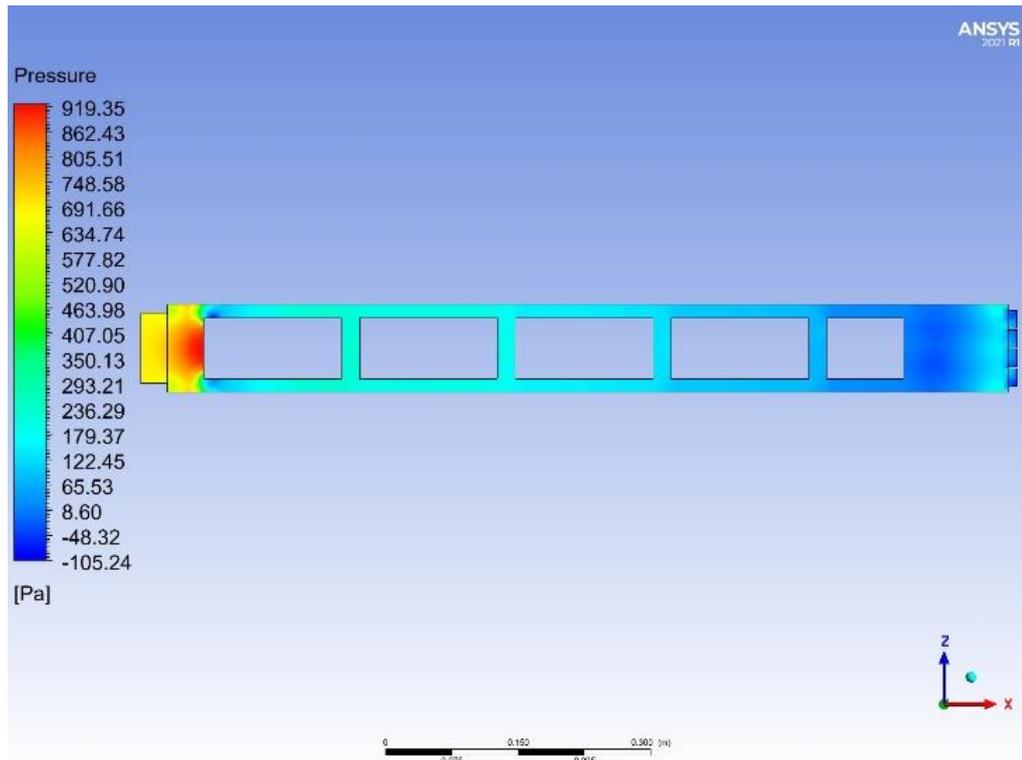
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



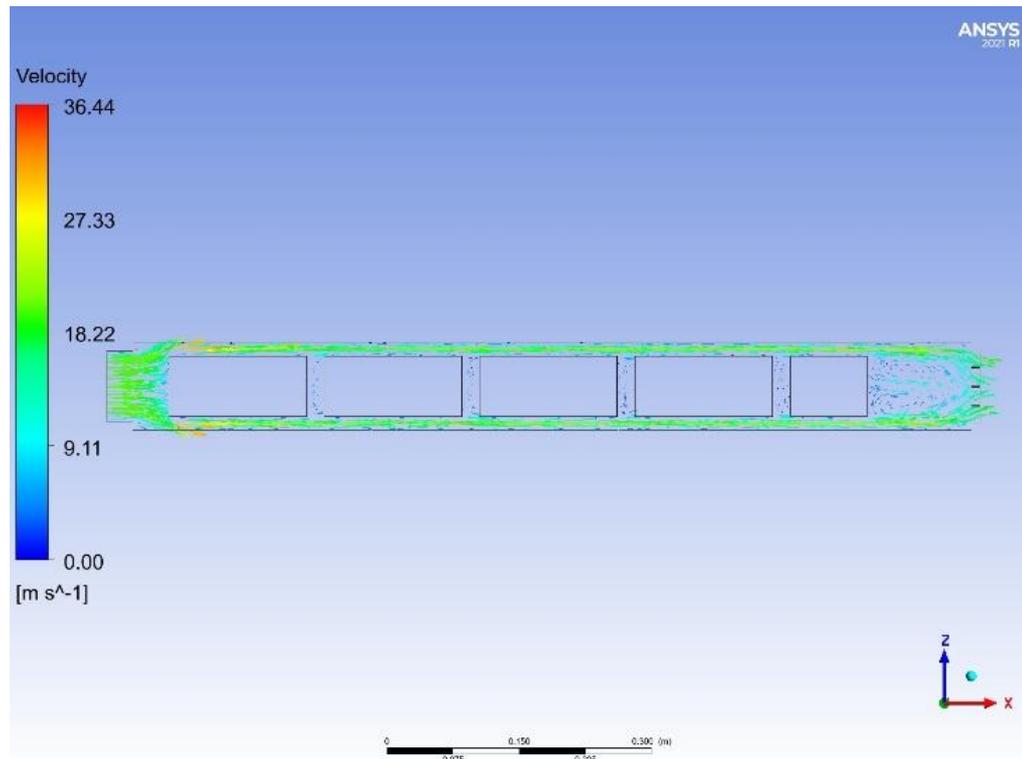
Hình 4.42 Phân bố nhiệt độ trong một pack pin theo mặt cắt dọc



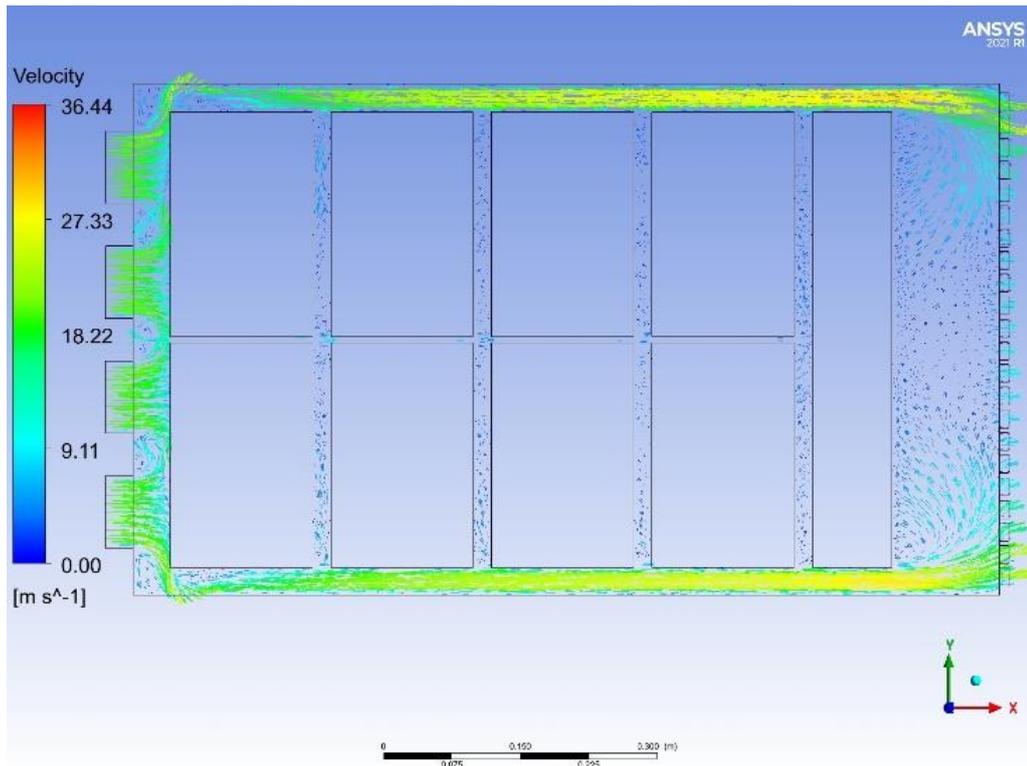
Hình 4.43 Phân bố vận tốc dòng khí trong một pack pin theo mặt cắt dọc



Hình 4.44 Phân bố áp suất trong một pack pin theo mặt cắt dọc



Hình 4.45 Phân bố trường vận tốc trong một pack pin theo mặt cắt dọc dưới dạng vector



Hình 4.46 Phân bố trường vận tốc trong một pack pin theo mặt cắt ngang

Với kết quả mô phỏng trong một pack pin, nhiệt độ bên ngoài của module khí được làm mát chỉ đạt mức $\sim 309^{\circ}\text{K}$ (hình 4.36). Tuy nhiên ở hình 4.39 và 4.40, nhiệt độ bên trong mỗi module có thể lên đến $\sim 310^{\circ}\text{K}$. Điều này cho thấy sự khác biệt khi mô phỏng trong một module và một pack pin, nhiệt độ của tế bào pin trong một module lúc mô phỏng chỉ đạt mức $\sim 306^{\circ}\text{K}$. Với nhiệt độ của từng module chỉ $\sim 37^{\circ}\text{C}$, như vậy vẫn trong dãy nhiệt độ hoạt động tối ưu của pin. Nếu so với thiết lập ban đầu về nhiệt độ của module trong mô phỏng pack thì đã giảm được $\sim 3^{\circ}$ trong thời gian mô phỏng 800 s. Điều này cho thấy được hệ thống vẫn hoạt động hiệu quả nếu tế bào pin đạt đến nhiệt độ tiệm cận mát an toàn lúc sạc. Đảm bảo hiệu suất của pin được duy trì ở mức tốt nhất. Giúp giảm thiểu sự hình thành các lớp điện cực không mong muốn, hạn chế quá trình thoái hóa và đảm bảo dung lượng pin không bị giảm sút nhanh chóng. Về phần vận tốc và áp suất của dòng khí, vẫn tồn tại sự phân bố không đồng đều về vận tốc và áp suất, làm ảnh hưởng đến hiệu quả làm mát của hệ thống. Cụ thể, dòng khí có xu hướng tập trung ở vùng rìa và lối vào, nơi vận tốc cao hơn do áp suất dồn nén và sự thay đổi hình dạng dòng chảy khí đi vào hệ thống. Ngược lại, khu vực giữa các module pin có vận tốc thấp hơn, có thể do lực cản không khí tăng lên khi dòng khí di chuyển qua các khe hẹp giữa các tế bào pin. Điều này dẫn đến hiệu suất làm mát không đồng nhất. Sự chênh lệch áp suất rõ rệt giữa đầu vào và đầu ra có thể gây ra dòng chảy rối hoặc thậm chí tạo ra các vùng xoáy khí, làm giảm khả năng tiếp xúc đồng đều của dòng khí với bề mặt pin.

Chương 5: THIẾT KẾ, BỐ TRÍ VÀ KIỂM NGHIỆM HỆ ĐỘNG LỰC HEV TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200

5.1 Mô phỏng bền

5.1.1 Cơ sở lý thuyết

- Dự án mô phỏng độ bền của khung xe Frontier K200 dựa trên cơ sở lý thuyết về phân tích kết cấu và cơ học vật liệu. Khung xe được thiết kế theo dạng khung thang (ladder frame), sử dụng thép cường độ cao để chịu tải trọng lớn và các ứng suất tác động trong điều kiện vận hành thực tế. Quá trình mô phỏng dựa trên các phương pháp phân tích phần tử hữu hạn (Finite Element Analysis - FEA), một kỹ thuật phổ biến trong cơ học tính toán.

Mô hình khung xe được xây dựng với các tham số kỹ thuật chính, bao gồm kích thước, hình dạng, độ dày của vật liệu, và các điều kiện biên như tải trọng tĩnh (trọng lượng xe và hàng hóa) và tải động (lực từ đường, va chạm, hoặc phanh gấp). Vật liệu thép cường độ cao được đặc trưng bởi các thuộc tính như mô đun đàn hồi, giới hạn chảy, độ bền kéo, và khả năng chịu mỏi.

- Trong lĩnh vực phân tích kết cấu, bài toán tuyến tính tĩnh đóng vai trò then chốt trong việc đánh giá khả năng chịu lực và kiểm định độ bền của các cấu trúc kỹ thuật, đặc biệt là trong các ứng dụng liên quan đến khung xe, cầu đường và các công trình xây dựng hiện đại, do đó việc hiểu rõ cơ sở lý thuyết và áp dụng chính xác phương pháp này là yếu tố then chốt để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong thiết kế. Phương pháp tuyến tính tĩnh được xây dựng dựa trên giả định rằng mối quan hệ giữa ứng suất và biến dạng của vật liệu là tuyến tính, được thể hiện qua định luật Hooke với công thức $\sigma = \varepsilon \cdot E$ [2] trong đó σ là ứng suất biểu thị lực nội tại trên đơn vị diện tích, ε là biến dạng tương đối thể hiện mức độ thay đổi kích thước của vật liệu dưới tác động của lực, còn E là mô đun đàn hồi, một hằng số đặc trưng cho mỗi loại vật liệu, đại diện cho độ cứng và khả năng chịu lực của nó; đồ thị ứng suất – biến dạng trong trường hợp này là một đường thẳng đi qua gốc tọa độ theo phương trình $y=a \cdot x$ với a là hệ số tỷ lệ, hay có thể nói $\alpha = \sigma/E$, từ đó thể hiện mối quan hệ tỷ lệ thuận giữa các đại lượng cơ bản khi vật liệu đang hoạt động trong phạm vi đàn hồi.

Phân tích độ bền khung xe bằng phương pháp FEA với giải pháp tuyến tính dựa trên việc chia nhỏ toàn bộ khung xe thành các phần tử hữu hạn, trong đó mỗi phần tử được mô tả bằng các đặc tính vật liệu và hình học cụ thể. Hệ thống các phương trình được xây

dựng dưới dạng $K=v.F$, trong đó K là ma trận độ cứng phản ánh khả năng chịu lực của khung xe, v là vector biến dạng, và F là vector tải trọng tác động lên cấu trúc. Đồng thời, phương trình động học [2], [3], [4] tổng quát trong mô phỏng độ bền tĩnh được biểu diễn bởi:

$$M.\ddot{v} + C.\dot{v} + K.v = F$$

Trong đó M là ma trận khối, C là ma trận giảm chấn, và K là ma trận độ cứng. Trong phân tích tĩnh, các thành phần liên quan đến gia tốc \ddot{v} và vận tốc \dot{v} được loại bỏ, thu được phương trình cơ bản $K=v.F$. Qua đó, các kết quả mô phỏng FEA cung cấp cái nhìn tổng quát về ứng xử của khung xe dưới tải trọng, giúp đánh giá các vùng có nguy cơ gây ra lỗi kết cấu và từ đó hỗ trợ việc cải tiến thiết kế nhằm nâng cao tính an toàn và hiệu quả sử dụng của xe. Trong cơ học vật liệu, các phương trình ứng suất – biến dạng – chuyển vị là nền tảng để mô tả và dự đoán ứng xử của vật liệu dưới tác động của tải trọng. Các mối quan hệ cơ bản gồm:

Quan hệ giữa chuyển vị và biến dạng:

Thành phần biến dạng ε_{ij} được xác định từ chuyển vị u theo công thức:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_j} + \frac{\partial v_j}{\partial x_i} \right)$$

Trong đó, v_i là thành phần chuyển vị theo hướng x_i .

Định luật ứng suất – biến dạng (đối với vật liệu đàn hồi tuyến tính):

Đối với vật liệu đồng nhất, định luật Hooke mô tả mối liên hệ giữa ứng suất σ_{ij} và biến dạng ε_{ij}

$$\sigma_{ij} = \lambda \delta_{ij} \cdot \varepsilon_{kk} + 2\mu \varepsilon_{ij}$$

Ở đây, λ và μ là các hằng số Lamé, δ_{ij} là delta Kronecker, và ε_{kk} là dấu vết của tensor biến dạng (tổng các thành phần trên đường chéo).

Phương trình cân bằng lực (trạng thái tĩnh):

Điều kiện cân bằng nội lực của hệ thống được thể hiện qua:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}}{\partial x_j} + f_i = 0$$

với f_i là thành phần của lực riêng tác dụng lên vật liệu. Các phương trình này kết hợp lại tạo thành cơ sở lý thuyết cho việc phân tích ứng xử của cấu trúc trong các bài toán FEA, từ đó đánh giá được biến dạng và ứng suất trong vật liệu dưới các tải trọng khác nhau.

5.1.2 Giới thiệu phần mềm mô phỏng

- Autodesk Inventor là phần mềm thiết kế 3D CAD mạnh mẽ, chuyên dùng trong ngành cơ khí và thiết kế sản phẩm. Nó cho phép tạo mô hình 3D chi tiết, mô phỏng động lực học, phân tích ứng suất, và tối ưu hóa thiết kế. Inventor hỗ trợ thiết kế lắp ráp, kiểm tra xung đột, và xuất bản vẽ kỹ thuật 2D từ mô hình 3D. Phần mềm tích hợp tốt với các công cụ khác của Autodesk như AutoCAD, Revit, và Fusion 360, giúp tăng hiệu suất làm việc nhóm. Giao diện thân thiện, tính năng mạnh mẽ, nhưng yêu cầu cấu hình máy cao và chi phí bản quyền tương đối lớn. Inventor phù hợp với kỹ sư cơ khí, nhà thiết kế sản phẩm, và các công ty sản xuất muốn tối ưu hóa quy trình thiết kế và kiểm tra sản phẩm.



Hình 5.1 Phần mềm Autodesk Inventor

5.1.3 Mô phỏng bền khung xe KIA Frontier K200 nguyên bản

5.1.3.1 Giới thiệu khung xe Kia Frontier K200

- Khung xe Frontier K200 được thiết kế theo kiểu khung thang (ladder frame), sử dụng thép cường độ cao để đảm bảo độ bền và khả năng chịu tải tốt trong các điều kiện vận hành khắc nghiệt. Cấu trúc khung được tối ưu hóa để phân bổ tải trọng đều, giảm thiểu biến dạng khi chở hàng nặng, đồng thời đảm bảo độ ổn định cao nhờ trọng tâm thấp và thiết kế chống xoắn. Hệ thống treo phía trước độc lập với giảm chấn thủy lực, còn phía sau là hệ thống lá nhíp bên bi, phù hợp để chở tải trọng lớn. Khung xe tương thích với động cơ diesel và hệ thống dẫn động cầu sau (RWD), mang lại lực kéo mạnh mẽ và khả năng vận hành ổn định trên nhiều địa hình. Ngoài ra, các vùng hấp thụ lực trên khung giúp tăng cường an toàn trong trường hợp va chạm. Với độ bền, tính linh hoạt và hiệu

suất cao, khung Frontier K200 đáp ứng tốt nhu cầu vận tải nhẹ và trung bình, đồng thời phù hợp để lắp đặt các thiết bị chuyên dụng.

5.1.3.2 Thông số mô phỏng

- Tên vật liệu: Thép không gỉ AISI 317
- Khối lượng riêng (Density): 8 g/cm³.
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 317,157 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 461,946 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

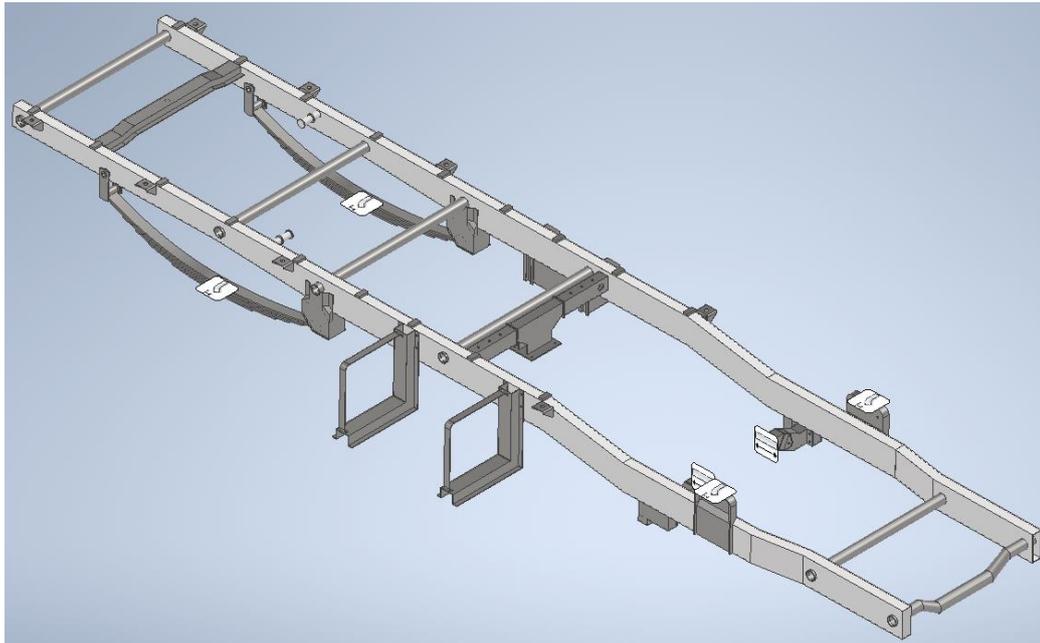
5.1.3.3 Quá trình mô phỏng

a. Thiết lập thông số vật liệu

Property	Value
Basic Thermal	
Thermal Conductivity	5.000E+01 W/(m·K)
Specific Heat	1.000 J/(g·°C)
Thermal Expansion Coefficient	0.100 µm/(m·°C)
Mechanical	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	200.000 GPa
Poisson's Ratio	0.27
Shear Modulus	0.000 MPa
Density	7.850 g/cm ³
Strength	
Yield Strength	245.000 MPa
Tensile Strength	400.000 MPa

Hình 5.2 Đặt vật liệu

b. Đặt gối cố định



Hình 5.3 Đặt gối cố định

- Gối cố định được gắn tại vị trí 4 pat treo nhíp sau, 2 pat phụộc sau và 2 pat phụộc trước.

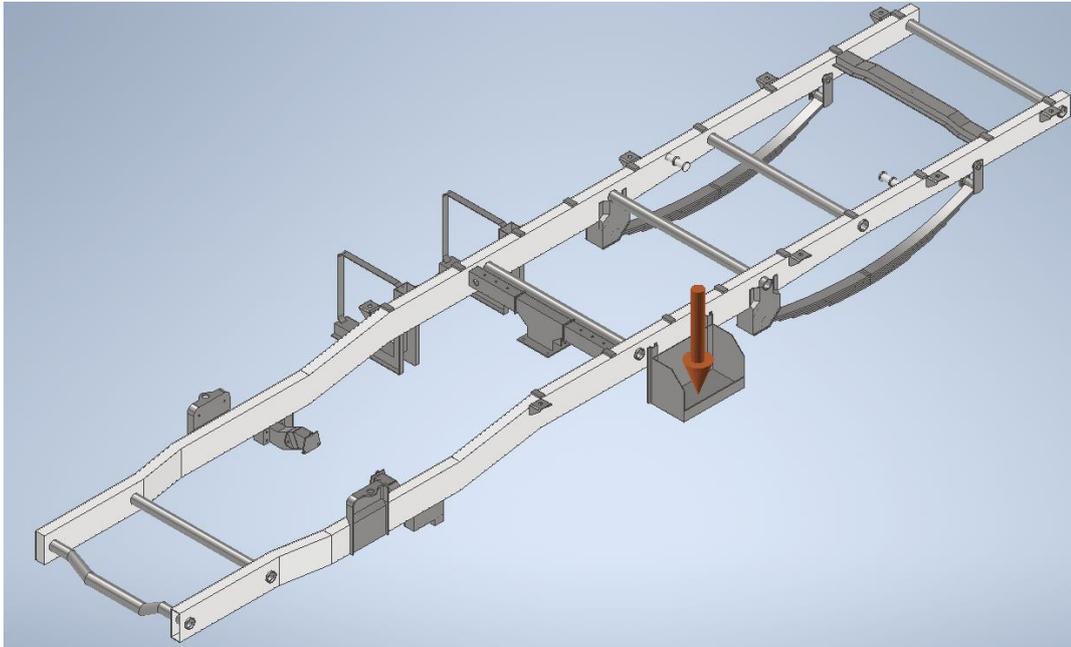
c. Đặt lực

Bảng 5.1 Thông số đặt lực

STT	Chi tiết	Xe cơ sở	Xe HEV
		Đặt lực	Đặt lực
1	Động cơ	2900 N	2900 N
2	Hộp số	60 N	-
3	Thùng dầu	510 N	510 N
4	Ắc quy	270 N	270 N
5	Lốp dự phòng	450 N	450 N
6	Thùng xe đầy tải	23000 N	23000 N
7	Động cơ điện	-	650 N

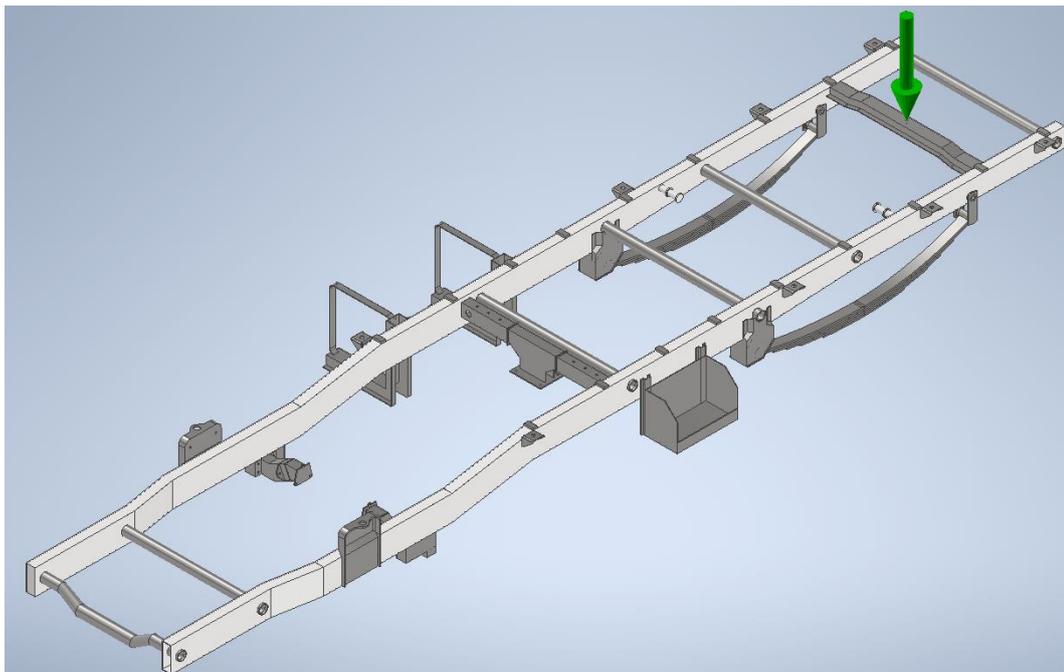
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

8	Máy phát	-	1800 N
9	Pack Pin	-	1250 N



Hình 5.4 Đặt lực cho ác quy

- Khối lượng ác quy 27kg quy đổi thành lực 270N

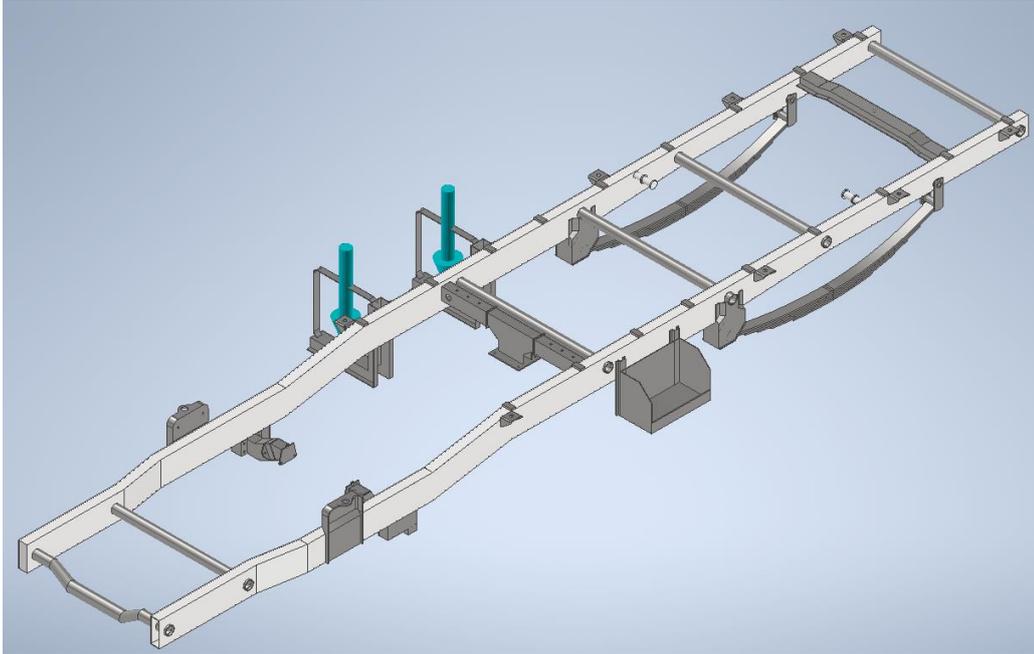


Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

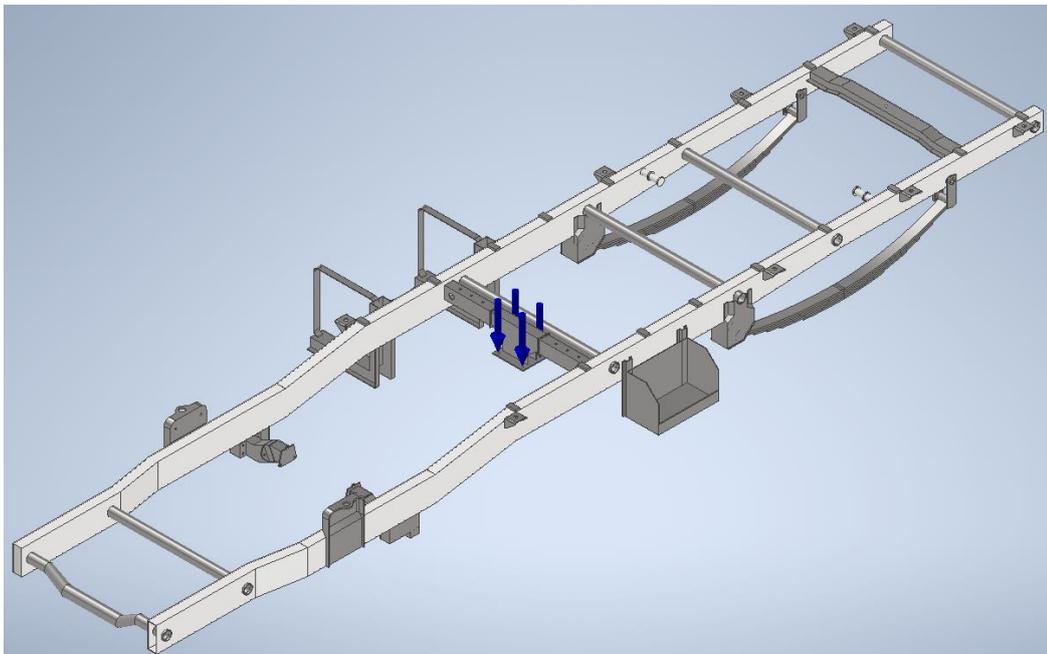
Hình 5.5 Đặt lực cho lớp dự phòng

- Khối lượng lớp dự phòng 45kg quy đổi thành lực 450N



Hình 5.6 Đặt lực cho thùng nhiên liệu

- Thùng nhiên liệu có dung tích 60 lít, tính cả vỏ thùng ta có được tổng khối lượng thùng nhiên liệu là 51 kg. Đặt thành 2 lực tại pat đỡ thùng nhiên liệu.



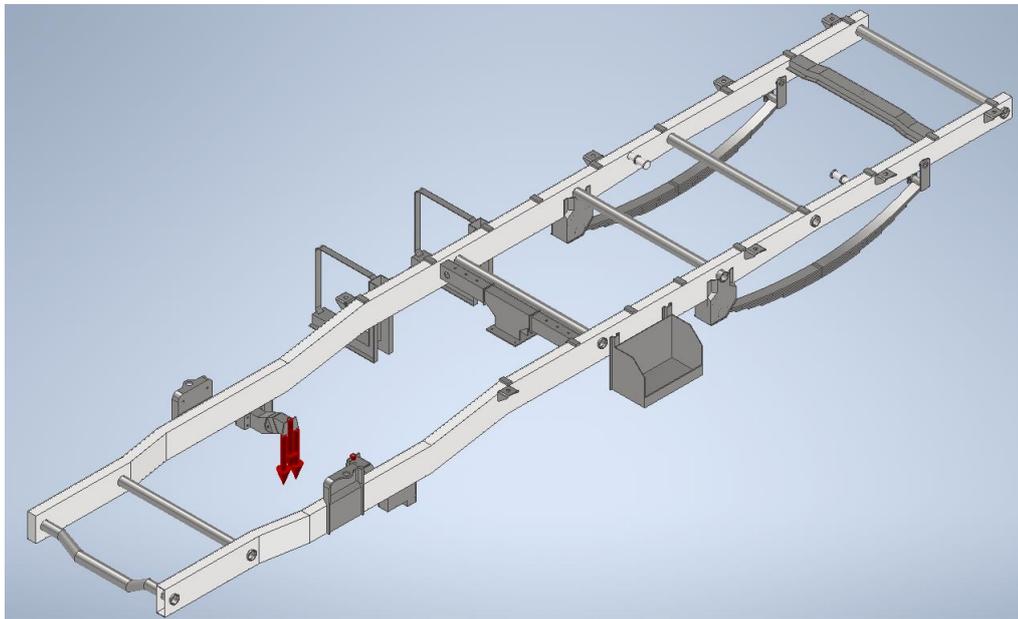
Hình 5.7 Đặt lực cho pat treo hộp số

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

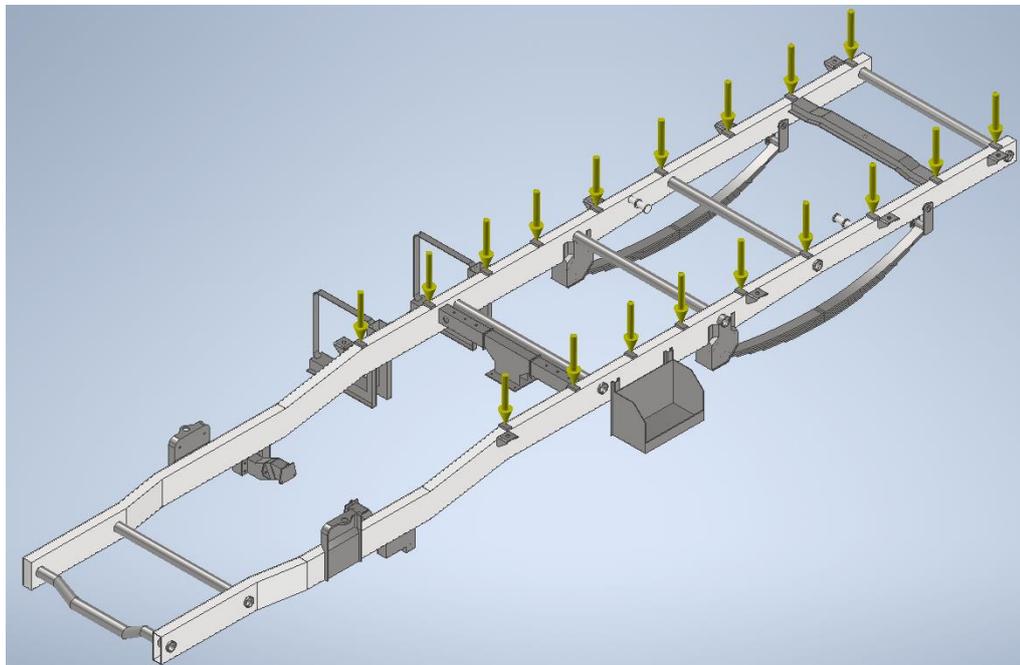
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Hộp số được gá bằng pat treo vì vậy lực đại diện cho hộp số được chia làm 4 phần tại vị trí bu lông gắn mặt bích pat treo và vỏ hộp số.



Hình 5.8 Đặt lực cho pat treo động cơ đốt trong

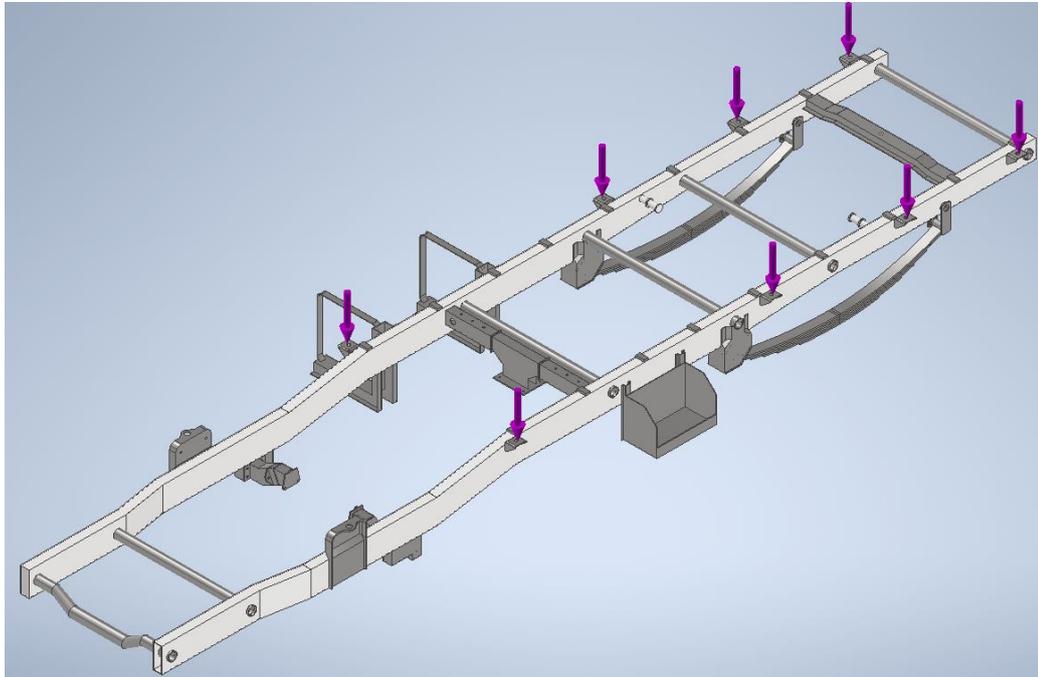
- Động cơ được treo bằng hai pat bắt từ khung, đầu còn lại gắn chặt vào hai bên thân máy. Pat treo và động cơ được cố định bằng bu lông nên trọng lượng động cơ được chia thành 6 lực tương ứng 6 vị trí bắt bu lông.



Hình 5.9 Đặt lực cho khung đỡ thùng

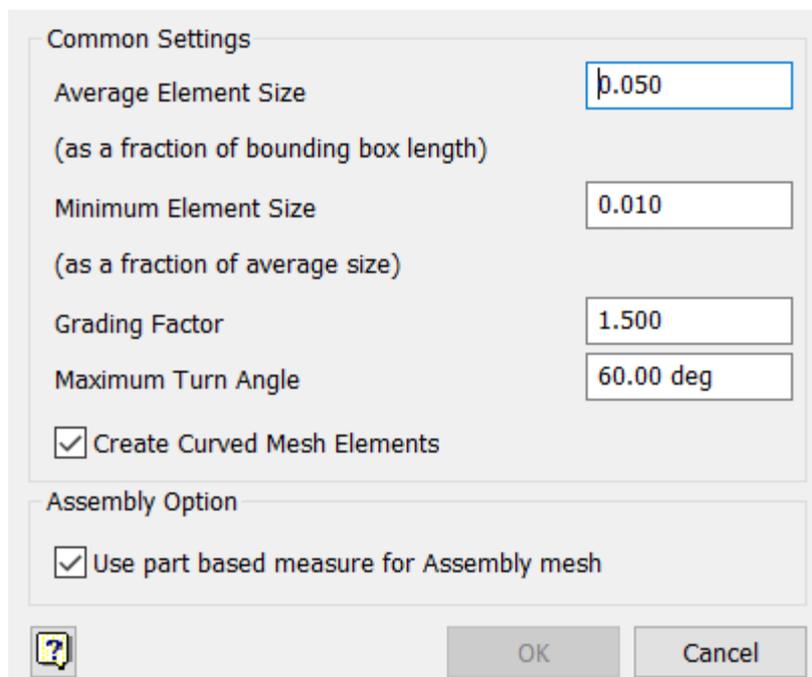
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Thùng xe Frontier K200 được đặt lên chassis qua qua khung đỡ, trong mô phỏng này phần bề mặt khung đỡ thùng tiếp xúc với chassis được thay thế bằng một mảnh kim loại có cùng diện tích và tính chất vật liệu với khung đỡ thùng



Hình 5.10 Đặt lực cho pat đỡ thùng

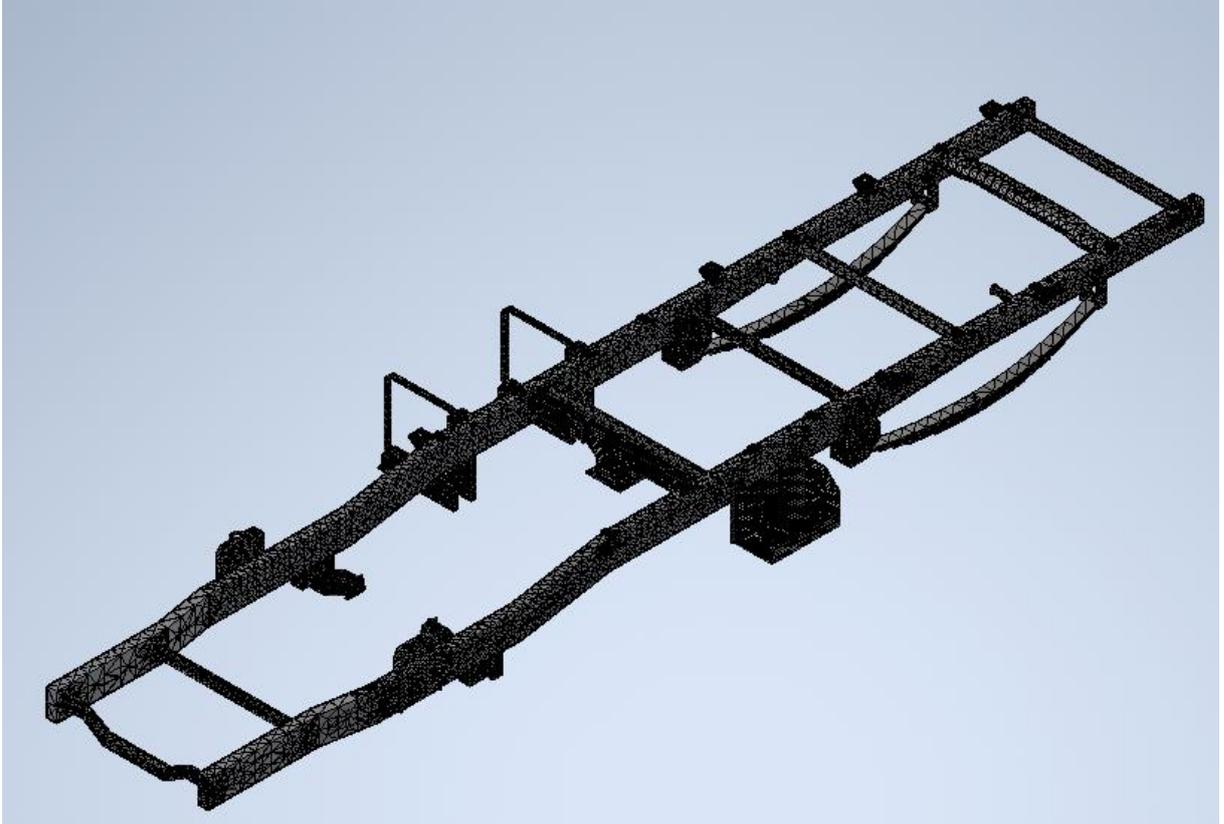
d. Chia lưới



Hình 5.11 Đặt thông số lưới

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

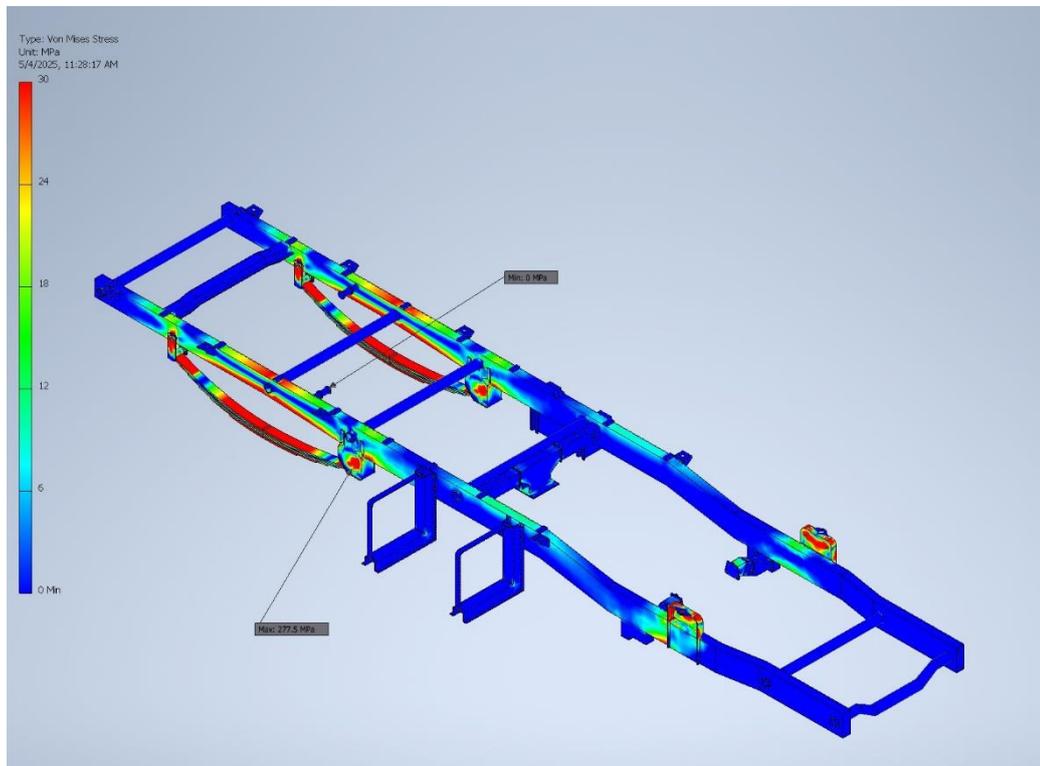
- Kích thước phần tử trung bình: 0.05
- Kích thước phần tử tối thiểu: 0.01
- Hệ số phân cấp: 1.5
- Góc tối đa giữa các cạnh: **60°**



Hình 5.12 Chia lưới khung

5.1.3.4 Kết quả mô phỏng và bình luận

a. Ứng suất Von Mises:

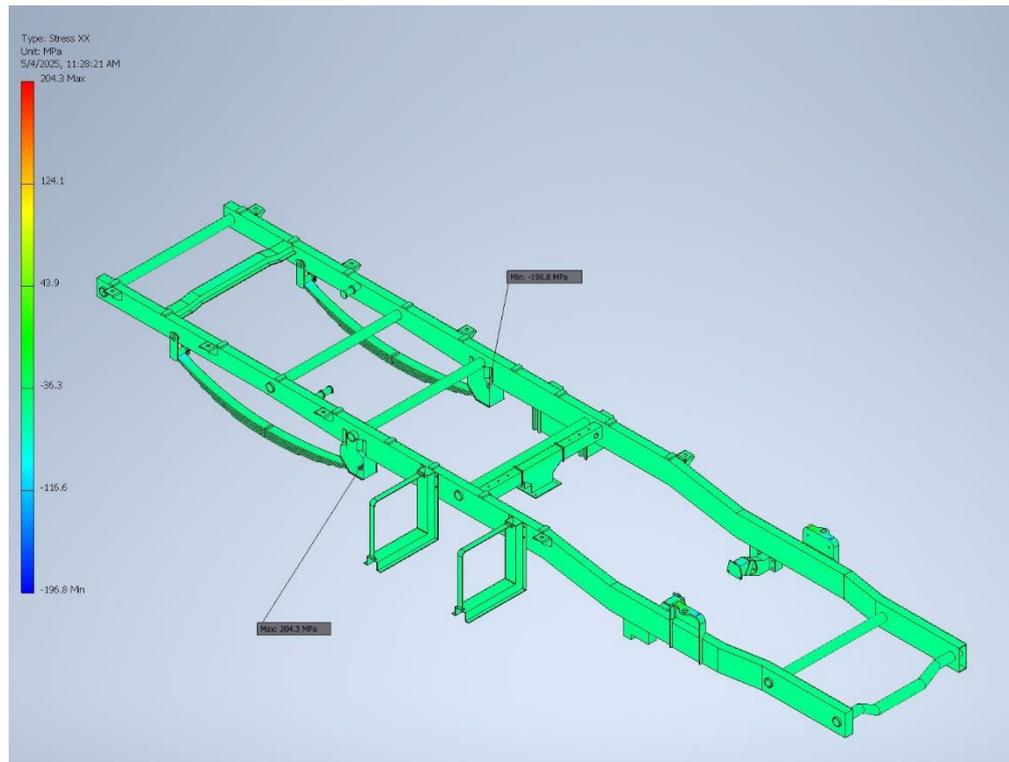


Hình 5.13 Ứng suất Von Mises

- Ứng suất lớn nhất tại pat đỡ động cơ, nguyên nhân đến từ cấu trúc của bộ pat treo động cơ được bắt vào chassis vươn dài ra liên kết với thân máy.
 - Giá trị lớn nhất: 277 Mpa < [461]MPa.
- => Nhỏ hơn giới hạn vật liệu

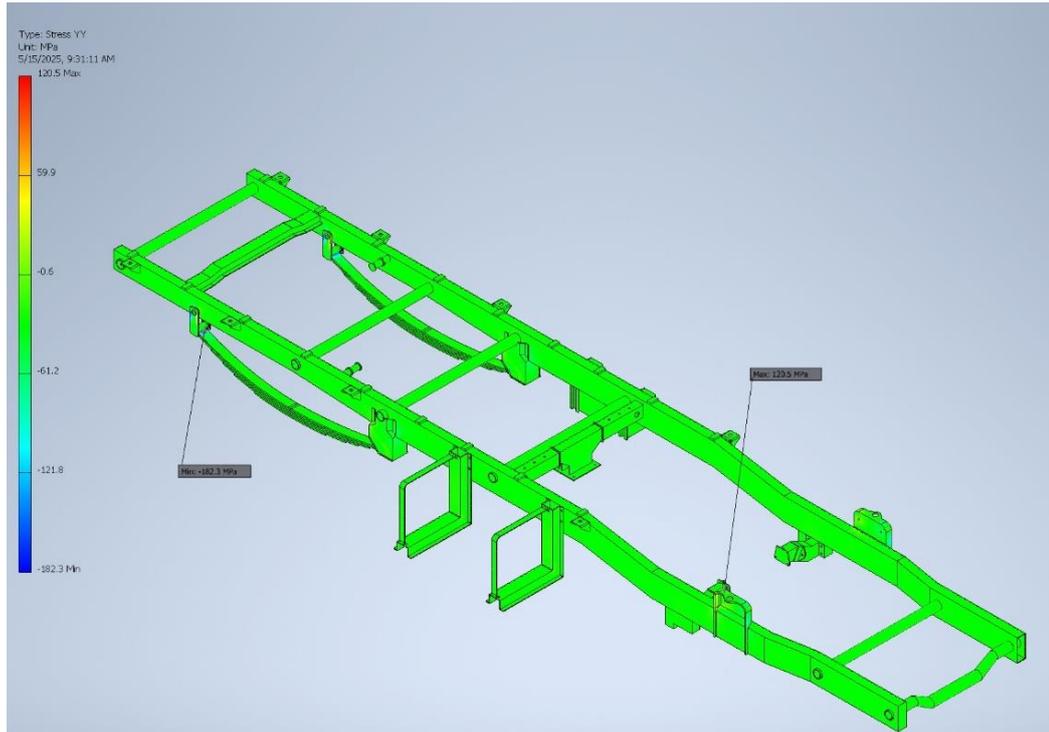
Ứng suất theo trục:

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.14 Ứng suất theo trục XX

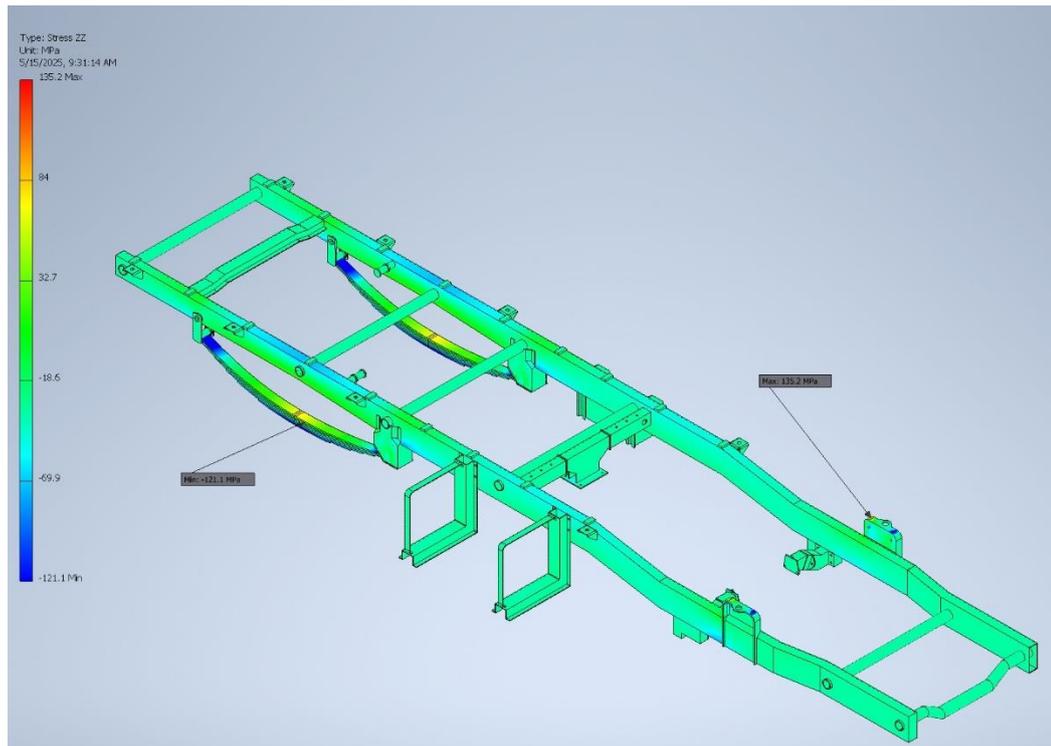
- Ứng suất theo trục XX: 196,8 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat trung gian đỡ động cơ.



Hình 5.15 Ứng suất theo trục YY

- Ứng suất theo trục YY: 142,3 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phụộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phụộc trước.

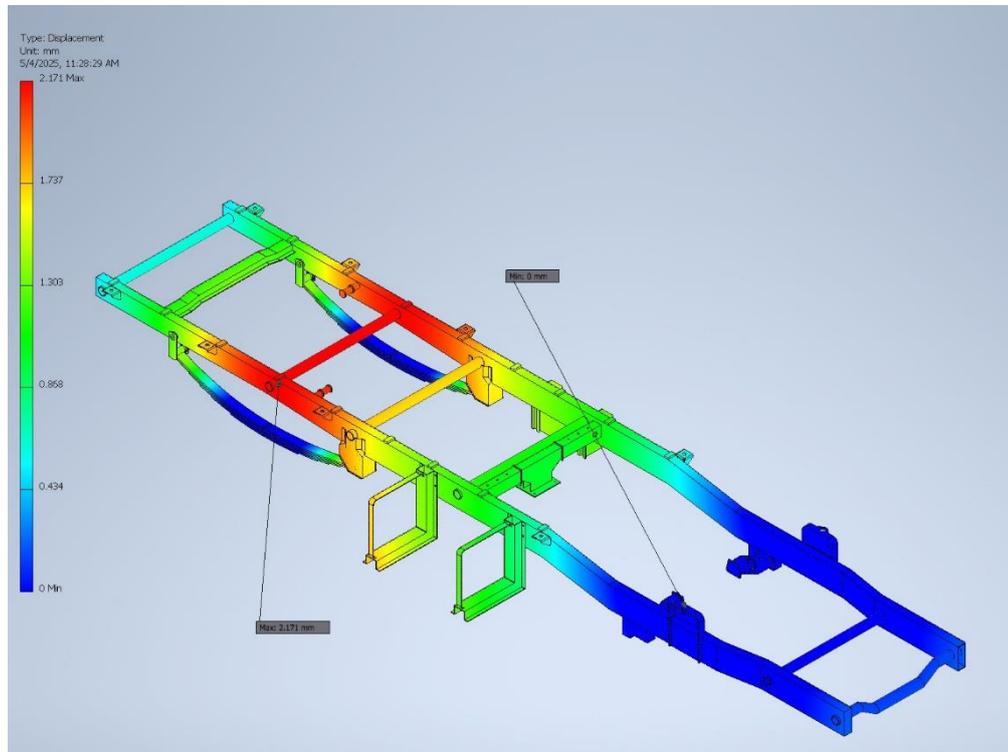
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.16 Ứng suất theo trục ZZ

- Ứng suất theo trục ZZ: 110 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phuộc trước.

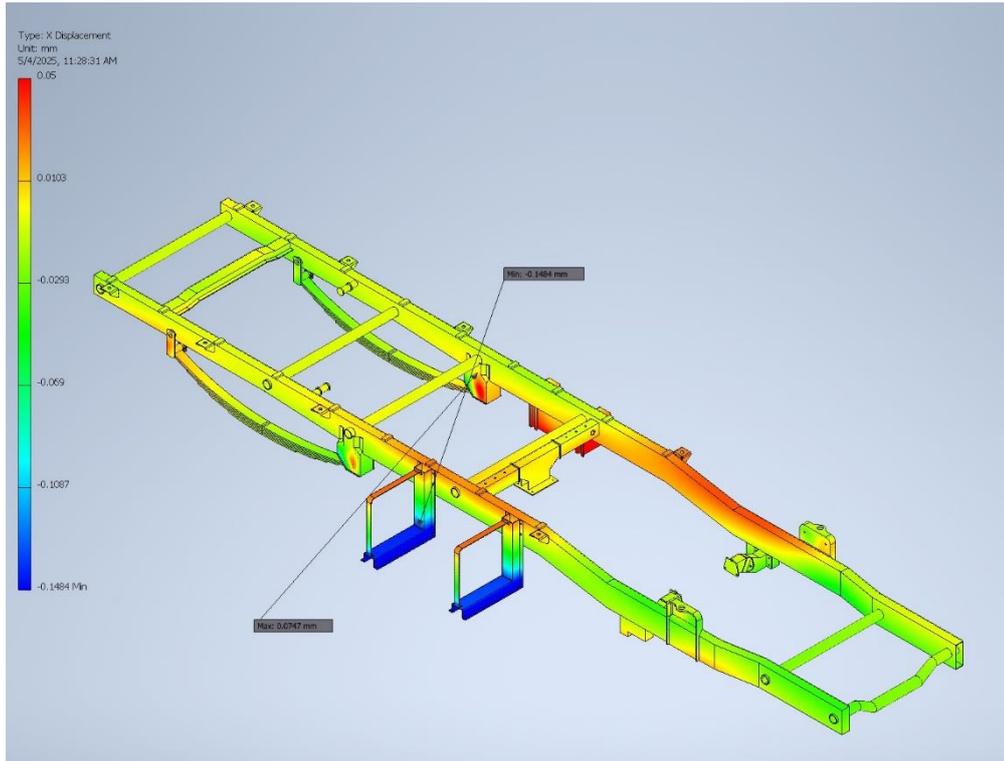
b. Chuyển vị



Hình 5.17 Chuyển vị tương đương

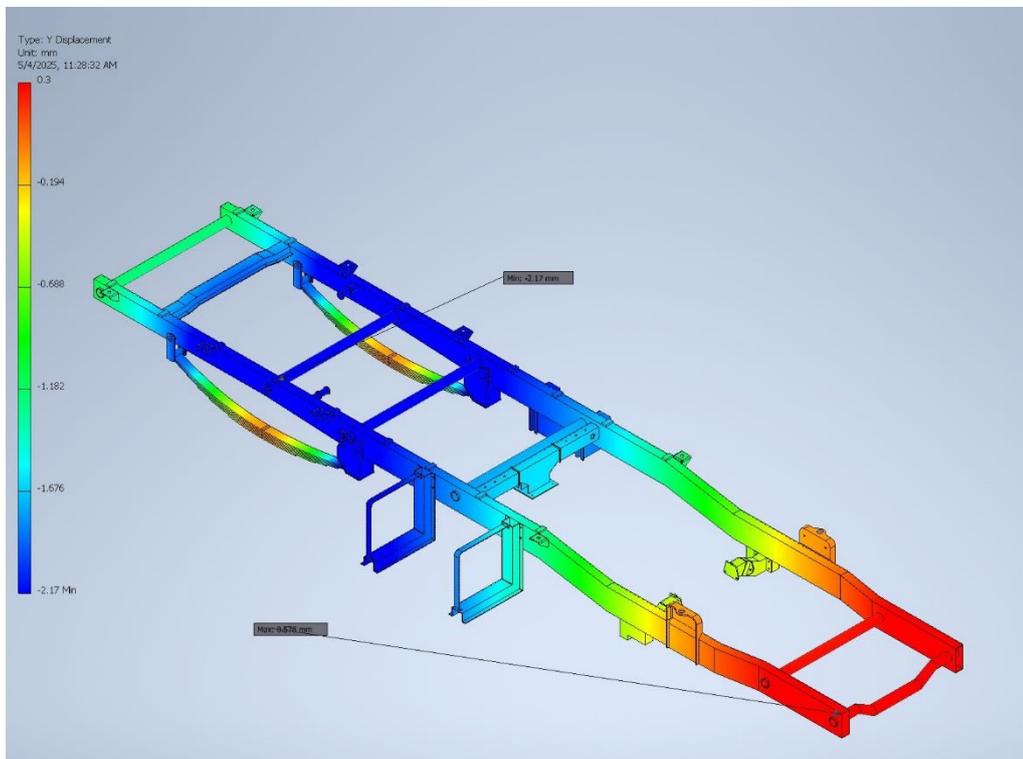
- Giá trị lớn nhất của chuyển vị tại pat đỡ thùng nhiên liệu, tại vị trí này không được bố trí thanh dầm ngang vì tối ưu không gian đặt hộp số. Đồng thời tập trung khối lượng của hộp số và thùng xăng tại vị trí này nên ở đây chuyển vị lớn nhất.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat phuộc sau.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.18 Chuyển vị theo phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang của khung.



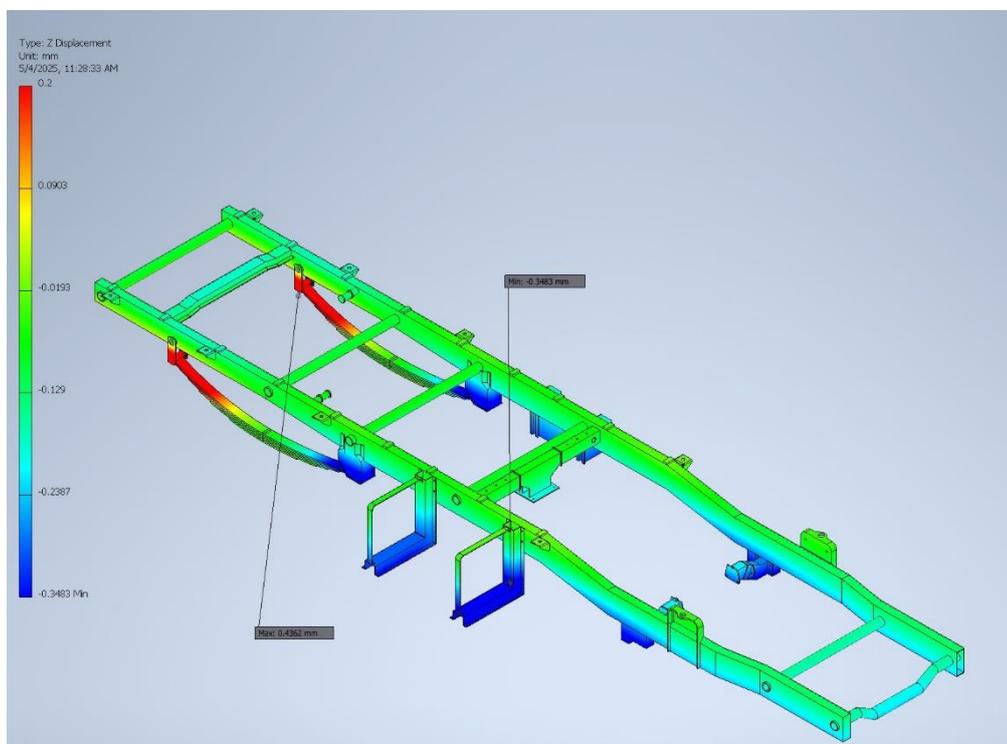
Hình 5.19 Chuyển vị theo phương Y

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

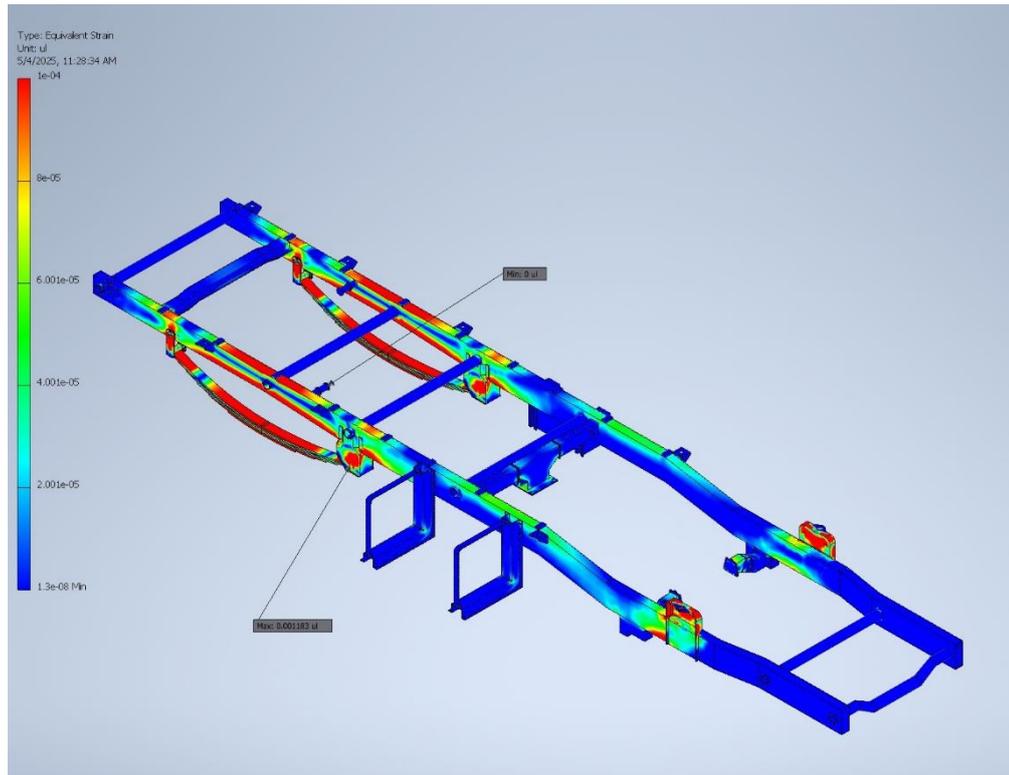
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí đầu chassis.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.



Hình 5.20 Chuyển vị theo phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ ắc quy.

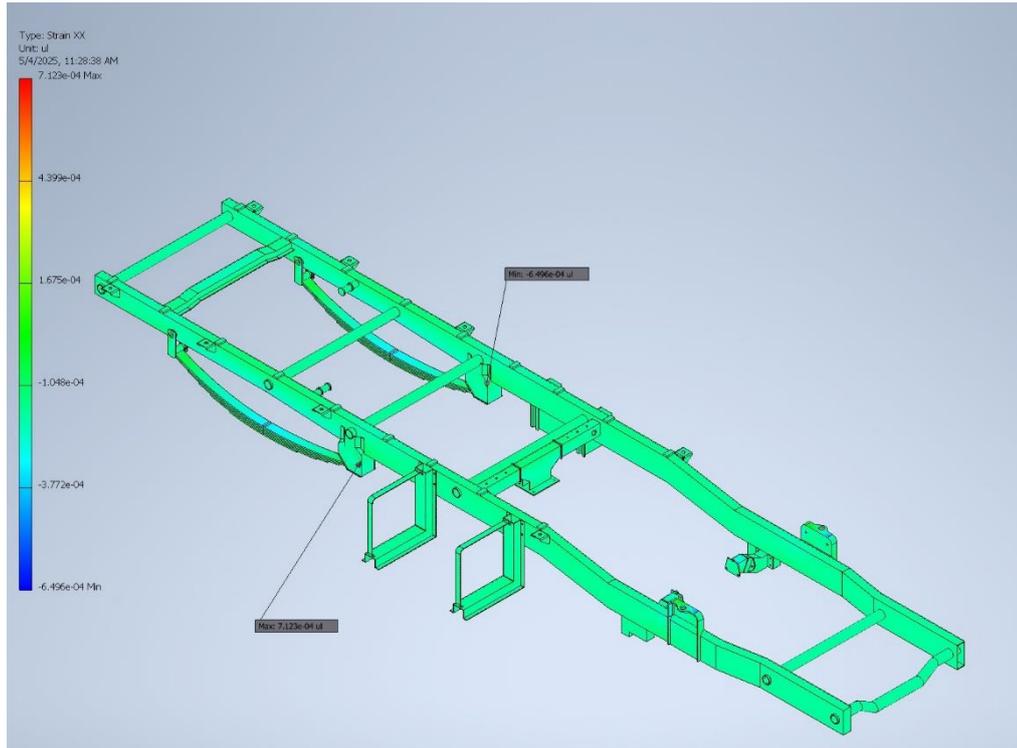
c. Biến dạng



Hình 5.21 Biến dạng tương đương

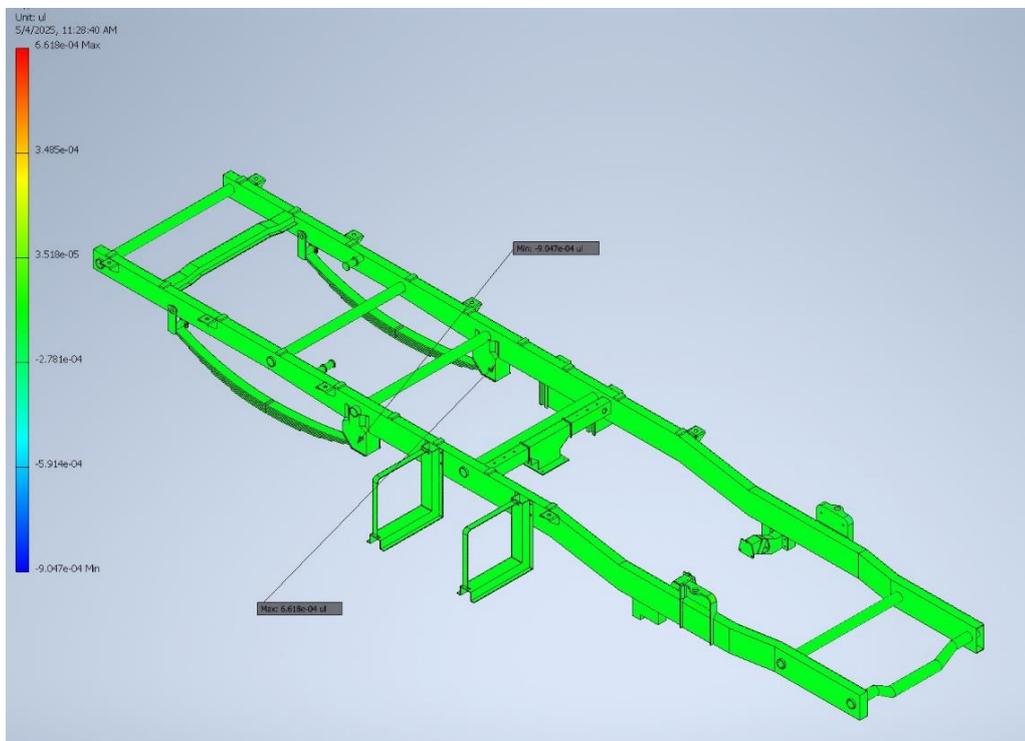
- Hầu hết pat treo trên khung K200 đều được cố định với chi tiết được treo theo phương thẳng đứng. Đặc biệt, pat gá động cơ cố định động cơ theo phương ngang cùng với cánh tay đòn nên xảy ra biến dạng lớn.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat phục sau.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.22 Biến dạng theo phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ động cơ trung gian.

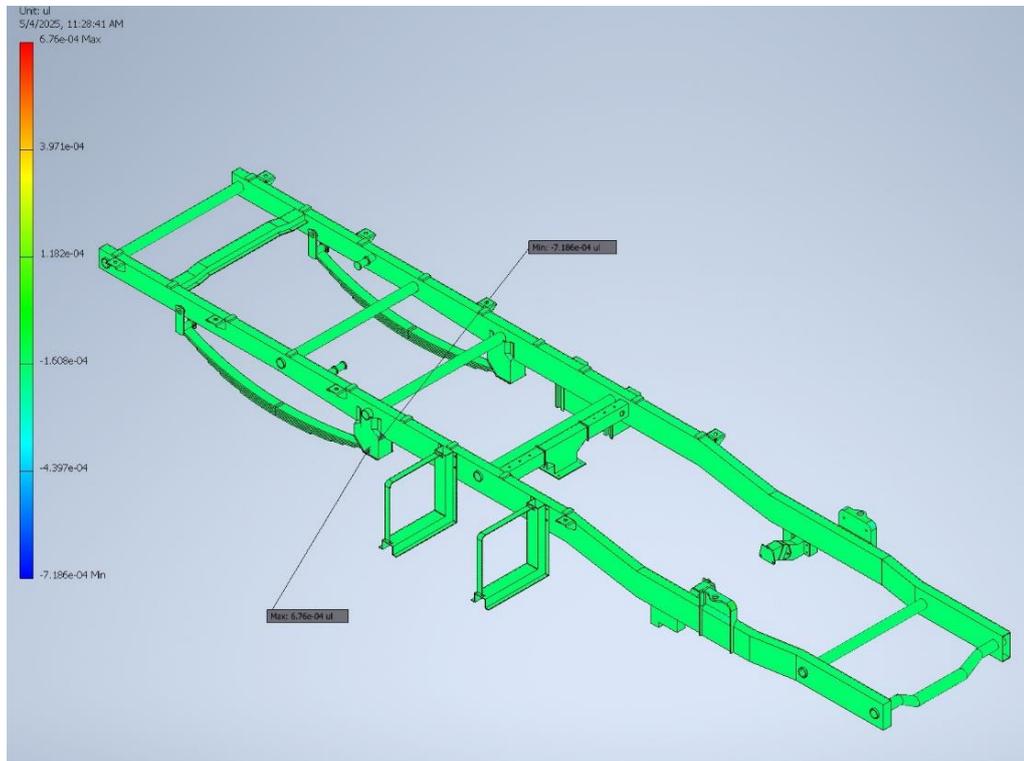


Hình 5.23 Biến dạng theo phương Y

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

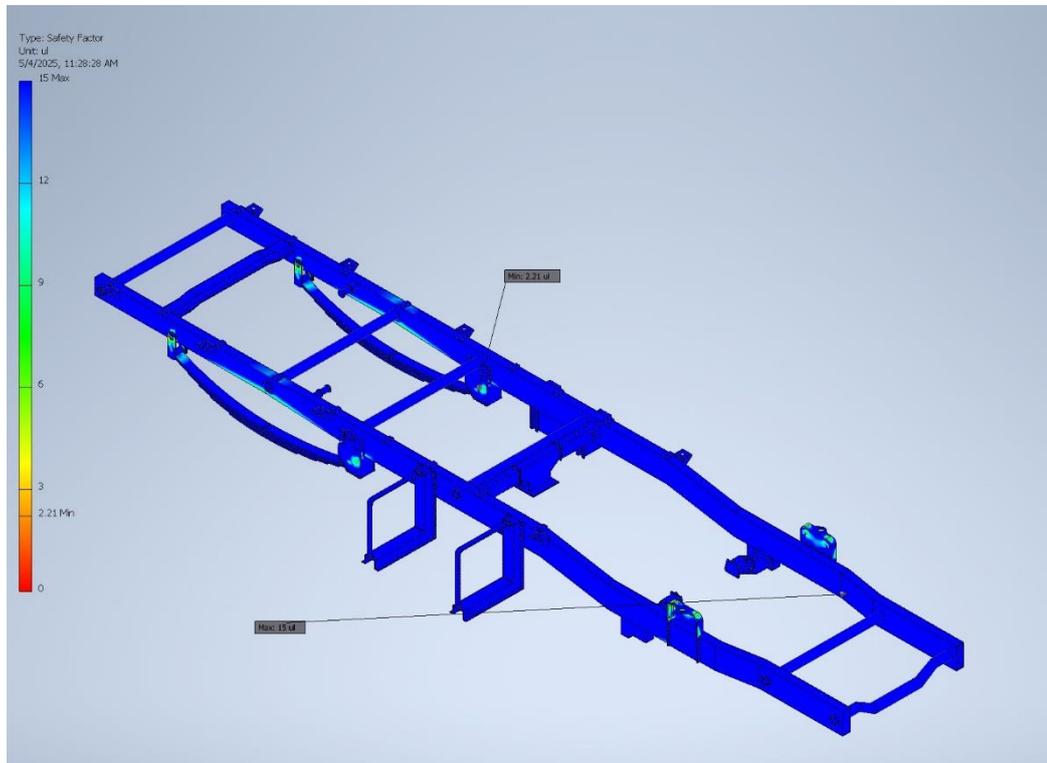
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phuộc trước.



Hình 5.24: Biến dạng theo phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phuộc trước.

d. Hệ số an toàn (Safety Factor):



Hình 5.25 Hệ số an toàn

- Giá trị tối thiểu: 2,21.

e. Độ cứng (HR)

- Từ ứng suất tối đa trong mô phỏng (277 MPa) và không thấy đề cập đến xử lý nhiệt, vật liệu có thể đang ở trạng thái chưa tôi luyện. Độ cứng khoảng 85–90 HRB.

f. Độ bền uốn

- Với độ bền kéo đứt (UTS) là 461.946 Mpa từ báo cáo, độ bền uốn của vật liệu này nằm trong khoảng 462–693 MPa, phù hợp với tính chất của thép AISI 317.

g. Độ bền kéo

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises): 277 MPa, thấp hơn nhiều so với UTS (461.946 Mpa), cho thấy kết cấu an toàn trong điều kiện tải hiện tại.

h. Độ dai va đập

- Thép AISI 317 là thép không gỉ austenitic, có khả năng chịu va đập tốt nhờ cấu trúc vi mô ổn định, không dễ bị giòn ngay cả ở nhiệt độ thấp.

i. Giới hạn chảy:

- 317.157 MPa là mức ứng suất tại đó thép AISI 317 bắt đầu biến dạng dẻo (không hồi phục).

k. Đánh giá

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises) là 277 MPa, thấp hơn nhiều so với giới hạn chảy (461.946 MPa). Điều này cho thấy thiết kế chịu lực tốt và an toàn cao trong điều kiện tải hiện tại.

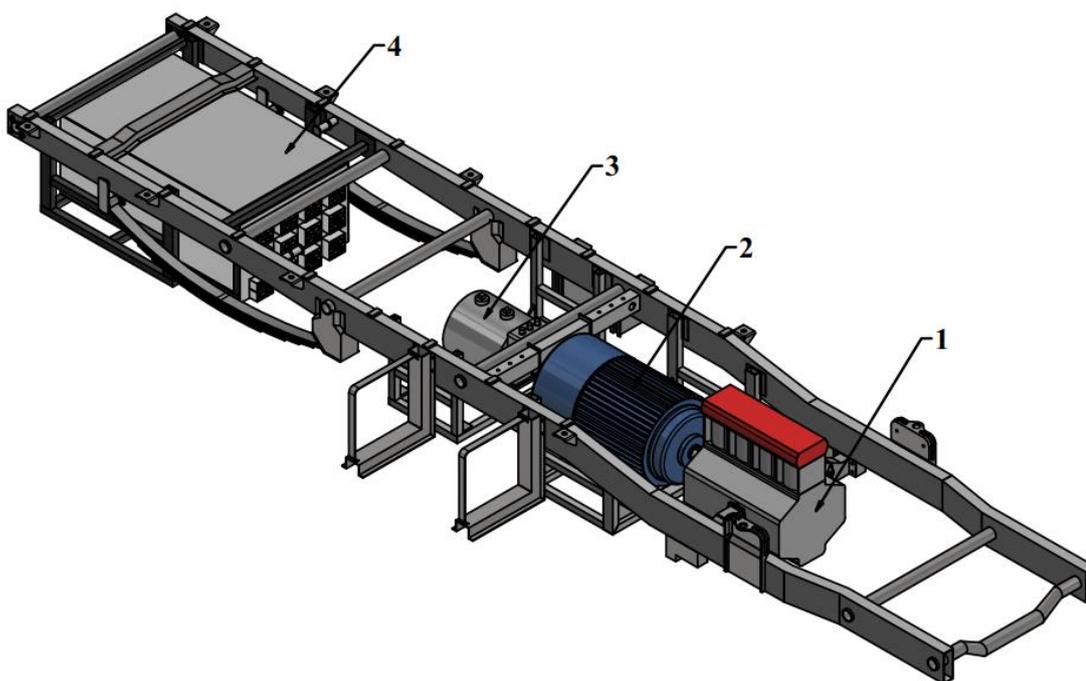
- Chuyển vị và biến dạng rất nhỏ, đảm bảo độ cứng vững của kết cấu.

- Hệ số an toàn tối đa 2,21 đáp ứng điều kiện bền khi so với giới hạn bền vật liệu cho thấy cấu trúc dư an toàn.

Kết luận: Kết cấu khung dư bền.

5.1.4 Thiết kế bố trí hệ động lực HEV và mô phỏng bền.

5.1.4.1 Thiết kế bố trí động lực HEV trên cơ sở xe Kia Frontier K200



Hình 5.26 Bố trí hệ động lực xe K200 HEV

1. Động cơ đốt trong; 2. Máy phát điện; 3. Động cơ điện; 4. Pack pin

- Trong mô phỏng này, xe Frontier K200 được biến đổi từ xe sử dụng động cơ đốt trong trở thành xe Hybrid. Để trở thành xe HEV, hệ động lực được bố trí thêm động cơ

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

điện, máy phát điện, pack pin và loại bỏ đi hộp số. Máy phát điện được gắn đồng trục trực tiếp vào buli trục khuỷu. Động cơ điện được bố trí phía sau vị trí gắn hộp số và được kết nối với các đăng bằng then hoa. Hệ thống pin đặt tại vị trí đuôi xe thuận tiện cho việc tháo lắp.

5.1.4.2 Thông số mô phỏng

a. Thông số vật liệu khung K200 nguyên bản

- Tên vật liệu: Thép không gỉ AISI 317
- Khối lượng riêng (Density): 8 g/cm³.
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 317,157 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 461,946 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

b. Thông số vật liệu khung dựng pin

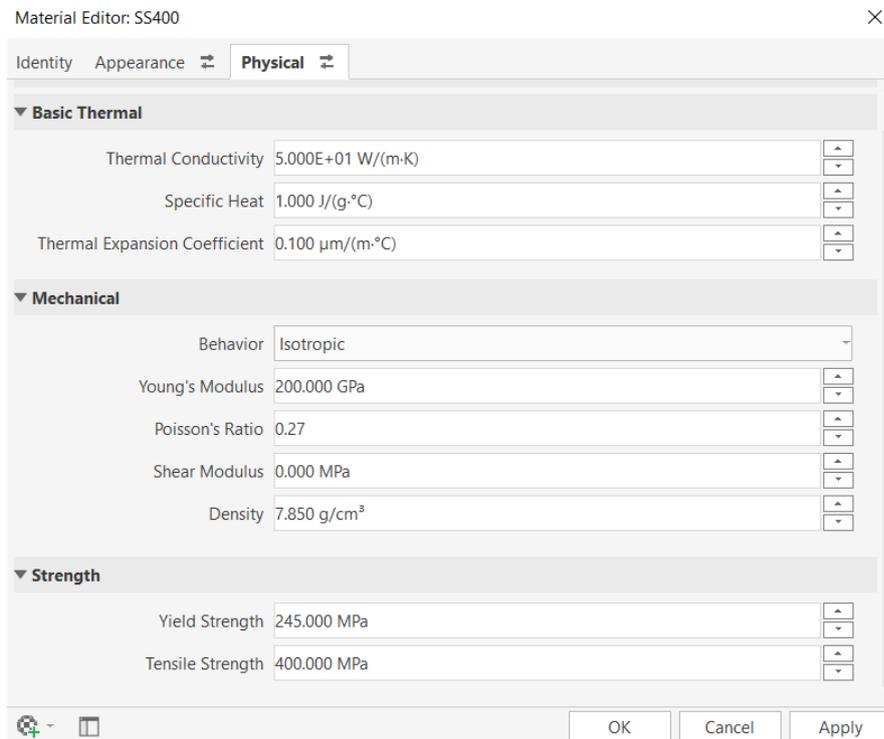
- Tên vật liệu: Inox 304.
- Khối lượng riêng (Density): 8 g/cm³.
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 215 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 505 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 193 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,30.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 74 GPa.

c. Thông số vật liệu khung gá pack pin, động cơ điện và máy phát.

- Tên vật liệu: Thép SS400
- Khối lượng riêng (Density): 7,85 g/cm³.
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 245 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 400 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

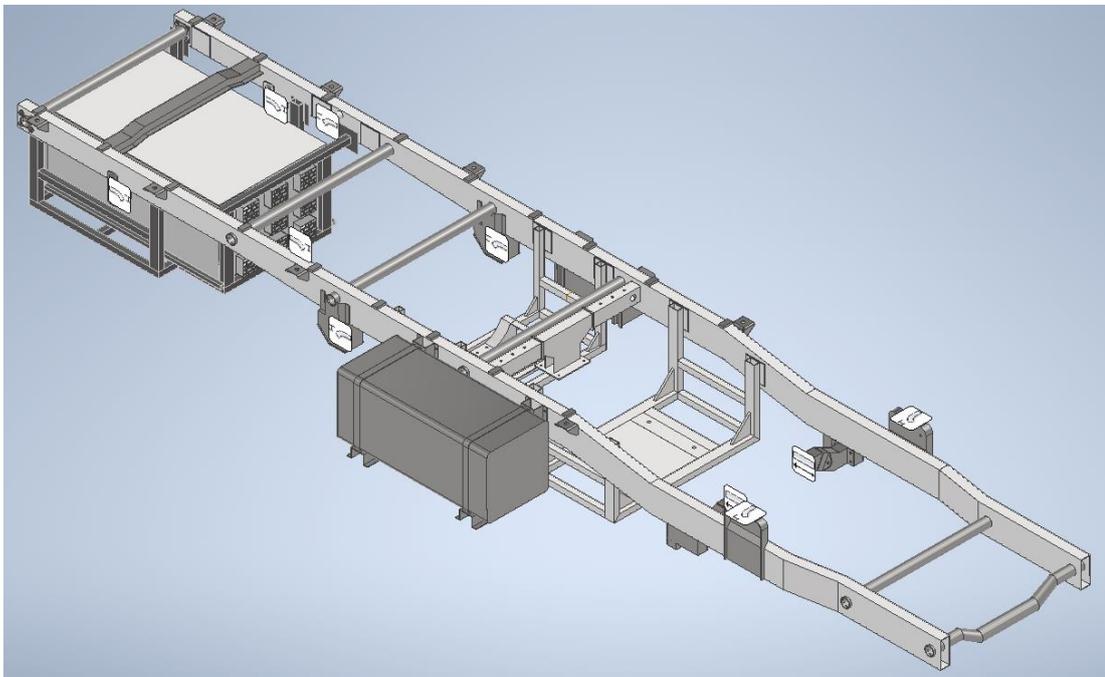
5.1.4.3 Quá trình mô phỏng

a. Thiết lập thông số vật liệu



Hình 5.27 Đặt vật liệu

b. Đặt gói cố định



Hình 5.28 Đặt gói cố định

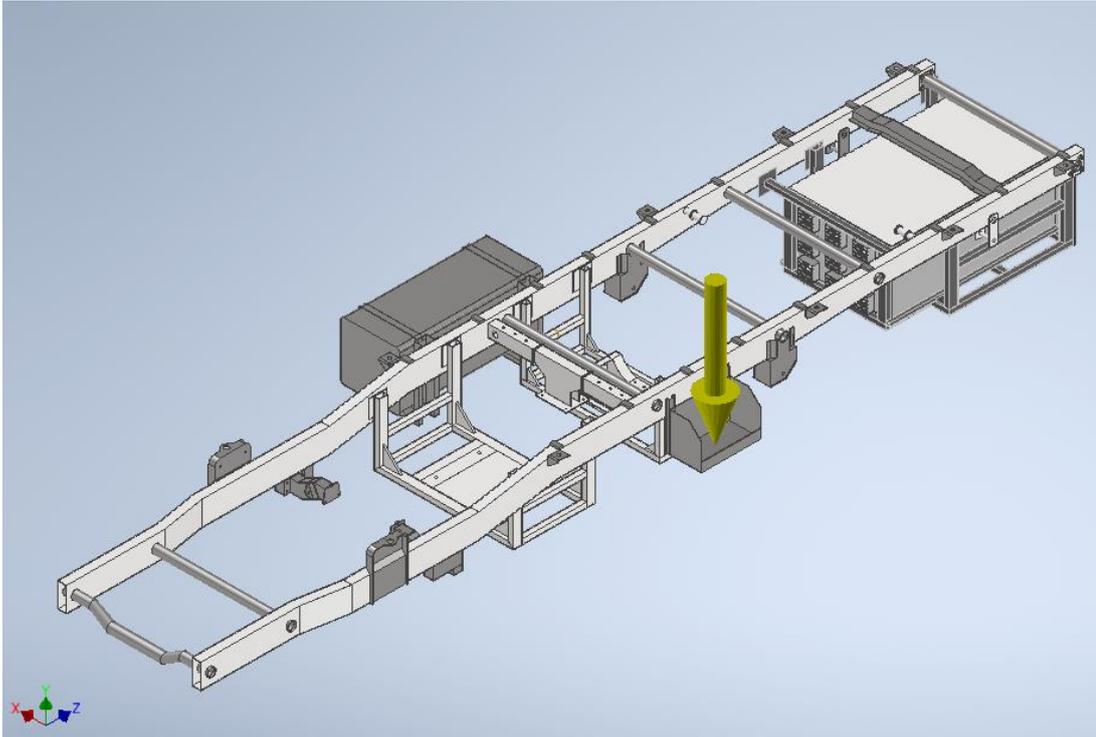
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Gối cố định được gắn tại vị trí 4 pat treo nhíp sau, 2 pat phuộc sau và 2 pat phuộc trước.

c. Đặt lực

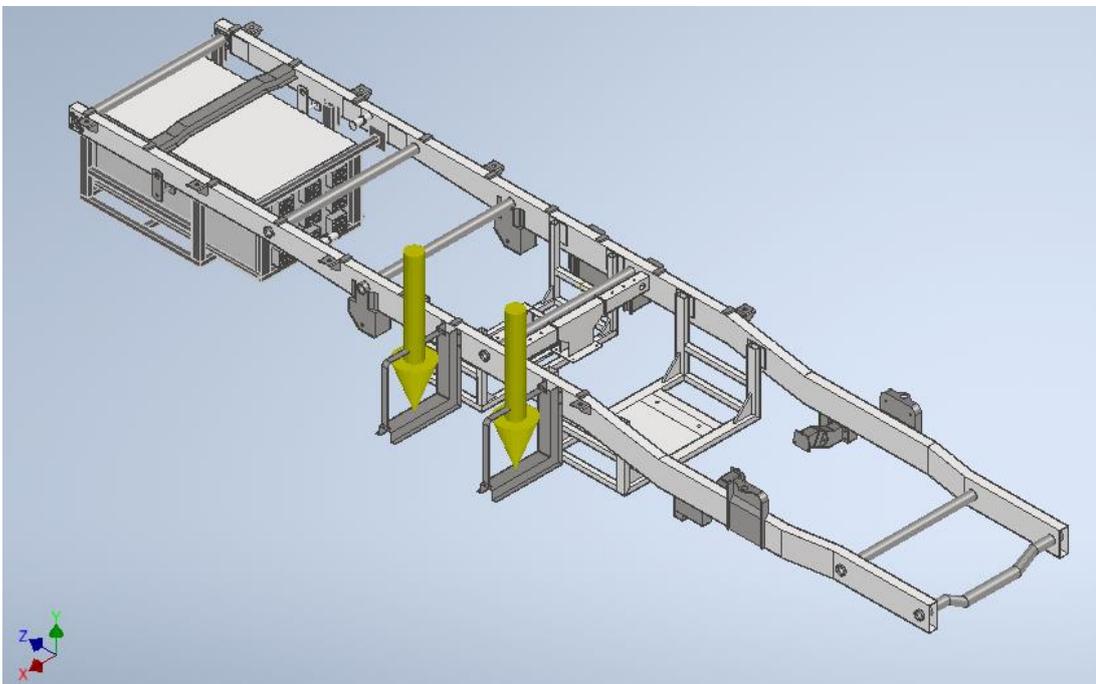
Bảng 5.2 Thông số đặt lực

STT	Chi tiết	Xe cơ sở	Xe HEV
		Đặt lực	Đặt lực
1	Động cơ	2900 N	2900 N
2	Hộp số	60 N	-
3	Thùng dầu	510 N	510 N
4	Ắc quy	270 N	270 N
5	Lốp dự phòng	450 N	450 N
6	Thùng xe đẩy tải	23000 N	23000 N
7	Động cơ điện	-	650 N
8	Máy phát	-	1800 N
9	Pack Pin	-	1250 N



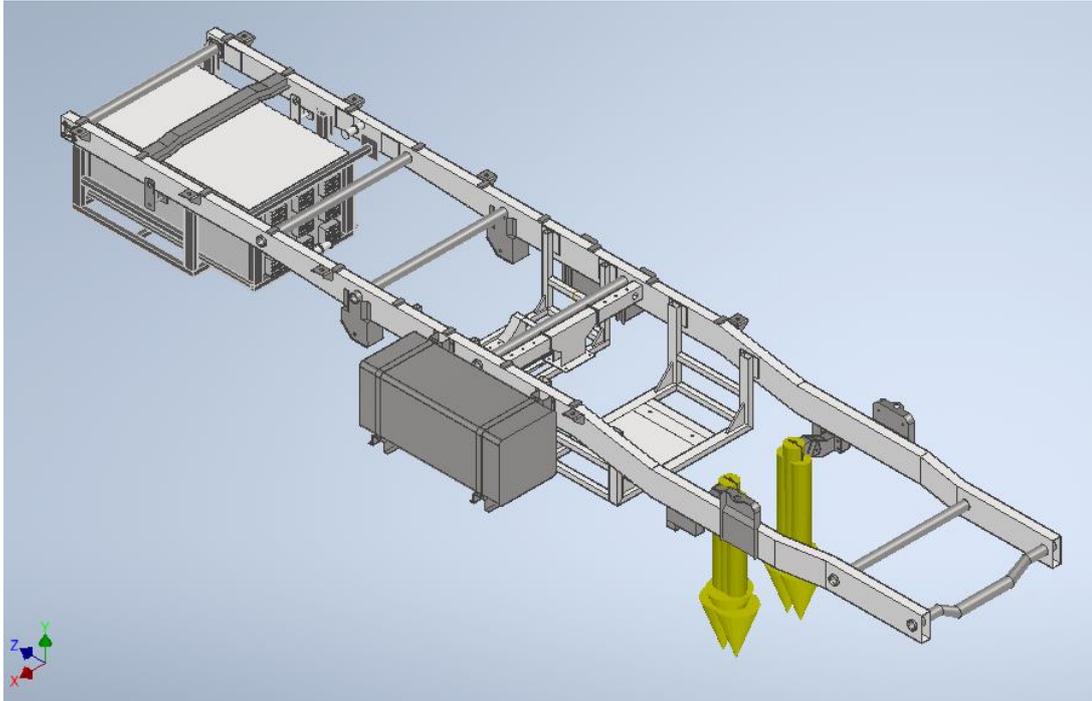
Hình 5.29 Đặt lực cho ắc quy

- Khối lượng ắc quy 27kg quy đổi thành lực 270N



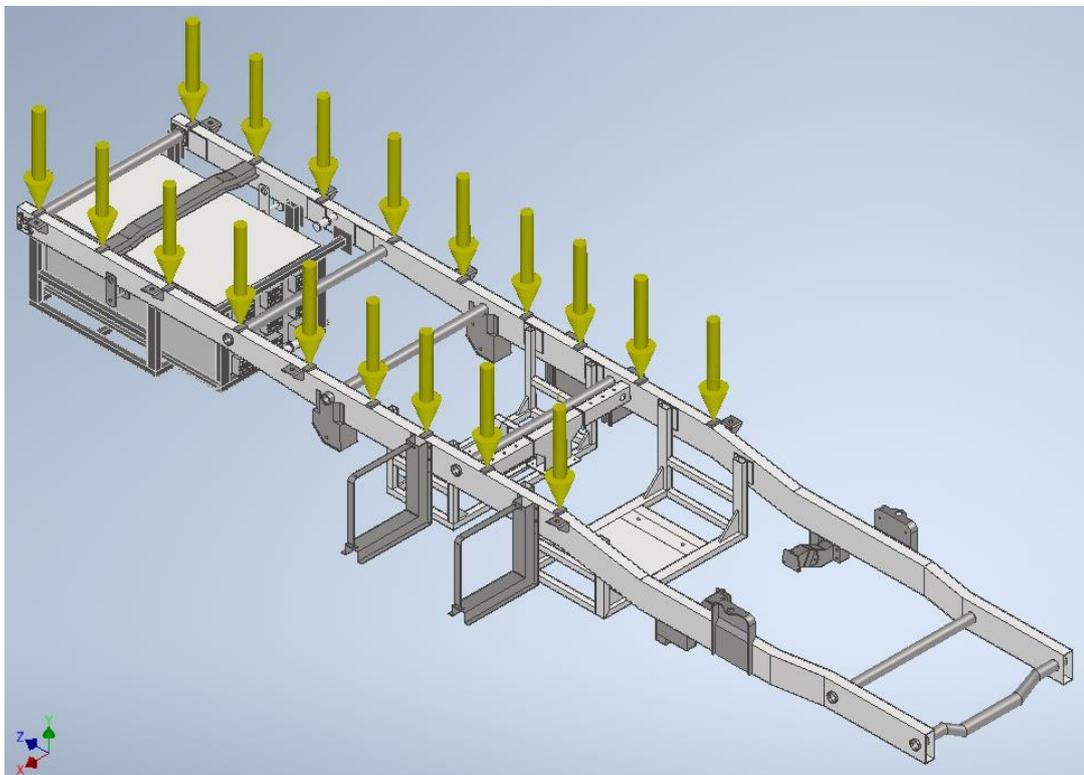
Hình 5.30 Đặt lực cho thùng nhiên liệu

- Thùng nhiên liệu có dung tích 60 lít, tính cả vỏ thùng ta có được tổng khối lượng thùng nhiên liệu là 60 kg. Đặt thành 2 lực tại pat đỡ thùng nhiên liệu.



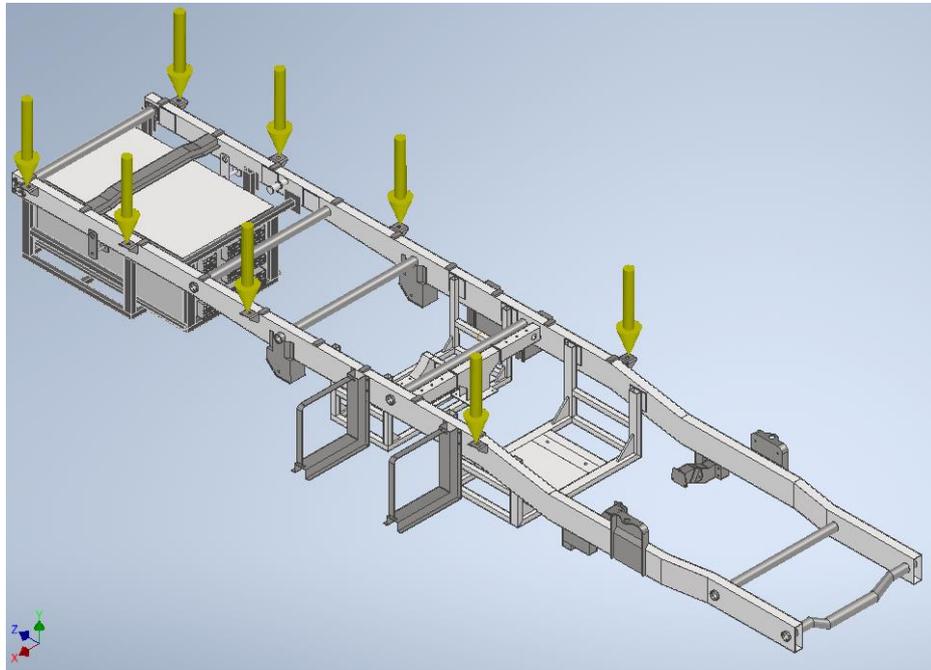
Hình 5.31 Đặt lực cho pat treo động cơ đốt trong

- Động cơ được treo bằng hai pat bắt từ khung, đầu còn lại gắn chặt vào hai bên thân máy. Pat treo và động cơ được cố định bằng bu lông nên trọng lượng động cơ được chia thành 6 lực tương ứng 6 vị trí bắt bu lông.

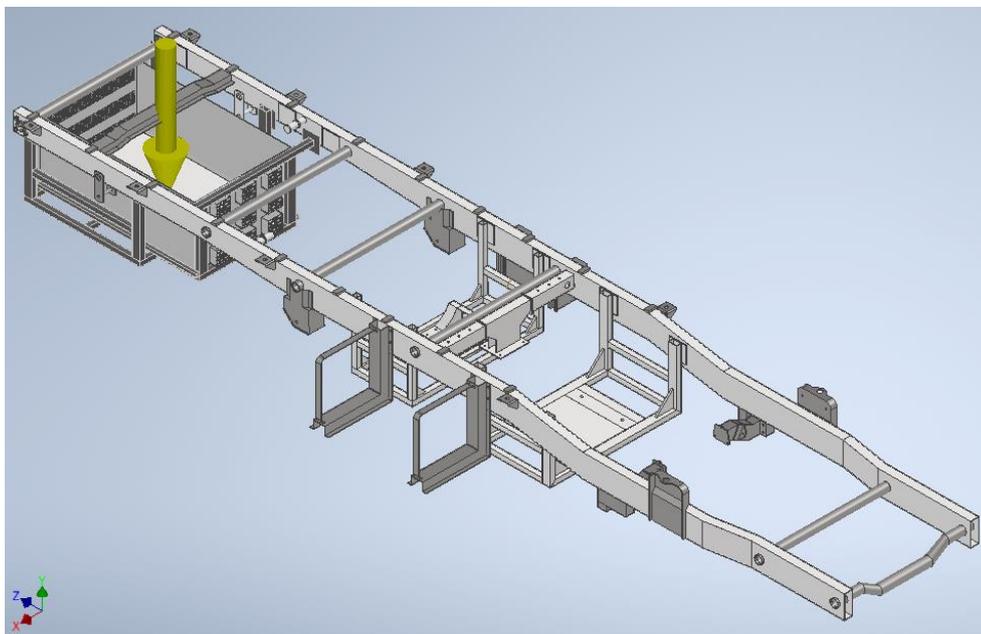


Hình 5.32 Đặt lực cho khung đỡ thùng

- Thùng xe Frontier K200 được đặt lên chassis qua qua khung đỡ, trong mô phỏng này phần bề mặt khung đỡ thùng tiếp xúc với chassis được thay thế bằng một mảnh kim loại có cùng diện tích và tính chất vật liệu với khung đỡ thùng

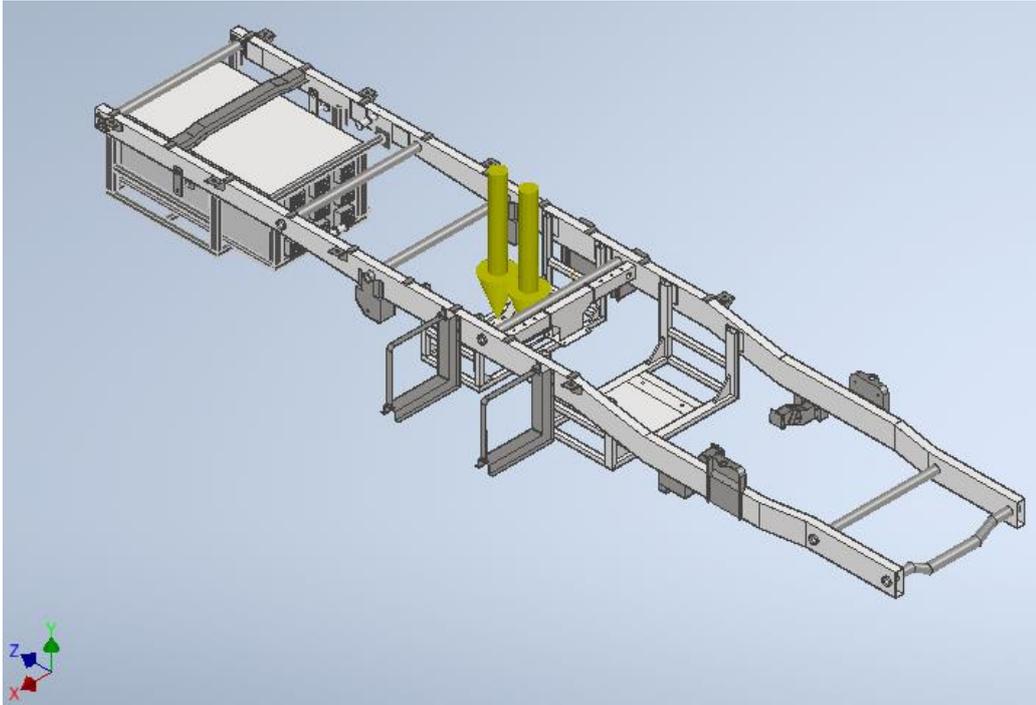


Hình 5.33 Đặt lực cho pat đỡ thùng



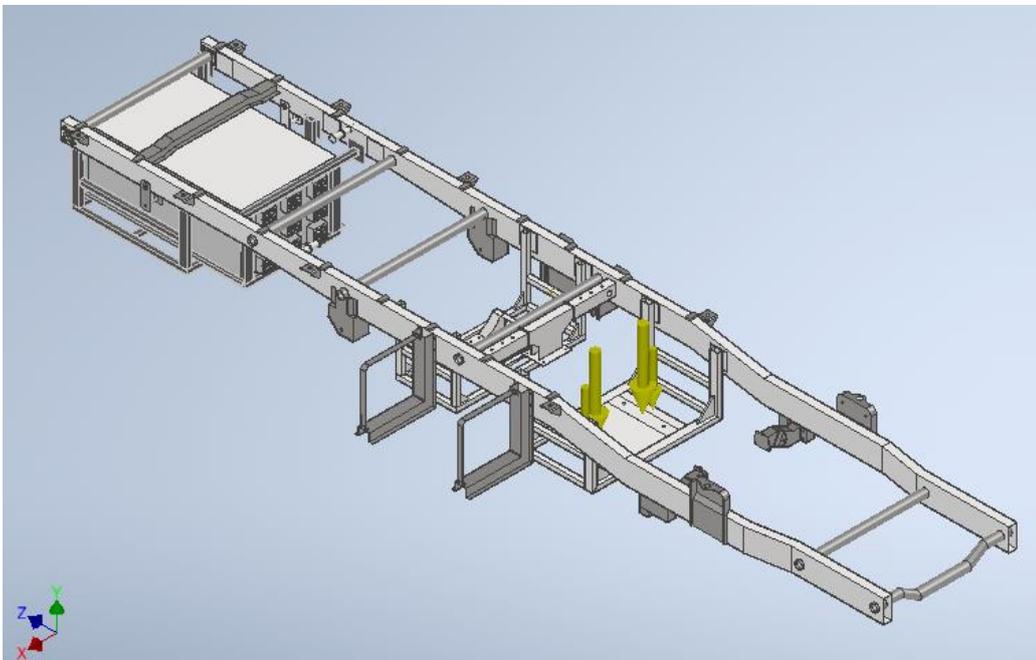
Hình 5.34 Đặt lực pack pin

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.35 Đặt lực cho động cơ điện

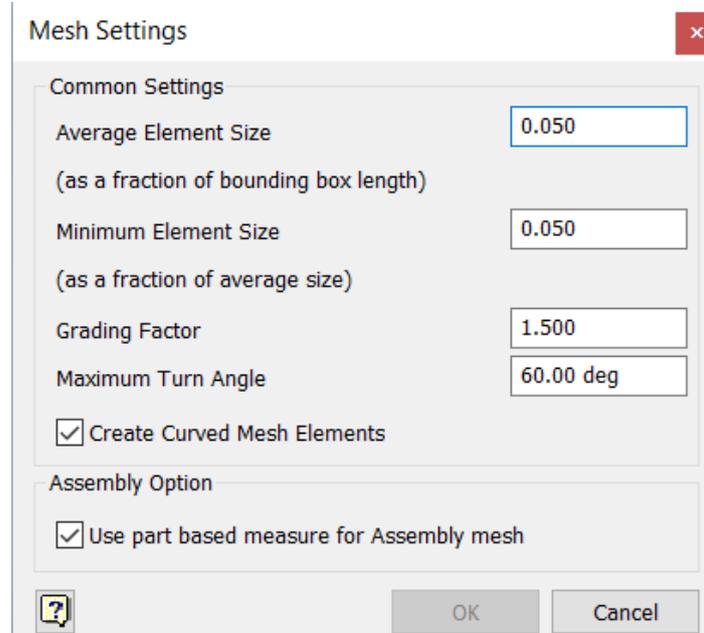
- Động cơ điện có khối lượng 65kg quy đổi sang lực 650N được phân làm hai vector lực tương ứng với bề mặt tiếp xúc của động cơ điện và giá đỡ. Mỗi vector lực có giá trị 325N.



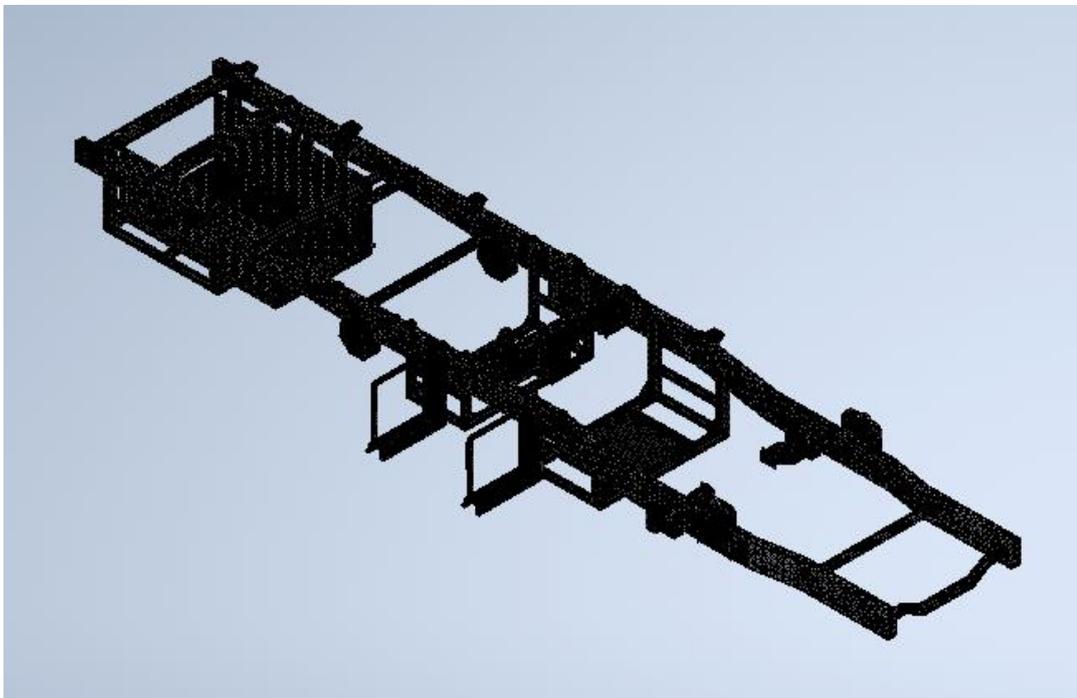
Hình 5.36 Đặt lực cho máy phát

- Máy phát điện có khối lượng 180kg quy đổi sang lực 1800N được phân làm hai vector lực tương ứng với bề mặt tiếp xúc của động cơ điện và giá đỡ. Mỗi vector lực có giá trị 900N.

d. Chia lưới



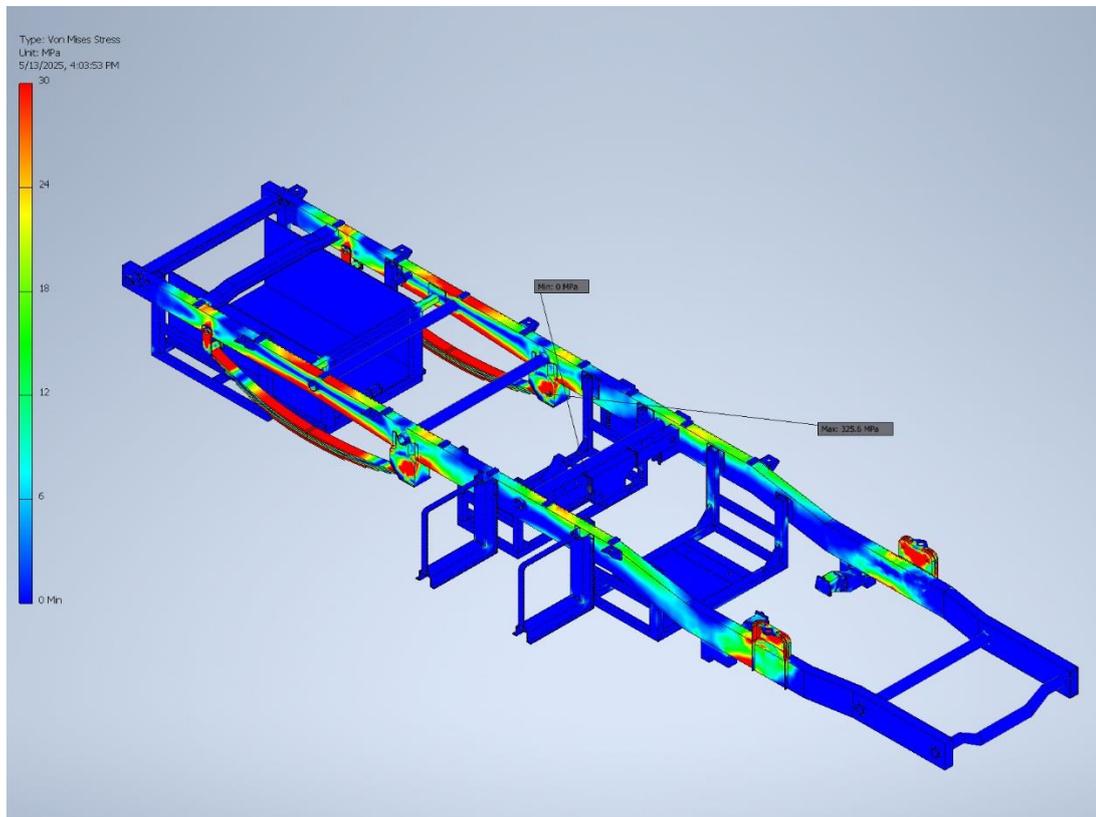
Hình 5.37 Đặt thông số lưới



Hình 5.38 Chia lưới

5.1.4.4 Kết quả mô phỏng và bình luận

a. Ứng suất Von Mises:



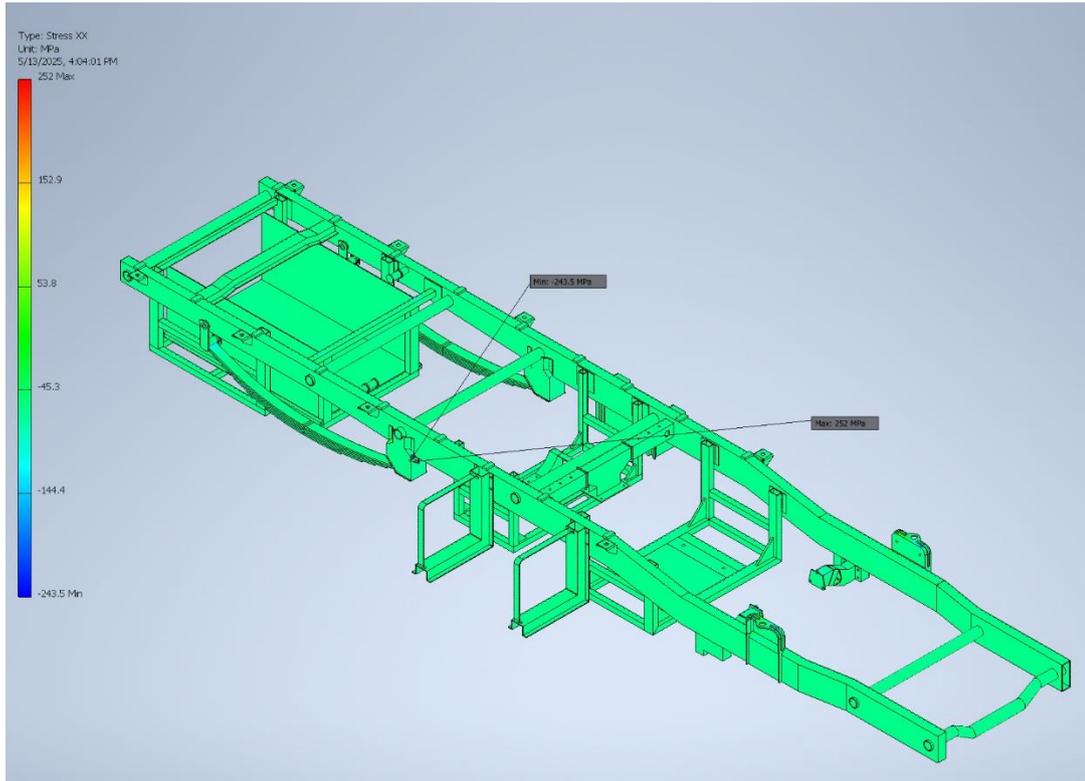
Hình 5.39 Ứng suất Von Mises

- Giá trị lớn nhất: $325 \text{ Mpa} < [461] \text{MPa}$.

=> Nhỏ hơn giới hạn vật liệu

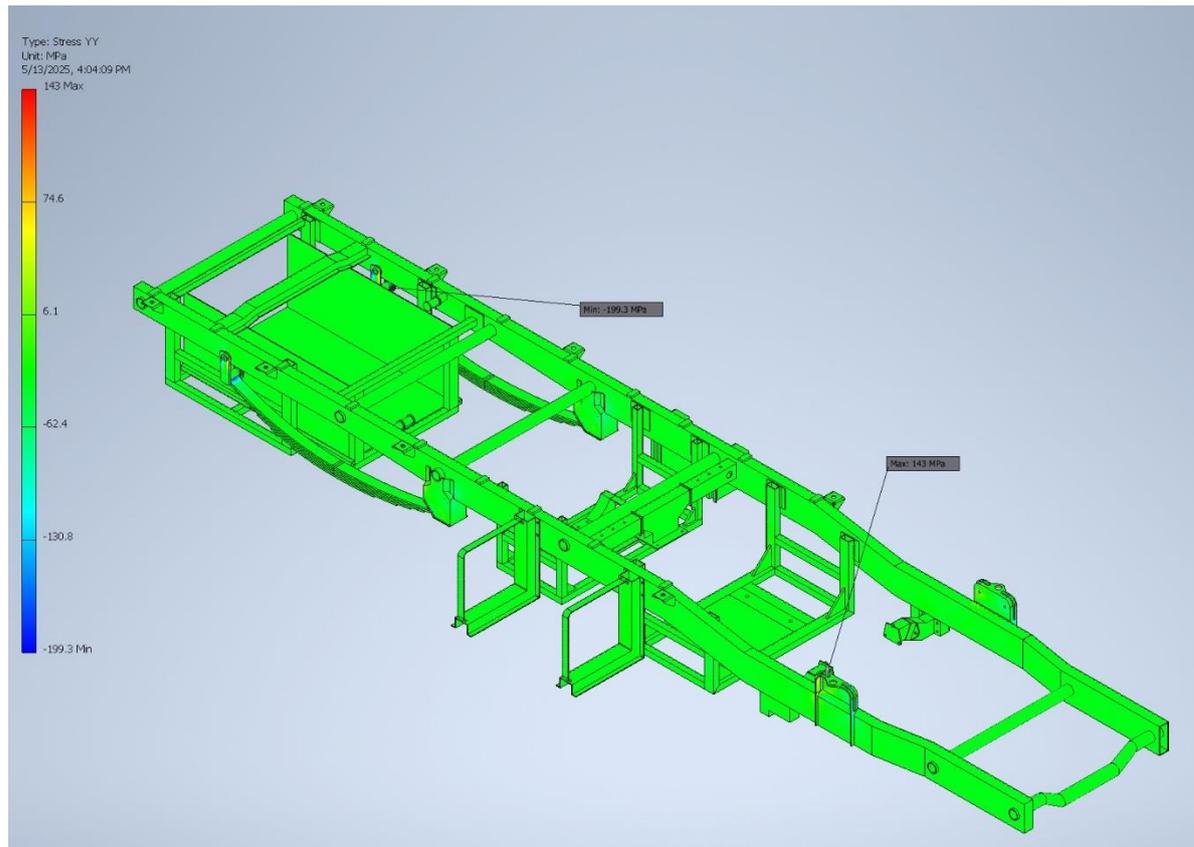
Ứng suất theo trục:

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



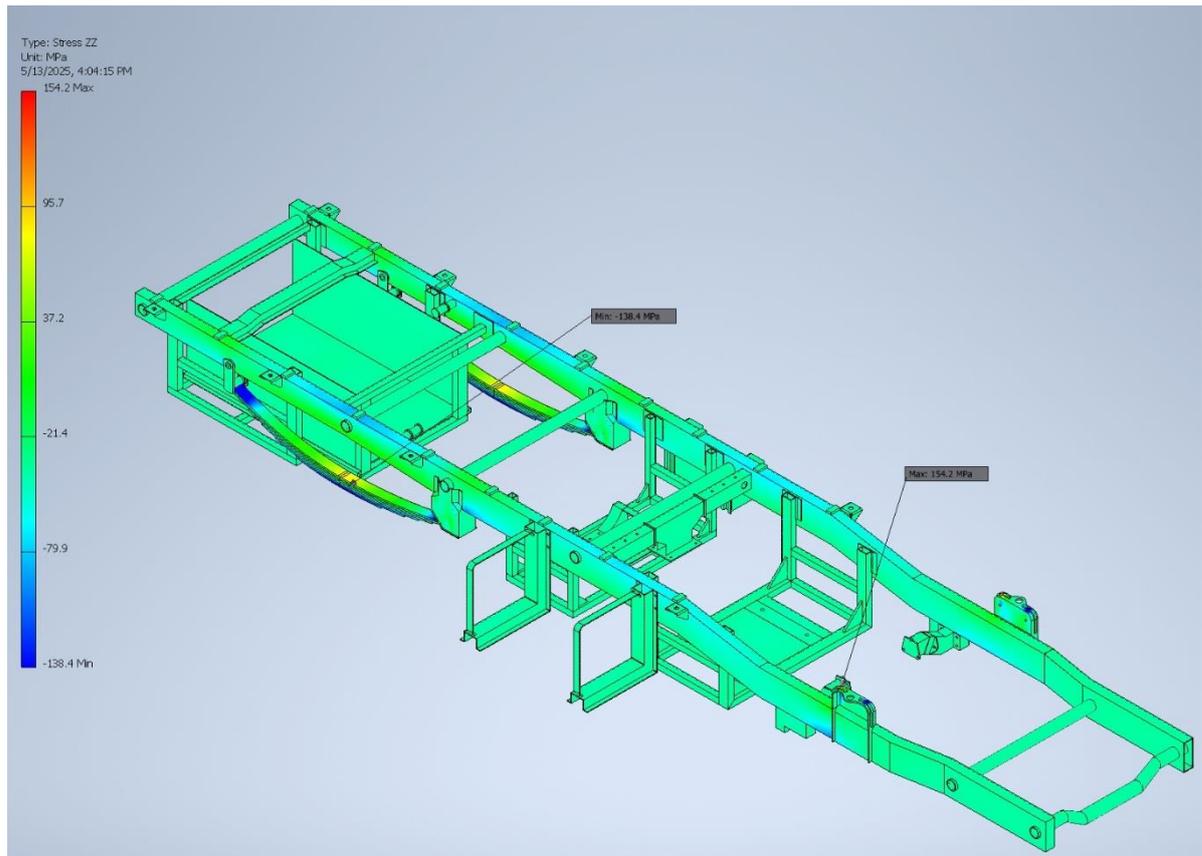
Hình 5.40 Ứng suất theo trục XX

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat phụộc sau.



Hình 5.41 Ứng suất theo trục YY

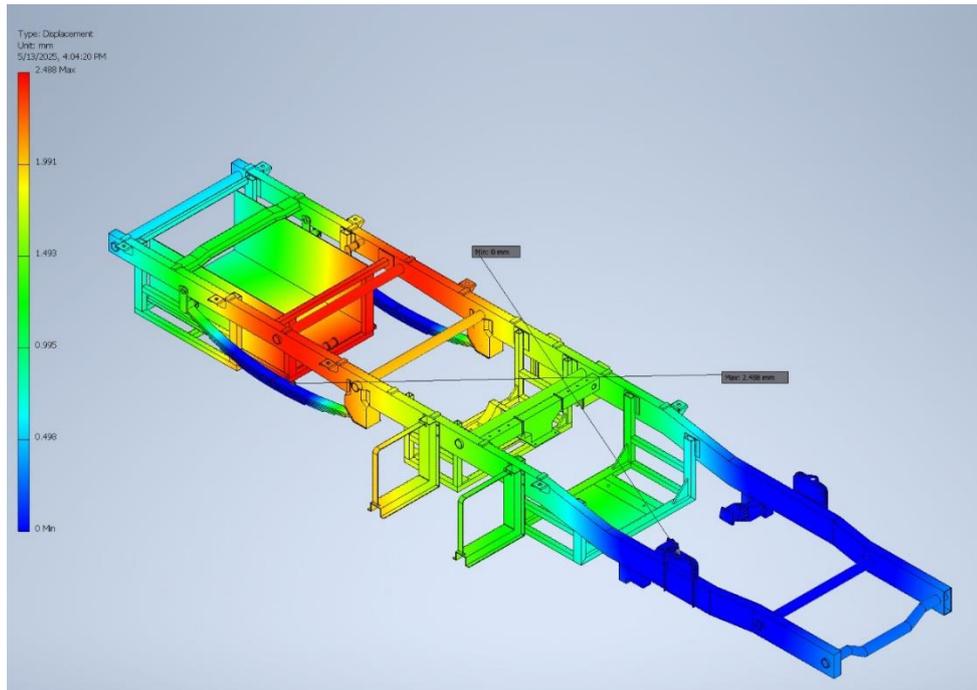
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat thùng nhiên liệu.



Hình 5.42 Ứng suất theo trục ZZ

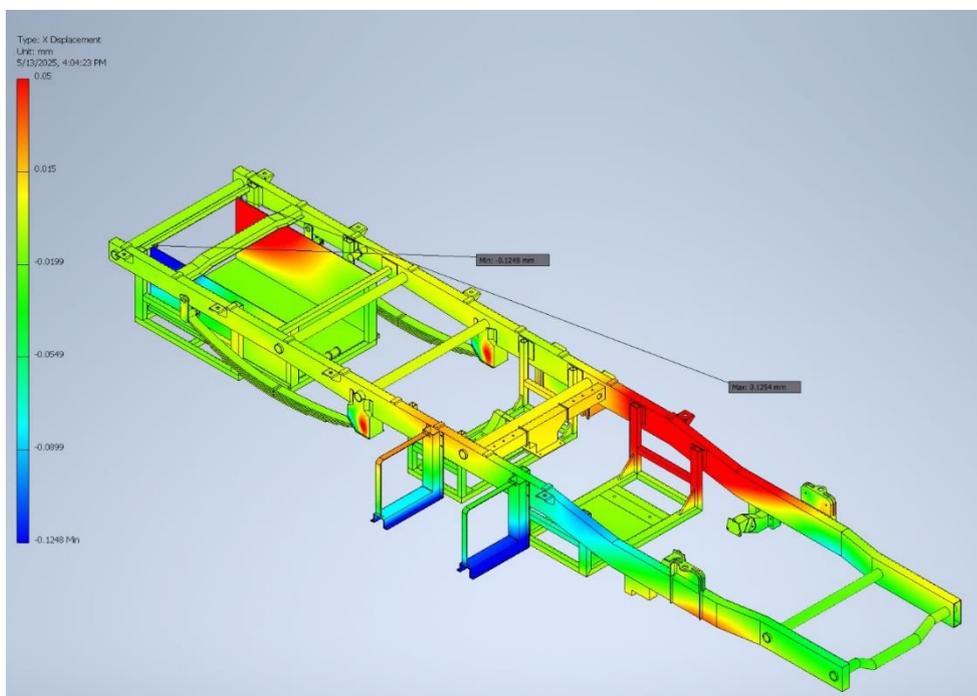
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phuộc trước.

c. Chuyển vị



Hình 5.43 Chuyển vị tương đương

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat phuộc sau.



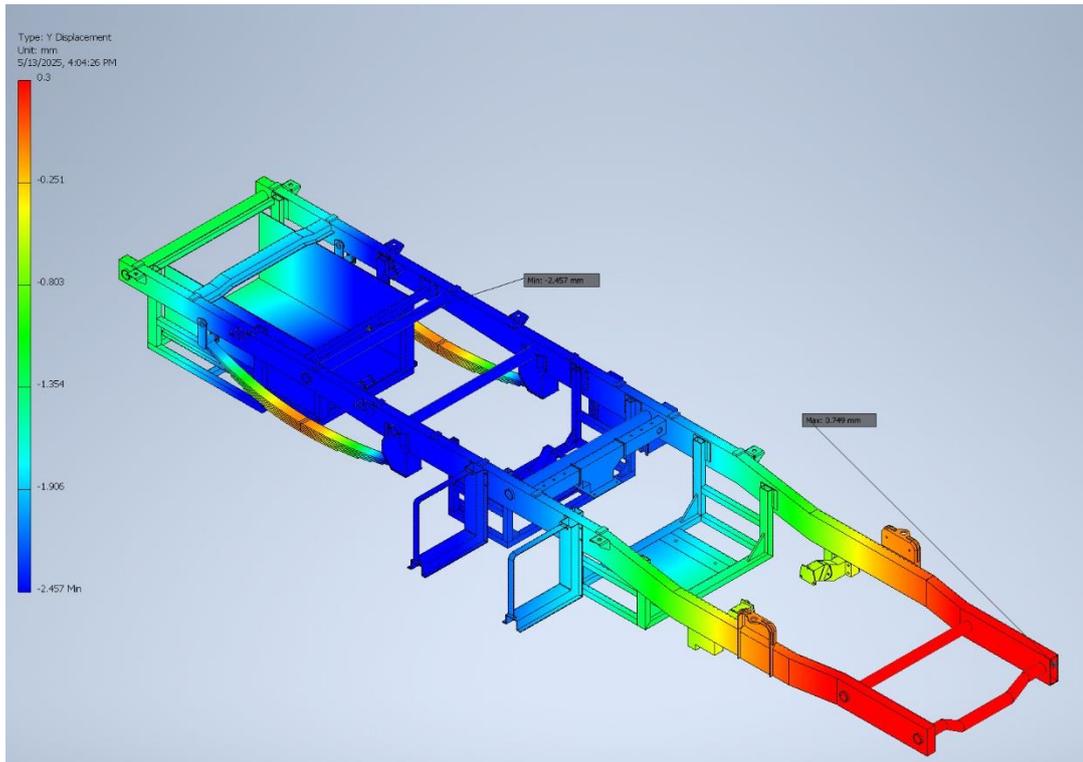
Hình 5.44 Chuyển vị theo phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

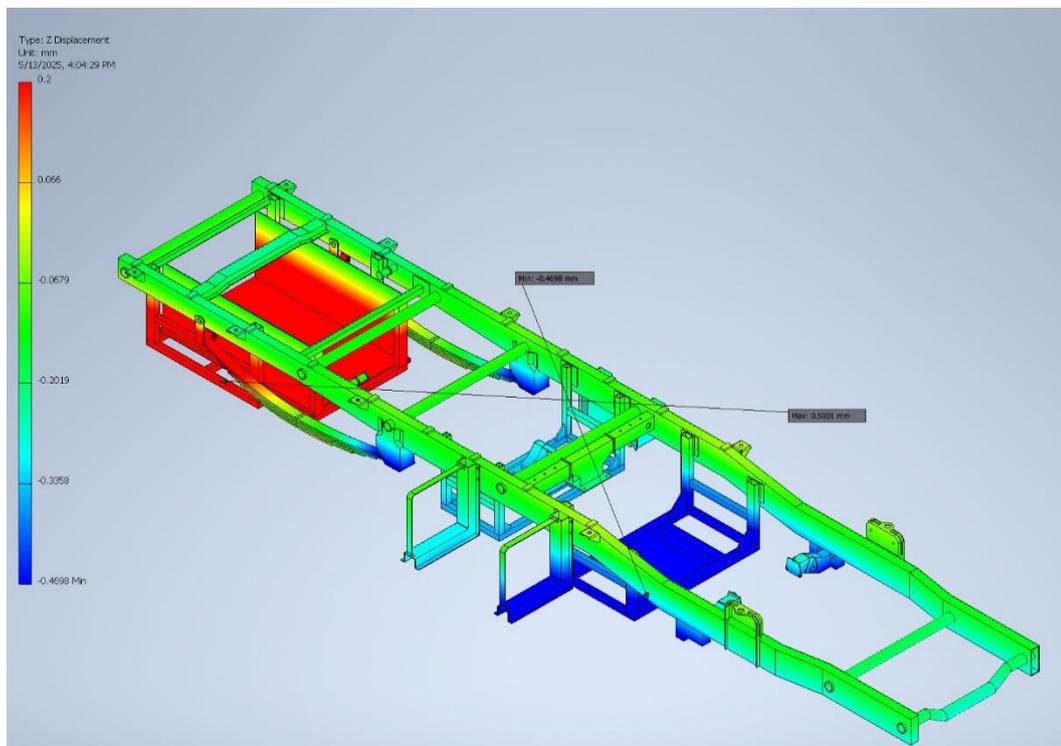
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang của khung.



Hình 5.45 Chuyển vị theo phương Y

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí đầu chasis.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ thùng xăng.



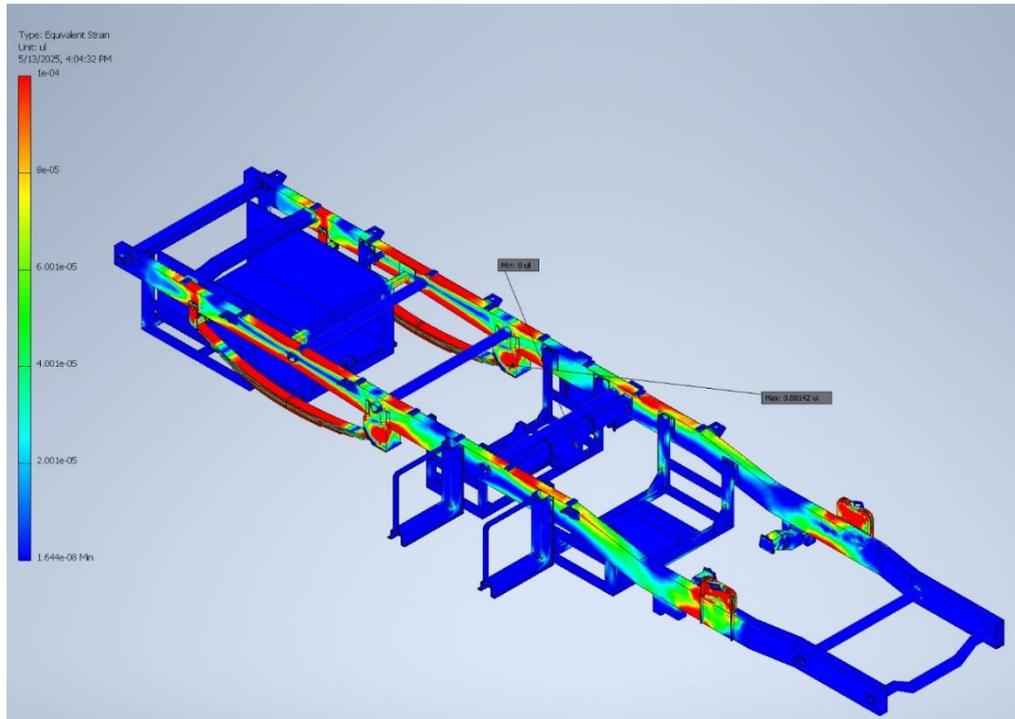
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Hình 5.46 Chuyển vị theo phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ ốc quy.

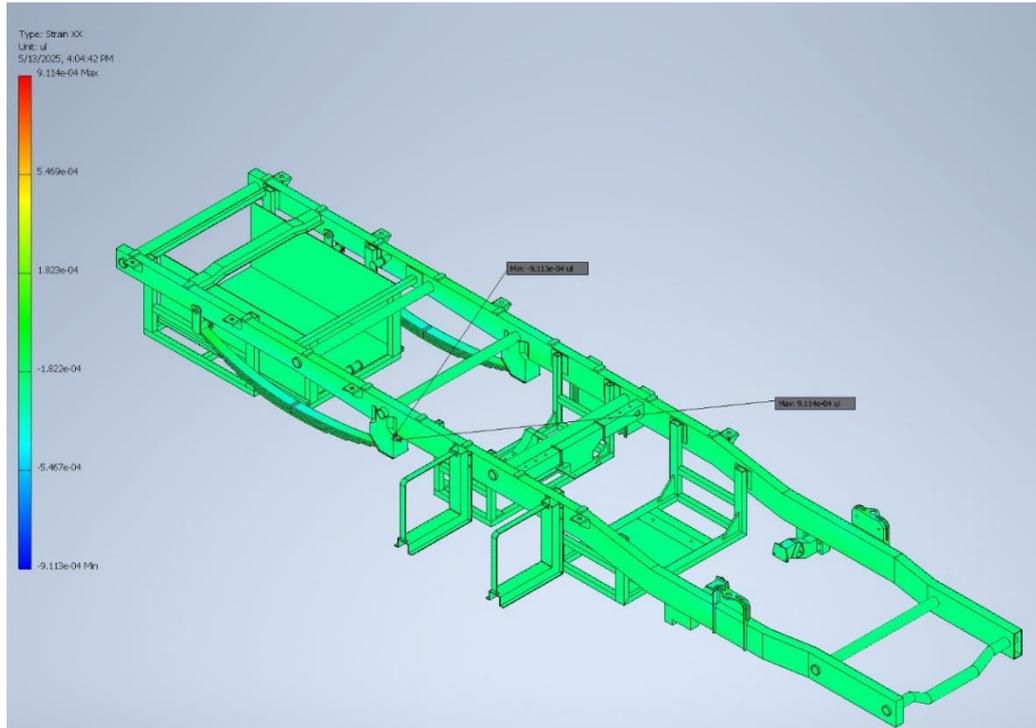
d. Biến dạng



Hình 5.47 Biến dạng tương đương

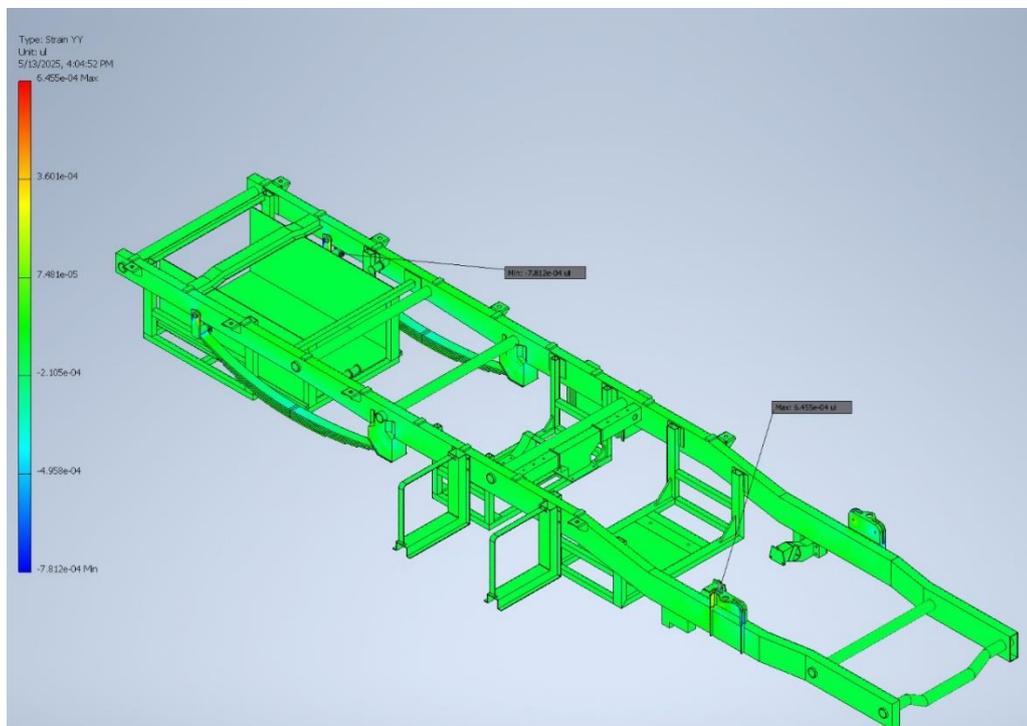
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat phụộc sau.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.48 Biến dạng theo phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí pat đỡ động cơ trung gian.



Hình 5.49 Biến dạng theo phương Y

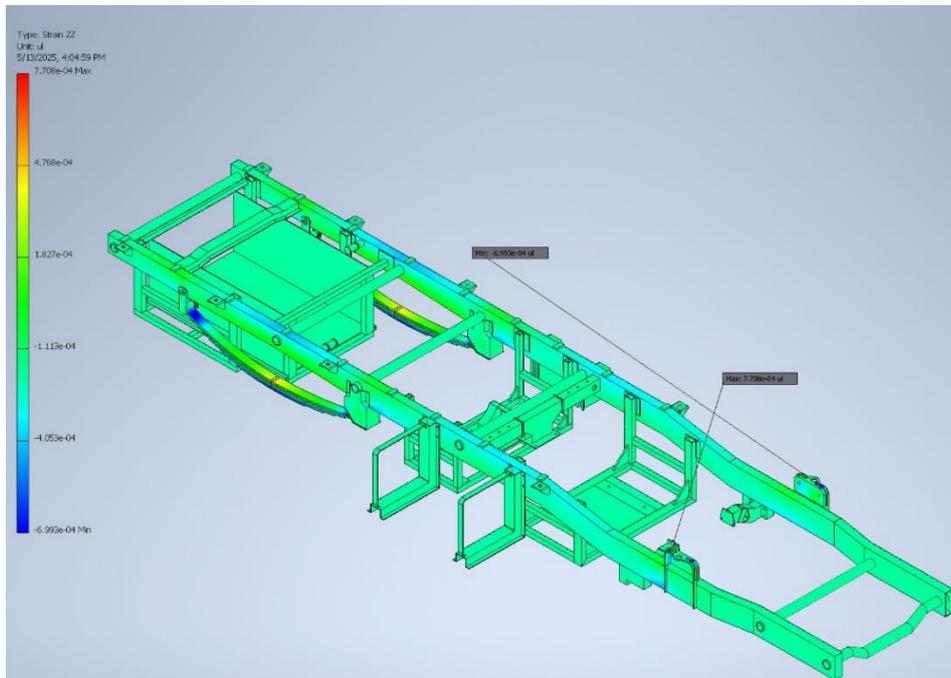
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phụộc trước gần pat đỡ động cơ.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

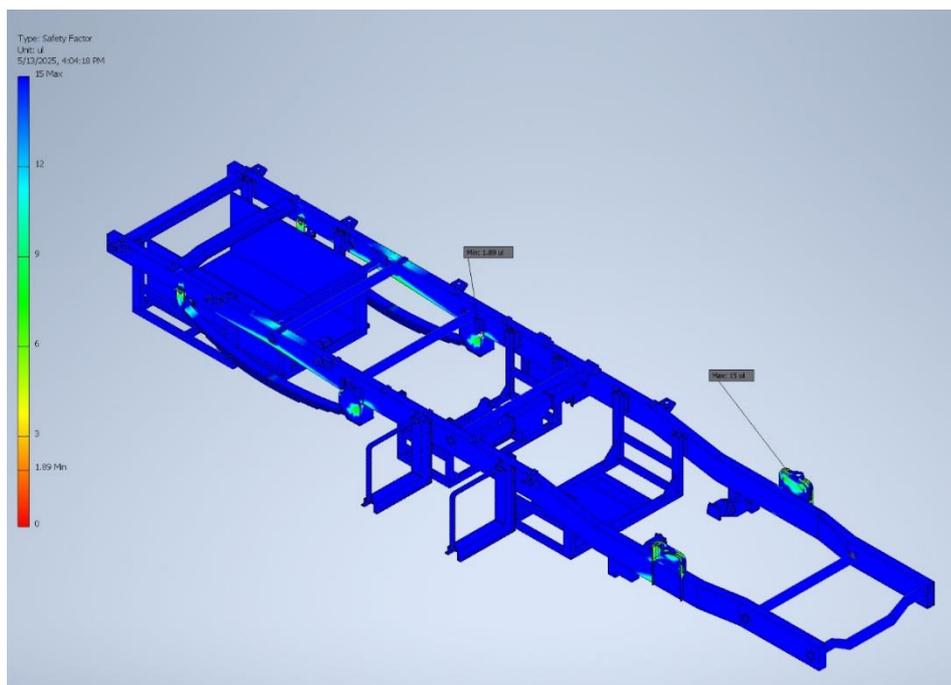
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phụ thuộc trước.



Hình 5.50 Biến dạng theo phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép ngoài pat phụ thuộc trước gần pat đỡ động cơ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí đỉnh pat phụ thuộc trước.

d. Hệ số an toàn (Safety Factor):



Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Hình 5.51 Hệ số an toàn

- Giá trị tối thiểu: 1,89.

e. Độ cứng (HR)

- Từ ứng suất tối đa trong mô phỏng (325 MPa) và không thấy đề cập đến xử lý nhiệt, vật liệu có thể đang ở trạng thái chưa tôi luyện. Độ cứng khoảng 85–90 HRB.

f. Độ bền uốn

- Với độ bền kéo đứt (UTS) là 461.946 Mpa từ báo cáo, độ bền uốn của vật liệu này nằm trong khoảng 462–693 MPa, phù hợp với tính chất của thép AISI 317.

g. Độ bền kéo

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises): 325 MPa, thấp hơn nhiều so với UTS (461.946 Mpa), cho thấy kết cấu an toàn trong điều kiện tải hiện tại.

h. Độ dai va đập

- Thép AISI 317 là thép không gỉ austenitic, có khả năng chịu va đập tốt nhờ cấu trúc vi mô ổn định, không dễ bị giòn ngay cả ở nhiệt độ thấp.

i. Giới hạn chảy:

- thép AISI 317 đáp ứng yêu cầu giới hạn dẻo.

k. Đánh giá

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises) là 325 MPa, thấp hơn so với giới hạn chảy (461.946 MPa). Điều này cho thấy thiết kế chịu lực tốt và an toàn cao trong điều kiện tải hiện tại.

- Chuyển vị và biến dạng rất nhỏ, đảm bảo độ cứng vững của kết cấu.

- Hệ số an toàn tối đa 1,89 đạt điều kiện bền khi so với giới hạn vật liệu cho thấy cấu trúc dư an toàn.

Kết luận: Kết cấu khung dư bền.

5.1.5 Mô phỏng bền đồ gá động cơ điện, đồ gá máy phát, pack pin

5.1.5.1 Mô phỏng bền đồ gá động cơ điện

a. Thiết lập thông số vật liệu

- Tên vật liệu: Thép SS400

- Khối lượng riêng (Density): 7,85 g/cm³.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

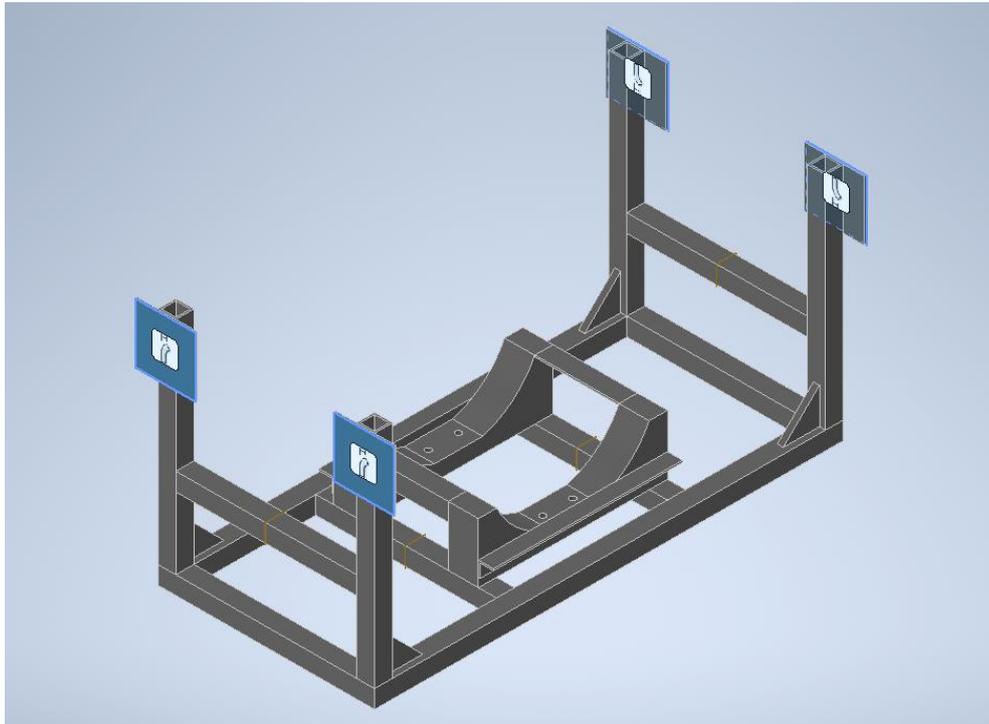
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 245 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 400 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

The image shows a software interface for defining material properties for SS400. The 'Physical' tab is active, displaying three sections: Basic Thermal, Mechanical, and Strength. Each section contains input fields for various material properties with up and down arrow controls.

Section	Property	Value
Basic Thermal	Thermal Conductivity	5.000E+01 W/(m·K)
	Specific Heat	1.000 J/(g·°C)
	Thermal Expansion Coefficient	0.100 µm/(m·°C)
Mechanical	Behavior	Isotropic
	Young's Modulus	200.000 GPa
	Poisson's Ratio	0.27
	Shear Modulus	0.000 MPa
	Density	7.850 g/cm³
Strength	Yield Strength	245.000 MPa
	Tensile Strength	400.000 MPa

Bảng 5.52 Đặt vật liệu

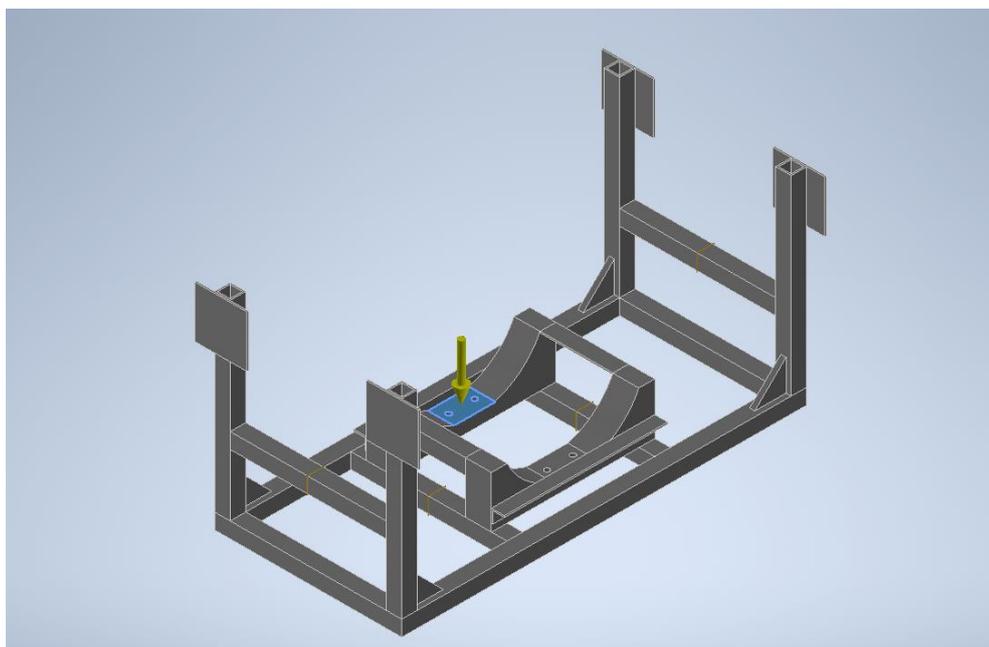
b. Đặt gối cố định



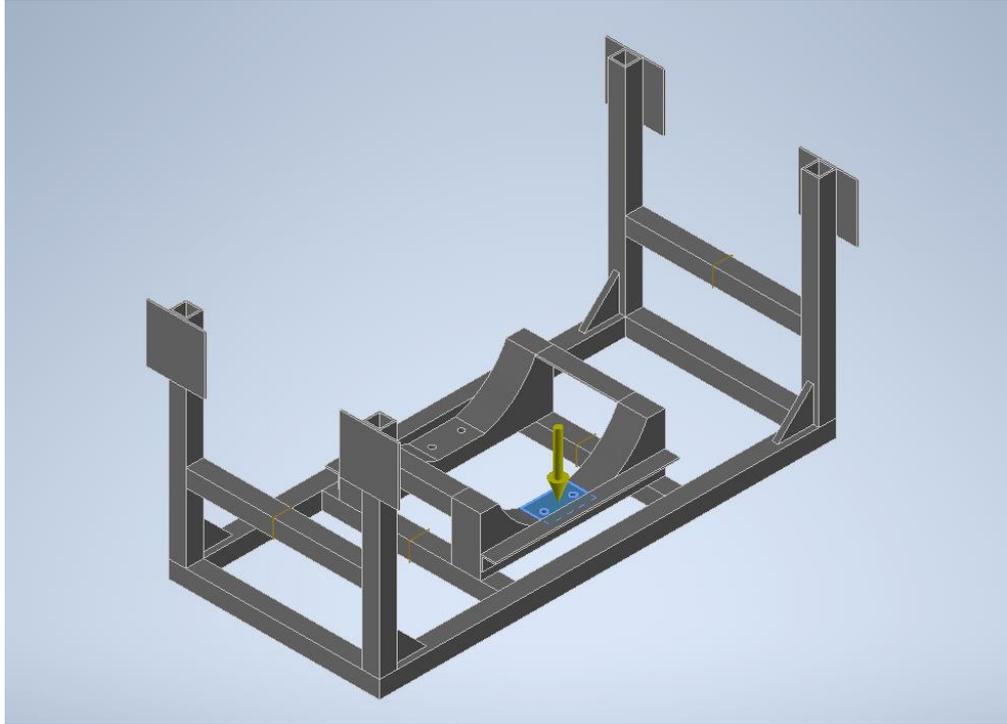
Hình 5.53 Đặt gối cố định

- Giá đỡ động cơ điện được gá lên chasiss bằng 4 mặt bích qua mỗi ghép hàn. Chính vì vậy, gối cố định gán cho mặt bích tiếp xúc với khung chasiss.

c. Đặt lực



Hình 5.54 Đặt lực giá đỡ động cơ

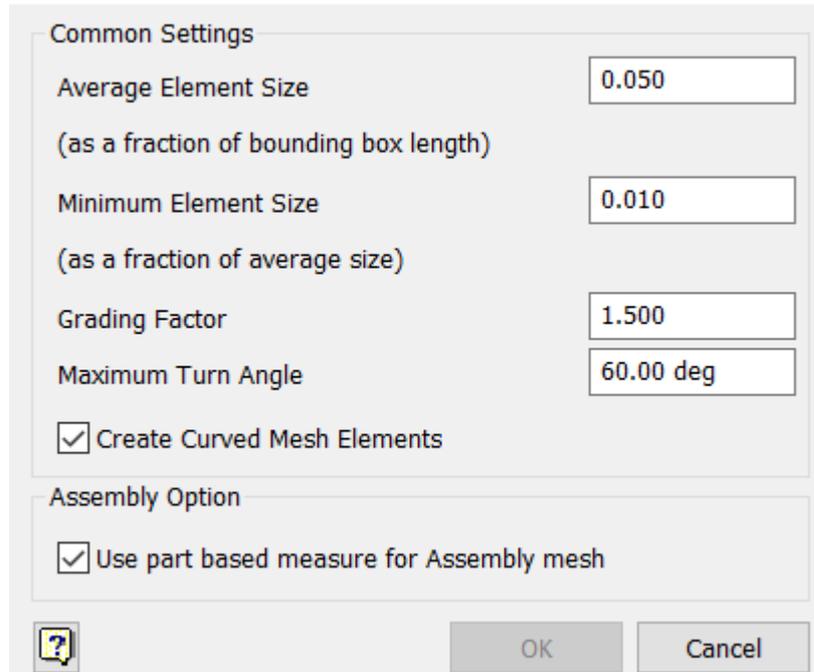


Hình 5.55 Đặt lực giá đỡ động cơ

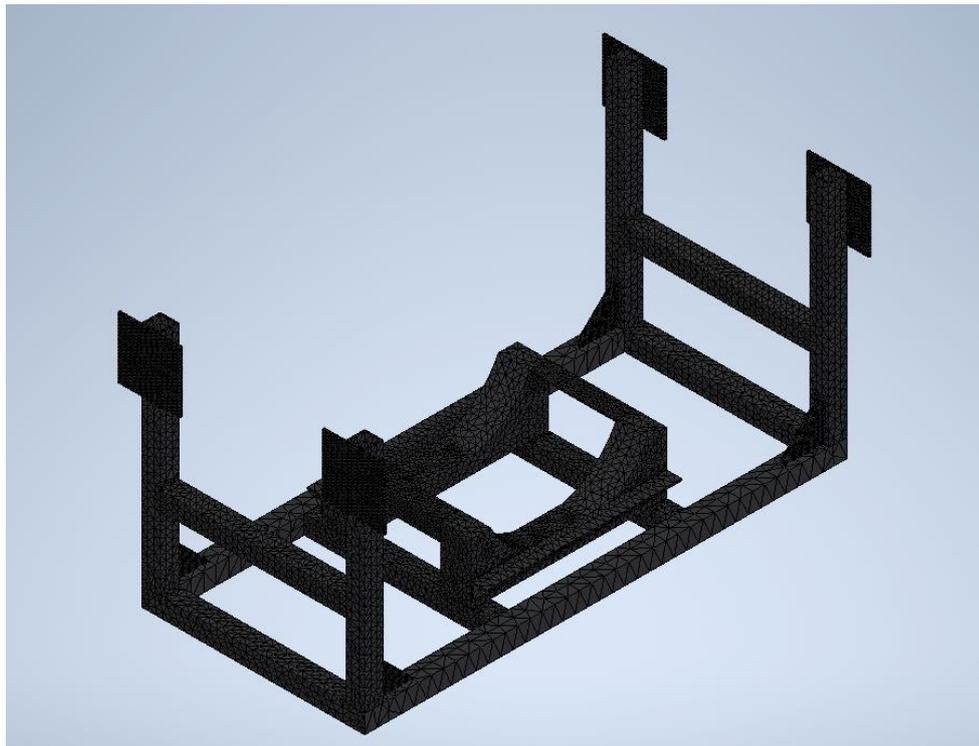
- Động cơ điện có khối lượng 65kg quy đổi sang lực 650N được phân làm hai vector lực tương ứng với bề mặt tiếp xúc của động cơ điện và giá đỡ. Mỗi vector lực có giá trị 325N.

d. Chia lưới

- Kích thước phần tử trung bình: 0.05
- Kích thước phần tử tối thiểu: 0.01
- Hệ số phân cấp: 1.5
- Góc tối đa giữa các cạnh: **60°**



Hình 5.56 Cài đặt thông số lưới



Hình 5.57 Chia lưới mô hình

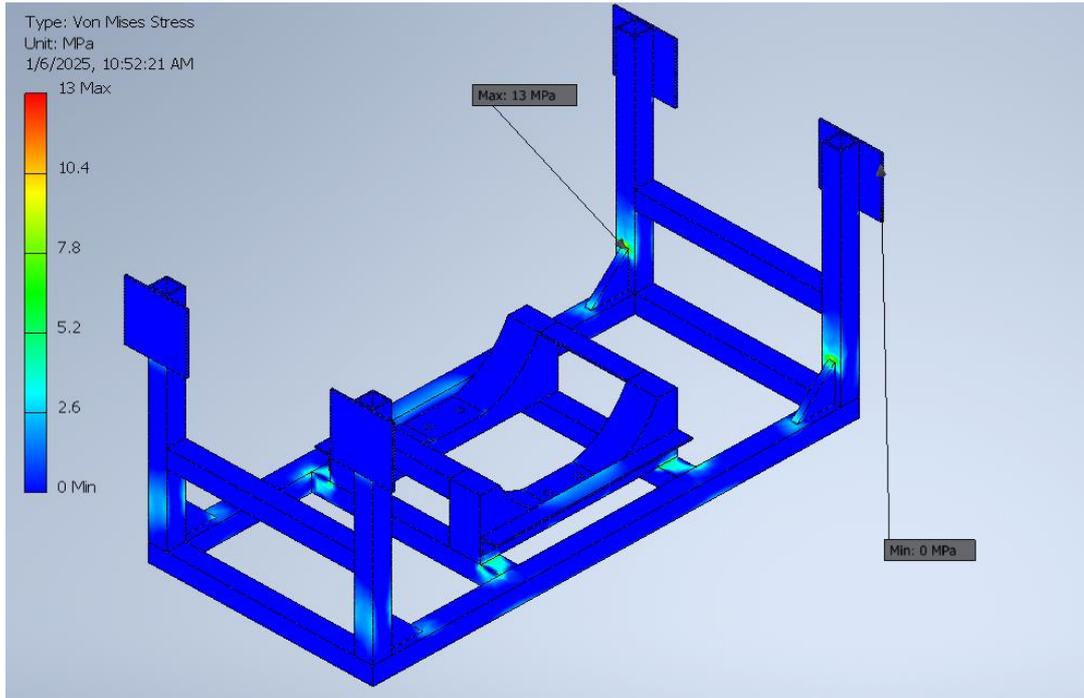
5.1.5.1.1 Kết quả phân tích và đánh giá

a. Ứng suất Von Mises:

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



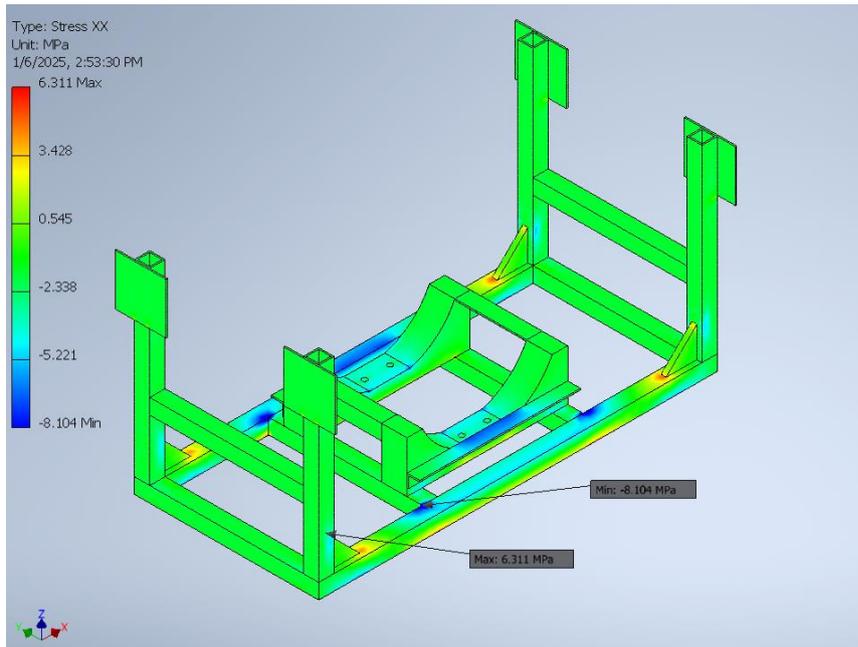
Hình 5.58 Ứng suất Von Mises

- Nhận xét: Tại điểm tiếp xúc giữa pat gia cố và trụ đứng ứng suất đạt giá trị cực đại nhưng vẫn nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn bền của vật liệu. Điều đó chứng minh được sự hiệu quả của pat gia cố để giá đỡ và trụ. Ứng suất đạt giá trị cực tiểu tại mặt bích tiếp xúc với chassiss, suy ra diện tích bề mặt mặt bích và mối ghép hàn đảm bảo điều kiện bền.

- Giá trị tối đa: $13 \text{ Mpa} < [400] \text{MPa}$.

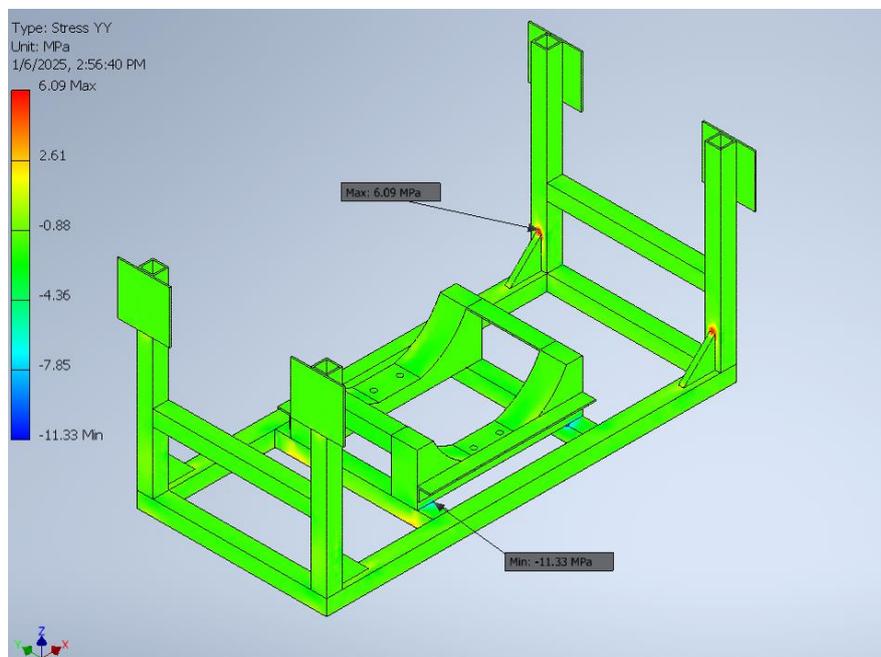
=> Nhỏ hơn giới hạn vật liệu

b. Ứng suất theo trục:



Hình 5.59 Ứng suất trục XX

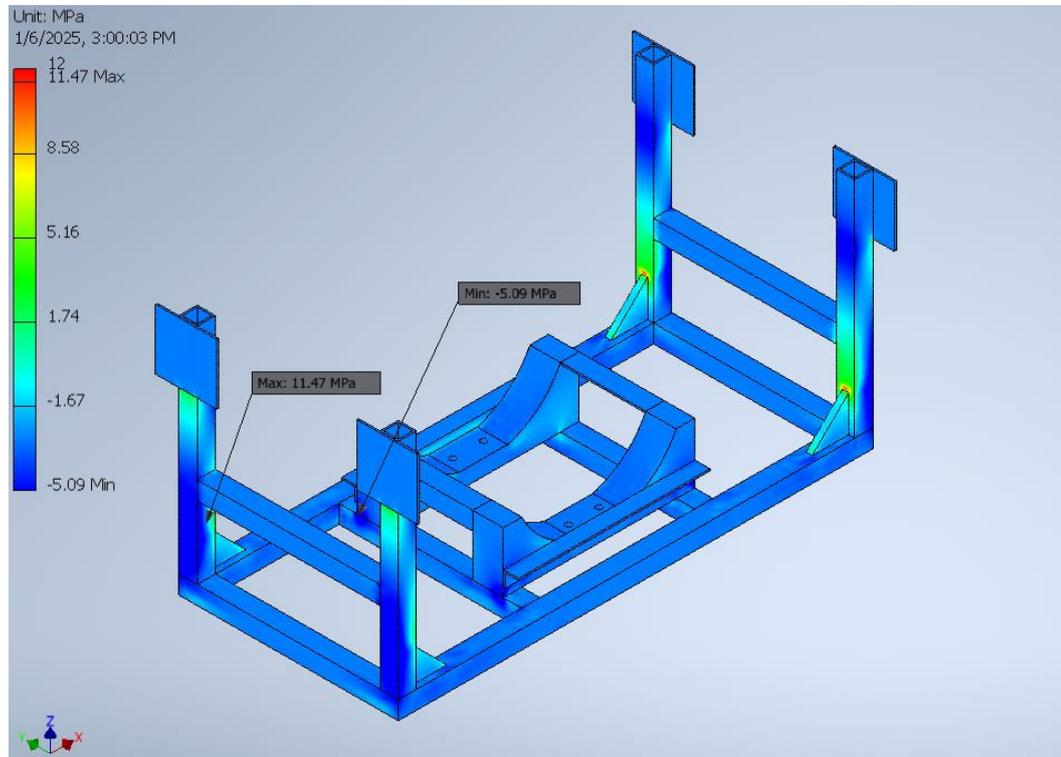
- Ứng suất theo trục XX: 6,3 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat gia cố trụ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế.



Hình 5.60 Ứng suất trục YY

- Ứng suất theo trục YY: 6,09 MPa.

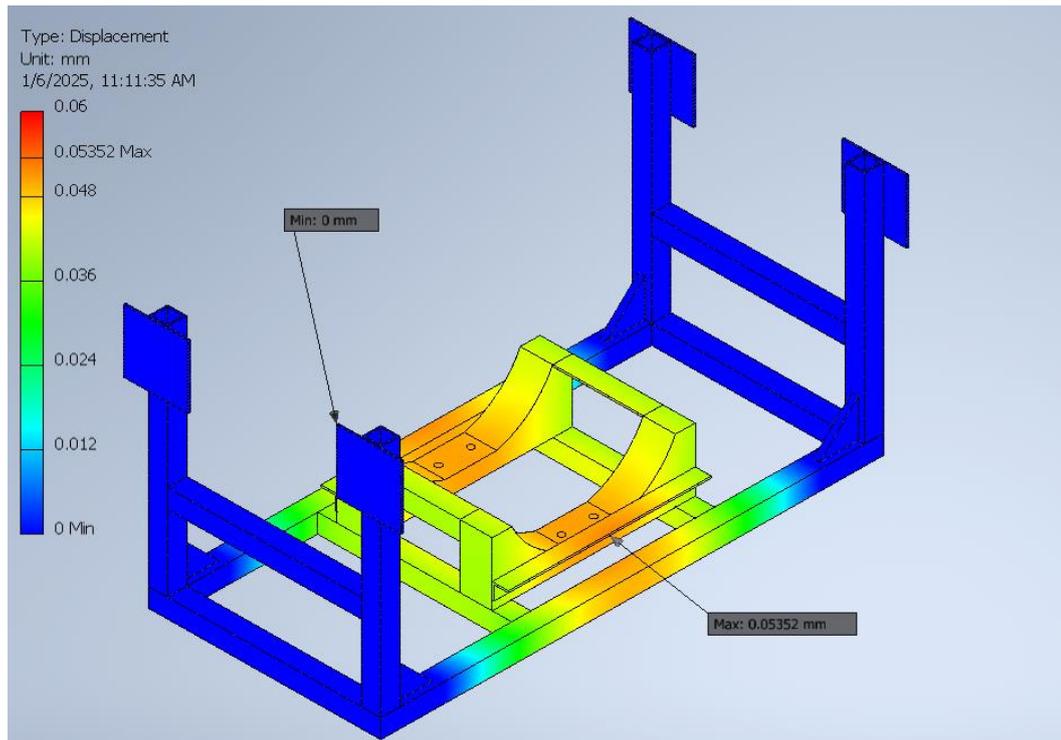
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép pat gia cố.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế khung.



Hình 5.61 Ứng suất trục ZZ

- Ứng suất theo trục ZZ: 11,47 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép pat gia cố.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế khung.

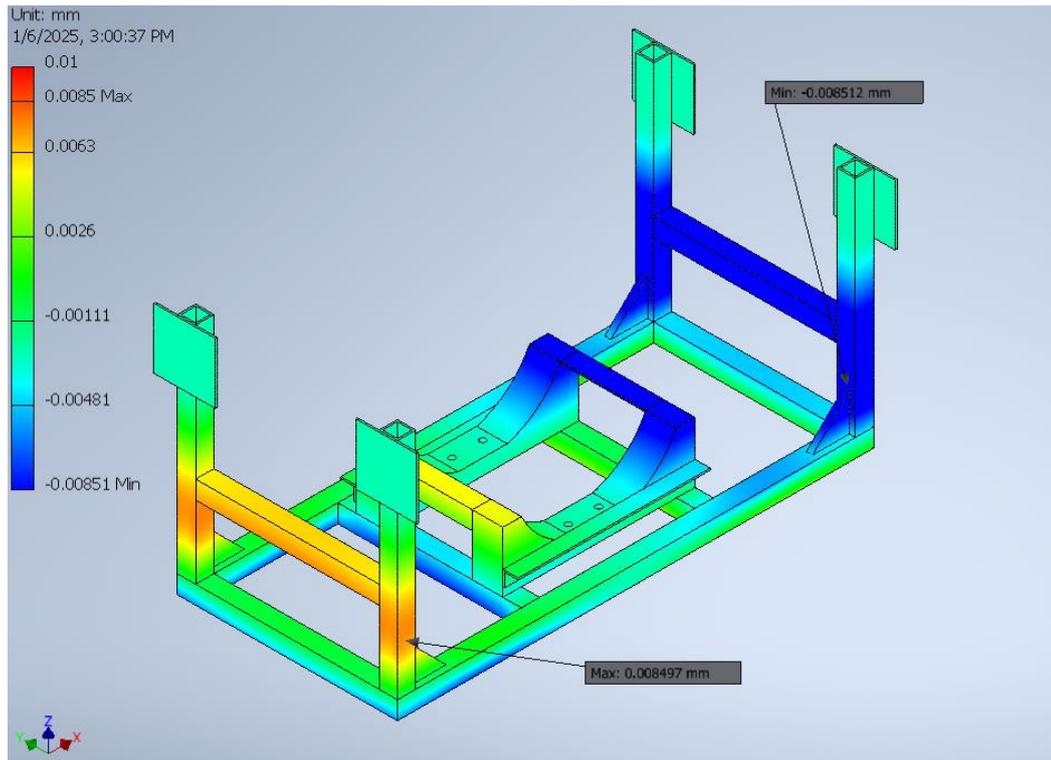
d. Chuyển vị



Hình 5.62 Chuyển vị tương đương

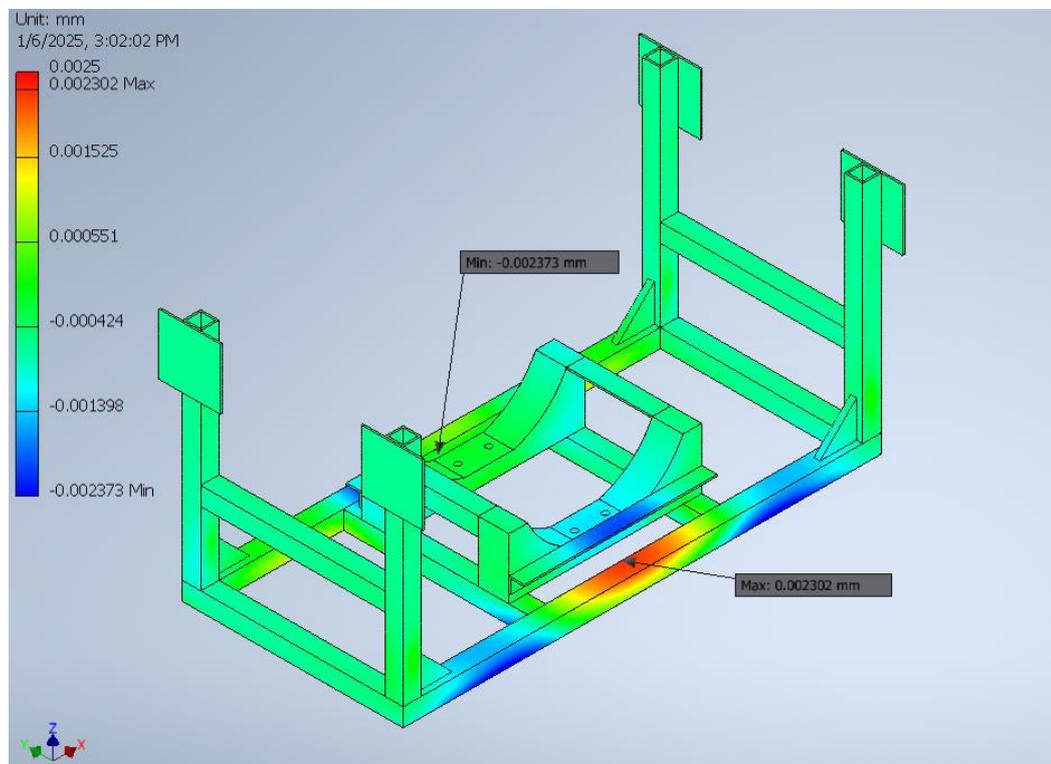
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí bề mặt tiếp xúc của động cơ điện với đế.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí mặt bích tiếp xúc với chasiss.
- Nhận xét: Chuyển vị đạt giá trị cực đại tại vùng tiếp xúc giữa bề mặt động cơ điện và đế giá đỡ nhưng vẫn đảm bảo độ bền khi giá trị chuyển vị giao động rất nhỏ 0,05 mm. Giá trị cực tiểu của chuyển vị đạt tại vị trí mặt bích tiếp xúc với chasiss, cho thấy giá đỡ động cơ điện được liên kết với chasiss đảm bảo độ chắc chắn.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.63 Chuyển vị theo phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí trụ đứng.

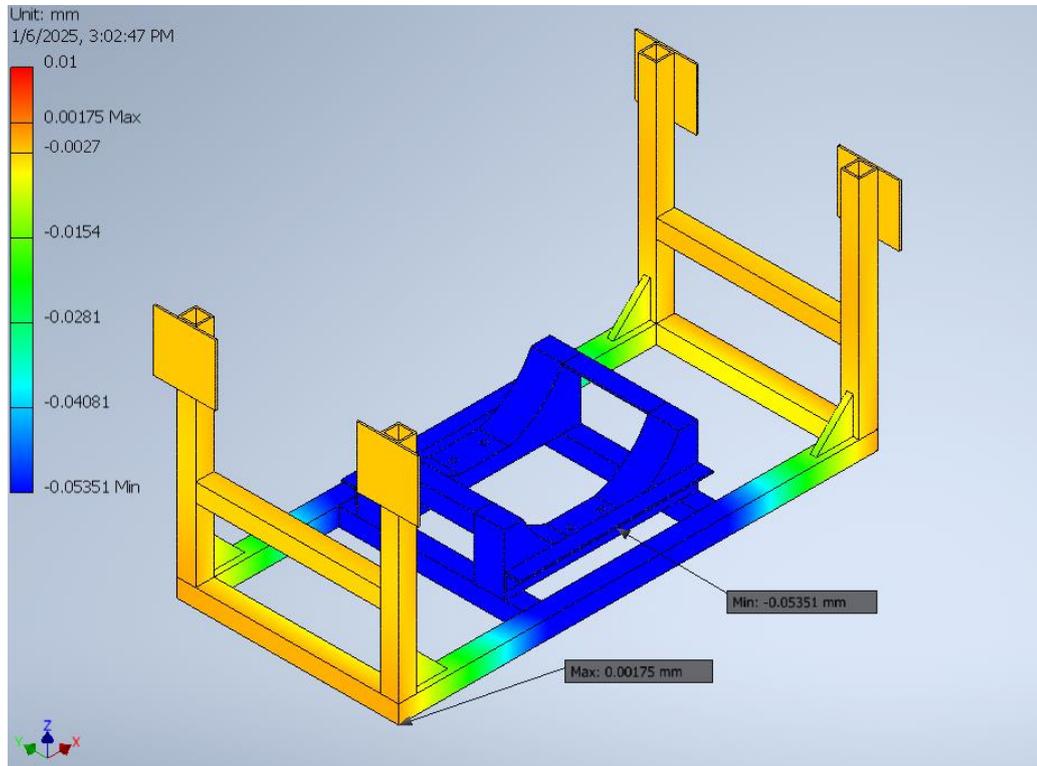


Hình 5.64 Chuyển vị theo phương Y

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

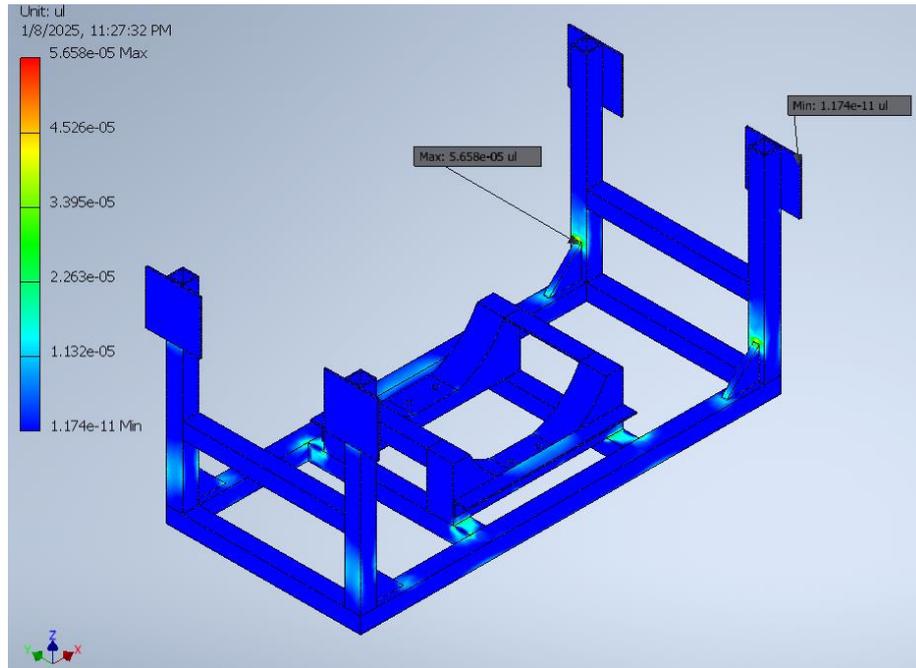
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí dầm dọc .
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh nẹp.



Hình 5.65 Chuyển vị theo phương Z

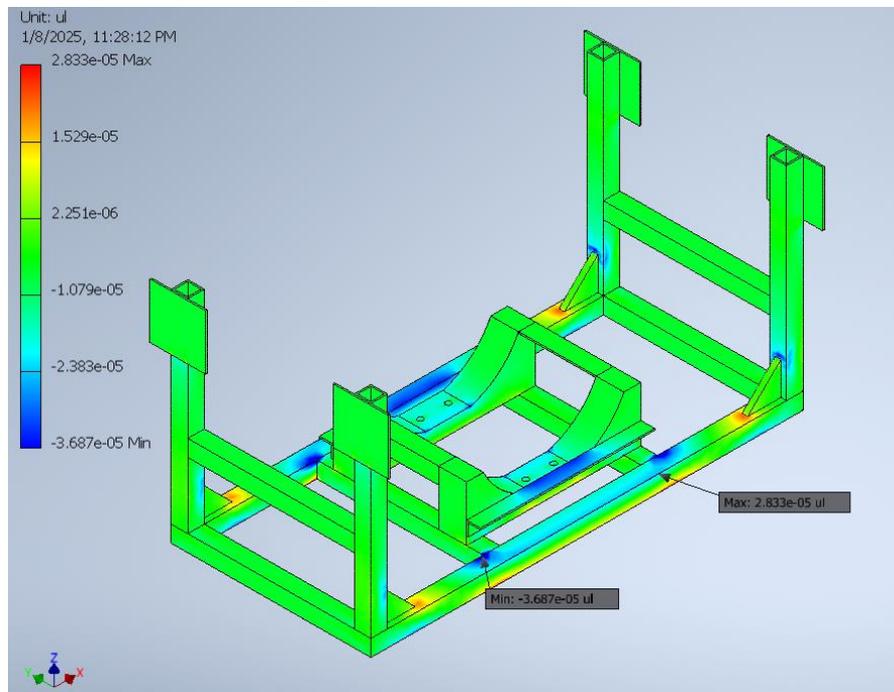
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí đế khung.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí dầm ngang.

e. Biến dạng



Hình 5.66 Biến dạng tương đương

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí mặt bích.



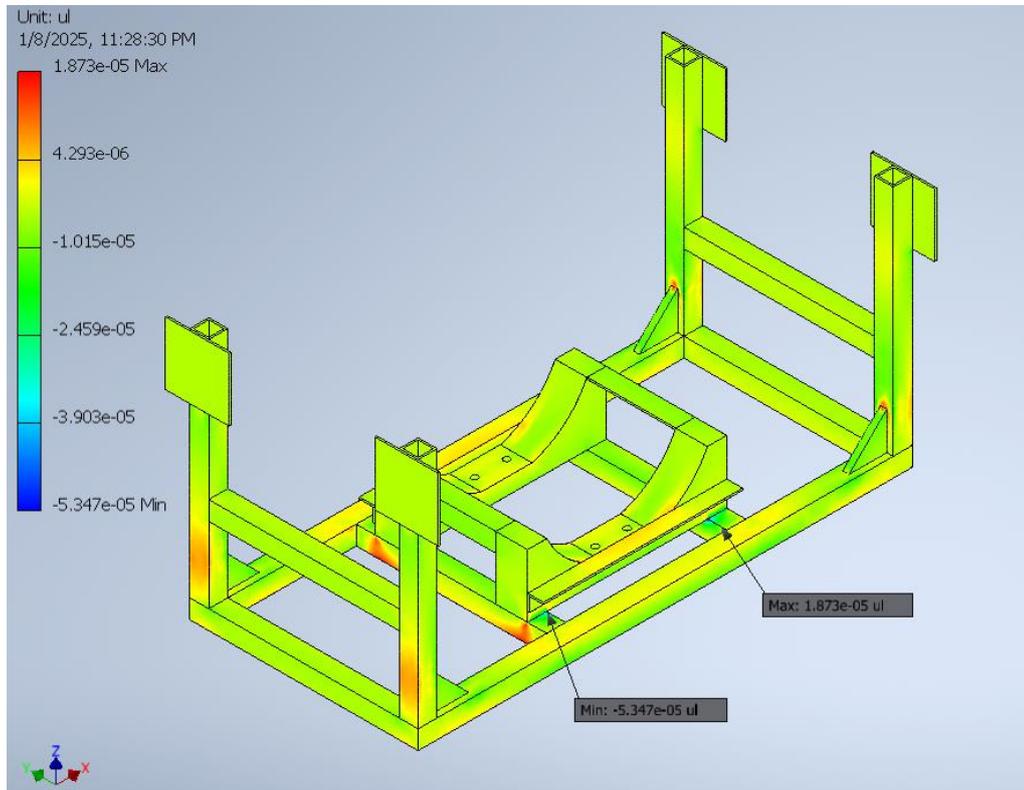
Hình 5.67 Biến dạng Phương X

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí dầm ngang.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

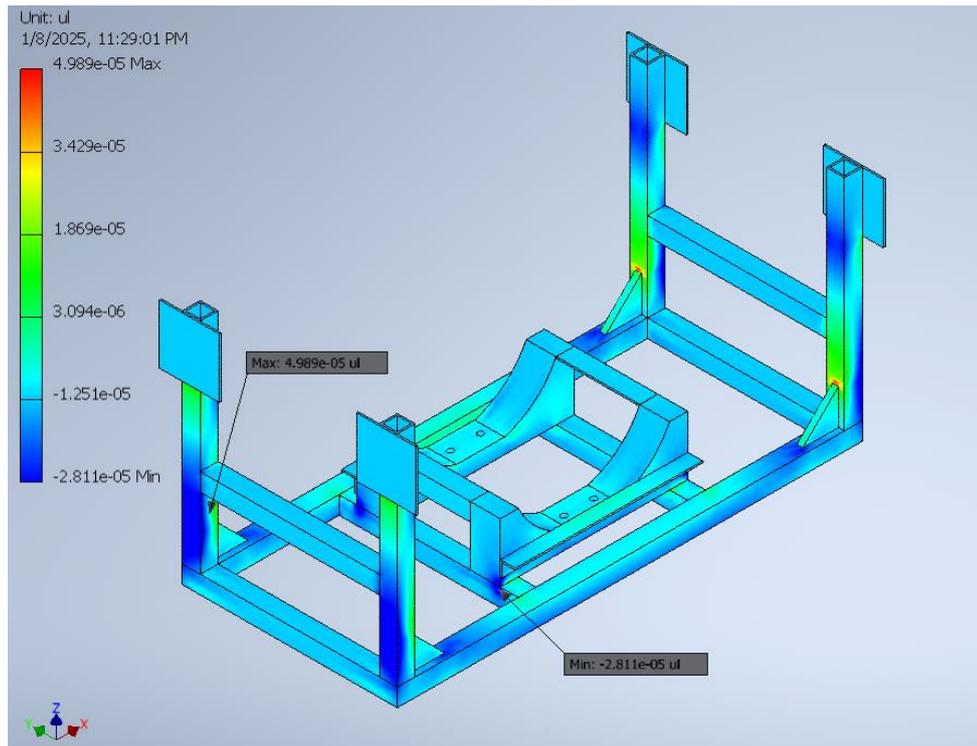
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí dầm ngang.



Hình 5.68 Biến dạng Phương Y

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí dầm ngang.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí dầm ngang.

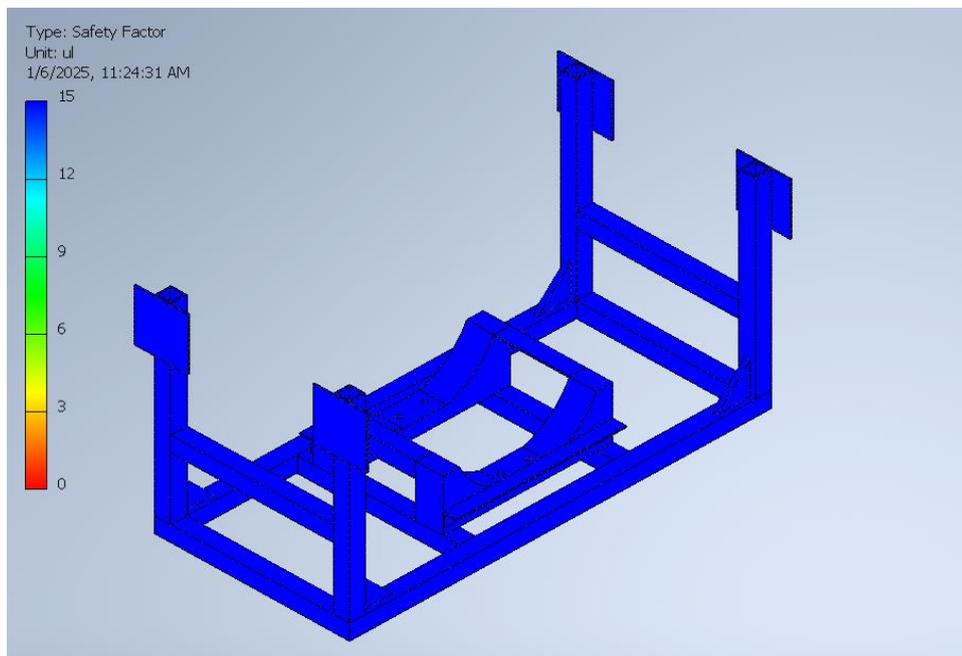
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.69 Biến dạng Phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí dầm ngang.

f. Hệ số an toàn (Safety Factor):



Hình 5.70 Nhân tố an toàn

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

- Nhận xét: Hệ số an toàn cực đại có giá trị tiệm cận 15, dựa vào hệ số này làm căn cứ suy ra được khung đảm bảo độ bền cao.

g. Độ cứng (HR)

- Từ ứng suất tối đa trong mô phỏng (13,14 MPa) và không thấy đề cập đến xử lý nhiệt, vật liệu có thể đang ở trạng thái chưa tôi luyện. Độ cứng khoảng 50 - 60 HRC.

h. Độ bền uốn

- Với độ bền kéo đứt (UTS) là 400 MPa từ báo cáo, độ bền uốn của vật liệu này nằm trong khoảng 400 - 510 MPa, phù hợp với tính chất của thép SS400.

i. Độ bền kéo

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises): 13,14 MPa, thấp hơn nhiều so với UTS (400 Mpa), cho thấy kết cấu an toàn trong điều kiện tải hiện tại.

k. Độ dai va đập

- Nếu vật liệu trong báo cáo chưa qua xử lý nhiệt, độ dai va đập ước tính khoảng 15-20 J/cm², phù hợp cho các ứng dụng thông thường.

l. Giới hạn chảy:

- 245 MPa là mức ứng suất tại đó thép SS400 bắt đầu biến dạng dẻo (không hồi phục). Ứng suất mô phỏng chỉ đạt 13% giới hạn này, cho thấy vật liệu vẫn hoạt động hoàn toàn trong vùng đàn hồi, không có nguy cơ biến dạng vĩnh viễn.

m. Đánh giá

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises) là 13,14 MPa, thấp hơn nhiều so với giới hạn chảy (400 MPa). Điều này cho thấy thiết kế chịu lực tốt và an toàn cao trong điều kiện tải hiện tại.

- Chuyển vị và biến dạng rất nhỏ, đảm bảo độ cứng vững của kết cấu.

- Hệ số an toàn tối đa 14,9, vượt xa giá trị tiêu chuẩn (thường từ 1.5 đến 3), cho thấy cấu trúc dư an toàn.

Kết luận: Kết cấu khung dư bền.

5.1.5.2 Mô phỏng bền đồ gá máy phát

a. Thiết lập thông số vật liệu

- Tên vật liệu: Thép SS400

- Khối lượng riêng (Density): 7,85 g/cm³.

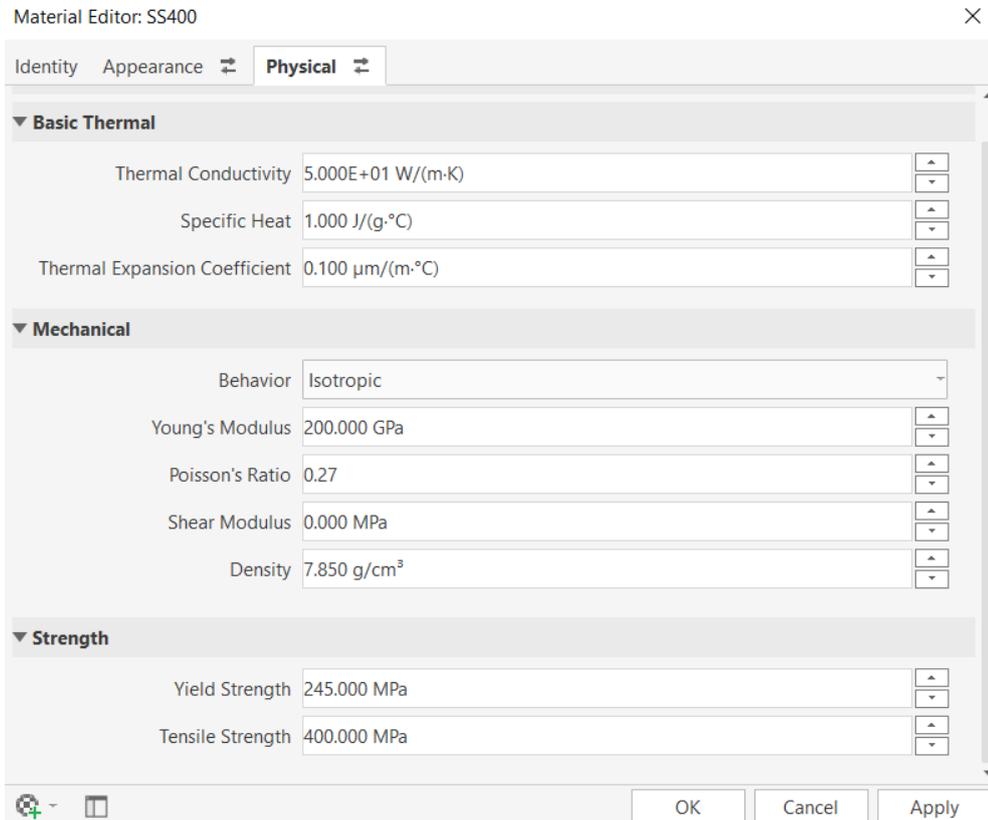
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 245 MPa.

- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 400 MPa.

- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

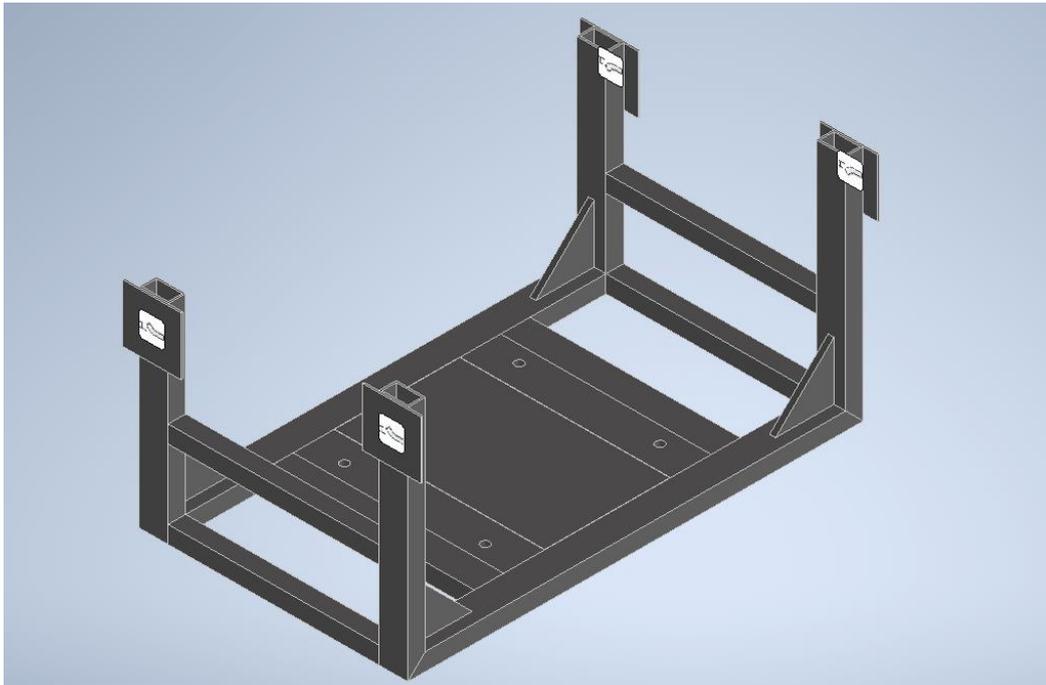


Hình 5.71 Đặt thông số vật liệu

Component	Original Material	Override Material	Safety Factor
LẮP GIÁ TREO MÁY PHÁT:1			
Welds	Welded Aluminum-6061	(As Defined)	Yield Strength
LẮP ĐỂ MÁY PHÁT:1			
Welds	Welded Aluminum-6061	(As Defined)	Yield Strength
THANH DỌC ĐỂ MÁY	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DỌC ĐỂ MÁY	SS400	(As Defined)	Yield Strength
MẶT BÍCH MÁY PHÁT	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DẪM BÊN:2	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DẪM BÊN NGẮN:	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DẪM BÊN NGẮN:	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DỌC RÌA KHUNG	SS400	(As Defined)	Yield Strength
THANH DỌC RÌA KHUNG	SS400	(As Defined)	Yield Strength
PẠT GIA CỔ THANH DẪM	SS400	(As Defined)	Yield Strength
PẠT GIA CỔ THANH DẪM	SS400	(As Defined)	Yield Strength

Hình 5.72 Đặt vật liệu toàn bộ khung bằng thép SS400

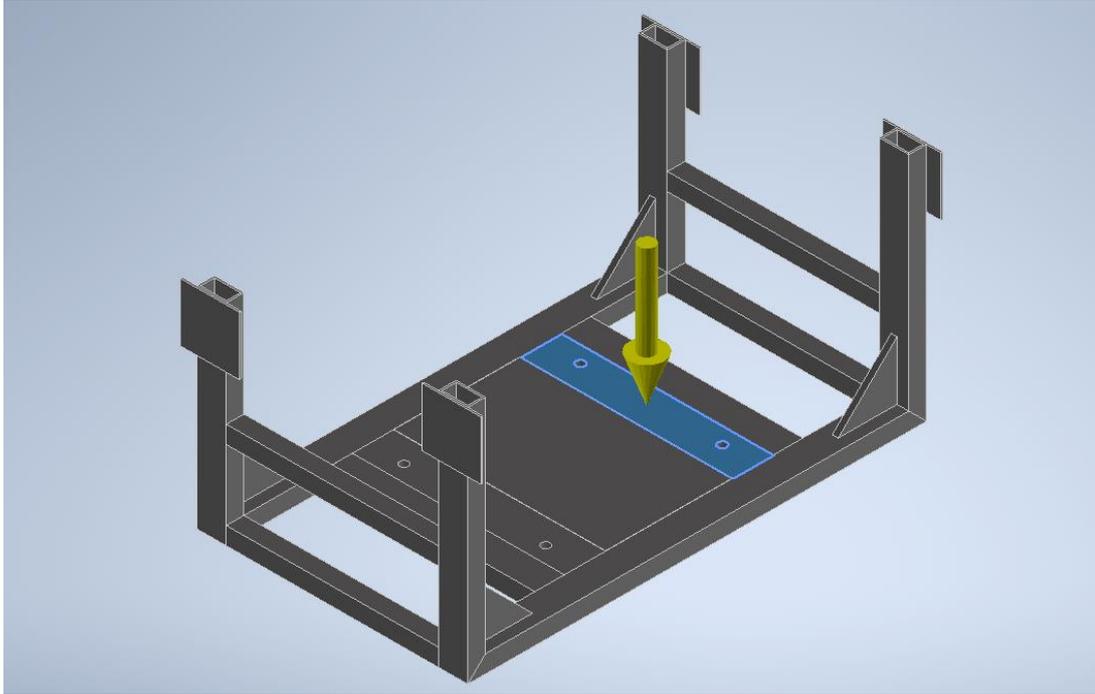
b. Đặt gối cố định



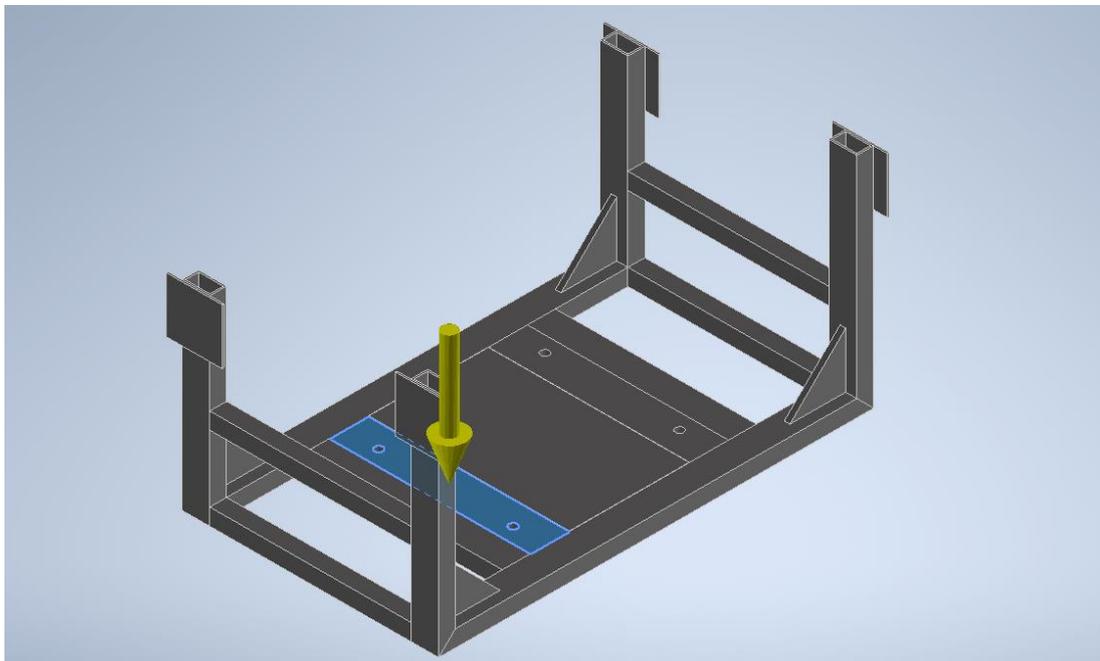
Hình 5.73 Đặt gối cố định

- Giá đỡ máy phát được gá lên chasiss bằng 4 mặt bích qua mỗi ghép hàn. Chính vì vậy, gối cố định gán cho mặt bích tiếp xúc với khung chasiss.

c. Đặt lực



Hình 5.74 Đặt lực giá đỡ động cơ



Hình 5.75 Đặt lực giá đỡ động cơ

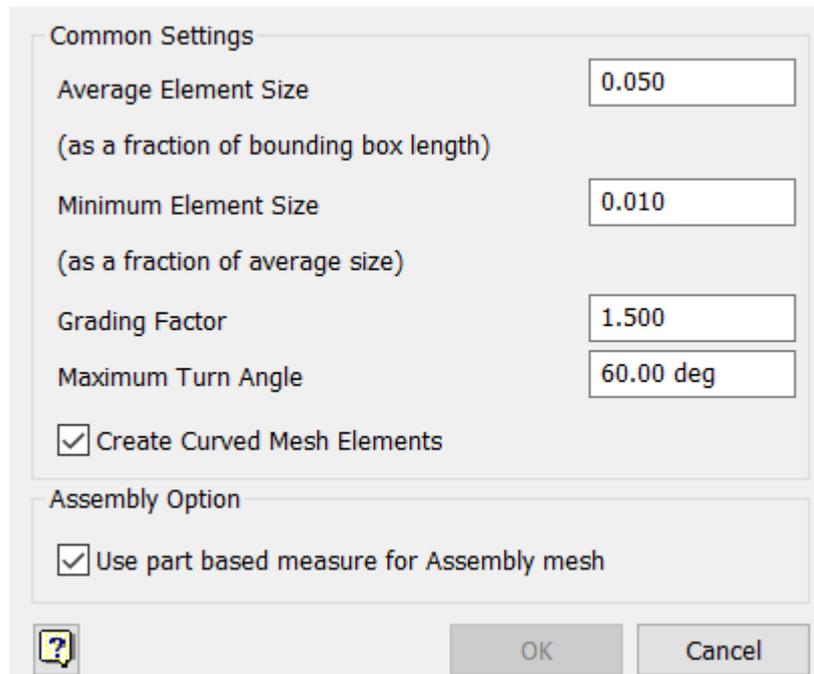
- Máy phát điện có khối lượng 180kg quy đổi sang lực 1800N được phân làm hai vector lực tương ứng với bề mặt tiếp xúc của động cơ điện và giá đỡ. Mỗi vector lực có giá trị 900N.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

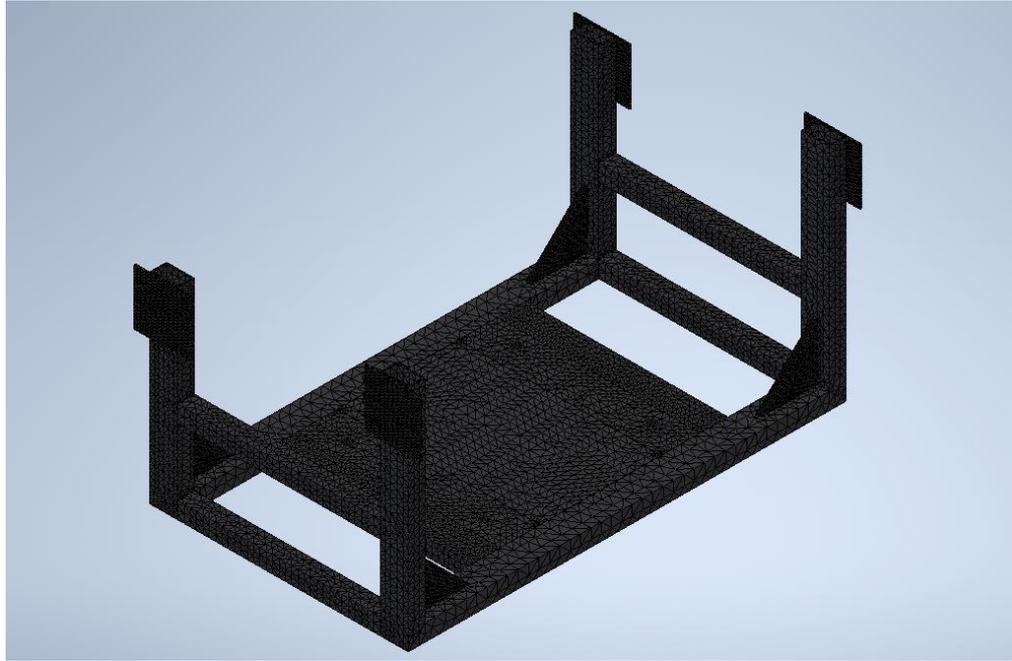
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

d. Chia lưới

- Kích thước phần tử trung bình: 0.05
- Kích thước phần tử tối thiểu: 0.01
- Hệ số phân cấp: 1.5
- Góc tối đa giữa các cạnh: **60°**



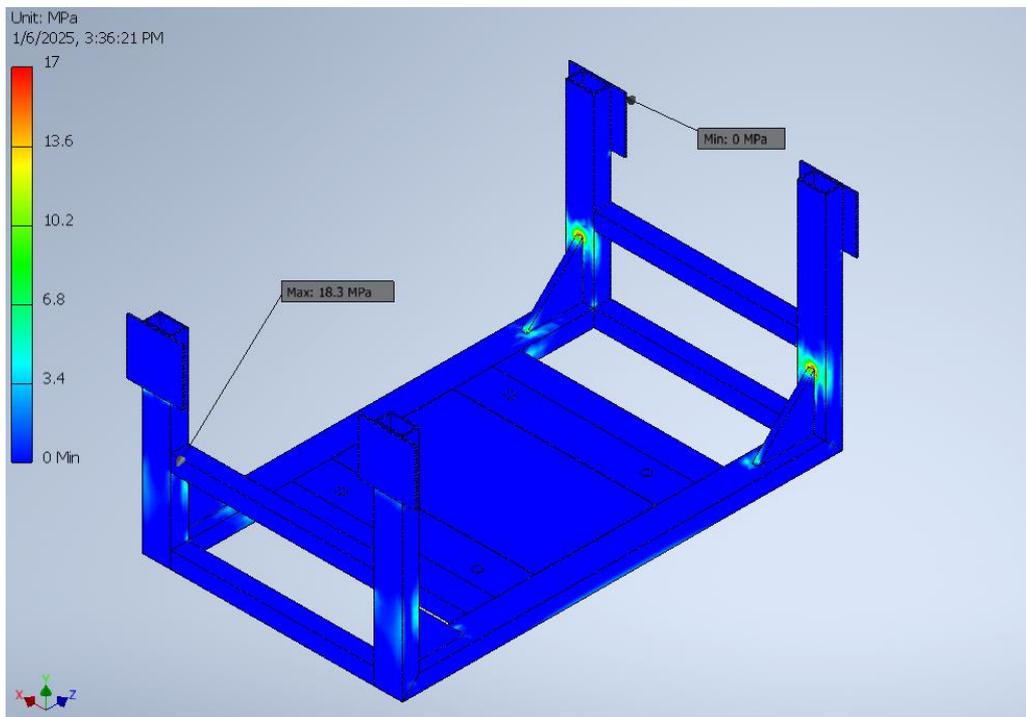
Hình 5.76 Cài đặt thông số lưới



Hình 5.77 Chia lưới mô hình

5.1.5.2.1 Kết quả phân tích và đánh giá

a. Ứng suất Von Mises



Hình 5.78 Ứng suất Von Mises

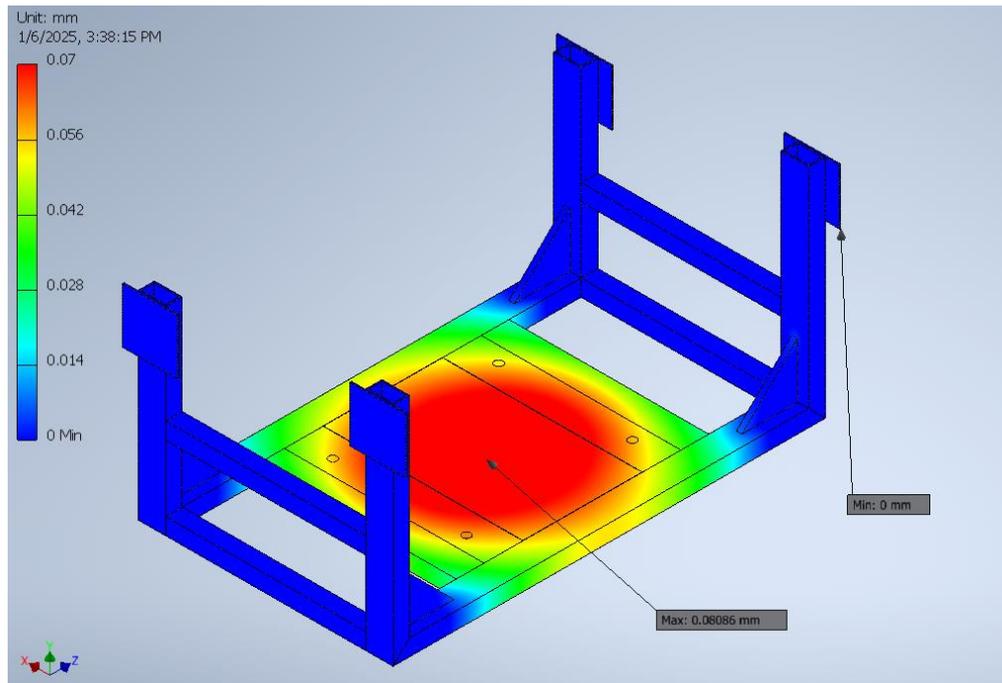
- Nhận xét: Tại điểm tiếp xúc giữa pat gia cố và trụ đứng ứng suất đạt giá trị cực đại nhưng vẫn nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn bền của vật liệu. Điều đó chứng minh được

sự hiệu quả của pat gia cố để giá đỡ và trụ. Ứng suất đạt giá trị cực tiểu tại mặt bích tiếp xúc với chassis, suy ra diện tích bề mặt mặt bích và mối ghép hàn đảm bảo điều kiện bền.

- Giá trị tối đa: $18,30 \text{ Mpa} < [400] \text{MPa}$.

=> Nhỏ hơn giới hạn vật liệu

b. Chuyển vị

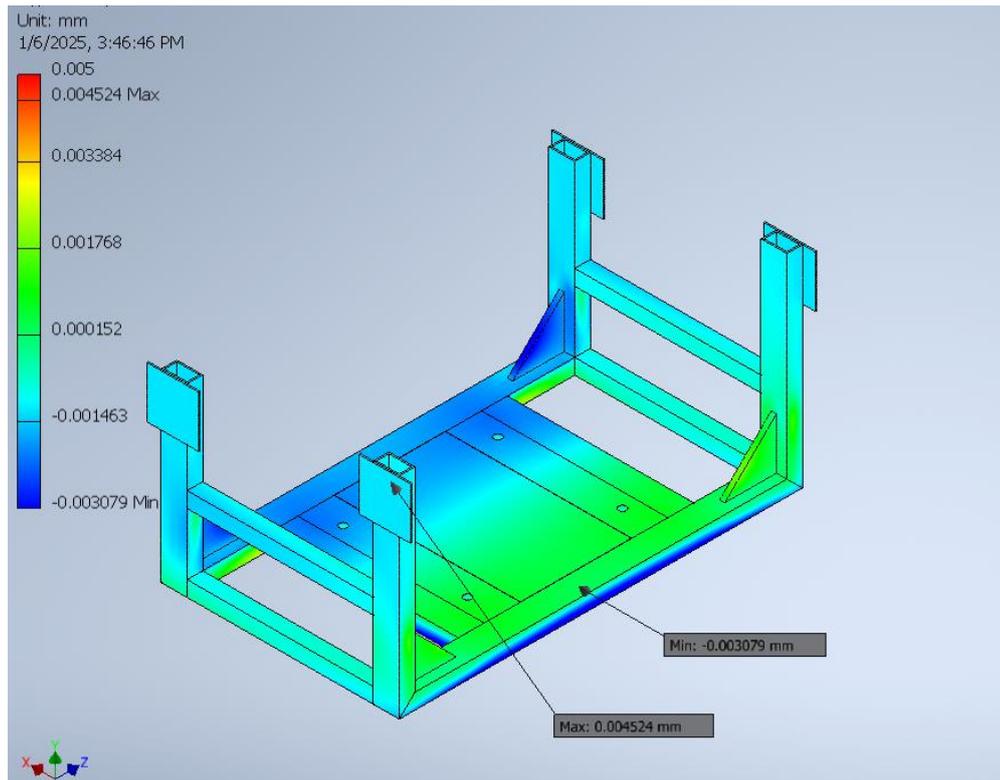


Hình 5.79 Chuyển vị tương đương

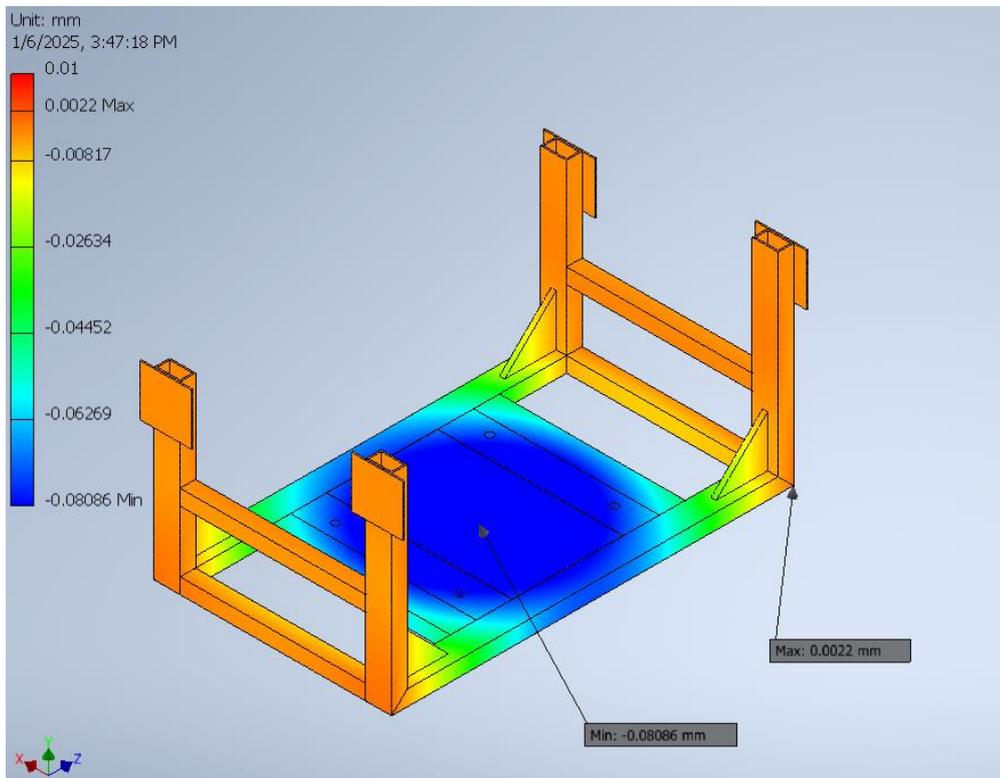
- Nhận xét: Chuyển vị đạt giá trị cực đại tại vùng tiếp xúc giữa bề mặt máy phát và đế giá đỡ nhưng vẫn đảm bảo độ bền khi giá trị chuyển vị giao động rất nhỏ 0,08 mm. Giá trị cực tiểu của chuyển vị đạt tại vị trí mặt bích tiếp xúc với chassis, cho thấy giá đỡ máy phát được liên kết với chassis đảm bảo độ chắc chắn.

- Chuyển vị tối đa (Maximum Displacement): 0,08 mm.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.80 Chuyển vị theo phương X

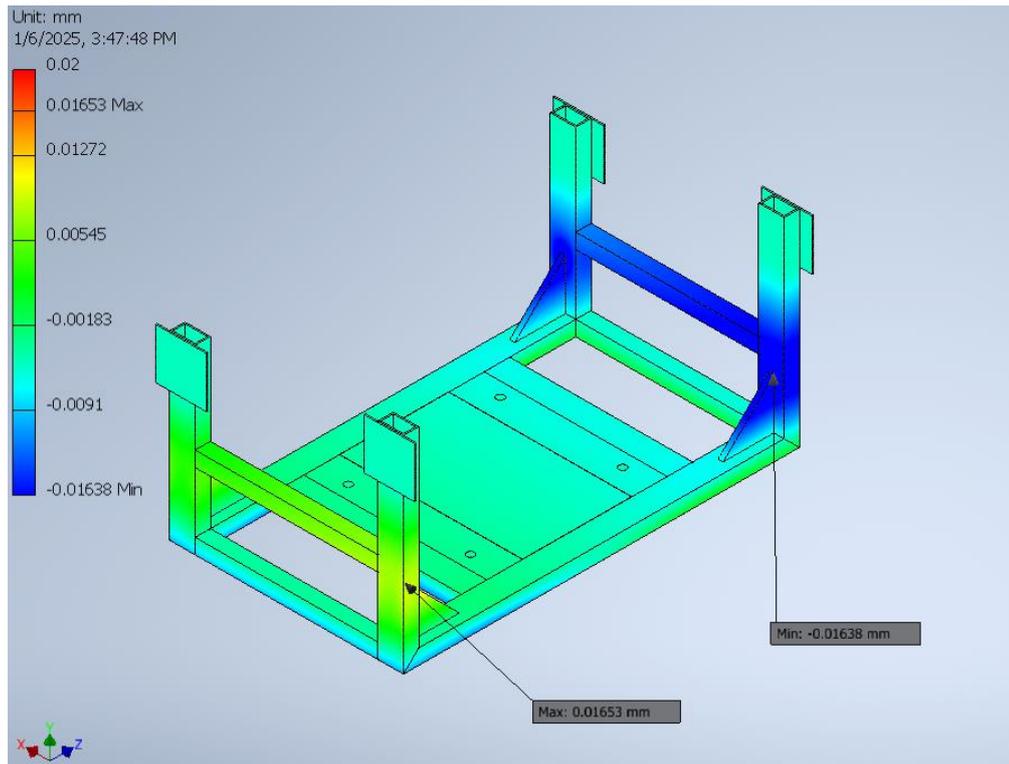


Hình 5.81 Chuyển vị theo phương Y

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

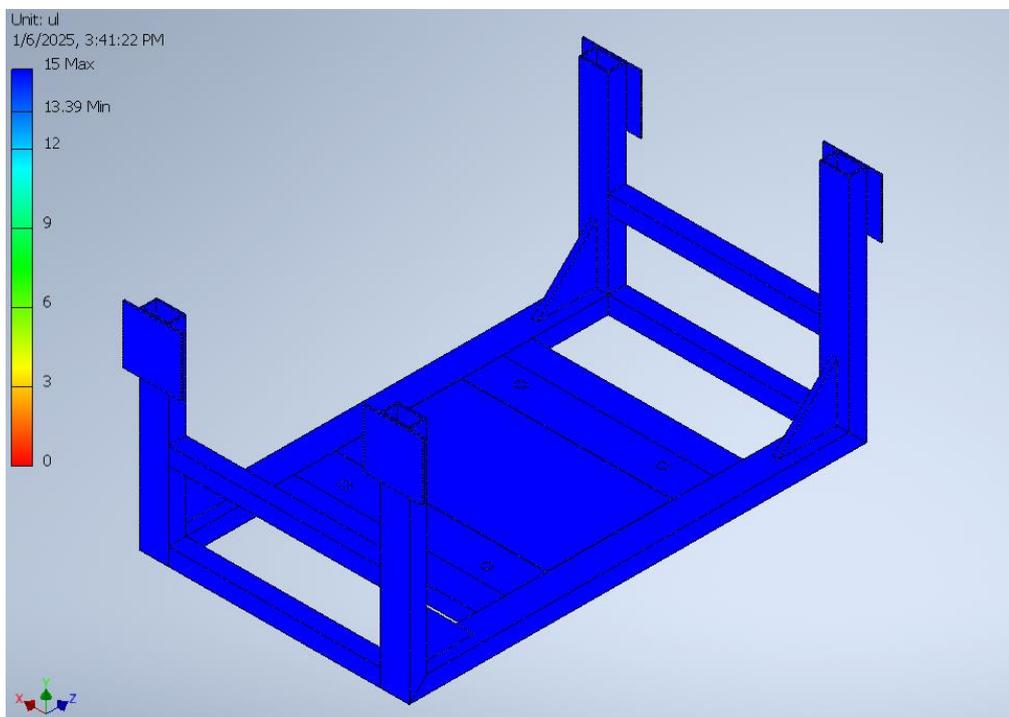
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.82 Chuyển vị theo phương Z

c. Nhân tố an toàn



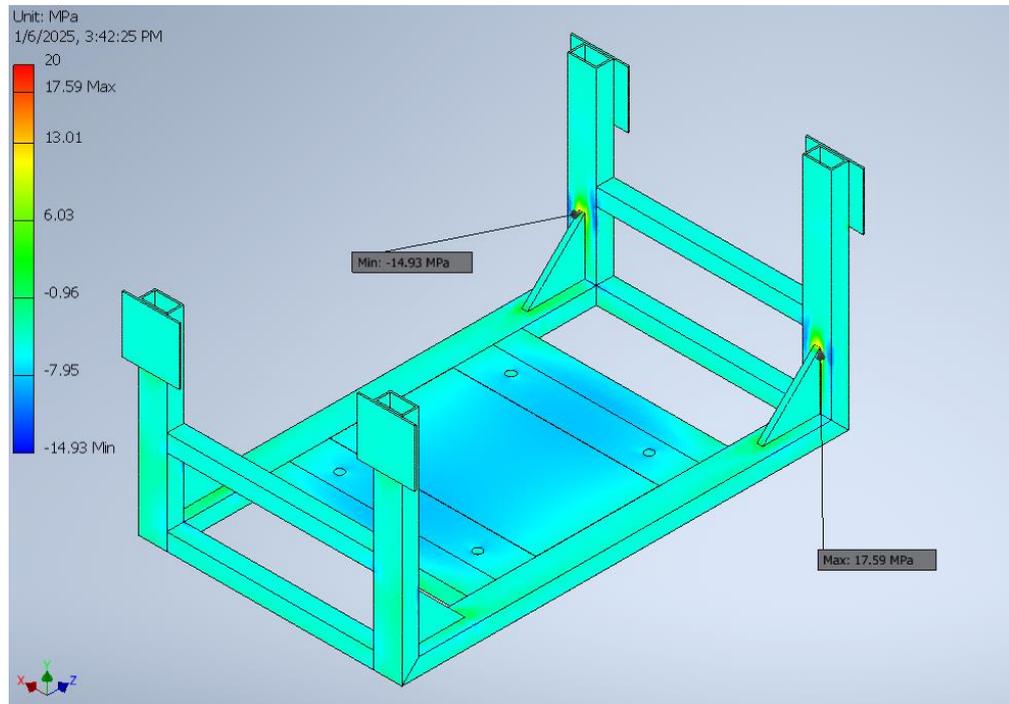
Hình 5.83 Nhân tố an toàn

- Nhận xét: Hệ số an toàn cực đại có giá trị tiệm cận 13,39 dựa vào hệ số này làm căn cứ suy ra được khung đảm bảo độ bền cao.

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

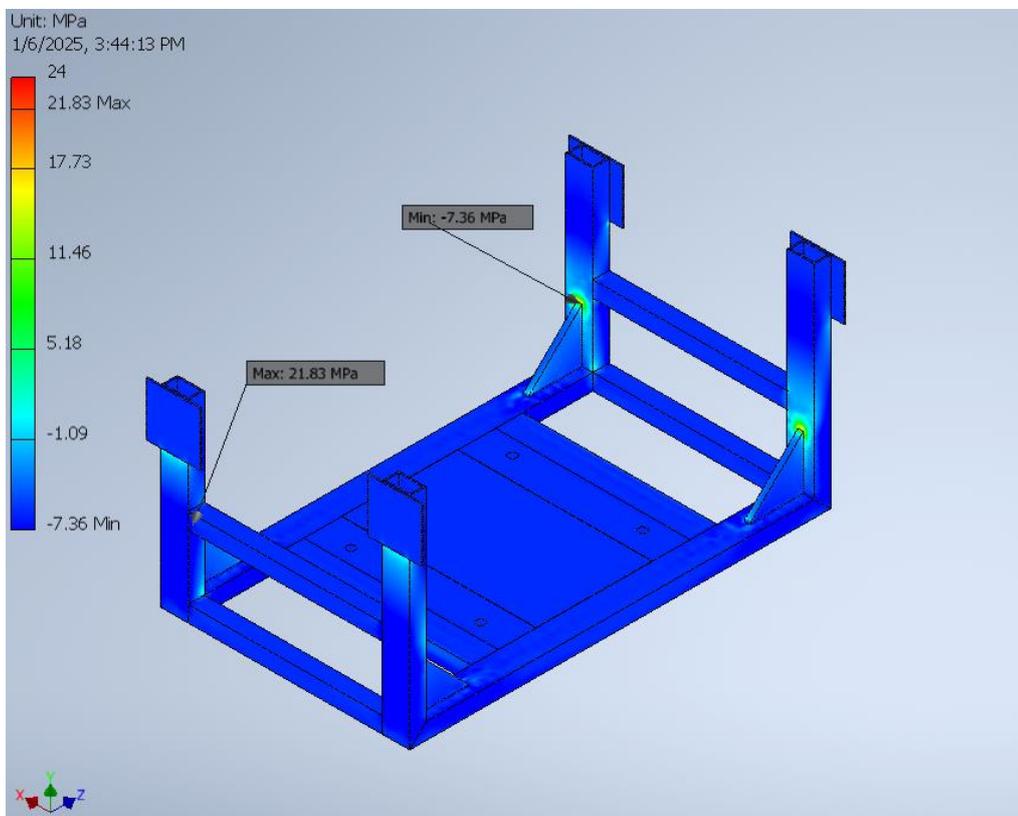
Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

d. Ứng suất



Hình 5.84 Ứng suất trục XX

- Ứng suất phương XX: 17,59 MPa.

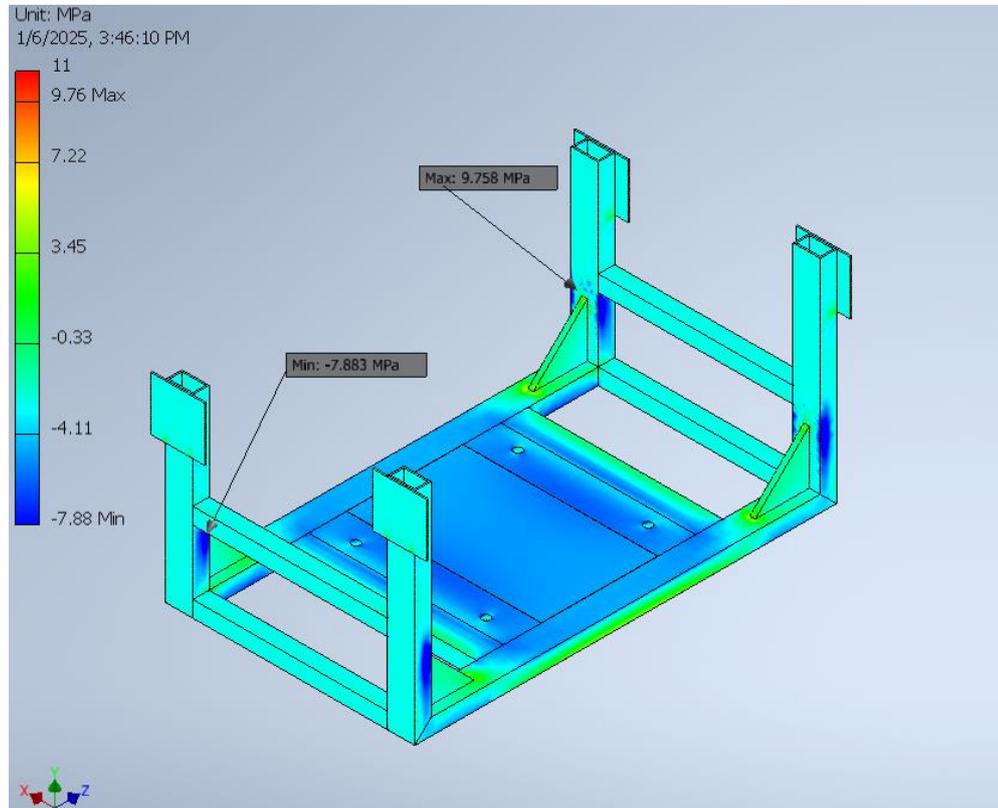


Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Hình 5.85 Ứng suất trục YY

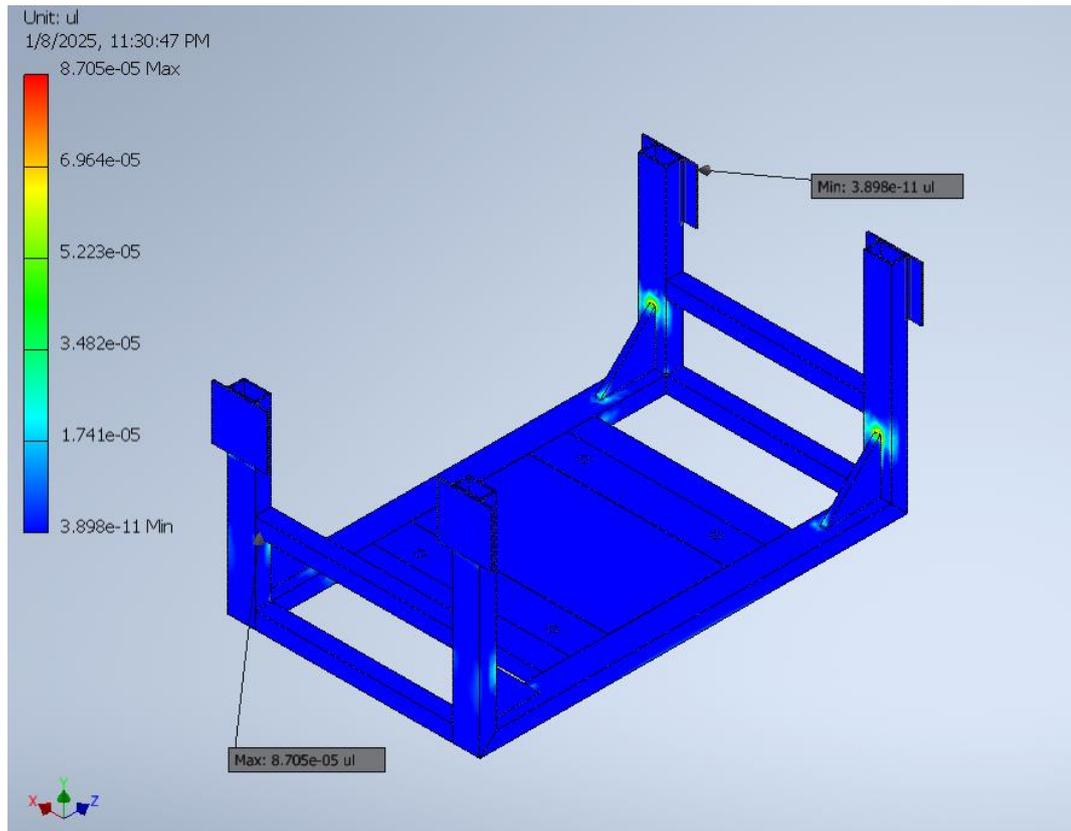
- Ứng suất phương YY: 21,83 MPa.



Hình 5.86 Ứng suất trục ZZ

- Ứng suất phương ZZ : 9,76 MPa.

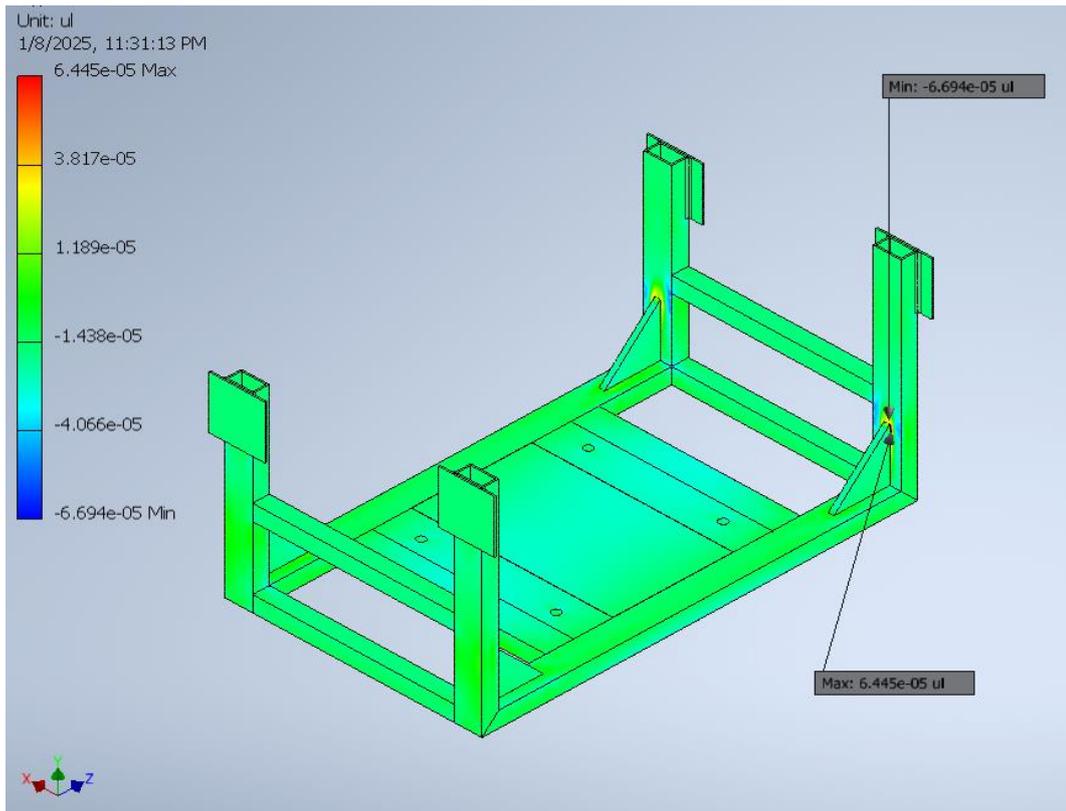
e. Biến dạng



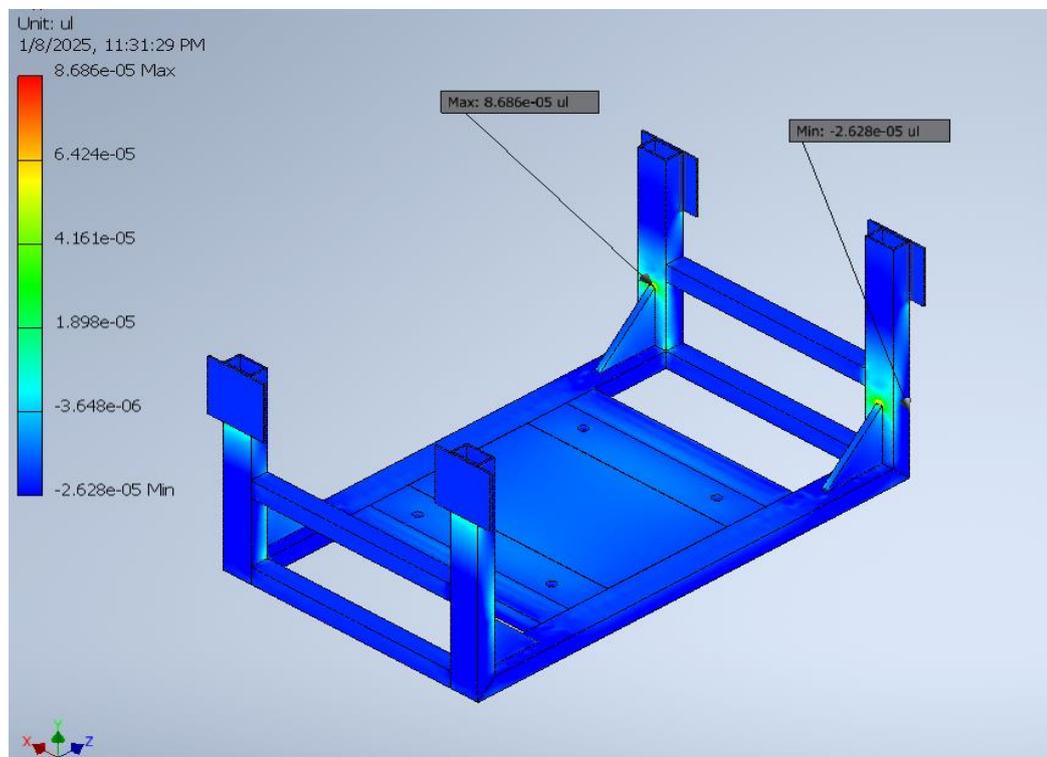
Hình 5.87 Biến dạng tương đương

- Biến dạng tương đương (Equivalent Strain: $8,705 \times 10^{-8}$ mm/mm).

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



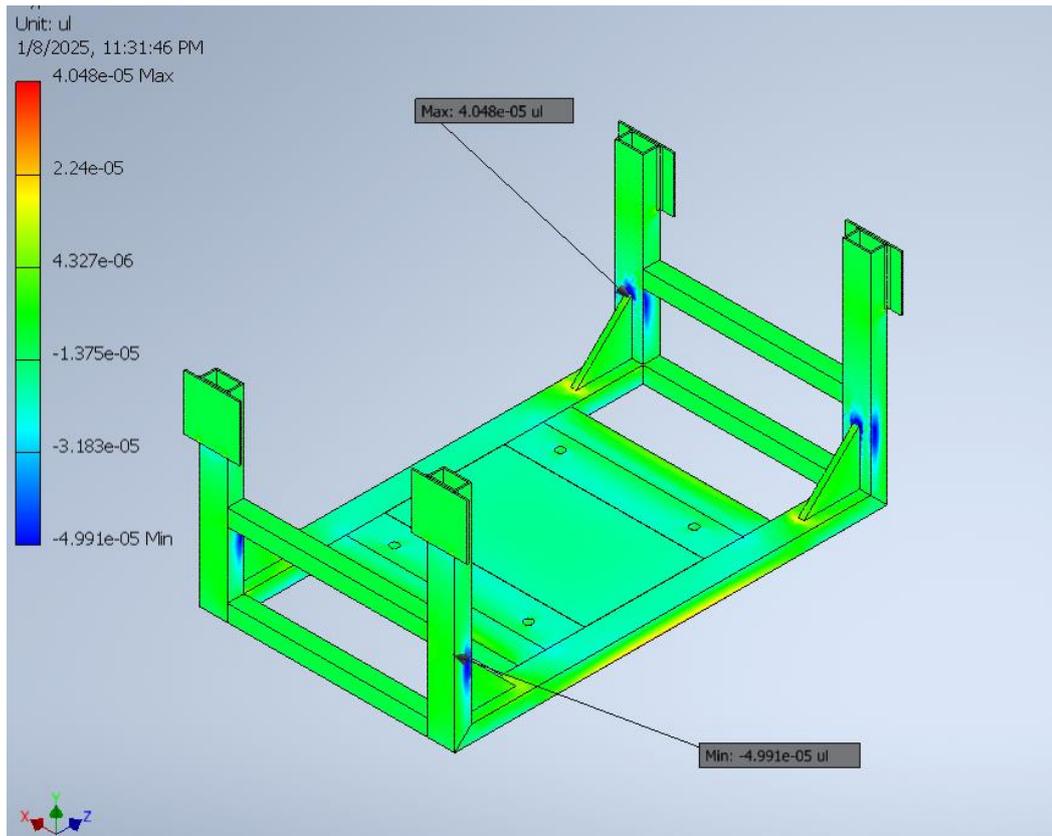
Hình 5.88 Biến dạng theo phương X



Hình 5.89 Biến dạng theo phương Y

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục



Hình 5.90 Biến dạng theo phương Z

f. Độ cứng (HR)

- Từ ứng suất tối đa trong mô phỏng (16,84 MPa) và không thấy đề cập đến xử lý nhiệt, vật liệu có thể đang ở trạng thái chưa tôi luyện. Độ cứng khoảng 50 - 60 HRC.

g. Độ bền uốn

- Với độ bền kéo đứt (UTS) là 400 MPa từ báo cáo, độ bền uốn của vật liệu này nằm trong khoảng 400 - 510 MPa, phù hợp với tính chất của thép SS400.

h. Độ bền kéo

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises): 16,84 MPa, thấp hơn nhiều so với UTS (400 Mpa), cho thấy kết cấu an toàn trong điều kiện tải hiện tại.

i. Độ dai va đập

- Nếu vật liệu trong báo cáo chưa qua xử lý nhiệt, độ dai va đập ước tính khoảng 15-20 J/cm², phù hợp cho các ứng dụng thông thường.

k. Giới hạn chảy:

- 245 MPa là mức ứng suất tại đó thép SS400 bắt đầu biến dạng dẻo (không hồi phục). Ứng suất mô phỏng chỉ đạt 13% giới hạn này, cho thấy vật liệu vẫn hoạt động hoàn toàn trong vùng đàn hồi, không có nguy cơ biến dạng vĩnh viễn.

l. Đánh giá

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises) là 16,84 MPa, thấp hơn nhiều so với giới hạn chảy (400 MPa). Điều này cho thấy thiết kế chịu lực tốt và an toàn cao trong điều kiện tải hiện tại.

- Chuyển vị và biến dạng rất nhỏ, đảm bảo độ cứng vững của kết cấu.

- Hệ số an toàn tối đa 14,9, vượt xa giá trị tiêu chuẩn (thường từ 1.5 đến 3), cho thấy cấu trúc dư an toàn.

Kết luận: Kết cấu khung dư bền.

5.1.5.3 Mô phỏng bền pack pin

a. Thiết lập thông số vật liệu

- Tên vật liệu: Thép SS400

- Khối lượng riêng (Density): 7,85 g/cm³.

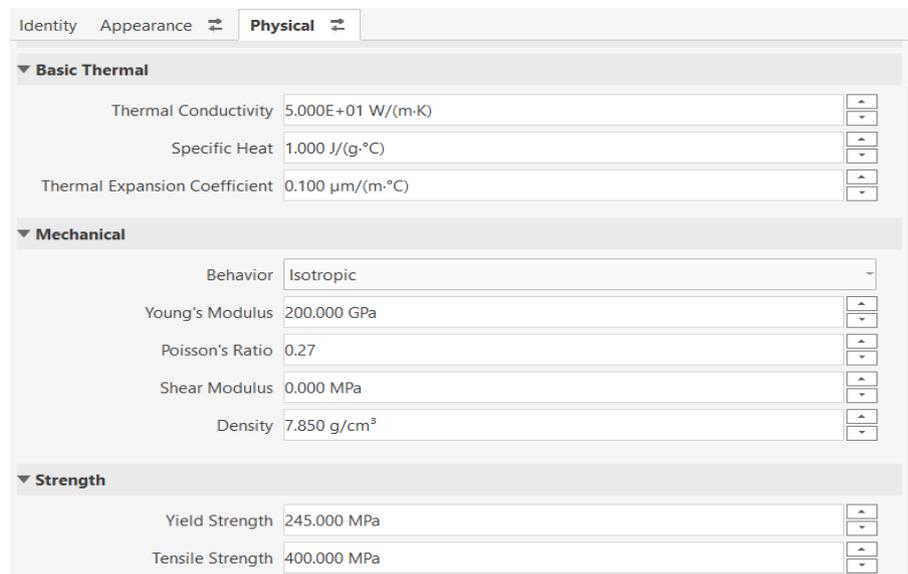
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 245 MPa.

- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 400 MPa.

- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.

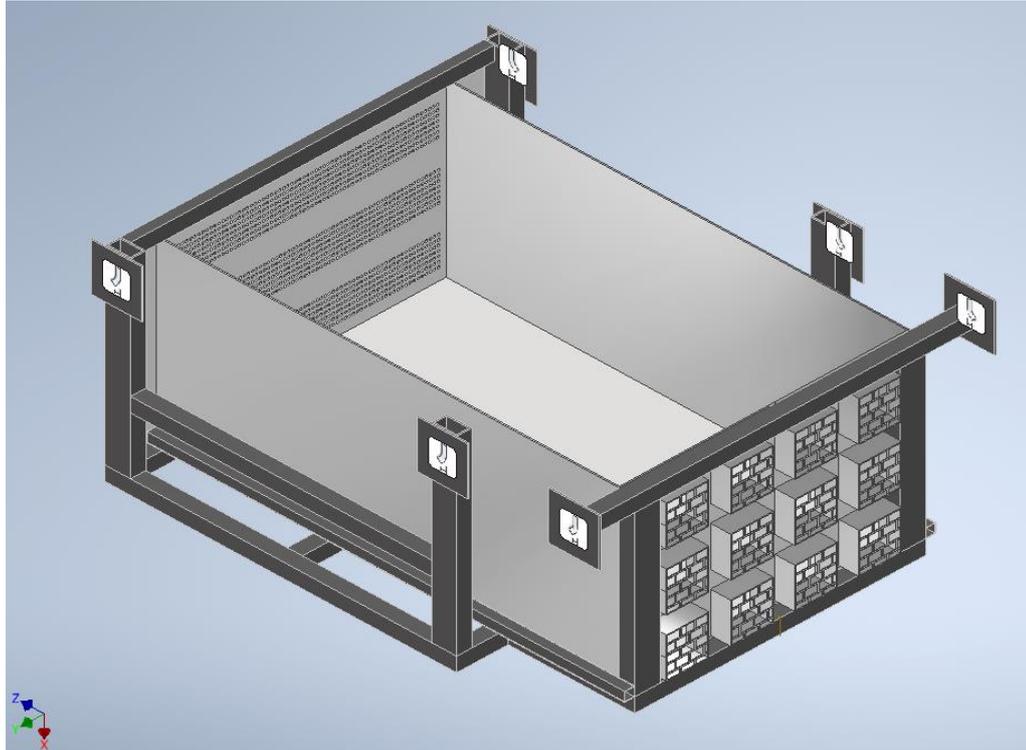
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.

- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.



Hình 5.91 Đặt vật liệu

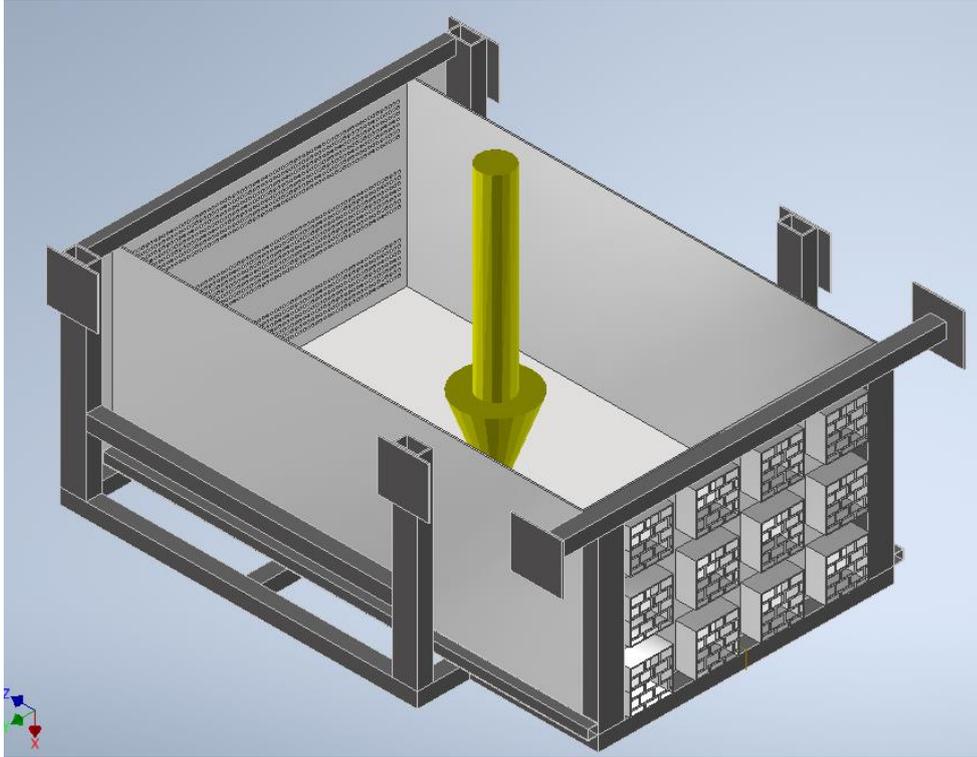
b. Đặt gôì cố định



Hình 5.92 Đặt gói cố định

- Giá đỡ pack pin được gá lên chassis bằng 4 mặt bích qua môi ghép hàn. Chính vì vậy, gói cố định gán cho mặt bích tiếp xúc với khung chassis.

c. Đặt lực



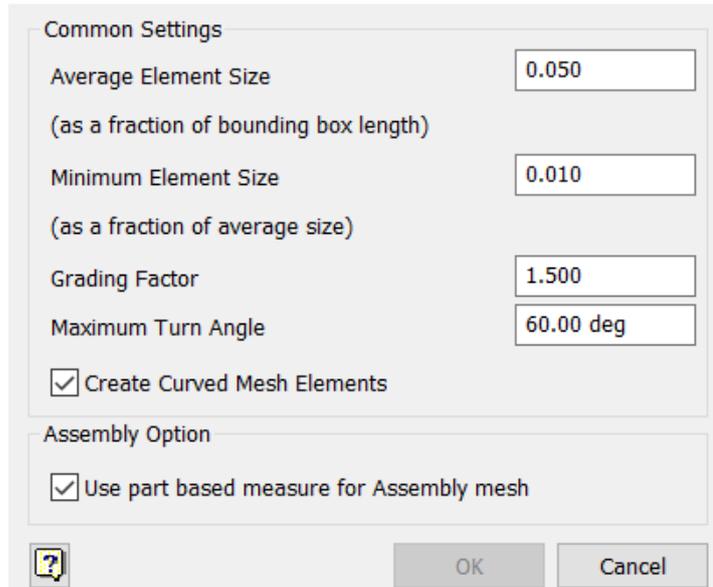
Hình 5.93 Đặt lực giá đỡ động cơ

- Động cơ điện có khối lượng 65kg quy đổi sang lực 650N được phân làm hai vector lực tương ứng với bề mặt tiếp xúc của động cơ điện và giá đỡ. Mỗi vector lực có giá trị 325N.

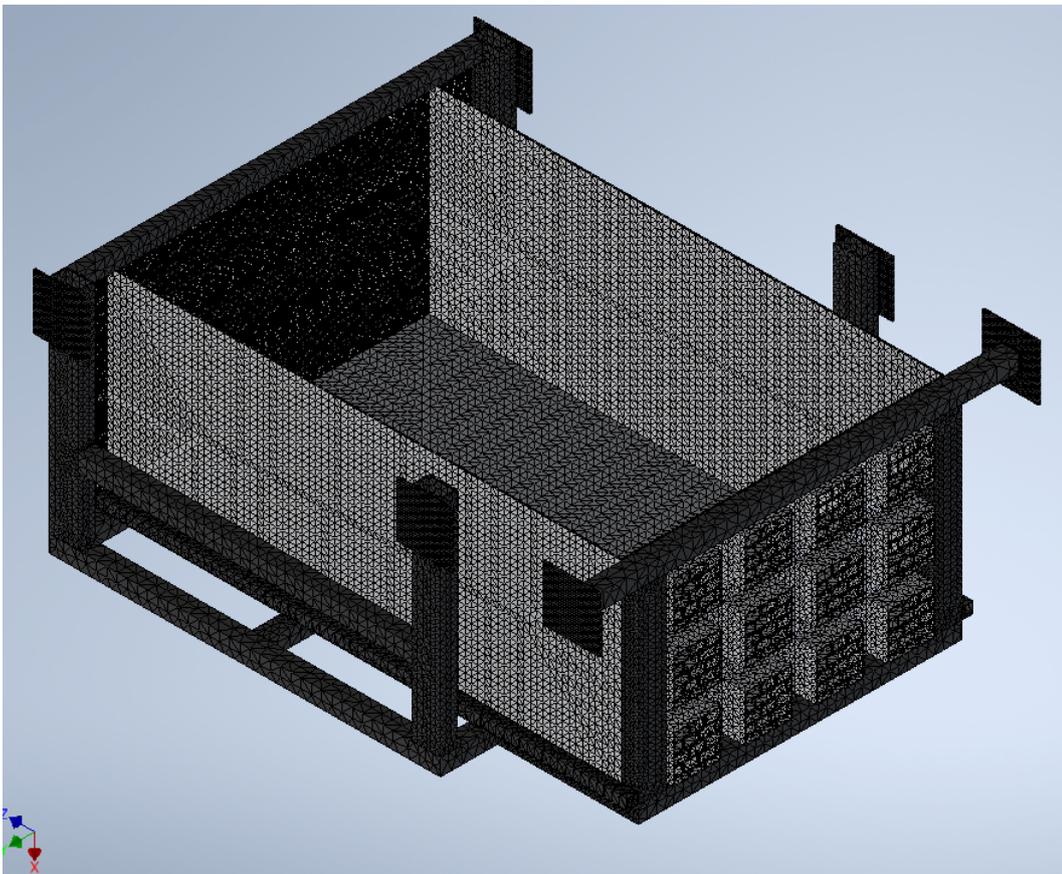
d. Chia lưới

- Kích thước phần tử trung bình: 0.05
- Kích thước phần tử tối thiểu: 0.01
- Hệ số phân cấp: 1.5
- Góc tối đa giữa các cạnh: **60°**

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



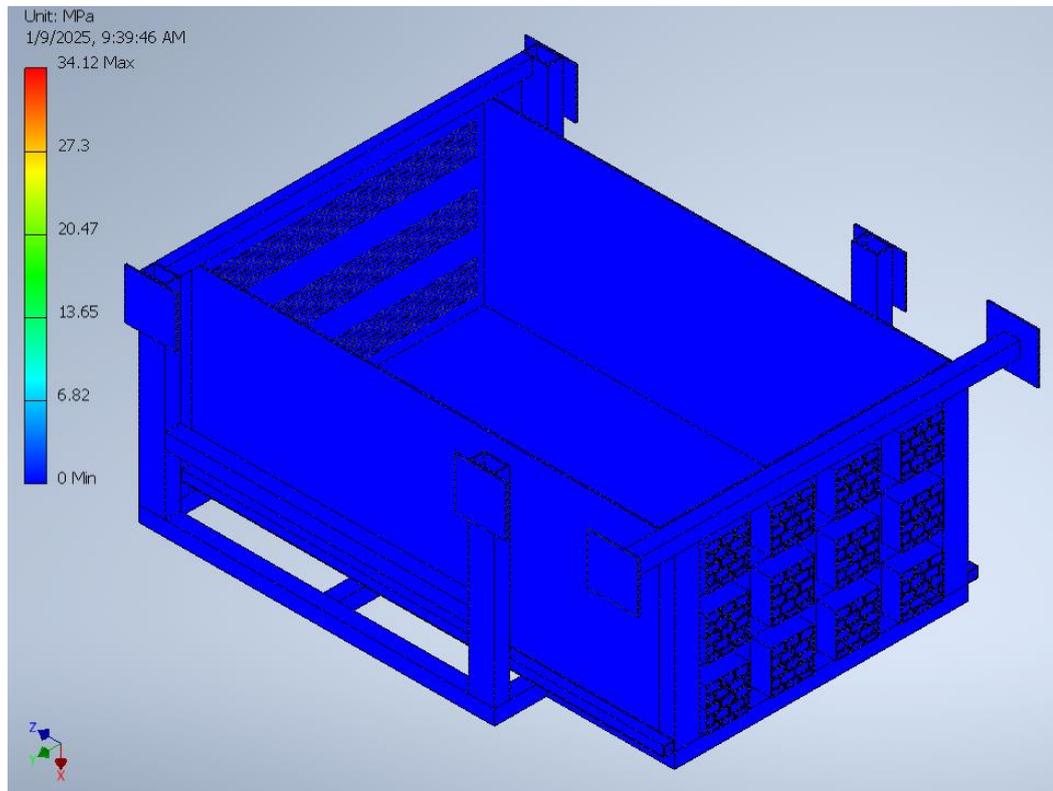
Hình 5.94 Cài đặt thông số lưới



Hình 5.95 Chia lưới mô hình

5.1.5.3.1 Kết quả phân tích và đánh giá

a. Ứng suất Von Mises:



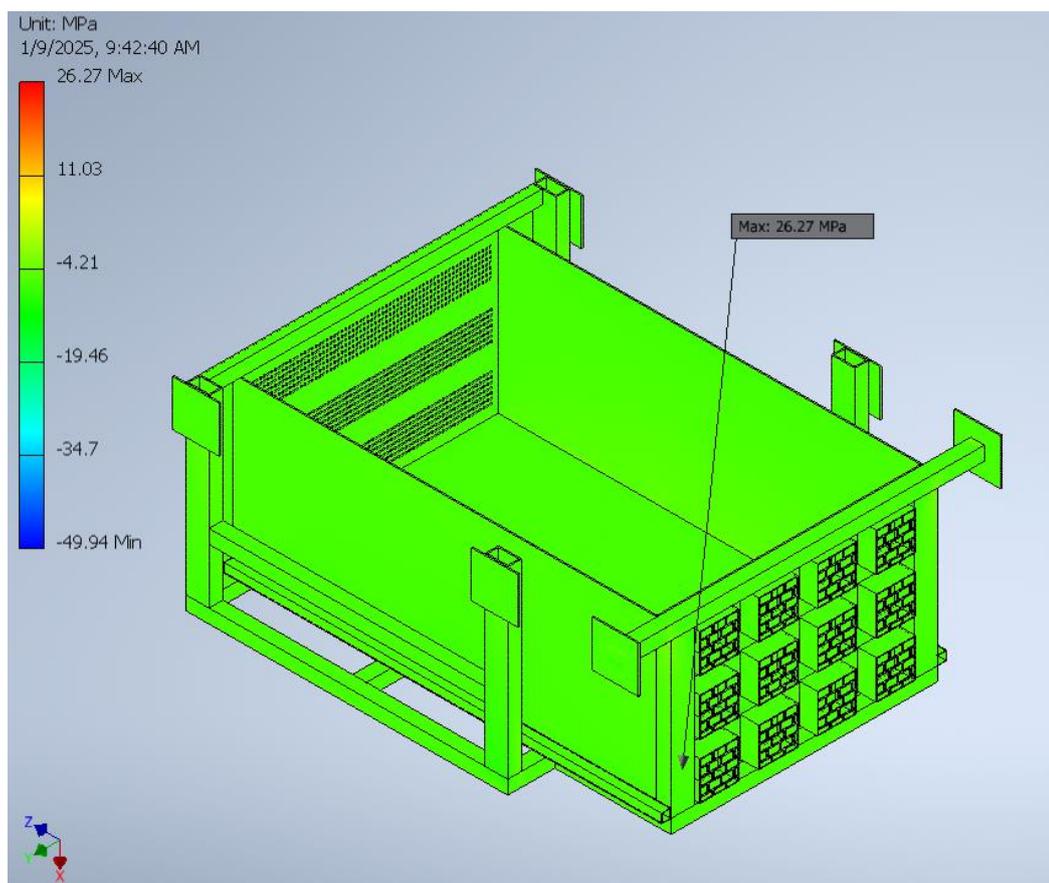
Hình 5.96 Ứng suất Von Mises

- Nhận xét: Tại điểm tiếp xúc giữa pat gia cố và trụ đứng ứng suất đạt giá trị cực đại nhưng vẫn nhỏ hơn rất nhiều so với giới hạn bền của vật liệu. Điều đó chứng minh được sự hiệu quả của pat gia cố để giá đỡ và trụ. Ứng suất đạt giá trị cực tiểu tại mặt bích tiếp xúc với chassiss, suy ra diện tích bề mặt mặt bích và mối ghép hàn đảm bảo điều kiện bền.

- Giá trị tối đa: $13,14 \text{ Mpa} < [400] \text{MPa}$.

=> Nhỏ hơn giới hạn vật liệu

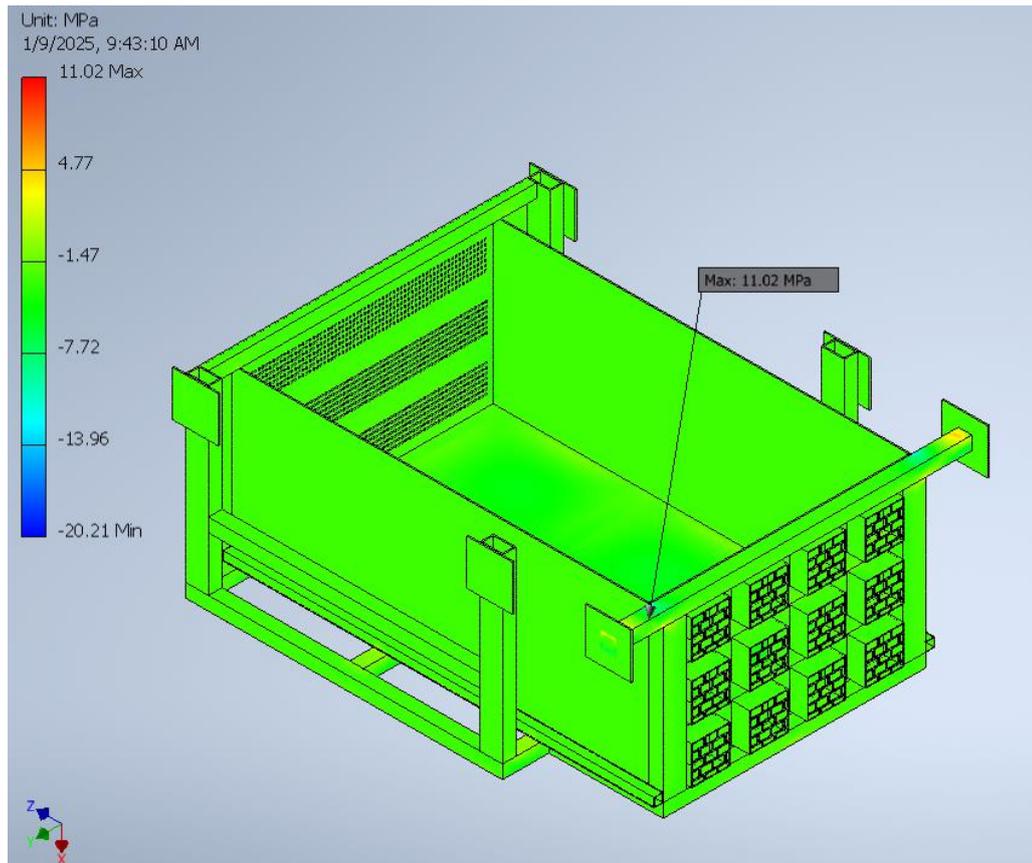
b. Ứng suất theo trục:



Hình 5.97 Ứng suất trục XX

- Ứng suất theo trục XX: 6,78 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí pat gia cố trụ.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế.

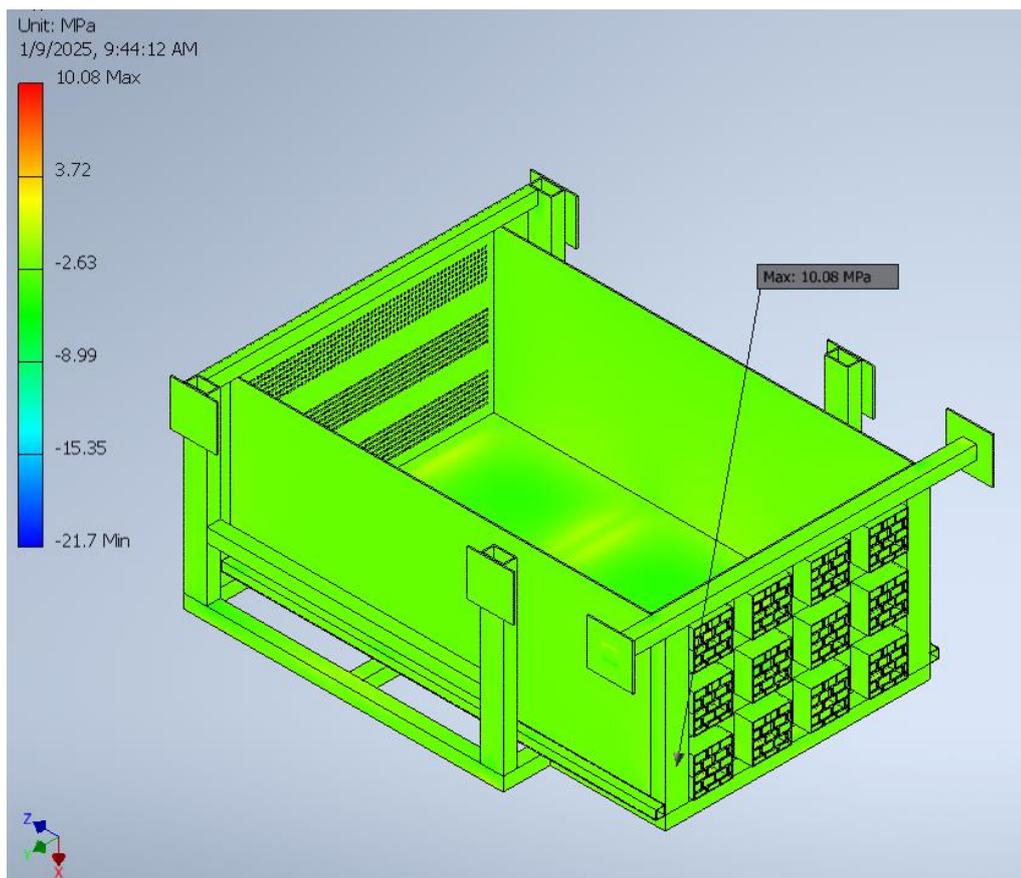
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.98 Ứng suất trục YY

- Ứng suất theo trục YY: 6,09 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép pat gia cố.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế khung.

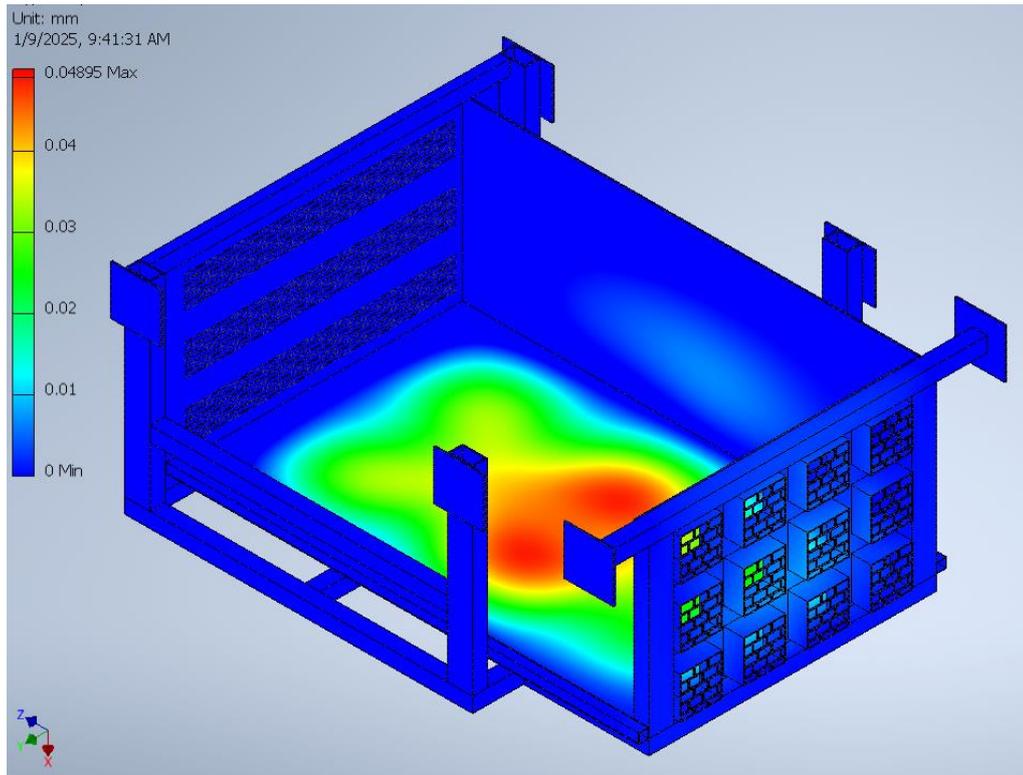
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.99 Ứng suất trục ZZ

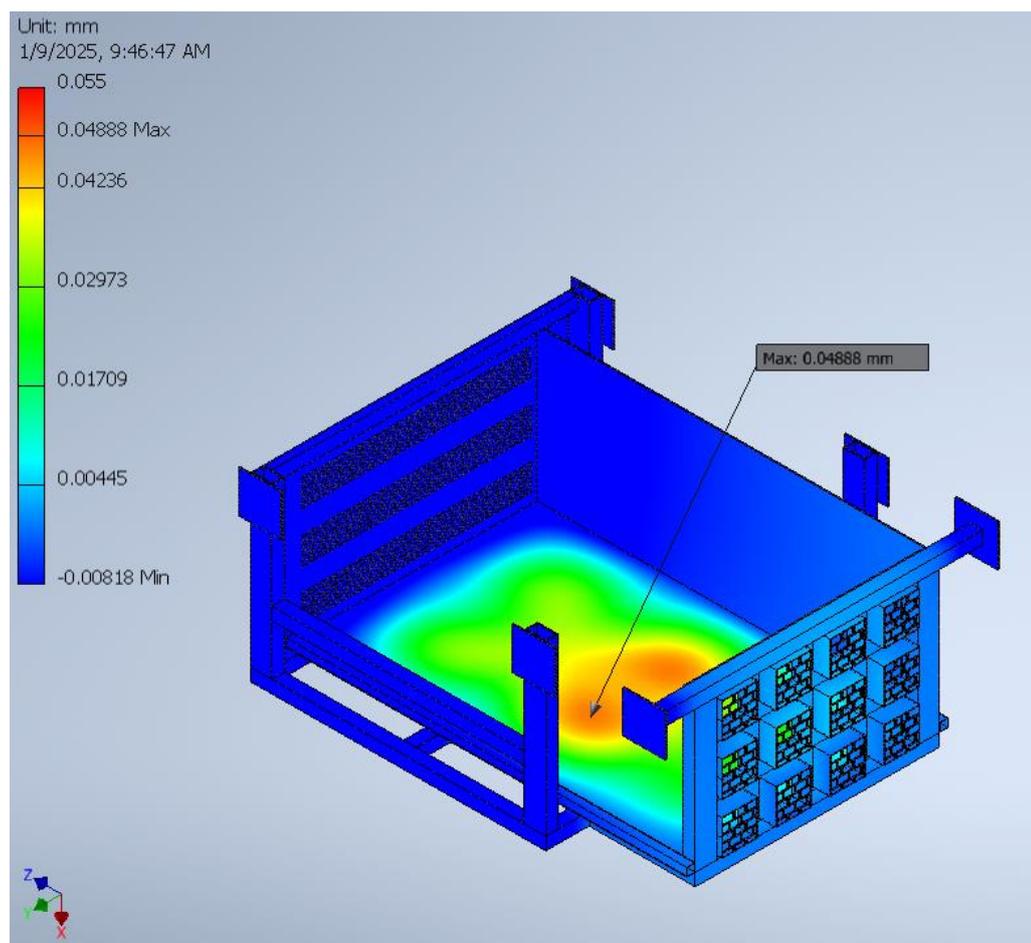
- Ứng suất theo trục ZZ: 6,09 MPa.
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí mép pat gia cố.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí thanh ngang đỡ đế khung.

d. Chuyển vị



Hình 5.100 Chuyển vị tương đương

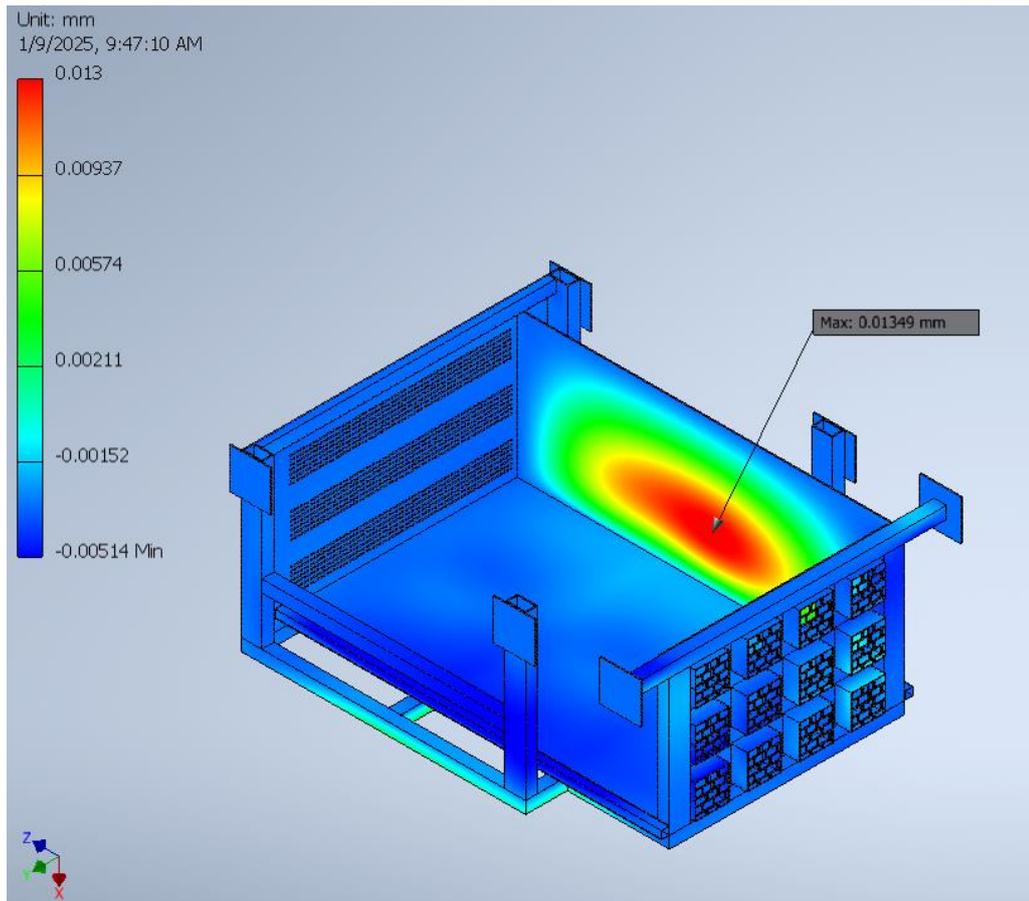
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí bề mặt tiếp xúc của động cơ điện với đế.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí mặt bích tiếp xúc với chasiss.
- Nhận xét: Chuyển vị đạt giá trị cực đại tại vùng tiếp xúc giữa bề mặt động cơ điện và đế giá đỡ nhưng vẫn đảm bảo độ bền khi giá trị chuyển vị giao động rất nhỏ 0,05 mm. Giá trị cực tiểu của chuyển vị đạt tại vị trí mặt bích tiếp xúc với chasiss, cho thấy giá đỡ động cơ điện được liên kết với chasiss đảm bảo độ chắc chắn.



Hình 5.101 Chuyển vị theo phương X

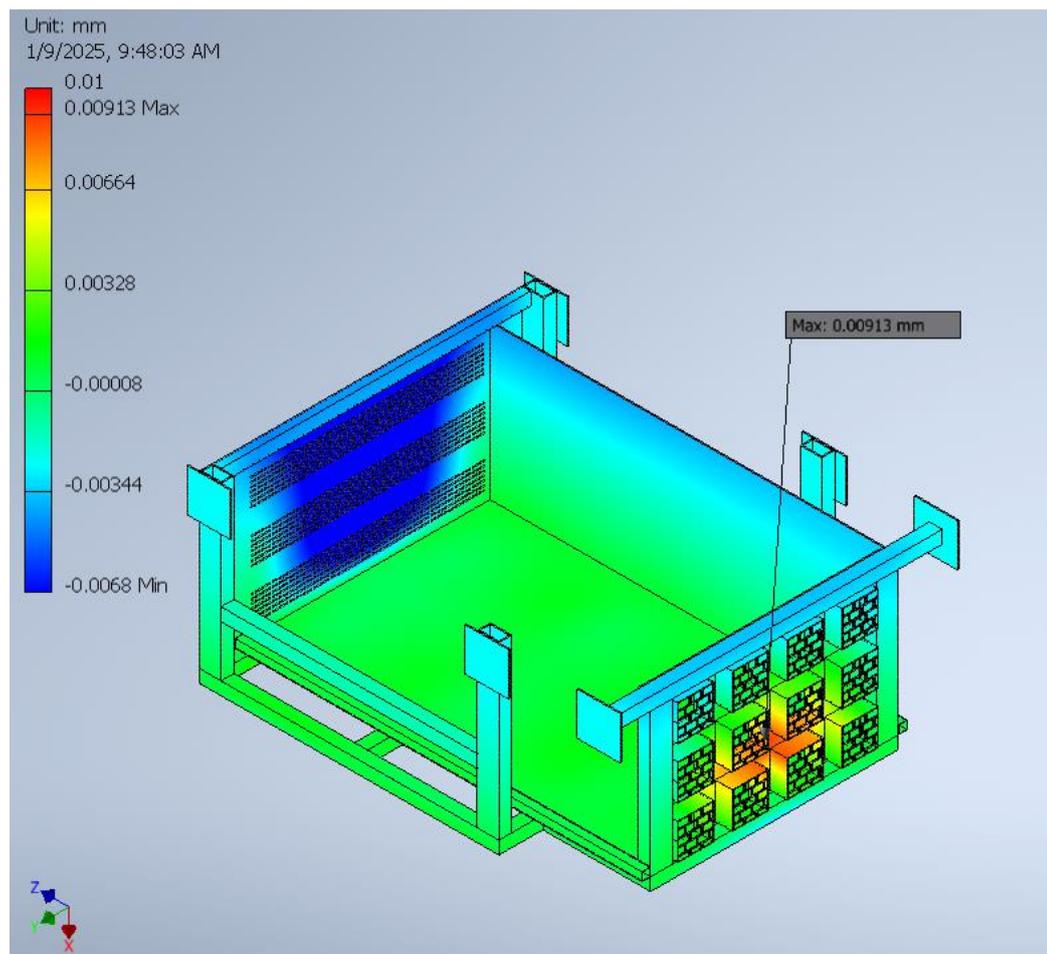
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí trụ đứng.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.102a Chuyển vị theo phương Y

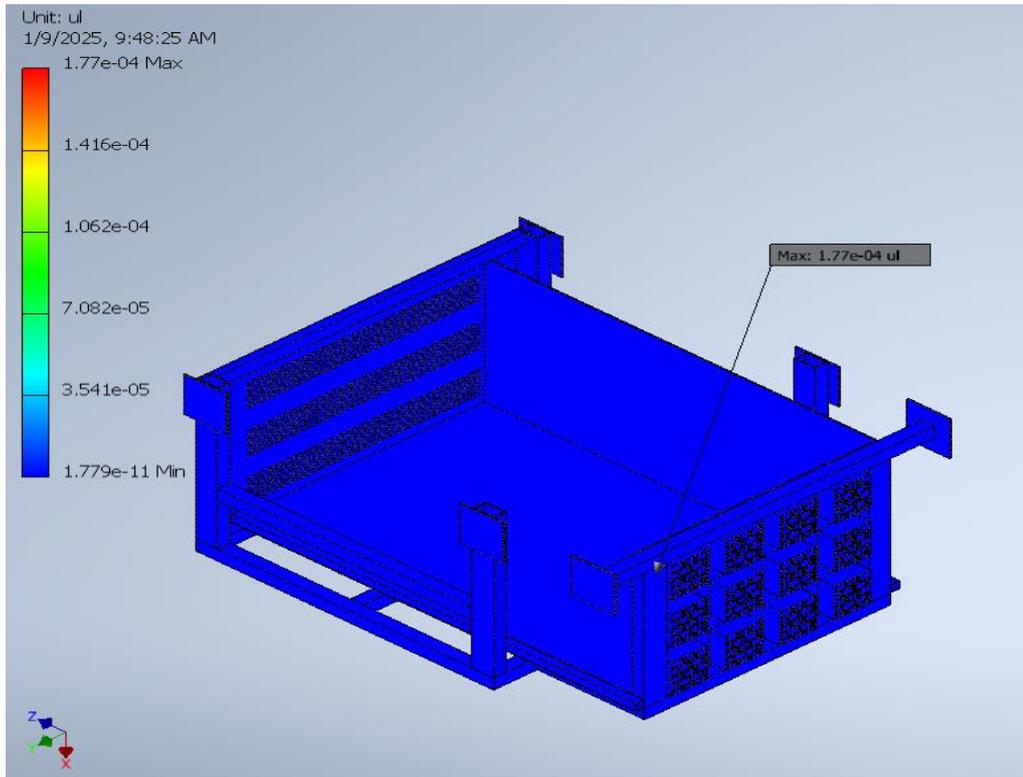
- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí trụ đứng.



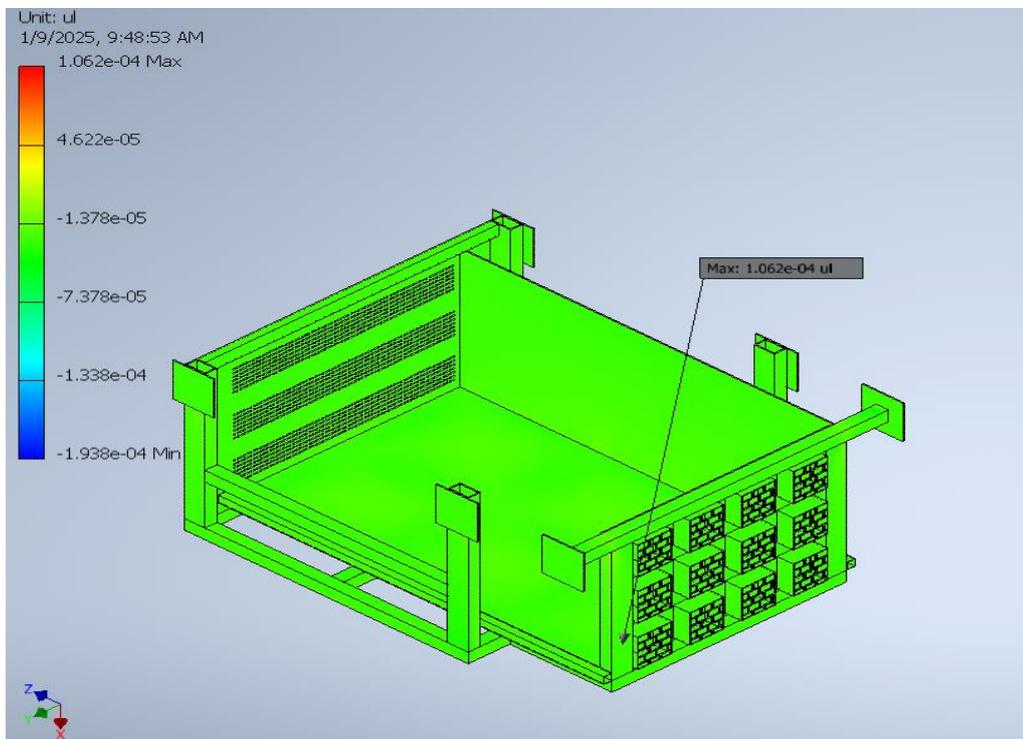
Hình 5.102b Chuyển vị theo phương Z

- Giá trị cực đại đạt tại vị trí trụ đứng.
- Giá trị cực tiểu đạt tại vị trí trụ đứng.

e. Biến dạng



Hình 5.103 Biến dạng tương đương

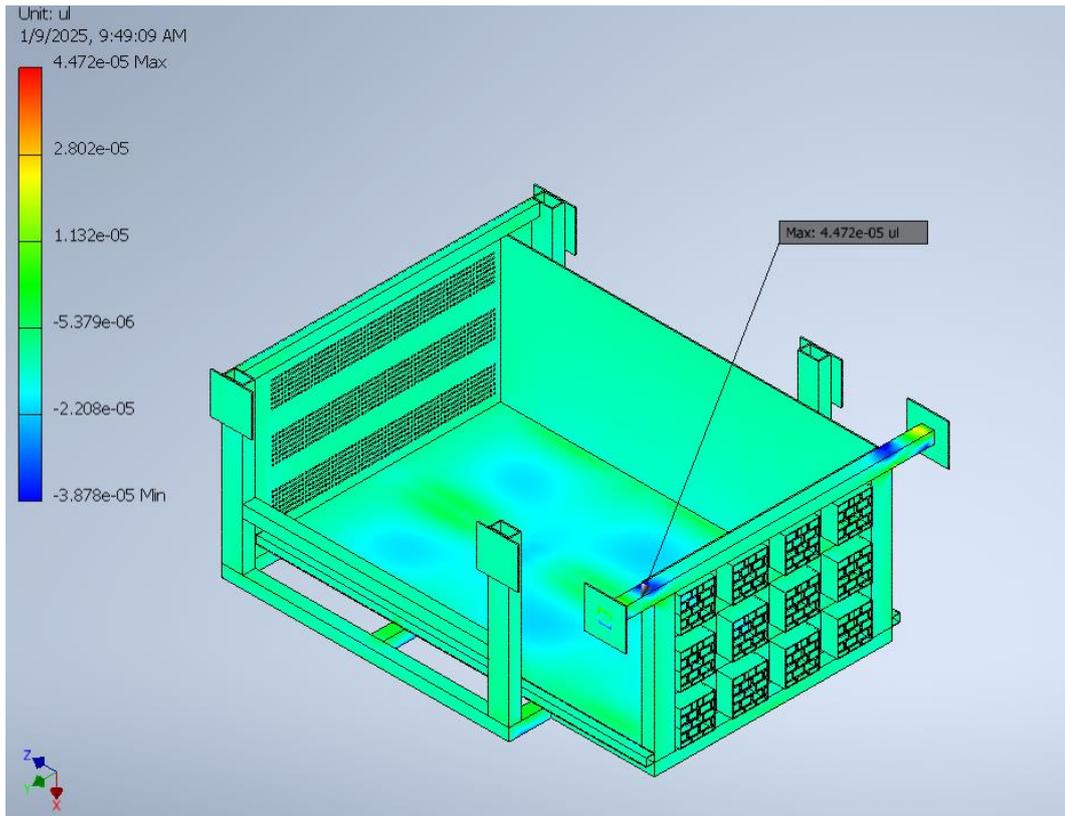


Hình 5.104 Biến dạng theo phương X

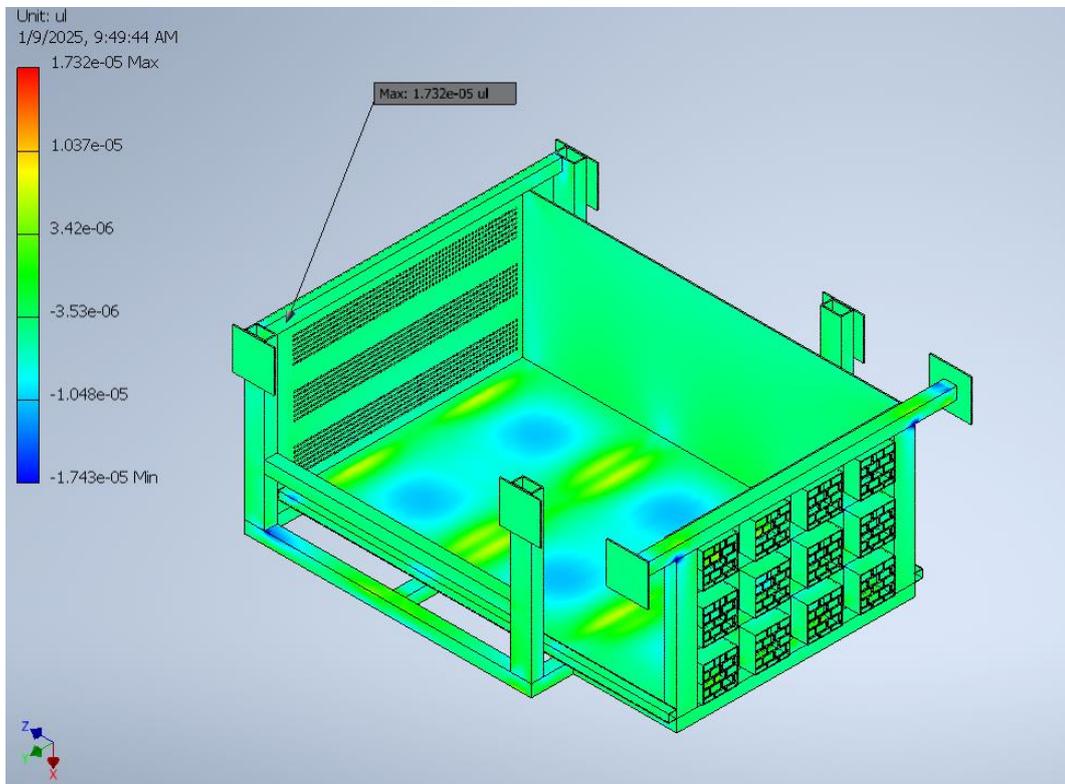
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.105 Biến dạng theo phương Y

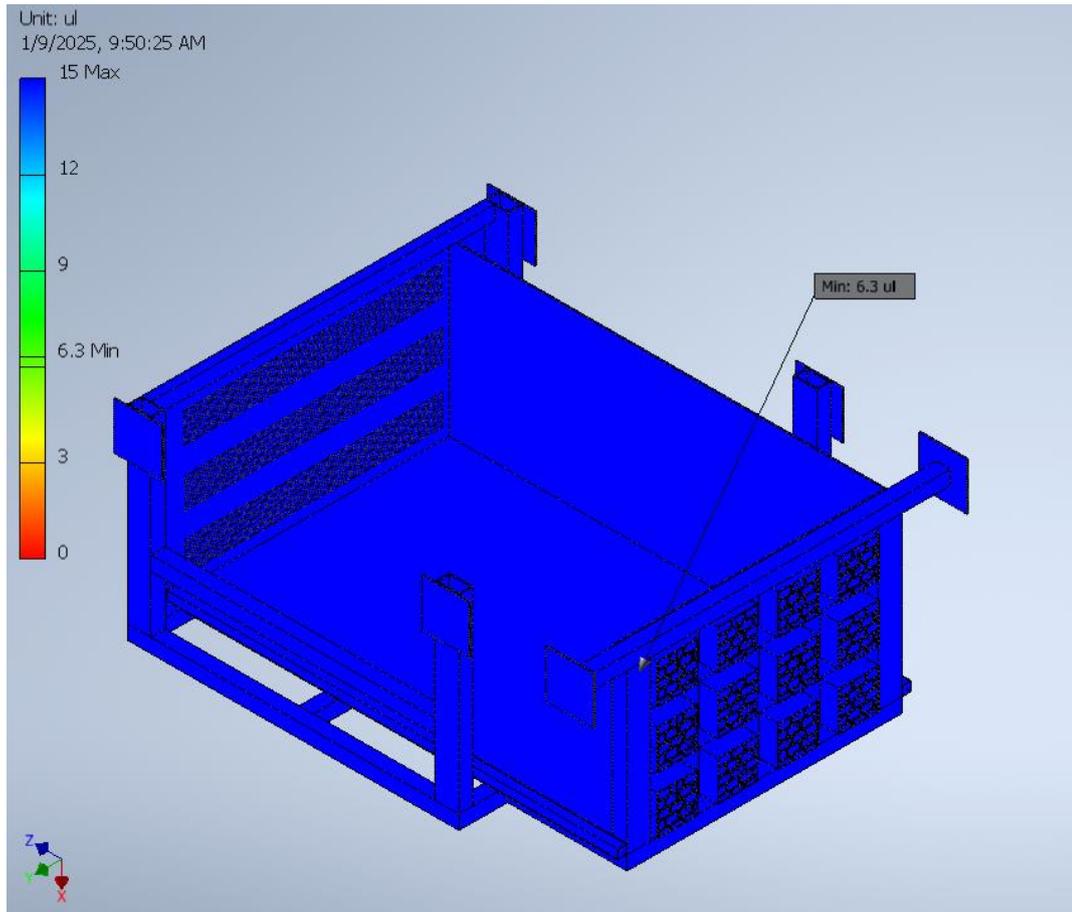


Hình 5.106 Biến dạng theo phương Z

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

f. Hệ số an toàn (Safety Factor):



Hình 5.107 Nhân tố an toàn

- Nhận xét: Hệ số an toàn cực đại có giá trị tiệm cận 15, dựa vào hệ số này làm căn cứ suy ra được khung đảm bảo độ bền cao.

g. Độ cứng (HR)

- Từ ứng suất tối đa trong mô phỏng (13,14 MPa) và không thấy đề cập đến xử lý nhiệt, vật liệu có thể đang ở trạng thái chưa tôi luyện. Độ cứng khoảng 50 - 60 HRC.

h. Độ bền uốn

- Với độ bền kéo đứt (UTS) là 400 MPa từ báo cáo, độ bền uốn của vật liệu này nằm trong khoảng 400 - 510 MPa, phù hợp với tính chất của thép SS400.

i. Độ bền kéo

- Ứng suất lớn nhất (Von Mises): 13,14 MPa, thấp hơn nhiều so với UTS (400 Mpa), cho thấy kết cấu an toàn trong điều kiện tải hiện tại.

k. Độ dai va đập

- Nếu vật liệu trong báo cáo chưa qua xử lý nhiệt, độ dai va đập ước tính khoảng 15-20 J/cm², phù hợp cho các ứng dụng thông thường.

5.2 Mô phỏng an toàn va chạm pack pin

5.2.1 Cơ sở lý thuyết

Mô phỏng va chạm an toàn của pack pin (bộ pin trong các thiết bị hoặc xe điện) dựa trên việc phân tích cơ học và nhiệt học để kiểm tra độ bền, tính toàn vẹn và an toàn của pack pin trong các điều kiện tải trọng khác nhau, đặc biệt là trong các sự cố va chạm.

Dựa trên hương pháp phần tử hữu hạn FEM là công cụ chính để mô phỏng hành vi cơ học và nhiệt học của pack pin khi chịu tải trọng va chạm. Mô hình FEM chia pack pin thành các phần tử nhỏ hơn để tính toán ứng suất, biến dạng và nhiệt độ cục bộ.

Phân tích phi tuyến va chạm thường liên quan đến biến dạng lớn các phần tử của pack pin có thể chịu biến dạng ngoài giới hạn đàn hồi. Tiếp xúc động giữa các thành phần như vỏ pin, module pin, và các bộ phận kết nối.

Ngoài ra, mô phỏng an toàn va chạm pack pin còn dựa trên nguyên lý bảo toàn năng lượng. Năng lượng động học của vật va chạm được chuyển đổi thành năng lượng biến dạng, năng lượng nhiệt, năng lượng tiêu hao do ma sát.

Với sự phát triển nhanh chóng của ngành công nghiệp xe điện (EV) và các thiết bị lưu trữ năng lượng, pack pin đã trở thành một thành phần quan trọng, quyết định đến hiệu suất và độ an toàn của sản phẩm. Tuy nhiên, khi xảy ra va chạm trong thực tế, các nguy cơ như biến dạng, đoản mạch, cháy nổ và rò rỉ hóa chất từ pack pin đặt ra những thách thức nghiêm trọng đối với an toàn người dùng và môi trường.

Để đảm bảo an toàn cho pack pin, mô phỏng va chạm đóng vai trò quan trọng trong việc dự đoán các kịch bản nguy hiểm và tối ưu hóa thiết kế. Đây là một quy trình kỹ thuật nhằm tái tạo điều kiện va chạm thực tế, cho phép các kỹ sư phân tích tác động và tìm ra các giải pháp giảm thiểu rủi ro.

Thiết lập mô phỏng va chạm an toàn pack pin bằng phần mềm HyperWork thông qua giai đoạn tiền xử lý HyperMesh sử dụng bộ giải RADIOSS để đánh giá và tối ưu hóa hiệu suất của pack pin khi chịu tải trọng động trong quá trình va chạm, cải thiện khả năng chống va chạm, an toàn và khả năng sản xuất của các thiết kế phức tạp.

5.2.2 Giới thiệu phần mềm mô phỏng HyperWorks



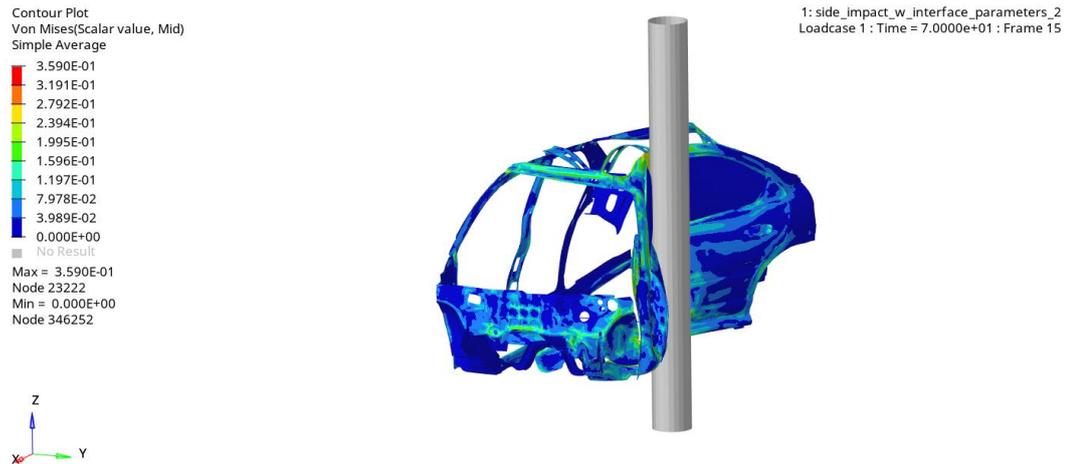
Hình 5.108 Logo Hyperwork Altair

HyperWorks là nền tảng mô phỏng kiến trúc mở toàn diện nhất, cung cấp các công nghệ hàng đầu để thiết kế và tối ưu hóa các sản phẩm hiệu suất cao, hiệu quả và sáng tạo. HyperWorks bao gồm mô hình hóa phần tử hữu hạn, phân tích và tối ưu hóa cho các cấu trúc, chất lỏng, động lực học đa thân, điện từ và bố trí ăng-ten, phát triển dựa trên mô hình và đa vật lý. Người dùng có quyền truy cập đầy đủ vào một loạt các giải pháp thiết kế, kỹ thuật, trực quan hóa và quản lý dữ liệu từ Altair và các đối tác công nghệ của mình.

Các tính năng chính của HyperWorks

- HyperMesh: Công cụ tạo lưới (meshing) và chuẩn bị mô hình tiên tiến. Hỗ trợ nhiều bộ giải (solver) như Radioss, OptiStruct, Abaqus, Nastran, LS-Dyna, Ansys.
- HyperView: Công cụ hiển thị kết quả sau mô phỏng, bao gồm phân tích chuyển động, ứng suất và nhiệt độ.
- Radioss: Bộ giải mạnh mẽ dành cho phân tích phi tuyến, đặc biệt là mô phỏng va chạm và động lực học.
- OptiStruct: Công cụ phân tích tuyến tính và tối ưu hóa cấu trúc.
- HyperStudy: Dùng để thực hiện các nghiên cứu tối ưu hóa, phân tích độ nhạy và nghiên cứu độ tin cậy.
- MotionSolve: Công cụ phân tích động lực học đa vật thể.

Mô phỏng va chạm trong HyperWorks là một phần quan trọng của các ứng dụng phân tích cấu trúc và động lực học đa thân. Đây là công cụ mạnh mẽ giúp các kỹ sư và nhà thiết kế dự đoán, phân tích và tối ưu hóa hiệu suất của sản phẩm khi chịu các lực tác động mạnh, chẳng hạn như va chạm xe hơi, cú ngã của thiết bị, hoặc va đập trong các ứng dụng công nghiệp.



Hình 5.109 Quá trình mô phỏng va chạm hiển thị qua HyperView

Những điểm nổi bật về mô phỏng va chạm trong HyperWorks có thể kể đến như:

- Phân tích va chạm và năng lượng hấp thụ: Đánh giá các thông số quan trọng như lực tác động, biến dạng cấu trúc, năng lượng hấp thụ và phân bố năng lượng trong cấu trúc, hiệu suất của các vùng hấp thụ va chạm.
- Phân tích đa vật liệu: HyperWorks hỗ trợ mô hình hóa và mô phỏng các vật liệu composite, kim loại, nhựa, hoặc cao su trong điều kiện va chạm. Công nghệ Material Models giúp mô phỏng chính xác cách các vật liệu khác nhau chịu biến dạng hoặc phá hủy dưới lực tác động.
- Phân tích phi tuyến tính: Va chạm là hiện tượng phi tuyến tính (non-linear) bao gồm biến dạng lớn, tốc độ cao, và tiếp xúc phức tạp giữa các bộ phận. HyperWorks sử dụng các solver mạnh mẽ như RADIOSS để giải quyết các vấn đề này. RADIOSS nổi bật với khả năng xử lý các mô phỏng va chạm tốc độ cao trong lĩnh vực ô tô, hàng không, và an toàn công nghiệp.
- Hỗ trợ tiêu chuẩn an toàn: Đánh giá độ an toàn của xe trong các bài kiểm tra va chạm. Đáp ứng các yêu cầu an toàn bắt buộc cho xe cơ giới. Tiêu chuẩn va chạm trong ngành hàng không.
- Tối ưu hóa cấu trúc để tăng hiệu suất an toàn: Sử dụng các công cụ như OptiStruct và Topology Optimization để cải thiện thiết kế khung xe hoặc sản phẩm, tối ưu hóa độ cứng vững, giảm trọng lượng mà vẫn đảm bảo hiệu suất hấp thụ năng lượng cao trong va chạm.
- Trực quan hóa và phân tích dữ liệu va chạm: HyperView và HyperGraph là các công cụ giúp trực quan hóa kết quả mô phỏng, chẳng hạn như: Đường cong lực-biến dạng. Chuyển động của các bộ phận trong va chạm. Video mô phỏng động lực học của toàn bộ quá trình va chạm. [41]

- Ứng dụng thực tế
- + Ô tô: Thiết kế vùng hấp thụ va chạm, kiểm tra hệ thống dây an toàn, và mô phỏng túi khí.
- + Hàng không: Đánh giá độ bền của cấu trúc máy bay khi xảy ra sự cố hạ cánh khẩn cấp.
- + Công nghiệp: Kiểm tra độ bền của thiết bị chịu va đập hoặc rơi từ độ cao.

5.2.3 Thông số mô phỏng

Thông số vật liệu

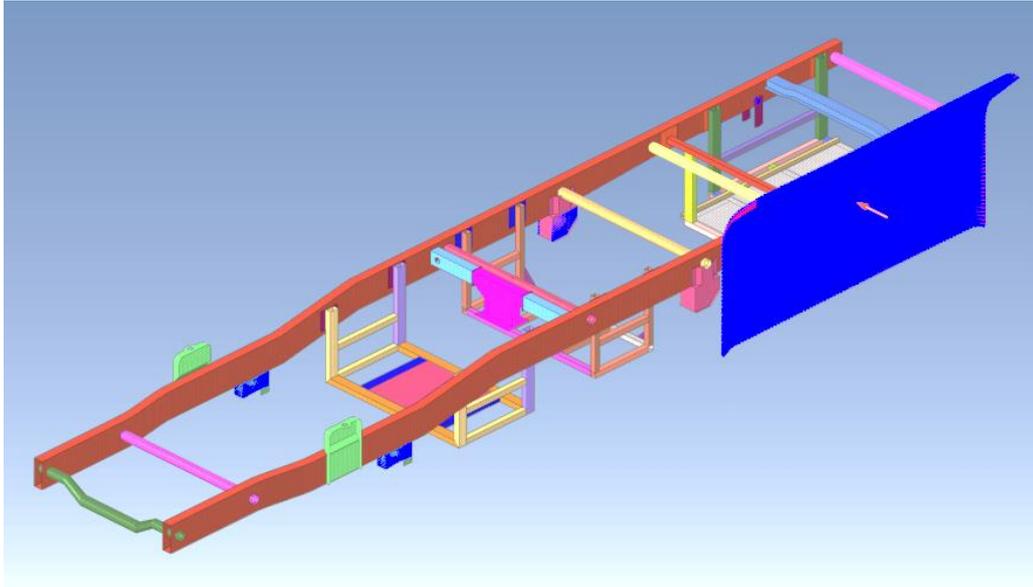
- Tên vật liệu: Thép không gỉ AISI 317
- Khối lượng riêng (Density): 7.85 g/cm³.
- Giới hạn chảy (Yield Strength): 317,157 MPa.
- Độ bền kéo đứt (Ultimate Tensile Strength): 461,946 MPa.
- Mô đun đàn hồi (Young's Modulus): 200 GPa.
- Tỷ lệ Poisson (Poisson's Ratio): 0,29.
- Mô đun cắt (Shear Modulus): 77,52 GPa.

5.2.4 Tiêu chuẩn mô phỏng va chạm

Việc bố trí Pack pin ở đuôi xe tải HEV cần phải được tính đến yếu tố an toàn khi xảy ra va chạm. Kết cấu của khung treo xe tải HEV được đánh giá kiểm tra độ bền phần hông xe và phần đuôi xe khi xảy ra va chạm ở tốc độ $v = 50$ km/h.

Hình 5.110 thể hiện mô hình mô phỏng va chạm áp dụng theo tiêu chuẩn va chạm bên hông ECE R95 [38]

- Điều kiện va chạm:
 - Xe thử nghiệm bị một vật thể mô phỏng xe khác tông ngang vào cửa.
 - Vật thể va chạm: Một xe mô phỏng (Mobile Deformable Barrier - MDB) có trọng lượng 950 kg. [38]
 - Tốc độ va chạm: 50 km/h.
 - Góc va chạm: Vuông góc với xe thử nghiệm.
 - Hình dạng vật thể: Mô phỏng phần đầu của một chiếc xe, có vùng hấp thụ xung lực phía trước.

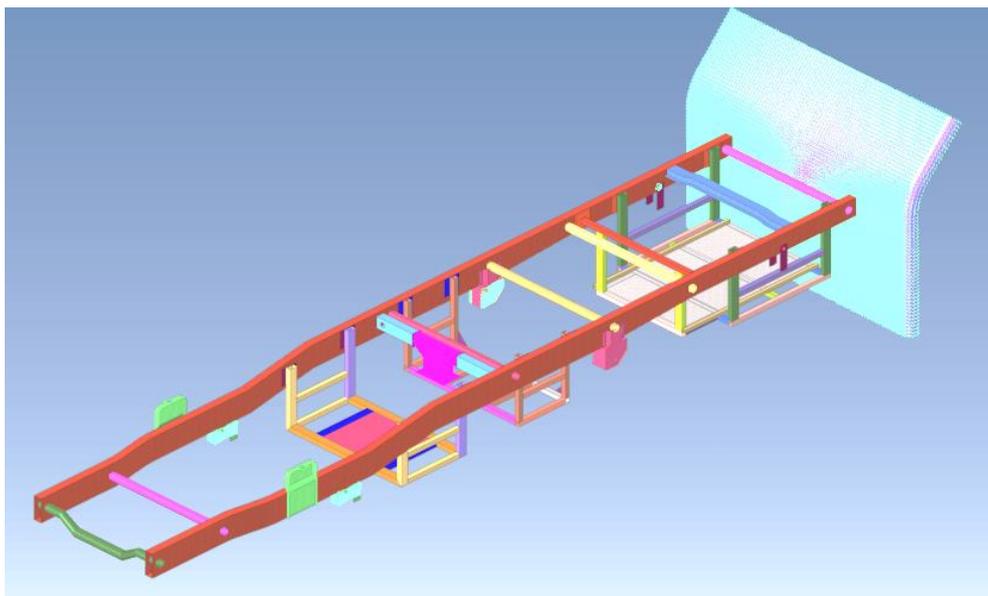


Hình 5.110 Mô hình và chạm bên hông xe tải HEV

Hình 5.111 thể hiện mô hình mô phỏng và chạm áp dụng tiêu chuẩn và chạm sau đuôi ECE R32 [39]

- Điều kiện va chạm

- Xe sẽ bị kiểm tra và chạm từ phía trước hoặc phía sau với một rào chắn cố định (fixed barrier). [39]
- Tốc độ va chạm: Khoảng 50 km/h.
- Trọng lượng của xe thử nghiệm: Xe được thử nghiệm trong điều kiện tải trọng danh định (có thể có hành khách giả lập).



Hình 5.111 Mô hình và chạm sau đuôi xe tải HEV

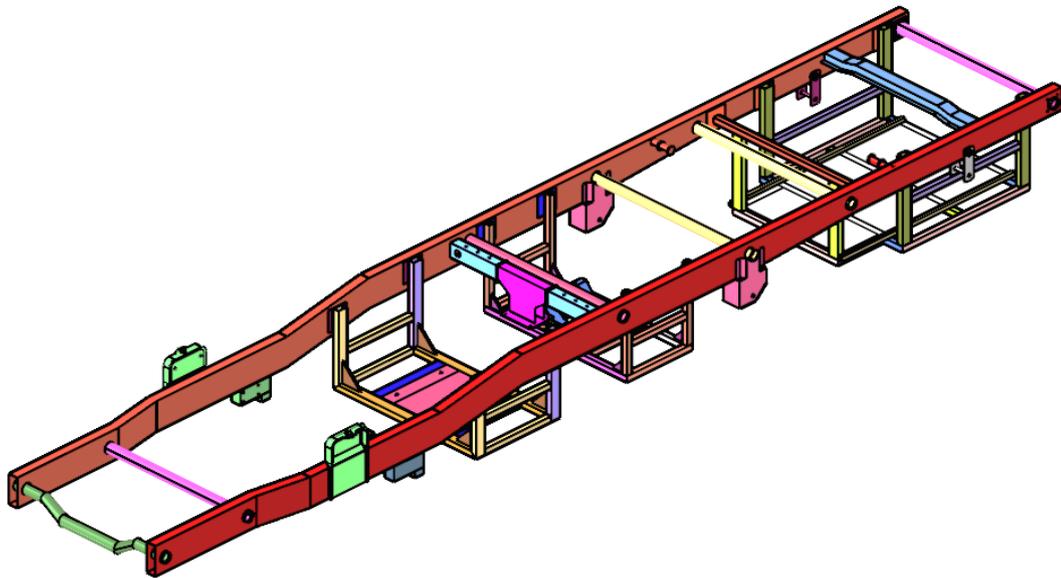
Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

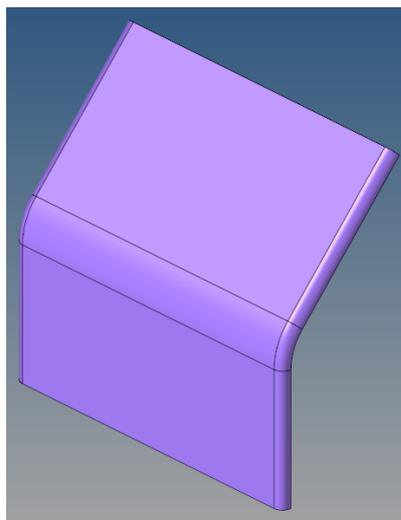
5.2.5 Quá trình mô phỏng

5.2.5.1 Thiết lập mô hình cho bài toán phân tích mô phỏng va chạm

Đối tượng mô phỏng va chạm bao gồm khung chassis Thaco Frontier K200 có bố trí giá đỡ động cơ, giá đỡ máy phát, giá đỡ pack pin và mô hình mặt phẳng giả định đầu xe tải được thiết kế trên phần mềm Inventor. Mô phỏng va chạm thông qua tác động giữa 2 đối tượng với vận tốc đầu vào là 50 [km/h]. Xác định chuyển vị và ứng suất biến dạng lớn nhất khi va chạm bên hông xe và đuôi xe, từ đó so sánh với ứng suất giới hạn bền cho phép.



Hình 5.112 Mô hình CAD khung xe HEV



Hình 5.113 Mô hình mặt phẳng giả định đầu xe tải được thiết lập bằng phần mềm

Inventor

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

5.2.5.2 Kiểm tra hệ thống đơn vị đầu vào

Hệ thống đơn vị đầu vào đóng vai trò quan trọng trong quá trình đo đạc các thông số, nên kiểm tra các hệ thống đơn vị đầu vào nhằm mục đích giúp tránh sai sót khi nhập các tham số để xác định bài toán tải (kg/mm/s). [40]

Name	Value
Solver Keyword:	/BEGIN
Include:	[Main Model]
Name:	BEGIN_CARD
Status:	<input checked="" type="checkbox"/>
RUNNAME:	CHASSIS CRASH
INVERS:	2022
IRUN:	0
Input_mass_unit	kg
Input_length_unit	mm
Input_time_unit	s
Work_mass_unit	kg
Work_length_unit	mm
Work_time_unit	s

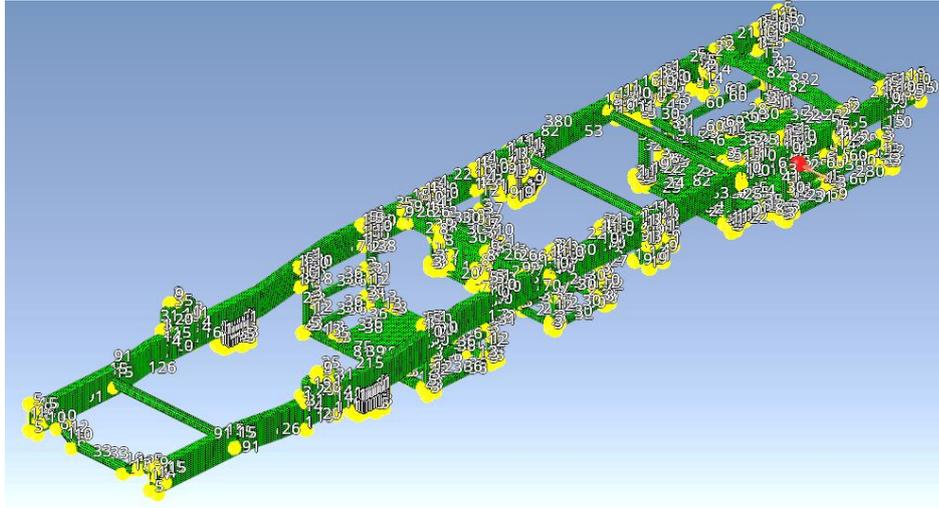
Hình 5.114 Card Begin

5.2.5.3 Thiết lập mô hình phần tử hữu hạn

Xây dựng mô hình phần tử hữu hạn khung xe dựa trên mô hình CAD bằng phần mềm HyperMesh. Mô hình được trích xuất dưới dạng 2D trong mô phỏng để giảm độ phức tạp và thời gian tính toán cũng như hiệu quả phân tích trong bài toán FEA.

Để mô phỏng va chạm an toàn Pack pin trong hai trường hợp va chạm bên hông và sau đuôi ở bài toán FEA, là loại mô phỏng tác động lực lớn trong thời gian ngắn, chúng ta cần sử dụng công cụ Automesh trong phần mềm Hypermesh để tạo lưới 2D (Shell elements). Tiến hành chia nhỏ mô hình hình học phức tạp thành các phần tử nhỏ hơn (elements) và các nút (nodes) cho các tấm mỏng cho phép giải các phương trình toán học mô tả hành vi vật lý của cấu trúc của bài toán. [40]

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

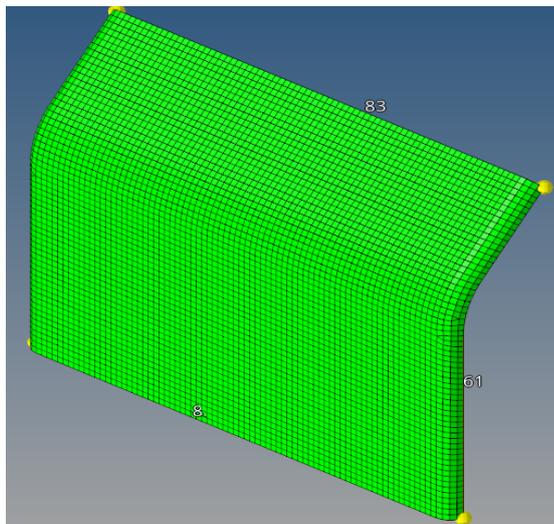


Hình 5.115 Lưới hóa mô hình khung xe HEV

- Số lượng node: 89624

- Kích thước phần tử: 1 (mm)

Đối với mặt phẳng đầu xe tải giả định để mô phỏng va chạm khung xe và Pack-Pin, lưới hóa mô hình với độ lớn tương tự với khung xe để tối đa hóa, cân bằng độ chính xác và thời gian tính toán (Hình 5.116).



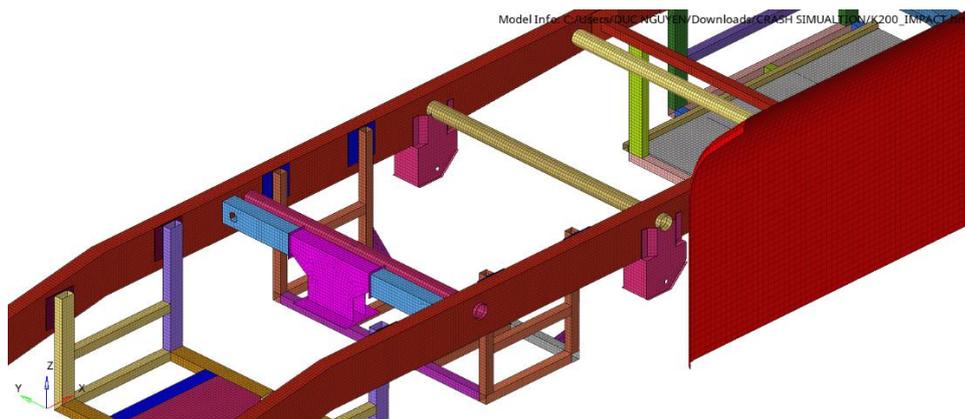
Hình 5.116 Lưới hóa mô hình mặt phẳng giả định đầu xe tải

- Số lượng node: 5142

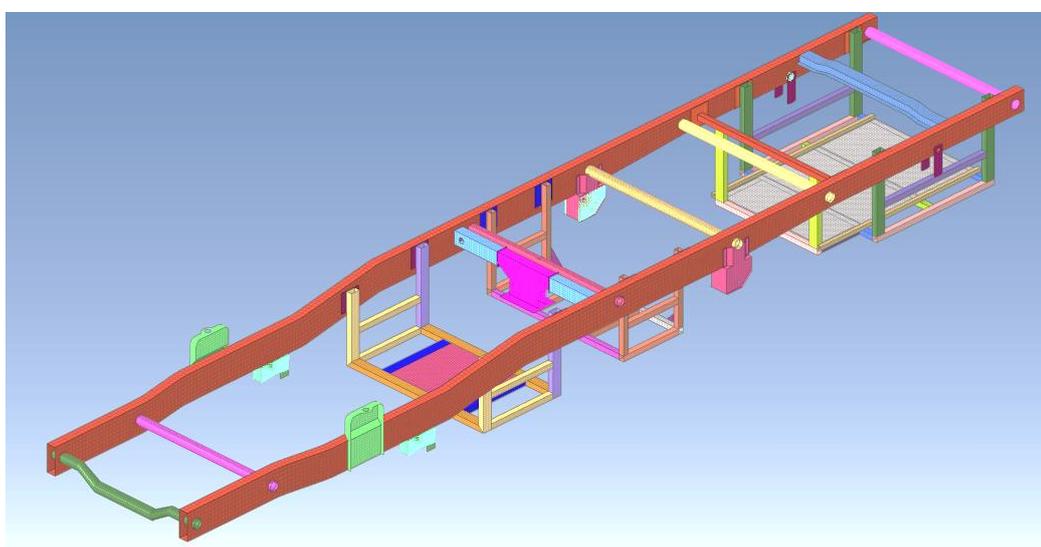
- Kích thước phần tử: 2 (mm)

Thống kê kích thước lưới và thông số vật liệu của mô hình khung xe và mặt phẳng đầu xe tải được thể hiện trong Bảng 5.3 và Bảng 5.4.

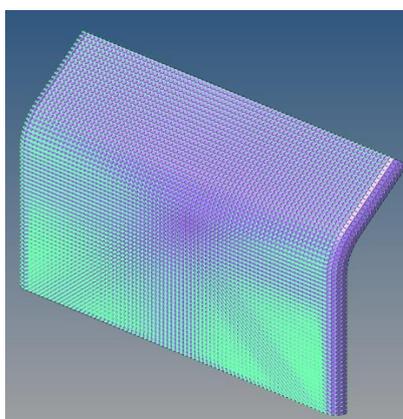
Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 5.117 Lưới 2D toàn bộ mô hình



Hình 5.118 Mô hình phần tử hữu hạn khung xe tải sau khi thiết lập bằng HyperMesh



Hình 5.119 Mô hình mặt phẳng giả định đầu xe tải sau khi thiết lập bằng HyperMesh

Bảng 5.3 Thông số kỹ thuật của khung xe và mặt phẳng giả định đầu xe tải [40]

Cụm Chi tiết	Số lượng phần tử	Số lượng Nodes
Khung xe	90393	89624
MP đầu xe tải	5142	5288

Bảng 5.4 Thông số kỹ thuật vật liệu của toàn bộ mô hình [40]

Cụm chi tiết	Khối lượng riêng (kg/m ³)	Modun đàn hồi (GPa)	Hệ số Poisson	Card Image
Khung xe	7850	210	0.3	M36
MP đầu xe tải	7850	210	0.3	M1

5.2.5.4 Thiết lập Properties

Thiết lập Properties để xác định cách các phần tử hoạt động và phản ứng với các tác động bên ngoài trong bài toán mô phỏng.

Đối với các phần tử thuộc khung chassis, sử dụng card image P1_SHELL để xác định các loại phần tử. Với QEPH là một phần tử 4 nút được tích hợp trên một bề mặt, tạo ra sự cân bằng và ổn định trên các bề mặt. Thiết lập thêm các thông số như độ dày (Thick=1) và Intergration point (N=5). [40]

Đối với phần tử thuộc mặt phẳng đầu xe tải, ta sử dụng các card image tương tự như phần tử thuộc khung chassis, tuy nhiên không thiết lập Intergration point cho phần tử này.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

Name	Value
Solver Keyword:	/PROP/SHELL/
ID:	1
Name:	CHASSIS
Color:	
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
CommentEnumField:	1:Hide in Menu/Export
Card Image:	P1_SHELL
Ishell:	24:QEPH Shell Formulation
Ismstr:	2:Full Geometric Nonlinearities with Possible Small Stra
Ish3n:	2:Standard Triangle with Modification for Large Rotatio
Idrill:	
lpinch:	
P_Thick_Fail:	
Hm:	
Hf:	
Hr:	
Dm:	
Dn:	
N:	5
Thick:	5.0
Ashear:	
lthick:	1:Thickness Change is Taken into Account
lplas:	1:Iterative Projection with Three Newton Iterations

Hình 5.120 Thông số Properties của Thanh dọc khung trái (Khung xe)

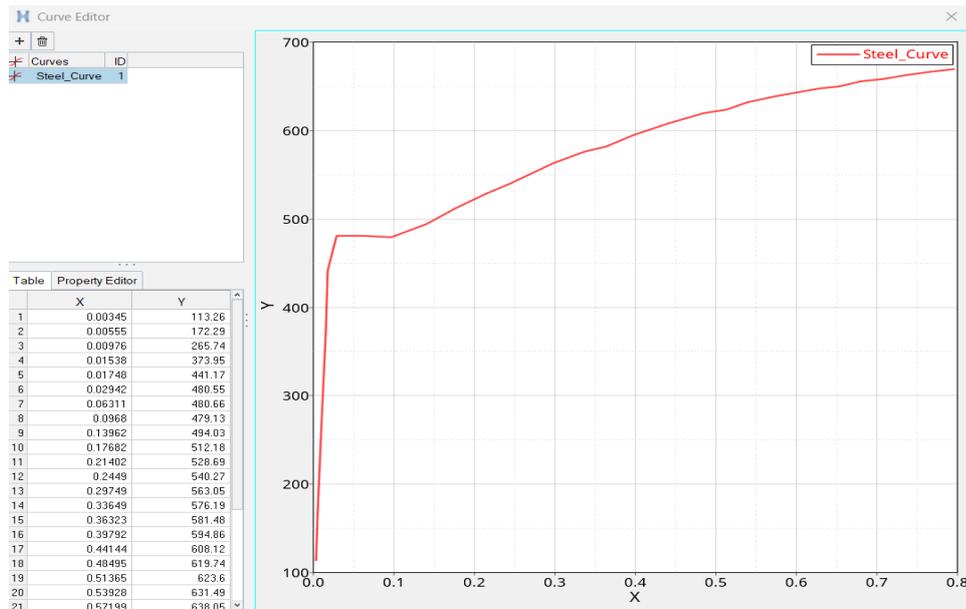
Name	Value
Solver Keyword:	/PROP/SHELL/
ID:	4
Name:	TRUCK
Color:	
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
CommentEnumField:	1:Hide in Menu/Export
Card Image:	P1_SHELL
Ishell:	24:QEPH Shell Formulation
Ismstr:	2:Full Geometric Nonlinearities with Possible Small Strain
Ish3n:	2:Standard Triangle with Modification for Large Rotation
Idrill:	
lpinch:	
P_Thick_Fail:	
Hm:	
Hf:	
Hr:	
Dm:	
Dn:	
N:	5
Thick:	1.0
Ashear:	
lthick:	1:Thickness Change is Taken into Account
lplas:	1:Iterative Projection with Three Newton Iterations

Hình 5.121 Thông số Properties của Mô hình Mặt phẳng đầu xe tải

5.2.5.5 Thiết lập Materials (Vật liệu)

Để thiết lập Materials cho các phần tử, ta đi xác định các thông số như khối lượng riêng, modul đàn hồi, hệ số poisson cho từng loại vật liệu. Vật liệu sử dụng cho khung chassis và mô hình xe tải là Thép không gỉ AISI 317.

Đối với vật liệu cho các phần tử khung chassis, sử dụng card image M36_PLAS_TAB (vật liệu phi tuyến tính) thiết lập các thông số khối lượng riêng, modul đàn hồi, hệ số poisson, $N_funct = 1$ vì ứng suất là một hàng, phụ thuộc vào độ biến dạng theo đường cong vật liệu nên ta phải xác định đường cong vật liệu gán cho các phần tử.



Hình 5.122 Đồ thị đường cong vật liệu của thép

Đối với vật liệu cho các phần tử mặt phẳng đầu xe tải, sử dụng card image M1_ELAST (vật liệu đàn hồi tuyến tính) thiết lập các thông số thiết lập các thông số khối lượng riêng, modul đàn hồi, hệ số poisson.

Name	Value
Solver Keyword:	/MAT/PLAS_TAB/
ID:	1
Name:	STEEL_CHASSIS_M36
Color:	■
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
User Comments:	Hide In Menu/Export
Card Image:	M36_PLAS_TAB
Regular_OR_encrypted_flag:	Regular
RefRho_Option:	<input type="checkbox"/>
Rho_Initial:	7.8e-09
E:	210000.0
Nu:	0.3
EPS_p_max:	
EPS_t:	
EPS_m:	
<input type="checkbox"/> N_funct	1
<input checked="" type="checkbox"/> fct_ID:	(1) Steel_Curve
Fscale:	1.0
Eps_dot:	50.0

Hình 5.123 Thông số Materials của khung xe

Name	Value
Solver Keyword:	/MAT/ELAST/
ID:	2
Name:	STEEL_TRUCK_M1
Color:	
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
User Comments:	Hide In Menu/Export
Card Image:	M1_ELAST
Regular_OR_encrypted_flag:	Regular
RefRho_Option:	<input type="checkbox"/>
Rho_Initial:	7.8e-09
E:	210000.0
Nu:	0.3
HEAT_Input	<input type="checkbox"/>

Hình 5.124 Thông số Materials của mô hình Mặt phẳng đầu xe tải

Sau khi thiết lập Properties và Materials, tiến hành gán Properties và Materials cho từng phần tử nhất định.

Name	Value
Solver Keyword:	/PART/
ID:	1
Name:	THANH DỌC KHUNG TRÁI_body1
Color:	
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
User Comments:	Hide In Menu/Export
Card Image:	Part
Prop_Id:	(1) THANH DỌC KHUNG TRÁI_body1
Mat_Id:	(1) STEEL_CHASSIS_M36
FE style:	
Geometry style:	
Rbody:	<input type="checkbox"/>
Thick:	<input type="checkbox"/>
SPH_RESERVE_opt	<input type="checkbox"/>

Hình 5.125 Gán Properties và Materials cho Thanh dọc khung trái (Khung xe)

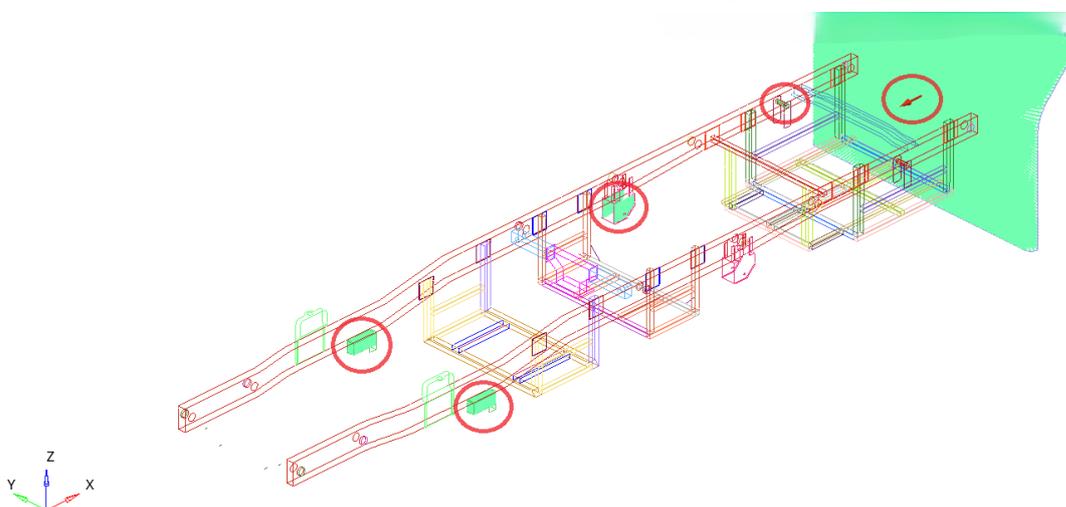
Name	Value
Solver Keyword:	/PART/
ID:	186
Name:	TRUCK_NGANG_body1
Color:	
Include:	[Main Model]
Defined:	<input checked="" type="checkbox"/>
User Comments:	Hide In Menu/Export
Card Image:	Part
Prop_Id:	(132) TRUCK_PRO
Mat_Id:	(2) STEEL_TRUCK_M1
FE style:	
Geometry style:	
Rbody:	<input type="checkbox"/>
Thick:	<input type="checkbox"/>
SPH_RESERVE_opt	<input type="checkbox"/>

Hình 5.126 Gán Properties và Materials cho mô hình Mặt phẳng đầu xe tải

5.2.5.6 Thiết lập gới cố định (Constraint)

Khi mô phỏng va chạm an toàn Pack pin, các gới cố định được đặt trên các giá đỡ phụộc, Pat gắn nhíp hệ thống treo và các thanh gầm khung Pack-Pin. Đặt gới cố định tại các chịu tải trọng lớn để đảm bảo mô hình tuân thủ các điều kiện vật lý (như cân bằng lực, mô men) và tiêu chuẩn kỹ thuật (như tải trọng tối đa của xe) cũng như xác định các vùng chịu ứng suất cao hoặc biến dạng lớn, từ đó cải tiến thiết kế khung xe khi xảy ra va chạm. Đối với mô phỏng va chạm, cố định 6 bậc tự do ở các vùng chịu tải lớn như nơi để Pack-Pin có thể cần gới cố định để mô phỏng trạng thái neo khi xe đứng yên, đảm bảo mô hình không di chuyển tự do khi áp dụng tải trọng. Đặt các gới cố định tại một phần của khung xe khi mô phỏng va chạm đảm bảo trạng thái neo khi xe va đập, từ đó bắt đầu phân tích ứng suất và biến dạng một cách chính xác (Hình 5.127). [40]

- Bước đầu là thiết lập các node (nút) để gắn các ràng buộc cố định.



Hình 5.127 Vị trí các node gắn ràng buộc

Sau khi thiết lập các node (nút), ta sẽ gắn các ràng buộc bằng BCS.

Đối với khung chassis, sau khi thiết lập các nút ta đi thiết lập các ràng buộc để cố định để khung không bị di chuyển trong quá trình va chạm bằng cách cố định 3 bậc tự do tịnh tiến của các nút và giữ lại chuyển động quay.

Name	Value
Solver Keyword:	/BCS
ID:	2
Include:	[Main Model]
Engineering type:	Non Weighted Constraint
Type:	BCS
⊕ grnd_ID:	(36) Fix chassis
Title:	Fix chassis
User Comments:	Hide In Menu/Export
DOF1:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF2:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF3:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF4:	<input type="checkbox"/>
DOF5:	<input type="checkbox"/>
DOF6:	<input type="checkbox"/>
skew ID:	<Unspecified>

Hình 5.128 Điều kiện ràng buộc của khung xe

Đối với mặt phẳng đầu xe tải, sau khi thiết lập các nút ta đi thiết lập các ràng buộc cố định với mô hình xe tải, tuy nhiên vì là phần tử chuyển động nên ta không ràng buộc các bậc tự do theo phương chuyển động đó. Với va chạm chuyển động bên hông, không ràng buộc bậc tự do tịnh tiến theo phương X (DOF1), với va chạm chuyển động sau đuôi, không ràng buộc bậc tự do tịnh tiến theo phương Z (DOF3). [40]

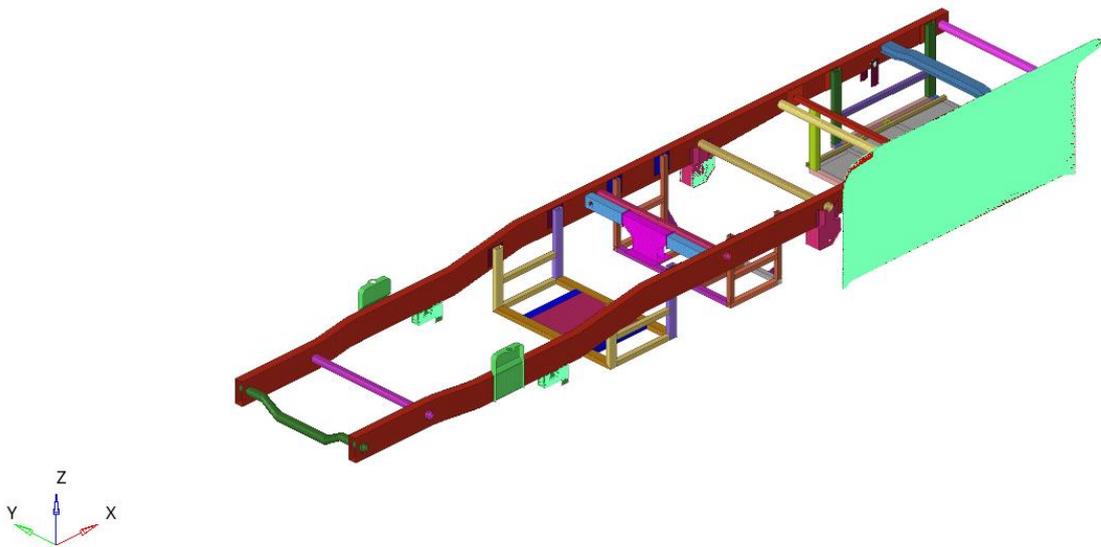
Name	Value	Name	Value
Solver Keyword:	/BCS	Solver Keyword:	/BCS
ID:	1	ID:	1
Include:	[Main Model]	Include:	[Main Model]
Engineering type:	Non Weighted Constraint	Engineering type:	Non Weighted Constraint
Type:	BCS	Type:	BCS
⊕ grnd_ID:	(1) Fix impact	⊕ grnd_ID:	(1) Fix impact
Title:	Fix impact	Title:	Fix impact
User Comments:	Hide In Menu/Export	User Comments:	Hide In Menu/Export
DOF1:	<input checked="" type="checkbox"/>	DOF1:	<input type="checkbox"/>
DOF2:	<input type="checkbox"/>	DOF2:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF3:	<input checked="" type="checkbox"/>	DOF3:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF4:	<input checked="" type="checkbox"/>	DOF4:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF5:	<input checked="" type="checkbox"/>	DOF5:	<input checked="" type="checkbox"/>
DOF6:	<input checked="" type="checkbox"/>	DOF6:	<input checked="" type="checkbox"/>
skew_ID:	<Unspecified>	skew_ID:	<Unspecified>

Hình 5.129 Điều kiện ràng buộc của mô hình xe tải chuyển động theo phương X, Y

5.2.5.7 Thiết lập thông số vận tốc

Để gán vận tốc ban đầu cho xe – ta sử dụng INIVEL để xác định vận tốc ban đầu cho một nhóm nút. Nó không yêu cầu sử dụng hàm và không thay đổi theo thời gian. Theo yêu cầu của phân tích, chúng ta gán vận tốc ban đầu là 31 mph (tương đương 13858,24 mm/s) cho xe theo hai trường hợp [40]

- Trường hợp 1: Va chạm bên hông – Gán vận tốc chuyển động theo phương Y

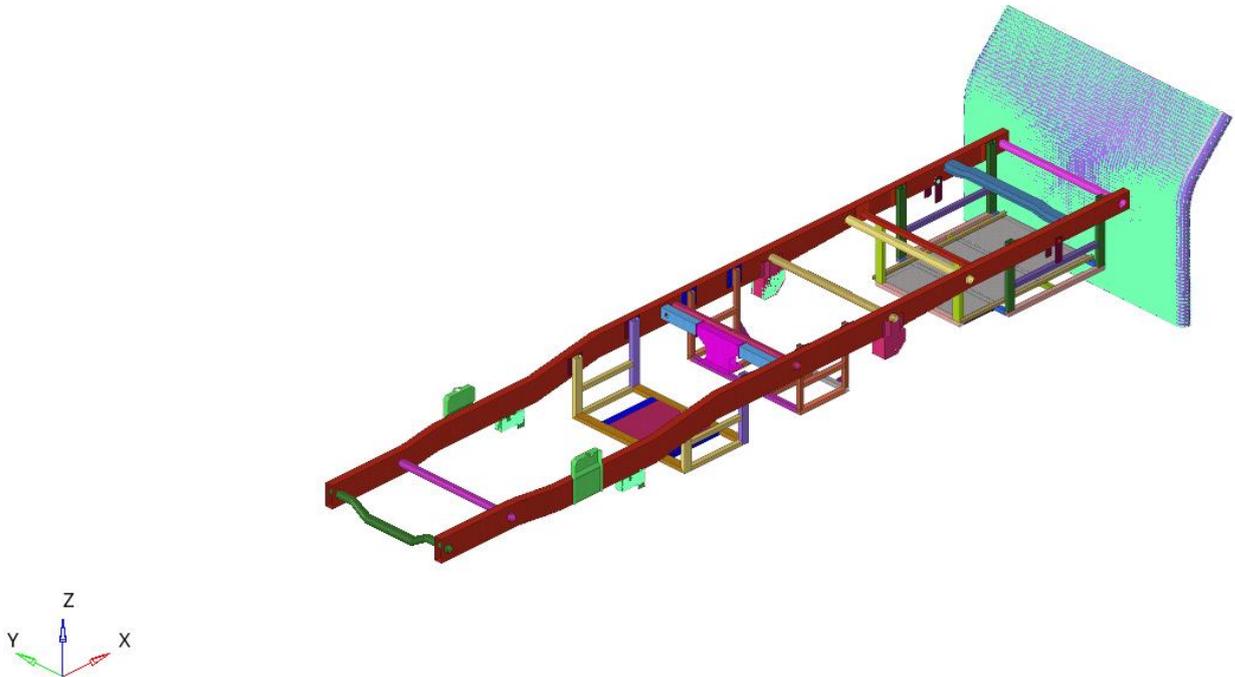


Hình 5.130 Mô phỏng va chạm bên hông

Name	Value
Solver Keyword:	/INIVEL/TRA
ID:	3
Include:	[Main Model]
Engineering type:	Directional Velocity
Type:	INIVEL
⊕ grnd_ID:	(1) Fix impact
Title:	Velocity
User Comments:	Hide In Menu/Export
type:	TRA: Translational Material Velocity
Velocity Components (Vx, Vy, Vz):	0, 13858.24, 0
skew_ID:	<Unspecified>

Hình 5.131 Thiết lập vận tốc cho mô hình theo phương Y

- Trường hợp 2: Va chạm sau đuôi – Gán vận tốc chuyển động theo phương X



Hình 5.132 Mô phỏng va chạm sau đuôi

Name	Value
Solver Keyword:	/INIVEL/TRA
ID:	3
Include:	[Main Model]
Engineering type:	Directional Velocity
Type:	INIVEL
gmd_ID:	(1) Fix impact
Title:	Velocity
User Comments:	Hide In Menu/Export
type:	TRA: Translational Material Velocity
Velocity Components (Vx, Vy, Vz):	-13858.24, 0, 0
skew_ID:	<Unspecified>

Hình 5.133 Thiết lập vận tốc cho mô hình theo phương X

5.2.5.8 Thiết lập mối liên hệ tiếp xúc (Contact) giữa các phần tử

Contact được sử dụng để mô phỏng sự tương tác giữa các bề mặt hoặc các phần tử trong một hệ thống, ở đây chúng ta sử dụng contact để mô phỏng sự tương tác các bề mặt giữa 2 phần tử khung chassis và mô hình xe tải.

Để thiết lập Contact giữa các phần tử, ta đi xác định các Slave Surface là bề mặt của mô hình xe tải và Main Surface là bề mặt của khung chassis. Sử dụng giao diện tiếp xúc TYPE7 để mô phỏng sự tương tác giữa các bề mặt hoặc phần tử trong mô hình phân tích động lực học.

⇒ Từ đó thiết lập các thông số [40]

- Gapmin = 1: Định nghĩa các khoảng cách tối thiểu để phát hiện tiếp xúc.
- Fric = 0.2: Hệ số ma sát giữa các bề mặt tiếp xúc.
- Stmin = 1000: Định nghĩa độ cứng liên kết nhỏ nhất.

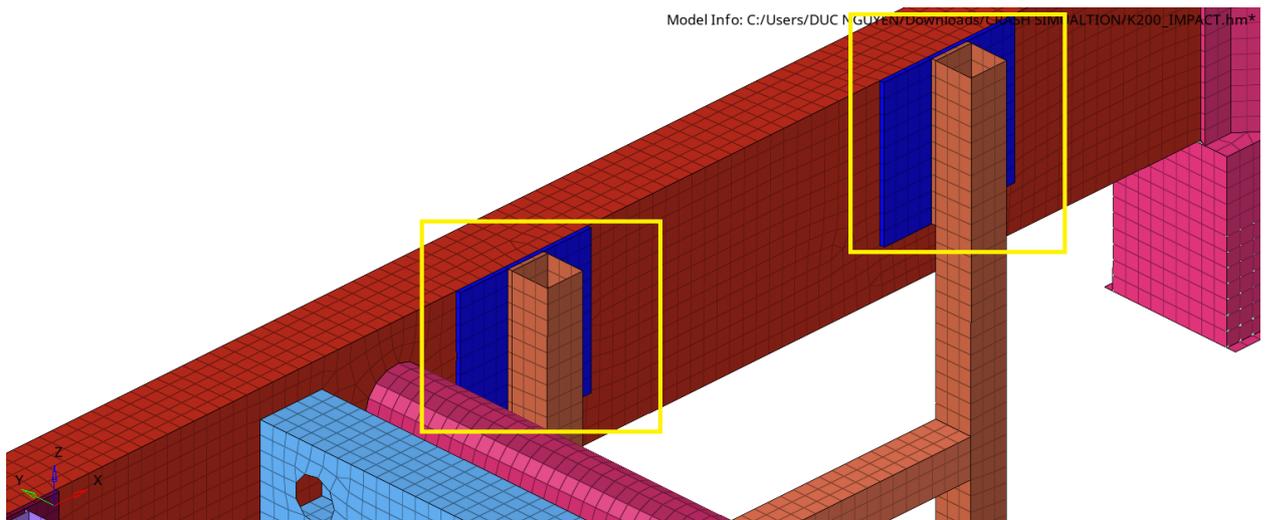
Name	Value
Solver Keyword:	/INTER/TYPE7/
ID:	1
Name:	Impact_Chassis
Color:	
Include:	[Main Model]
User Comments:	Hide In Menu/Export
Card Image:	TYPE7
⊕ Gmod_id (S):	(37) Impact_Nod
⊕ Surf_id (M):	(38) Chassis_surf
Istf:	4: Stfac is a stiffness scale factor and the interface stiffness is computed
lthe:	
Igap:	2: Variable gap + gap scale correction of the computed gap
Ibag:	
Idel:	1: When all the elements associated to one segment are deleted, the s
Icurv:	
Iadm:	0: Not activated (default)
Fscale_gap:	0.8
Gap_max:	
Fpenmax:	
Stmin:	1000.0
Stmax:	
dtmin:	
Irem_gap:	
Irem_i2:	
Stfac:	
Fric:	0.25
Gapmin:	0.5
Tstart:	
Tstop:	
Deactivate_X_BC:	<input type="checkbox"/>
Deactivate_Y_BC:	<input type="checkbox"/>
Deactivate_Z_BC:	<input type="checkbox"/>

VisS:	
VisF:	
Bumult:	
lfric:	
lfiltr:	
Xfreq:	
lform:	2: Stiffness (incremental) formulation
sens_ID:	
fct_IDF:	
Ascale_F:	
fric_ID:	

Hình 5.134 Thông số và điều kiện của Contact

5.2.5.9 Thiết lập liên kết (Ruled) giữa các phần tử

Thiết lập Liên kết (Ruled) được sử dụng để kết nối phần tử hoặc bề mặt trong một mô hình phân tích. Đối với mô phỏng này, ta thiết lập các lưới 2D tạo liên kết giữa phần tử trong khung xe để khi va chạm xảy ra, các chi tiết biến dạng sẽ liên kết với nhau và không bị tách rời. [40]



Hình 5.135 Cấu trúc các mối hàn khung chassis

5.2.5.10 Thiết lập khối lượng (Mass) cho các phần tử

Trong mô phỏng va chạm của khung xe bằng HyperMesh, điều kiện biên về tải trọng đóng vai trò quan trọng nhằm tái hiện chính xác hành vi của cấu trúc khi chịu tác động mạnh, thường bao gồm tải trọng động như gia tốc, tốc độ ban đầu, lực va chạm tập trung, và lực tiếp xúc thay đổi theo thời gian, với đặc điểm nổi bật là tính phi tuyến do vật liệu biến dạng dẻo, hình học thay đổi lớn, và tiếp xúc không ổn định giữa các bề mặt. Đối với va chạm khung xe an toàn Pack pin, chú trọng vào tải trọng đặt lên khung xe để điều chỉnh vị trí Pack pin, vận tốc, gia tốc trọng trường của mô hình xe tải, sao cho khi xảy ra va chạm khung đảm bảo độ cứng vững và biến dạng vừa đủ để không ảnh hưởng

đến Pack pin. Bảng 5.5 thể hiện thông số thiết lập cho tải trọng đặt trên mô hình bài toán mô phỏng va chạm.

Bảng 5.5 Thông số tải trọng mô hình bài toán va chạm

Cụm Chi tiết	Khối lượng (kg)	Vận tốc (km/h)	Gia tốc trọng trường (m/s ²)
Khung xe	1000	0	9,81
MP đầu xe tải	950	50	9,81

5.2.5.11 Thiết lập thời gian dừng và các bước thời gian để khởi chạy mô phỏng

Thiết lập khung thời gian và bước thời gian thông qua ENGINE FILE ASSISTANT, thiết lập lần lượt các khung thời gian chạy mô phỏng [4]

ENG_RUN: 4

ENG_DT: 0.01

ENG_TFILE: 0.001

Step time (Bước thời gian): Tscale: 0.8 và Tmin: 5e-06

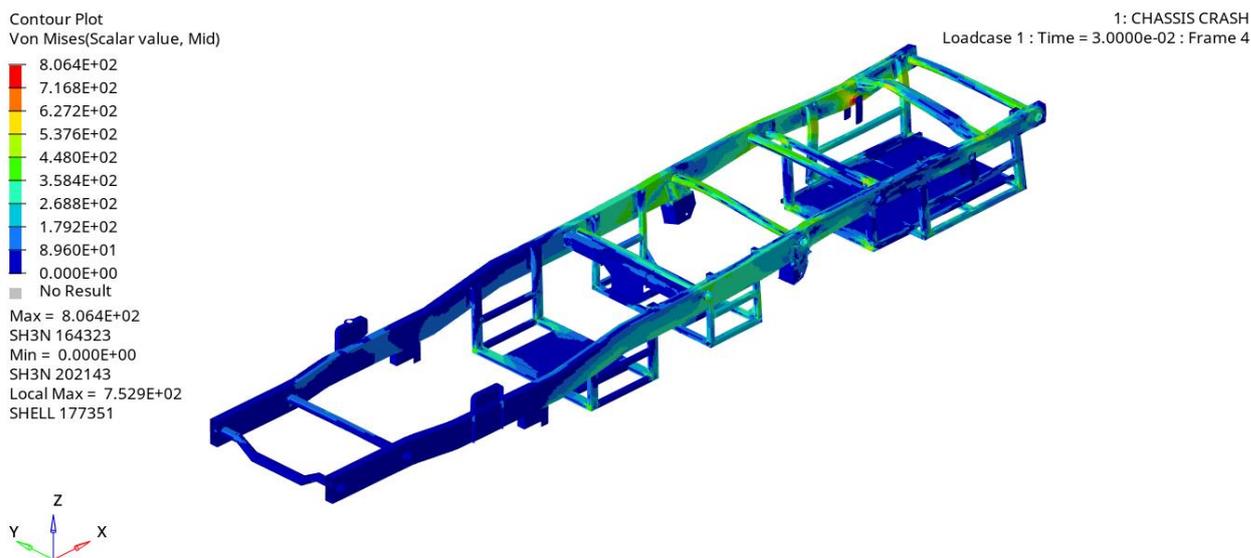
```
/RUN/CHASSIS CRASH/1/  
4.0000000000000000  
/MON/ON  
/PRINT/-500/55  
/VERS/2022  
/DT/NODA/CST/0  
0.8000000000000000 5.000000000000000E-06 0.0000000000000000  
/TFILE/0  
1.000000000000000E-03  
/ANIM/DT  
0.0000000000000000 0.0100000000000000  
/ANIM/ELEM/EPSP  
/ANIM/ELEM/ENER  
/ANIM/ELEM/VONM  
/ANIM/NODA/DMAS  
/ANIM/VECT/VEL
```

Hình 5.136 Code chạy thời gian mô phỏng

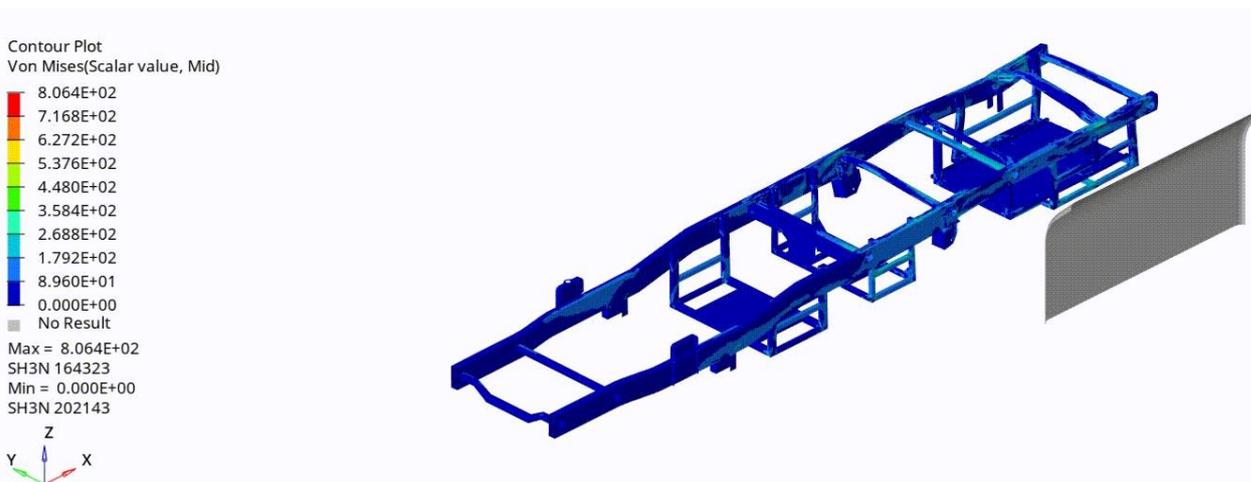
5.2.6 Kết quả mô phỏng và bình luận

5.2.6.1 Ứng suất va chạm bên hông xe

Hình 5.137 và 5.138 thể hiện kết quả phân bố ứng suất trên khung xe khi xảy ra va chạm bên hông xe. Giá trị ứng suất lớn nhất đạt 806,4 [MPa] tại giá treo nhíp sau. Ứng suất của khung đạt ngưỡng 537,6 [Mpa]. Đối với Pack Pin, giá trị ứng suất lớn nhất đạt 179 [MPa]. [41]



Hình 5.137 Biểu đồ ứng suất bên hông khung xe tải HEV
(Ứng suất cực đại tại nhíp sau và Ứng suất của khung khi mới xảy ra va chạm)

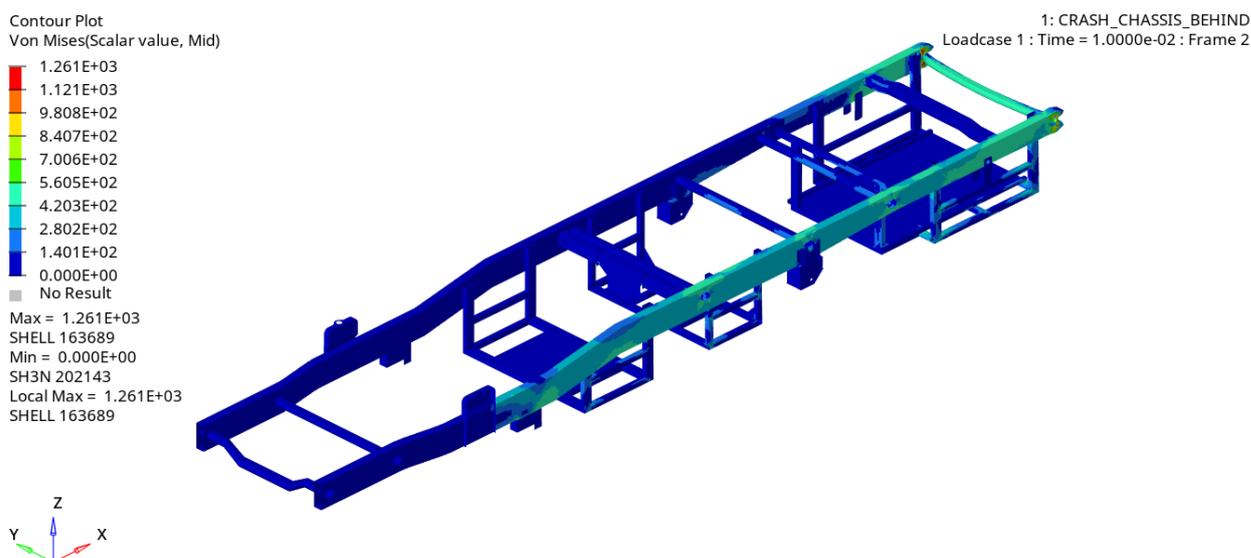


Hình 5.138 Biểu đồ ứng suất bên hông khung xe tải HEV và Pack-Pin

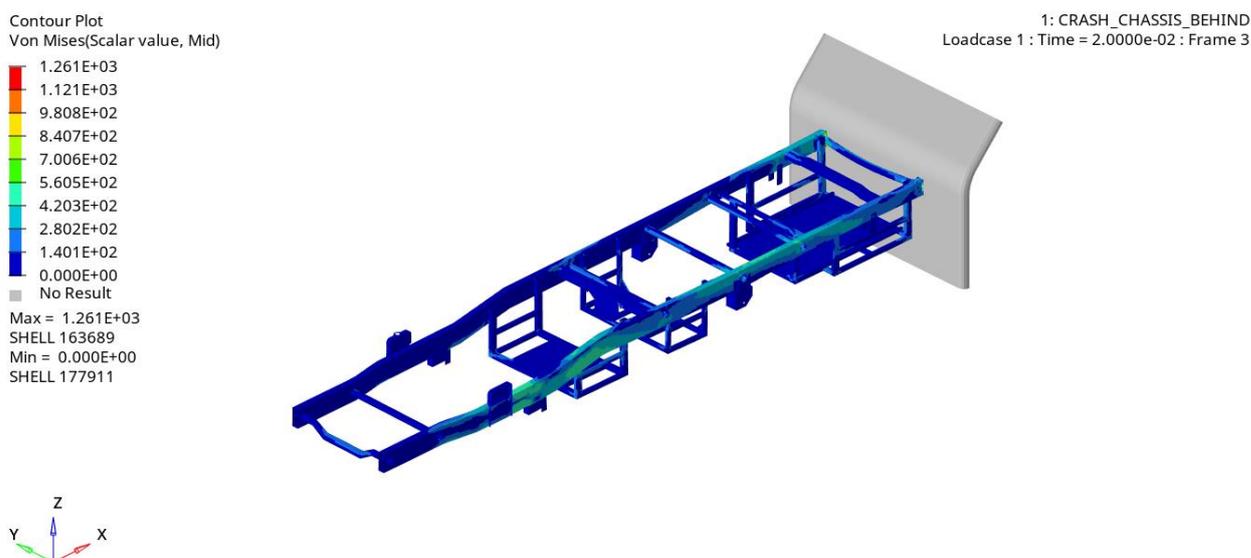
5.2.6.2 Ứng suất va chạm sau đuôi xe

Hình 5.139 và 5.140 thể hiện kết quả phân bố ứng suất trên khung xe khi xảy ra va chạm sau đuôi xe. Giá trị ứng suất lớn nhất đạt 1261 [MPa] tại vị trí đuôi sau của thanh

đọc khung xe. Ứng suất của khung đạt ngưỡng 560,5 [MPa]. Đối với khu vực khung Pack pin, giá trị ứng suất lớn nhất đạt 280 [MPa].



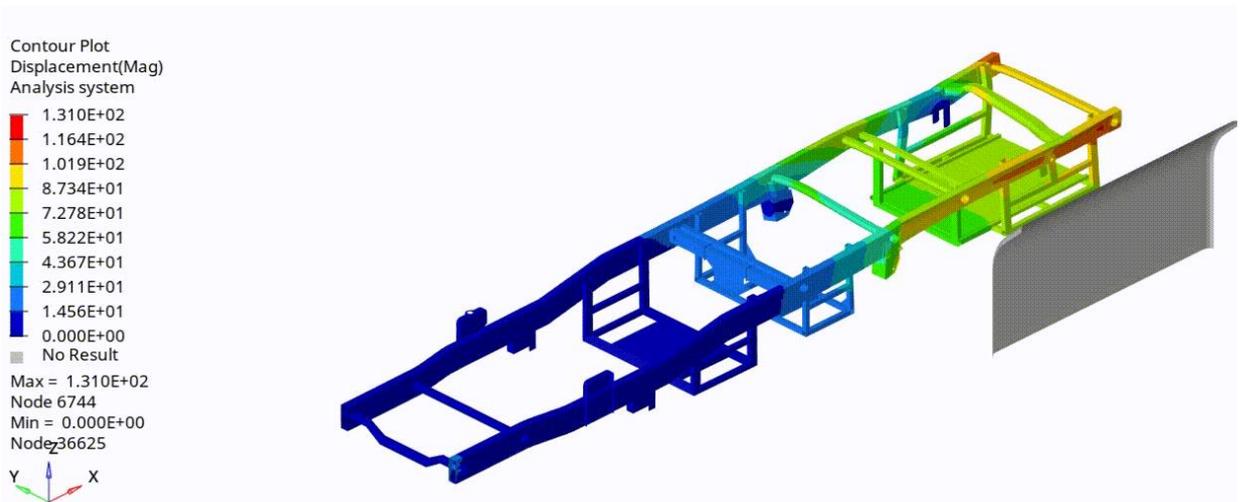
Hình 5.139 Biểu đồ ứng suất sau đuôi khung xe tải HEV (Ứng suất cực đại tại đuôi sau thanh dọc khung và Ứng suất của khung khi mới xảy ra va chạm)



Hình 5.140 Biểu đồ ứng suất sau đuôi khung xe tải HEV và Pack-Pin

5.2.6.3 Chuyển vị va chạm bên hông xe

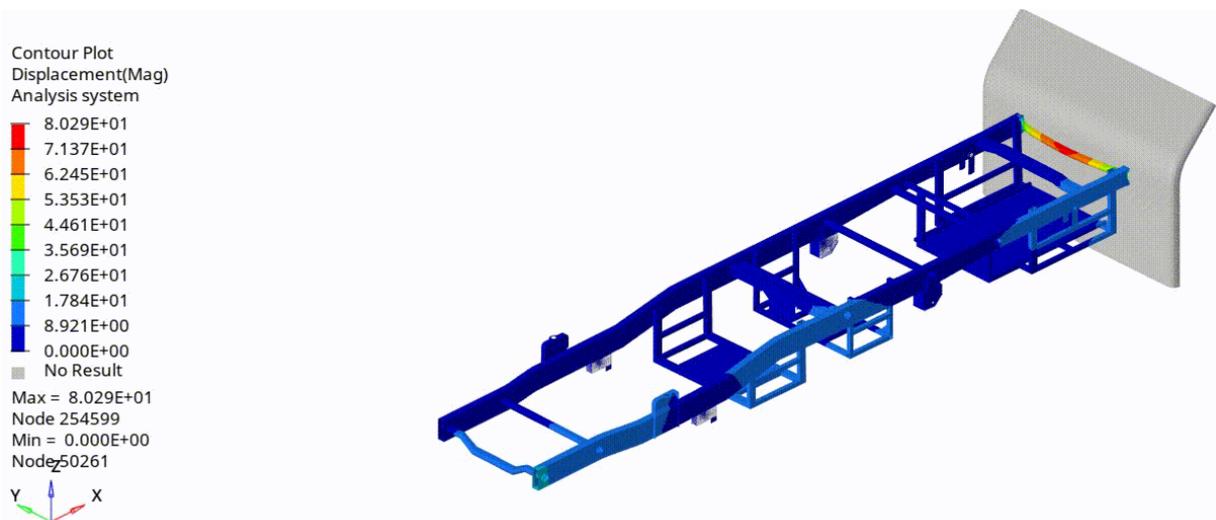
Hình 5.141 thể hiện kết quả phân bố chuyển vị trên khung xe khi xảy ra va chạm bên hông xe. Giá trị chuyển vị lớn nhất đạt 131 [mm]. Đối với khu vực khung Pack pin, giá trị chuyển vị lớn nhất đạt 72 [mm].



Hình 5.141 Biểu đồ chuyển vị bên hông khung xe tải HEV

5.2.6.4 Chuyển vị va chạm sau đuôi xe

Hình 5.142 thể hiện kết quả phân bố chuyển vị trên khung xe khi xảy ra va chạm sau đuôi xe. Giá trị chuyển vị lớn nhất đạt 80,2 [mm]. Đối với khu vực khung Pack pin, giá trị chuyển vị lớn nhất đạt 17 [mm].



Hình 5.142 Biểu đồ chuyển vị sau đuôi khung xe tải HEV

5.2.6.5 Đánh giá kết quả

Kết quả mô phỏng va chạm ở vị trí lắp đặt Pack pin cho thấy khả năng chịu tải của các cấu trúc khung qua các trường hợp vị trí va chạm khác nhau.

Va chạm bên hông: Khung xe chịu ứng suất tối đa lên đến 806,4 [MPa] tại giá treo nhíp sau, ứng suất của khung đạt ngưỡng 537,6 [MPa], lớn hơn giới hạn bền cho phép của vật liệu 461 [MPa]. Tuy nhiên, ứng suất lớn nhất của Pack pin ghi nhận mức ứng suất 179 [MPa], vẫn nằm trong vùng an toàn. Chuyển vị lớn nhất khung xe đạt 131 [mm], khung Pack pin đạt 72 [mm], cho thấy khung xe chuyển vị lớn, chuyển vị của khung Pack-Pin vẫn đảm bảo độ an toàn cho các Cell pin. Để nâng cao độ an toàn khi

va chạm bên hông, phương án đề xuất tập trung tăng độ cứng vùng liên kết giữa giá đỡ treo nhíp và khung xe. Cụ thể, sử dụng tấm thép tăng cứng dày hơn, bao quanh vị trí giữa giá đỡ nhíp và khung. Đồng thời, bổ sung các gân gia cường theo hướng truyền lực (từ ngoài vào trong khung), giúp phân tán lực tác động hiệu quả, giảm nguy cơ biến dạng khung xe. Phương án này đảm bảo độ bền, dễ triển khai và tối ưu chi phí sản xuất.

Va chạm sau đuôi: Khung xe chịu ứng suất tối đa lên đến 1261 [MPa], ứng suất của khung đạt ngưỡng 560,5 [MPa] tại vị trí đuôi sau của thanh dọc khung xe, lớn hơn giới hạn bền cho phép của vật liệu 461 [MPa]. Tuy nhiên, ứng suất lớn nhất của khu vực Pack pin ghi nhận mức ứng suất 280 [MPa], vẫn nằm trong vùng an toàn. Chuyển vị lớn nhất khung xe đạt 80,2 [mm], Pack-Pin đạt 17 [mm], cho thấy khung xe chuyển vị lớn, chuyển vị của khung Pack-Pin vẫn đảm bảo độ an toàn cho các Cell pin. Việc ứng suất của khung xe lớn hơn giới hạn cho phép nằm ở thanh sau cùng của khung xe, vấn đề này nhóm tác giả đề xuất cải tiến thay thế thanh sau cùng của khung xe có biên dạng phi 50 (mm) bằng thép hộp có quy cách 100x50x3 (mm).

Chương 6: HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG LỰC HYBRID TRÊN CƠ SỞ XE KIA FRONTIER K200

6.1 Tổng quan về hệ thống điều khiển xe hybrid

6.1.1 Nguyên lý làm việc của hệ thống điều khiển xe hybrid

Hệ thống điều khiển trên xe Hybrid hoạt động dựa trên sự kết hợp của các thành phần điện tử và phần mềm điều khiển. Hệ thống liên tục phân tích các tín hiệu từ cảm biến và điều chỉnh dòng năng lượng giữa các bộ phận. Nguyên lý của hệ thống này được thiết kế để quản lý và điều phối các nguồn năng lượng (động cơ đốt trong, động cơ điện, và pin) thông qua các quy trình sau:

Thu thập dữ liệu từ các cảm biến: Hệ thống điều khiển trung tâm (ECU) nhận dữ liệu từ các cảm biến đặt trên toàn xe

Xử lý dữ liệu: Dữ liệu từ các cảm biến được gửi đến bộ điều khiển trung tâm (ECU) sau đó sử dụng các thuật toán và mô hình điều khiển để phân tích dữ liệu trong thời gian thực. Dựa trên phân tích, ECU đưa ra quyết định về cách phân phối năng lượng giữa động cơ đốt trong, động cơ điện, và pin.

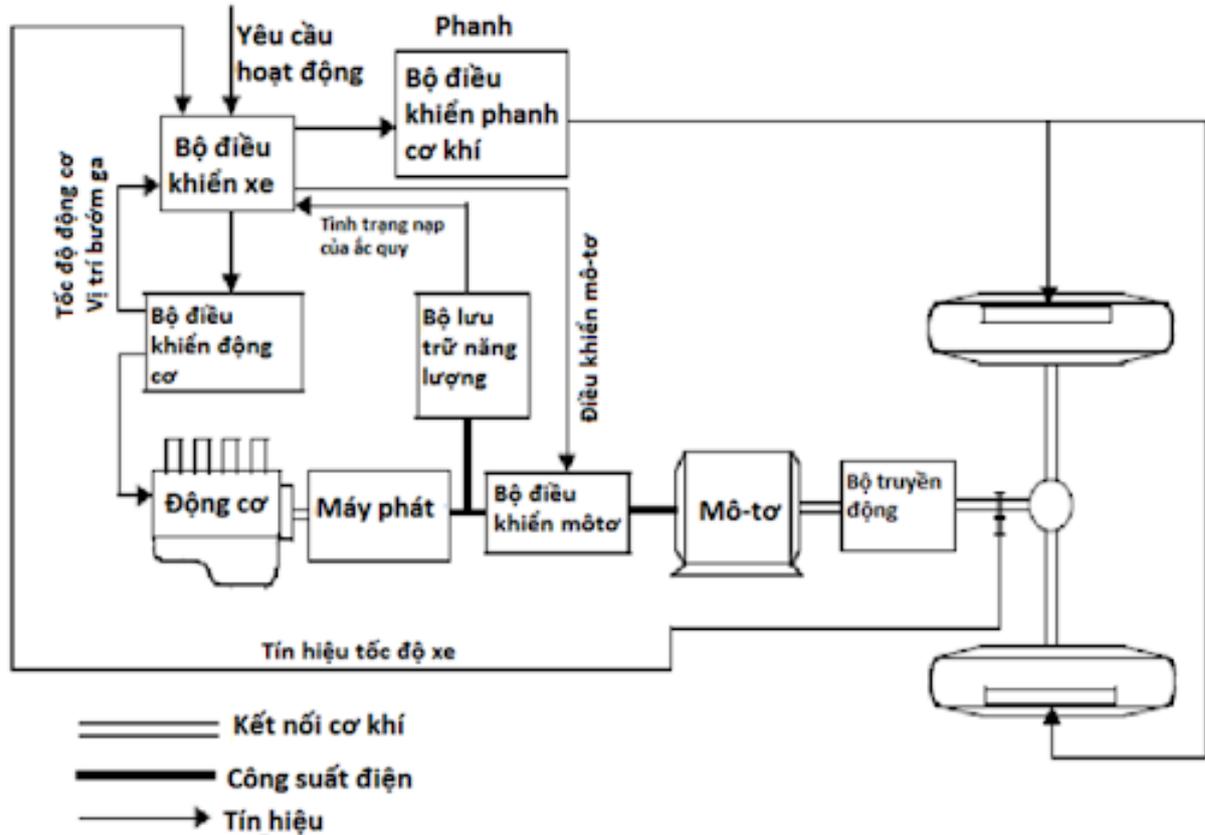
Điều khiển hoạt động của các thành phần: Sau khi phân tích dữ liệu và tính toán các thông số điều khiển, ecu sẽ điều khiển các cơ cấu chấp hành như: Pin, động cơ điện, động cơ nhiệt, máy phát, ... Phối hợp hoạt động.



Hình 6.1 ECU điều khiển xe hybrid

6.1.2 Vai trò của bộ điều khiển

Hệ thống điều khiển trên xe Hybrid đóng vai trò trung tâm trong việc tối ưu hóa hiệu suất năng lượng, phối hợp hoạt động giữa các nguồn năng lượng, và đảm bảo vận hành an toàn, hiệu quả. Đây là thành phần không thể thiếu để xe Hybrid đạt được các mục tiêu tiết kiệm nhiên liệu, giảm phát thải, và cải thiện trải nghiệm lái xe.



Hình 6.2 Sơ đồ hệ thống xe hybrid

Các vai trò này bao gồm:

- Quản lý năng lượng điều phối giữa các nguồn năng lượng: Hệ thống điều khiển quyết định khi nào sử dụng động cơ đốt trong (ICE), động cơ điện (EM), hoặc kết hợp cả hai dựa trên nhu cầu vận hành và điều kiện lái xe. Chuyển đổi linh hoạt giữa các chế độ vận hành. Phân bổ năng lượng từ pin và ICE để đảm bảo xe hoạt động với hiệu suất cao nhất, giảm tiêu hao nhiên liệu.

- Tái tạo năng lượng: Khi xe giảm tốc hoặc phanh, hệ thống điều khiển kích hoạt động cơ điện để thu hồi động năng, chuyển hóa thành điện năng và lưu trữ vào pin giảm lãng phí năng lượng và tăng hiệu quả sử dụng.

- Giám sát và kiểm soát: Theo dõi trạng thái pin, động cơ, và các thông số khác để đảm bảo hoạt động ổn định và an toàn. Bảo vệ các linh kiện quan trọng như pin và động cơ khỏi tình trạng quá nhiệt, quá tải hoặc cạn kiệt năng lượng. Kích hoạt các biện pháp an toàn khi cần thiết.

- Tối ưu hóa hiệu suất: Duy trì ICE ở vùng hiệu suất cao nhất, hỗ trợ động cơ điện trong các điều kiện tải nặng hoặc khởi động.

- Cải thiện trải nghiệm lái: Đảm bảo vận hành mượt mà, chuyển đổi linh hoạt giữa các chế độ lái, tiết kiệm nhiên liệu tự động.

6.1.3 Các thành phần chính của bộ điều khiển

- Bộ điều khiển trung tâm (ECU - Electronic Control Unit)

+ Chức năng: Là "bộ não" của hệ thống điều khiển, giám sát và điều phối hoạt động giữa các thành phần như động cơ đốt trong, động cơ điện, pin, và hệ thống truyền động.

+ Các vai trò chính: Quản lý năng lượng, điều khiển chế độ vận hành (EV, Hybrid, ICE), phối hợp các hệ thống tái tạo năng lượng.

- Bộ biến tần (Inverter)

+ Chức năng: Chuyển đổi dòng điện một chiều (DC) từ pin thành dòng xoay chiều (AC) để cấp cho động cơ điện và ngược lại, chuyển đổi dòng AC từ động cơ điện (khi tái tạo năng lượng) thành DC để sạc pin.

+ Đặc điểm: Sử dụng các thiết bị bán dẫn công suất cao để kiểm soát dòng điện và tần số phù hợp với yêu cầu vận hành.

- Bộ điều khiển động cơ đốt trong

+ Chức năng: Điều chỉnh tỷ lệ hỗn hợp không khí và nhiên liệu, quản lý thời điểm đánh lửa, tối ưu hóa công suất và hiệu suất của động cơ đốt trong để hỗ trợ động cơ điện hoặc sạc pin.

- Bộ điều khiển động cơ điện

+ Chức năng: Kiểm soát hoạt động của động cơ điện, bao gồm tăng tốc, giảm tốc và tái tạo năng lượng. Điều chỉnh mô-men xoắn và tốc độ của động cơ điện để phù hợp với chế độ vận hành.

- Bộ điều khiển pin (Battery Management System - BMS)

+ Chức năng: Giám sát và điều khiển trạng thái sạc (SOC - State of Charge) và trạng thái sức khỏe (SOH - State of Health) của pin. Quản lý nhiệt độ pin để đảm bảo hoạt động an toàn và kéo dài tuổi thọ. Cân bằng các tế bào pin để duy trì hiệu suất tối ưu.

- Cảm biến trên hệ thống điều khiển trên xe Hybrid sử dụng nhiều loại cảm biến để thu thập dữ liệu cần thiết.

+ Cảm biến tốc độ: Theo dõi tốc độ quay của bánh xe và trục khuỷu và động cơ điện.

+ Cảm biến nhiệt độ: Theo dõi nhiệt độ của động cơ, pin và các bộ phận khác.

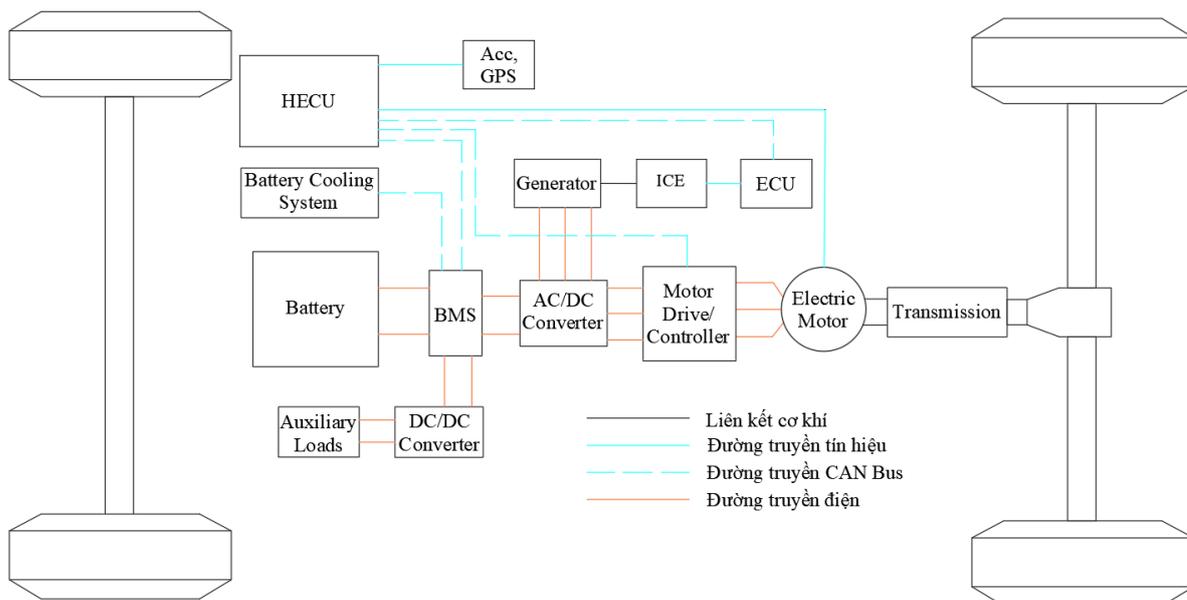
+ Cảm biến dòng điện và điện áp: Đo lường dòng điện và điện áp trong hệ thống pin và động cơ.

+ Cảm biến bàn đạp ga/phanh: Xác định yêu cầu công suất từ người lái

6.2 Hệ thống điều khiển hybrid trên cơ sở xe KIA Frontier K200

6.2.1 Thiết kế hệ thống điều khiển

Hệ thống điều khiển động lực Hybrid trên xe Kia Frontier K200 được xây dựng với kiến trúc xe series hybrid, ở đây động cơ đốt trong đóng vai trò như một nguồn động lực làm quay máy phát, phát điện để nạp điện cho hệ thống pin. Nguồn động lực duy nhất làm cho xe di chuyển là động cơ điện được kết nối với cầu sau của xe



Hình 6.3 Sơ đồ tổng thể hệ thống hybrid trên xe Kia K200

(Acc: Gia Tốc; GPS: Cảm biến vị trí tay số)

Các thành phần của hệ thống điều khiển trên xe bao gồm:

- HECU (Hybrid electric control unit): Là bộ điều khiển điện tử trung tâm chịu trách nhiệm quản lý và điều phối toàn bộ hoạt động của hệ thống hybrid. HECU điều khiển các động cơ đốt trong và mô-tơ điện, quyết định thời điểm hoạt của động cơ đốt trong để tối ưu hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu. Đồng thời, nó giám sát trạng thái và nhiệt độ pin để đảm bảo an toàn và hiệu quả trong quá trình sạc, xả. HECU cũng điều khiển hệ thống phanh tái tạo năng lượng, thu hồi điện năng khi phanh để sạc lại pin. Ngoài ra, HECU liên tục giao tiếp với các bộ điều khiển khác để phối hợp hoạt động bộ giữa các hệ thống trên xe.

- ECU (electric control unit): Là ecu nguyên bản của xe Kia Frontier K200 có nhiệm vụ giám sát và điều khiển các chức năng liên quan đến hoạt động của động cơ diesel như lượng nhiên liệu được phun vào buồng đốt, tỷ lệ hỗn hợp không khí và nhiên

liệu, Xác định thời điểm chính xác để phun nhiên liệu vào buồng đốt và điều khiển một số hệ thống khác trên xe như hệ thống lái, hệ thống phanh,....

- Hệ thống quản lí pin (BMS): có nhiệm vụ giám sát, bảo vệ, cân bằng và tối ưu hóa hiệu suất hoạt động của bộ pin. Trong hệ thống hybrid, BMS đảm bảo rằng pin hoạt động trong các điều kiện an toàn, hiệu quả, và duy trì tuổi thọ dài nhất. Chức năng cụ thể của bms là đảm bảo tất cả các tế bào pin có mức điện áp và năng lượng tương đồng, theo dõi mức sạc xả của hệ thống pin.

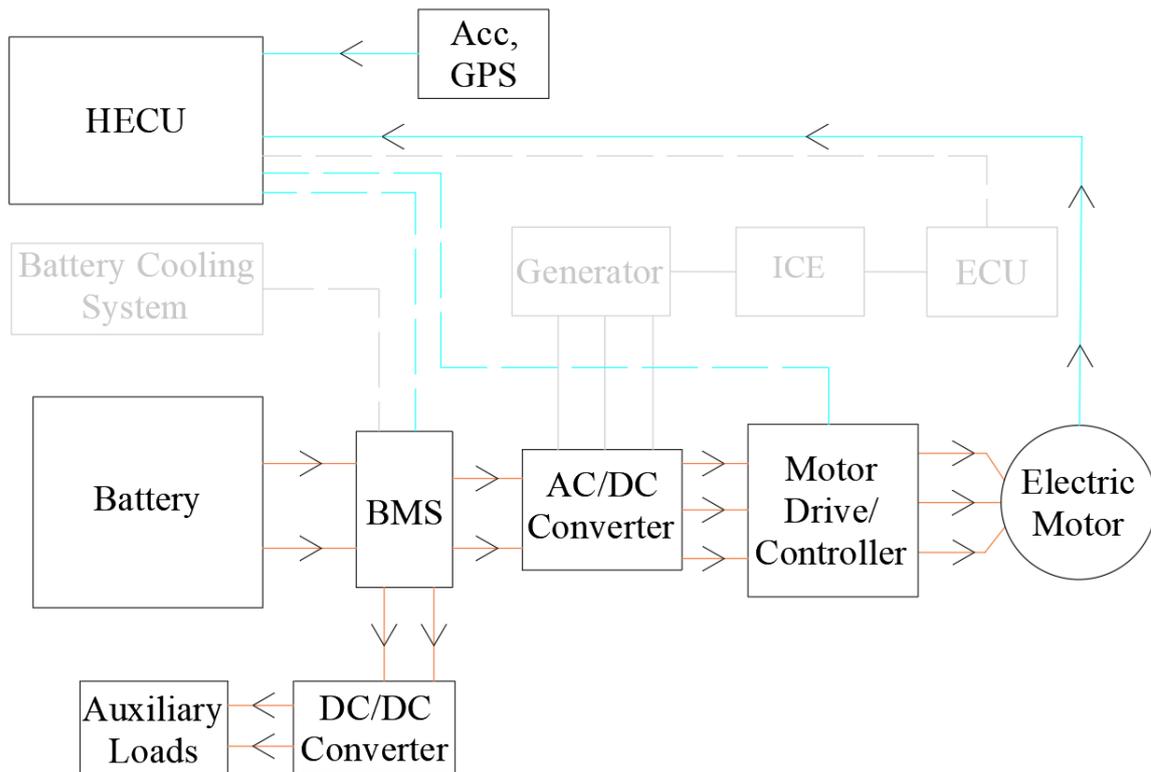
- Hệ thống điều khiển động cơ điện (Motor Drive Controller): Chịu trách nhiệm điều khiển động cơ điện và điều phối năng lượng giữa các thành phần như pin, bộ sạc, và động cơ điện. Controller đảm bảo rằng động cơ điện hoạt động tối ưu, cung cấp mô-men xoắn và công suất cần thiết cho các điều kiện vận hành khác nhau của xe.

- Hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin (Battery Cooling System): Hệ thống này chịu trách nhiệm ra lệnh cho hệ thống làm mát pin hoạt động, giữ cho nhiệt độ pin ở vùng tối ưu đối với hiệu suất của pin, giúp pin hoạt động hiệu quả và an toàn

6.2.2 Xây dựng các chế độ hoạt động

Để tích hợp hệ thống Series Hybrid vào xe KIA Frontier K200, cần thiết kế các chế độ hoạt động nhằm tối ưu hóa hiệu suất, tiết kiệm nhiên liệu, và giảm phát thải. Dưới đây là các chế độ hoạt động của xe:

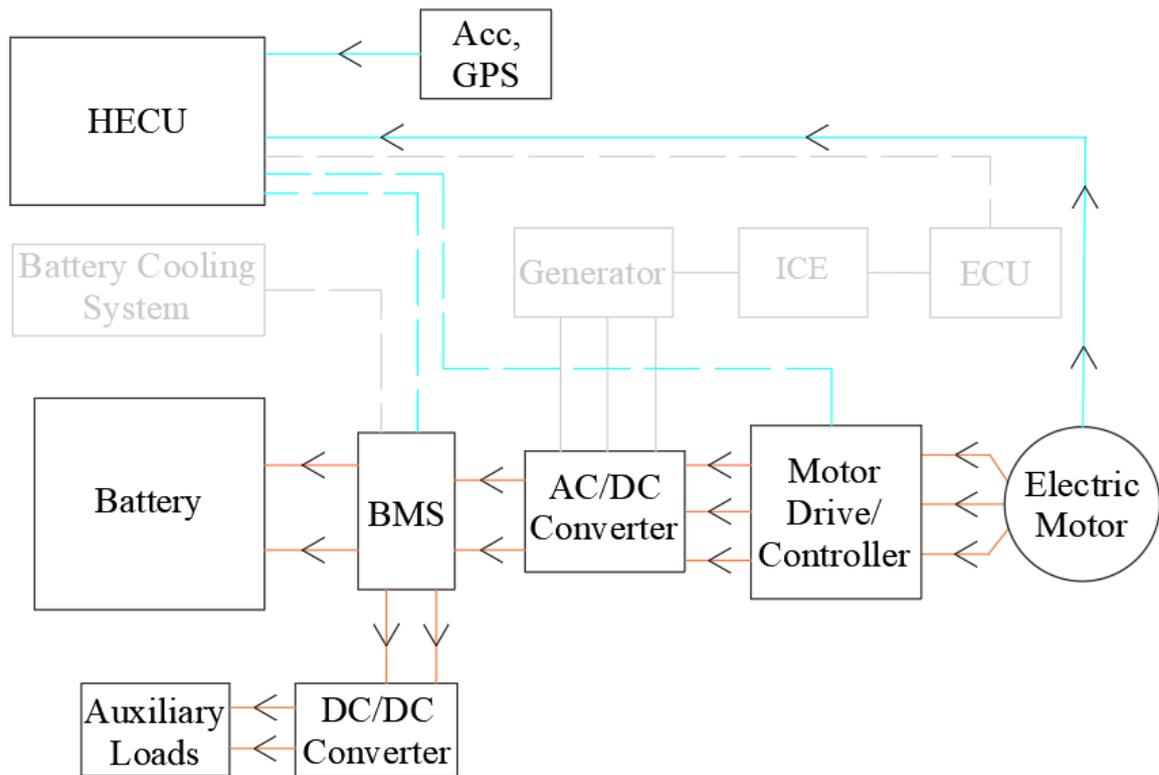
6.2.2.1 Chế độ khởi động và chạy với nguồn năng lượng từ pin



Hình 6.4 Chế độ khởi động và chạy với nguồn năng lượng từ pin.

Khi xe bắt đầu di chuyển, động cơ sẽ sử dụng năng lượng trực tiếp từ pin để vận hành, tạo lực kéo cho xe mà không cần động cơ đốt trong hoạt động. Trong giai đoạn này, động cơ đốt trong sẽ tạm thời ngưng hoạt động và không quay máy phát để phát ra điện. Vì vậy giúp hạn chế tiền ồn do động cơ đốt trong gây ra. Chế độ này rất hiệu quả khi xe chạy ở tốc độ thấp hoặc trong đô thị, nơi cần vận hành nhẹ nhàng và thân thiện với môi trường.

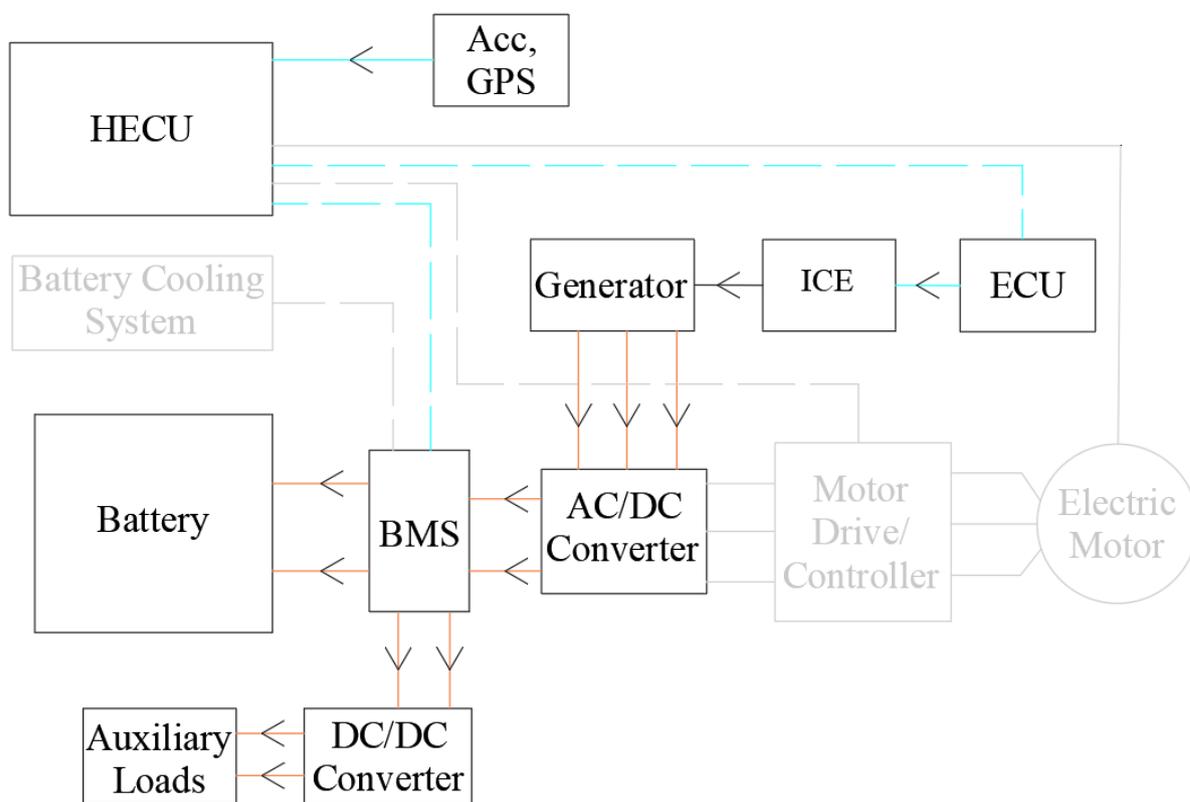
6.2.2.3. Chế độ phanh tái sinh



Hình 6.6 Chế độ Phanh Tái sinh

Khi xe xuống dốc hoặc giảm tốc độ, hệ thống phanh tái sinh sẽ được kích hoạt. Lúc này, động cơ điện không còn hoạt động như một mô-tơ kéo xe nữa mà chuyển đổi vai trò thành máy phát điện. Trong quá trình này, động cơ điện tạo ra điện năng từ chính động năng của xe khi đang giảm tốc hoặc hãm lại. Năng lượng điện sinh ra được truyền ngược lại và nạp vào pin của xe, giúp sạc lại nguồn năng lượng dự trữ cho hệ thống. Quá trình này làm nâng cao hiệu suất của xe hybrid và giảm lượng nhiên liệu tiêu thụ của xe hybrid

6.2.2.4. Chế độ sạc tại vị trí dừng đỗ



Hình 6.7 Chế độ sạc tại vị trí dừng đỗ

Khi xe dừng đỗ, lúc này động cơ điện xe không hoạt động, toàn bộ điện năng sinh ra trong lúc phát điện sẽ dùng để sạc cho pin. Việc này giúp duy trì và tăng cường nguồn năng lượng dự trữ trong pin, đảm bảo rằng pin luôn có đủ điện để cung cấp cho các hệ thống điện tử và động cơ điện khi xe khởi động lại hoặc vận hành tiếp theo.

6.2.3 Giải pháp hệ thống điều khiển

Tích hợp thêm hệ thống hybrid như động cơ điện, pin và hệ thống điều khiển tương thích với động cơ diesel hiện tại của KIA Frontier K200. Xây dựng hệ thống với kết cấu hệ động lực hybrid nối tiếp

Tích hợp thêm các hệ thống điều khiển hybrid như: Hệ thống điều khiển động cơ điện, hệ thống điều khiển sạc pin và hệ thống quản lý pin Các hệ thống này phối hợp với bộ ecu nguyên bản của xe tạo nên giải pháp điều khiển hiệu quả giữa động cơ đốt trong (ICE) và động cơ điện (EM), giúp cải thiện hiệu suất, tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải.

6.3 Mô phỏng hệ thống điều khiển xe hybrid

6.3.1 Giới thiệu phần mềm mô Phỏng

6.3.1.1 Tổng quan về phần mềm

MATLAB là một nền tảng lập trình và tính toán số cho các ứng dụng khoa học và kỹ thuật như phân tích dữ liệu, xử lý tín hiệu và hình ảnh, hệ thống điều khiển, truyền thông không dây và robot. MATLAB bao gồm ngôn ngữ lập trình, ứng dụng tương tác, thư viện chuyên biệt cao và các công cụ để tự động tạo mã nhúng.

MATLAB cũng là nền tảng cho Simulink, một môi trường sơ đồ khối để mô phỏng các hệ thống đa miền phức tạp.



Hình 6.8 Phần mềm Matlab

6.3.1.2 Các chức năng của phần mềm

+ Xử lý ma trận và mảng: MATLAB được thiết kế tối ưu hóa cho các phép toán ma trận và mảng, cho phép thực hiện các phép tính đại số tuyến tính, nhân ma trận, tính định thức, nghịch đảo, và các phép biến đổi khác. Xử lý dữ liệu dạng bảng hoặc mảng lớn một cách dễ dàng và hiệu quả.

+ Tính toán số: Giải các bài toán về hệ phương trình tuyến tính, phi tuyến, phương trình vi phân (ODE, PDE), phương trình đại số, tính tích phân, đạo hàm số và các bài toán tối ưu hóa.

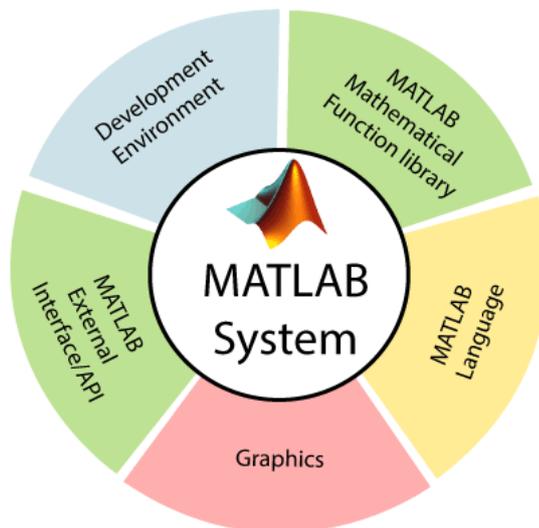
+ Vẽ đồ thị và trực quan hóa dữ liệu: Tạo đồ thị 2D và 3D (cột, đường, bề mặt, lưới, biểu đồ nhiệt). Tích hợp các công cụ để trực quan hóa dữ liệu lớn. Tùy chỉnh đồ thị với nhiều tính năng như màu sắc, kiểu đường, và nhãn.

+ Mô phỏng và mô hình hóa Simulink: Công cụ mạnh mẽ để mô phỏng các hệ thống động học, mô hình hóa quá trình vật lý và hệ thống điều khiển. Hỗ trợ các bài toán trong tự động hóa, cơ khí, và điện tử.

+ Phân tích dữ liệu: Xử lý và phân tích dữ liệu từ các nguồn khác nhau như file Excel, CSV, hoặc cơ sở dữ liệu. Công cụ để làm sạch, chuẩn hóa, và thống kê dữ liệu. Áp dụng các thuật toán học máy (Machine Learning) và học sâu (Deep Learning).

+ Phát triển thuật toán: MATLAB cung cấp các thư viện và hàm dựng sẵn để phát triển, kiểm thử, và tối ưu hóa thuật toán, xử lý tín hiệu, nhận dạng mẫu, xử lý ảnh và video.

+ Công cụ lập trình: Lập trình hướng đối tượng (OOP), viết script tự động hóa các quy trình, hỗ trợ phát triển giao diện người dùng (GUI). Khả năng tích hợp với các ngôn ngữ khác như Python, C/C++, Java. MATLAB là ngôn ngữ lập trình cấp cao.



Hình 6.9 Các tính năng của phần mềm Matlab

6.3.1.3 Các ứng dụng của phần mềm

MATLAB là một phần mềm mạnh mẽ được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khoa học, kỹ thuật, tài chính và công nghiệp. Dưới đây là những ứng dụng phổ biến nhất của MATLAB:

- Kỹ thuật và công nghệ:

+ Kỹ thuật điện - điện tử: Phân tích tín hiệu và hệ thống. Thiết kế và kiểm tra mạch điện. Phát triển các thuật toán xử lý tín hiệu, như lọc, nén, hoặc biến đổi tín hiệu.

+ Kỹ thuật cơ khí: Mô phỏng động lực học vật rắn và chất lỏng. Thiết kế và tối ưu hóa hệ thống cơ khí. Phân tích ứng suất và dao động.

+ Kỹ thuật tự động hóa và điều khiển: Thiết kế, phân tích và mô phỏng các hệ thống điều khiển. Ứng dụng Simulink để mô phỏng robot, máy móc, và dây chuyền sản xuất.

+ Kỹ thuật viễn thông: Xử lý tín hiệu RF và truyền thông không dây. Mô phỏng mạng truyền thông.

+ Khoa học dữ liệu: Phân tích dữ liệu lớn (Big Data) và trực quan hóa dữ liệu.

Áp dụng học máy (Machine Learning) và học sâu (Deep Learning) để dự đoán xu hướng và xây dựng mô hình.

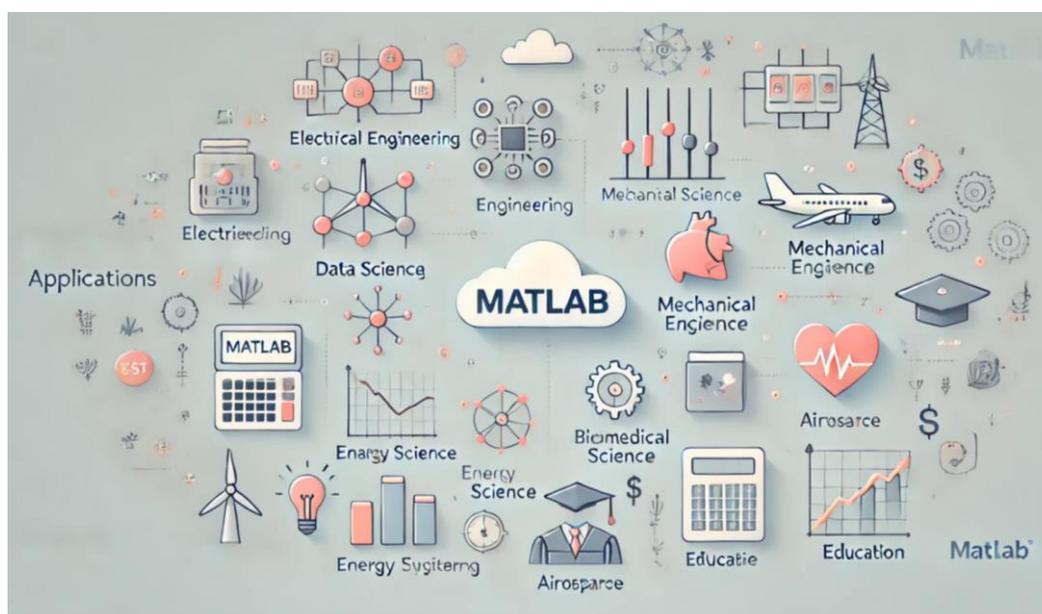
- Xử lý và phân tích hình ảnh vệ tinh hoặc dữ liệu từ các thiết bị IoT.

+ Khoa học y sinh: Phân tích dữ liệu sinh học, như tín hiệu điện tim (ECG), não (EEG). Thiết kế và kiểm tra các thiết bị y tế. Phát triển mô hình cho các hệ thống sinh học và hóa học.

+ Hệ thống năng lượng: Mô phỏng và tối ưu hóa mạng lưới điện. Thiết kế và phân tích hệ thống năng lượng tái tạo, như điện mặt trời, điện gió. Dự báo và quản lý nhu cầu năng lượng.

+ Hàng không và vũ trụ: Mô phỏng khí động học và quỹ đạo bay. Thiết kế và phân tích hệ thống điều khiển máy bay. Nghiên cứu các hệ thống không gian và vệ tinh.

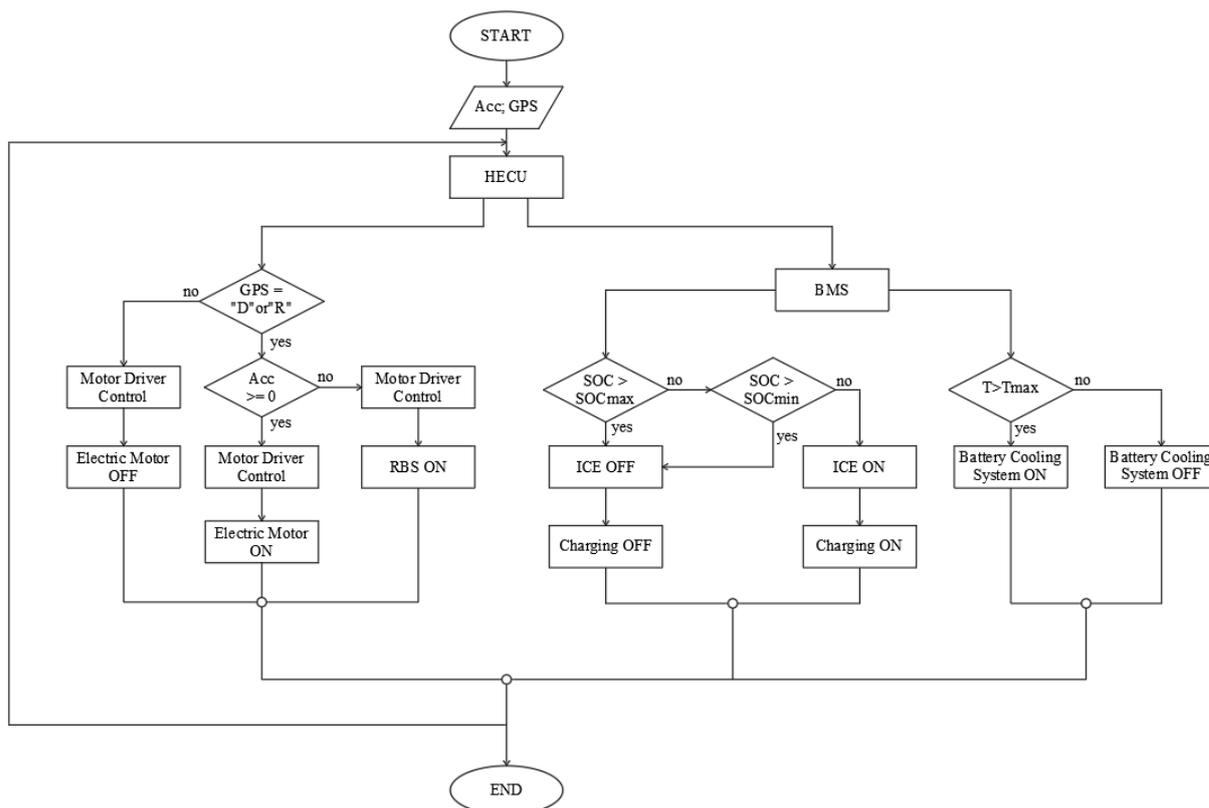
+ Công nghệ ô tô: Thiết kế và tối ưu hóa hệ thống động cơ. Mô phỏng hệ thống tự lái. Phát triển và kiểm tra hệ thống phanh, hộp số, và động lực học xe.



Hình 6.10 Các ứng dụng của Matlab

6.3.2 Sơ đồ thuật toán hệ thống

Sau khi hoàn thành công việc tính toán và lựa chọn các thành phần chính của hệ thống như máy phát, động cơ điện và bộ pin, cũng như xây dựng sơ đồ tổng thể của hệ thống điều khiển, bước tiếp theo quan trọng là thiết kế sơ đồ thuật toán điều khiển. Sơ đồ này đóng vai trò cốt lõi trong việc xác định logic phối hợp giữa các hệ thống trên xe. Đây chính là nền tảng để lập trình điều khiển hoạt động đồng bộ và tối ưu giữa các bộ phận, giúp xe vận hành hiệu quả, ổn định và tiết kiệm năng lượng.



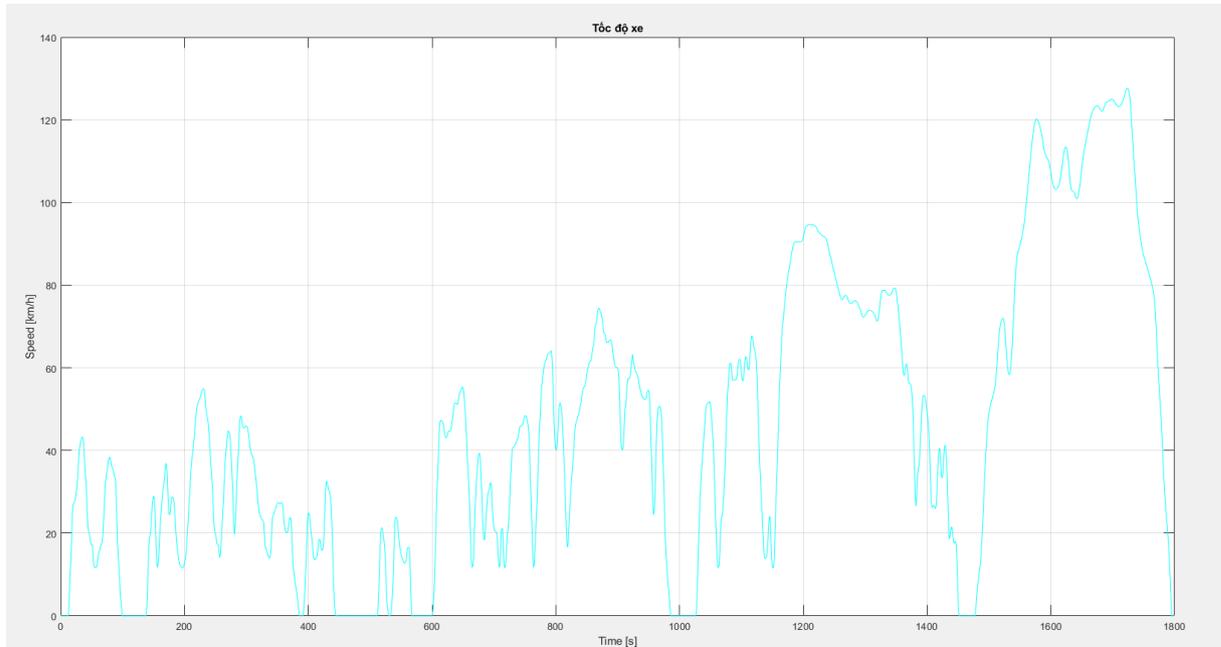
Hình 6.11 Sơ đồ thuật toán điều khiển hệ thống xe hybrid K200

Sau khi nhận tín hiệu từ cảm biến xác định gia tốc (Acc) xe và cảm biến vị trí tay số GPS. HECU sẽ bắt đầu tính toán và xác định điều kiện, nếu GPS đang ở trạng thái “D” hoặc “R” và gia tốc từ 0 trở lên thì động cơ điện sẽ hoạt động và dẫn động xe, trường hợp gia tốc âm nhưng GPS vẫn ở hai vị trí trên thì phanh tái tạo được kích hoạt. Ngược lại nếu GPS ở trạng thái “P” hoặc “N” thì động cơ điện sẽ tắt. Bên cạnh việc tính toán thông tin từ cảm biến, HECU còn truyền tín hiệu đến bộ quản lý pin BMS thông qua CAN Bus. BMS sẽ tính toán quản lý sạc xả và quản lý nhiệt độ pin sao cho hệ thống pin hoạt động ở trạng thái tốt nhất. Nếu SOC thấp hơn mức min thì BMS sẽ gửi tín hiệu ngược về cho HECU và HECU sẽ yêu cầu ECU cho nổ động cơ đốt trong ICE dẫn động máy phát để sạc pin. Trong toàn bộ các quá trình trên, nếu BMS nhận được nhiệt độ vượt mức Tmax thì hệ thống làm mát pin sẽ hoạt động. và động cơ điện phối hợp để đáp ứng nhu cầu vận hành của xe trong các điều kiện khác nhau.

6.3.3 Kết quả mô phỏng hệ thống

Hệ thống điều khiển giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong xe hybrid, đảm nhiệm chức năng điều phối và ra lệnh cho các bộ phận trên xe vận hành một cách đồng bộ và hiệu quả. Dựa trên các thông số tính toán, sơ đồ điều khiển, sơ đồ thuật toán và các điều kiện làm việc cụ thể, mô hình hệ thống được xây dựng trong môi trường MATLAB

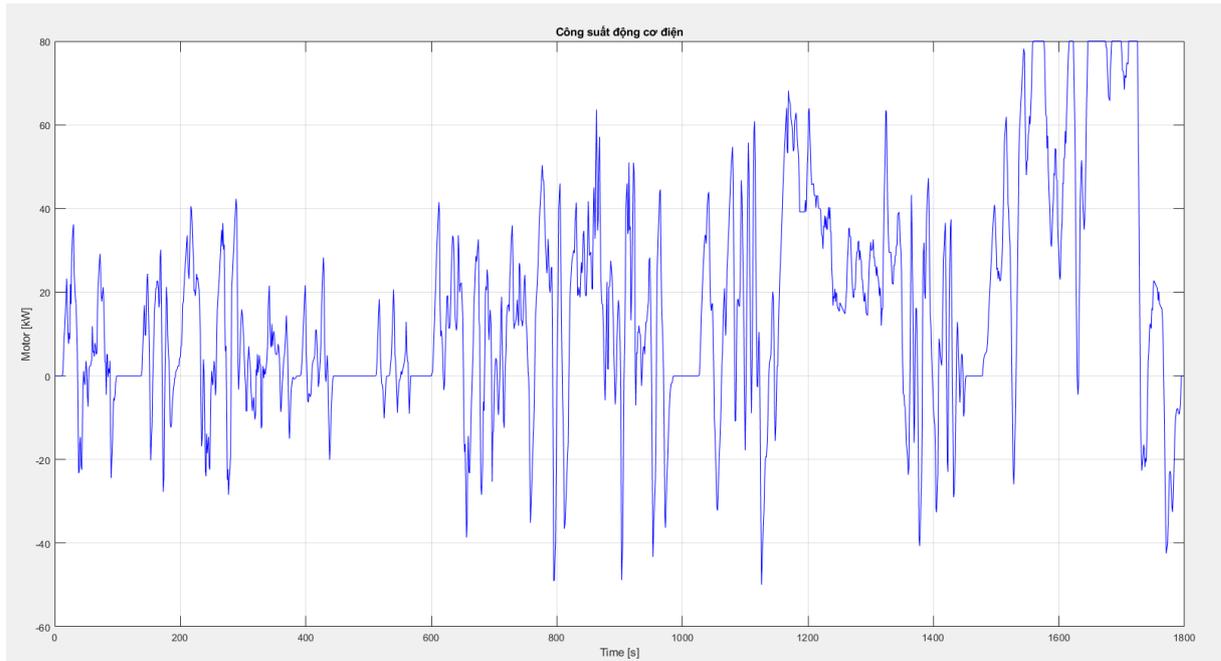
bằng ngôn ngữ lập trình cơ bản. Quá trình mô phỏng theo chu trình tiêu chuẩn WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Produce) cho ra bốn biểu đồ: Biểu đồ vận tốc xe, công suất động cơ điện, công suất máy phát và trạng thái (SOC) của pin. Các kết quả này phản ánh rõ nét quá trình hoạt động, khả năng tương tác và mức độ hiệu quả của từng hệ thống thành phần trong tổng thể vận hành của xe hybrid.



Hình 6.12 Biểu đồ vận tốc của xe

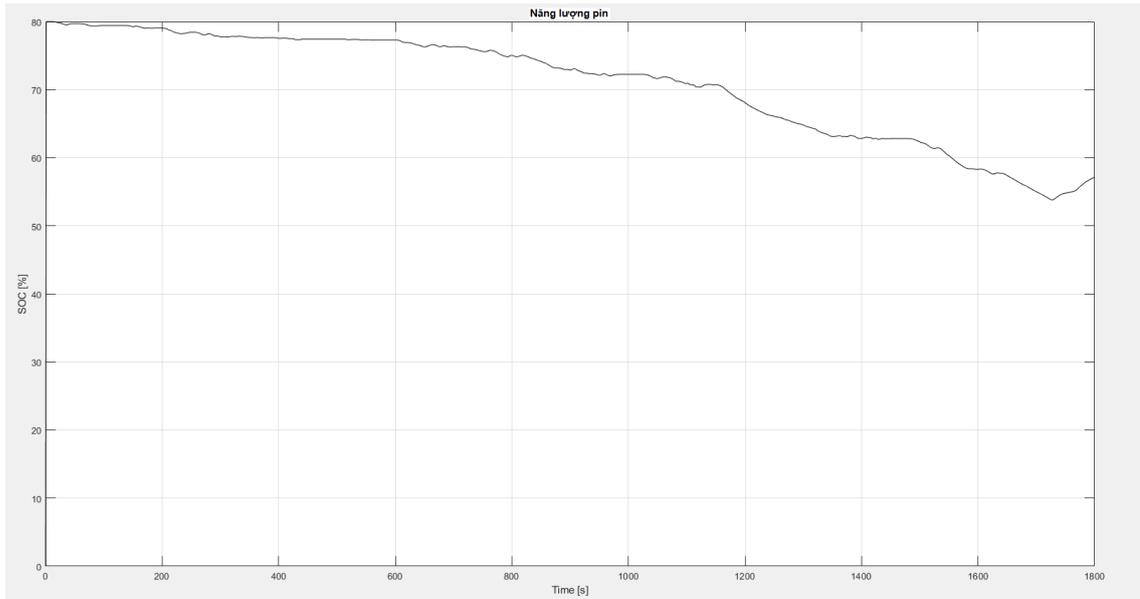
Biểu đồ thể hiện các tốc độ của xe được mô phỏng theo chu trình WLTP, ở trong đồ thị này ta sẽ thấy được 4 vùng tốc độ khác nhau:

- Vùng đô thị (0-589s): Ở vùng này xe có tốc độ trung bình thấp (0-50 km/h) và tốc độ tăng giảm liên tục thể hiện sự đặc trưng ở giao thông nội đô với tần suất dừng khởi động cao.
- Vùng nông thôn (589-1022s) Tốc độ của vùng này dao động từ khoản (0-70 km/h), số lần dừng giảm đi nhưng vẫn có những đoạn tăng giảm đột ngột.
- Vùng ngoại ô (1022-1477s) Tốc độ trung bình được nâng lên ngưỡng (40-90 km/h) và ít khi tốc độ chạm về mức 0 Km/h, xe chạy ở điều kiện thuận lợi hơn và mật độ lưu lượng phương tiện thấp.
- Vùng cao tốc: (1477-1800s) tốc độ đạt mức cao (90-120 km/h), tốc độ xe rất ổn định, ít biến động mạnh. Biểu đồ này thể hiện cho ta thấy được nhiều tốc độ tương ứng với điều kiện vận hành của xe trên đường



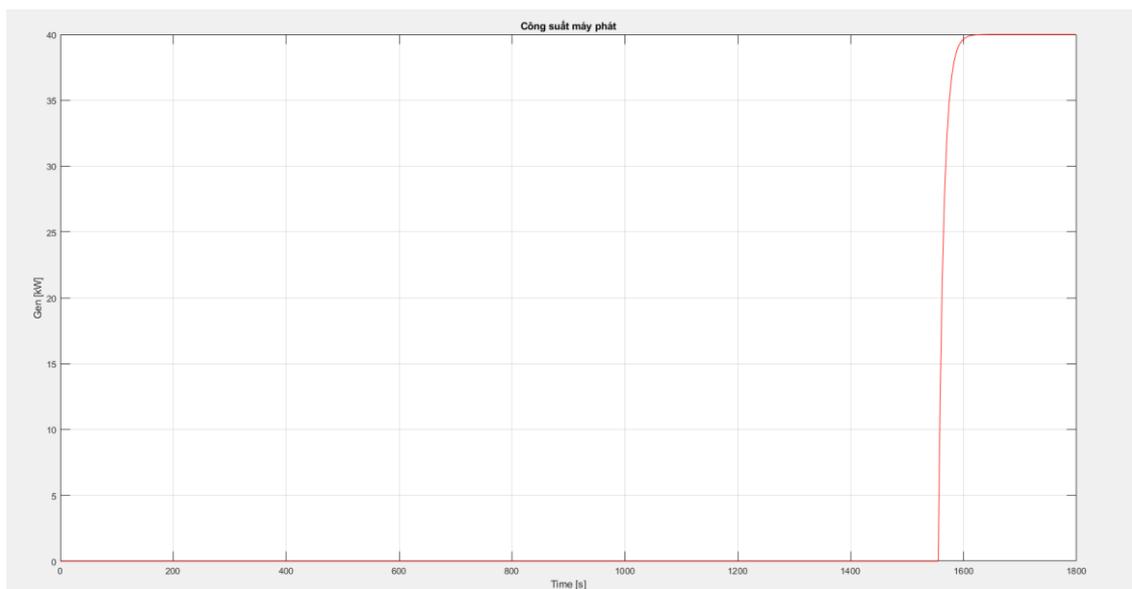
Hình 6.13 Biểu đồ công suất động cơ điện

Biểu đồ thể hiện công suất của động cơ điện trong suốt chu trình lái WLTP. Đường cong dao động liên tục theo thời gian, phản ánh sự thay đổi công suất tùy thuộc vào điều kiện vận hành thực tế của xe. Có thể nhận thấy rõ ba trạng thái làm việc của động cơ: Sản sinh lực kéo (công suất dương), trạng thái nghỉ (công suất xấp xỉ 0), thu hồi năng lượng phanh tái tạo (công suất âm). Ở giai đoạn đầu của quá trình mô phỏng, công suất dao động chủ yếu quanh mức ± 40 kW. Động cơ chuyển đổi liên tục giữa việc cung cấp lực kéo và thu hồi động năng. Trong giai đoạn giữa, động cơ hoạt động ở mức công suất cao hơn, tập trung chủ yếu ở vùng dương. Về cuối chu trình, công suất động cơ điện duy trì ở mức cao, tiệm cận giá trị cực đại. Nhìn chung, biểu đồ cho thấy động cơ điện được khai thác linh hoạt, đáp ứng các yêu cầu vận hành thay đổi liên tục trong suốt chu trình thử nghiệm.



Hình 6.14 Biểu đồ năng lượng pin

Biểu đồ trạng thái năng lượng của pin (SOC) phản ánh sự biến thiên năng lượng pin trong suốt quá trình mô phỏng theo chu trình WLTP. Tổng thể, năng lượng pin có xu hướng giảm dần theo thời gian, do phải liên tục cung cấp công suất cho động cơ điện. Đặc biệt, độ dốc của biểu đồ trở nên lớn hơn về cuối chu trình, phản ánh nhu cầu công suất tăng cao trong các pha vận hành ở tốc độ lớn. Trong quá trình mô phỏng, xuất hiện một số gợn tăng nhẹ của SOC, cho thấy hệ thống đã kích hoạt phanh tái sinh, thu hồi một phần năng lượng khi giảm tốc. Đáng chú ý, khi SOC giảm xuống dưới ngưỡng 60%, máy phát được kích hoạt để sạc lại pin, thể hiện qua xu hướng tăng của SOC ở cuối biểu đồ. Điều này chứng minh chiến lược điều khiển đảm bảo pin không bị suy giảm vượt mức cho phép.



Hình 6.15 Biểu đồ công suất máy phát

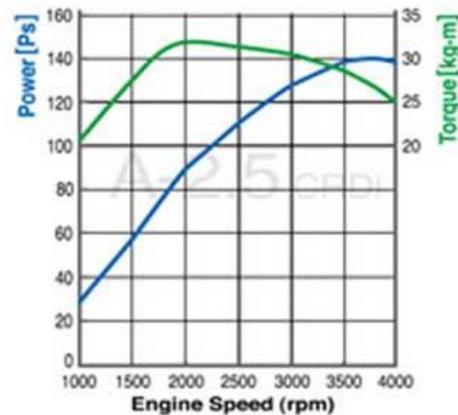
Biểu đồ công suất máy phát thể hiện quá trình biến thiên công suất phát điện trong suốt chu trình mô phỏng. Trong phần lớn thời gian, công suất máy phát gần như bằng 0, cho thấy hệ thống động cơ đốt trong và máy phát không được kích hoạt, và toàn bộ năng lượng vận hành xe được cung cấp từ bộ pin. Đến giai đoạn cuối của chu trình, khi trạng thái năng lượng của pin (SOC) giảm xuống dưới ngưỡng 60%, hệ thống điều khiển yêu cầu khởi động máy phát. Công suất máy phát sau đó tăng dần và đạt mức công suất 40 kW, sau đó được duy trì ổn định để nạp điện trở lại cho pin. Việc kích hoạt máy phát đúng thời điểm giúp đảm bảo SOC không tụt xuống dưới mức an toàn, góp phần duy trì độ ổn định của hệ thống.

6.4 Thiết kế hệ thống điều khiển đóng ngắt động cơ nhiệt

6.4.1 Giới thiệu chung

6.4.1.1 Vai trò của động cơ đốt trong trong hệ động lực xe hybrid nối tiếp

Trong hệ động lực xe hybrid nối tiếp (series hybrid), động cơ đốt trong đóng một vai trò quan trọng trong việc cung cấp năng lượng cho hệ thống, nhưng không trực tiếp truyền động cho bánh xe. Thay vào đó, động cơ đốt trong chủ yếu có nhiệm vụ tạo ra điện năng cho pin bằng cách dùng động năng của mình trong quá trình hoạt động làm quay máy phát và tạo ra điện năng.



Hình 6.16 Động cơ đốt trong Hyundai D4CB CRDI trên xe Kia Frontier K200

Tuy nhiên động cơ đốt trong không phải lúc nào cũng hoạt động đồng thời với quá trình xe di chuyển, nó chỉ hoạt động khi sạc điện cho khối pin. Vì vậy chúng ta cần một mạch điều khiển để tắt bật động cơ đốt trong.

6.4.1.2 Lựa chọn phương án thiết kế mạch đóng ngắt động cơ đốt trong

Sử dụng Vi điều khiển (esp32) làm trung tâm điều khiển để nhận tín hiệu từ các cảm biến và đóng ngắt mạch relay nhằm điều khiển hoạt động của động cơ đốt trong. Cảm biến có thể đo các thông số như tốc độ quay của trục khuỷu, hoặc trạng thái của pin trong hệ thống hybrid. Dựa trên các tín hiệu này, vi điều khiển sẽ xử lý và quyết định thời điểm thích hợp để kích hoạt hoặc tắt động cơ đốt trong, qua đó đóng mở relay để điều khiển dòng điện tới ECU và bộ khởi động của động cơ đốt trong.

6.4.1.3 Nhiệm vụ và yêu cầu kỹ thuật

Thiết kế mạch điều khiển có khả năng đóng ngắt động cơ đốt trong tự động theo trạng thái của pin.

Có các cầu chì bảo vệ mạch khi gặp sự cố

Có độ chính xác, độ ổn định và độ an toàn tương đối

6.4.2 Giới thiệu về nhóm thiết bị trong mạch điều khiển

6.4.2.1 Vi điều khiển esp32

ESP32 là một hệ thống vi điều khiển trên chip (SoC) giá rẻ của Espressif Systems, nhà phát triển của ESP8266 SoC. Nó là sự kế thừa của SoC ESP8266 và có cả hai biến thể lõi đơn và lõi kép của bộ vi xử lý 32-bit Xtensa LX6 của Tensilica với Wi-Fi và Bluetooth tích hợp.

Điểm tốt về ESP32, giống như ESP8266 là các thành phần RF tích hợp của nó như bộ khuếch đại công suất, bộ khuếch đại nhận tiếng ồn thấp, công tắc ăng-ten, bộ lọc và Balun RF. Điều này làm cho việc thiết kế phần cứng xung quanh ESP32 rất dễ dàng vì bạn cần rất ít thành phần bên ngoài.

Một điều quan trọng khác cần biết về ESP32 là nó được sản xuất bằng công nghệ 40 nm công suất cực thấp của TSMC. Vì vậy, việc thiết kế các ứng dụng hoạt động bằng pin như thiết bị đeo, thiết bị âm thanh, đồng hồ thông minh, ..., sử dụng ESP32 sẽ rất dễ dàng.

Bộ vi xử lý LX6 32-bit lõi đơn hoặc lõi kép với xung nhịp lên đến 240 MHz.

520 KB SRAM, 448 KB ROM và 16 KB SRAM RTC.

Hỗ trợ kết nối Wi-Fi 802.11 b / g / n với tốc độ lên đến 150 Mbps.

Hỗ trợ cho cả thông số kỹ thuật Bluetooth v4.2 và BLE cổ điển.

34 GPIO có thể lập trình.

18 kênh SAR ADC 12-bit và 2 kênh DAC 8 bit

Kết nối nối tiếp bao gồm 4 x SPI, 2 x I2C, 2 x I2S, 3 x UART.

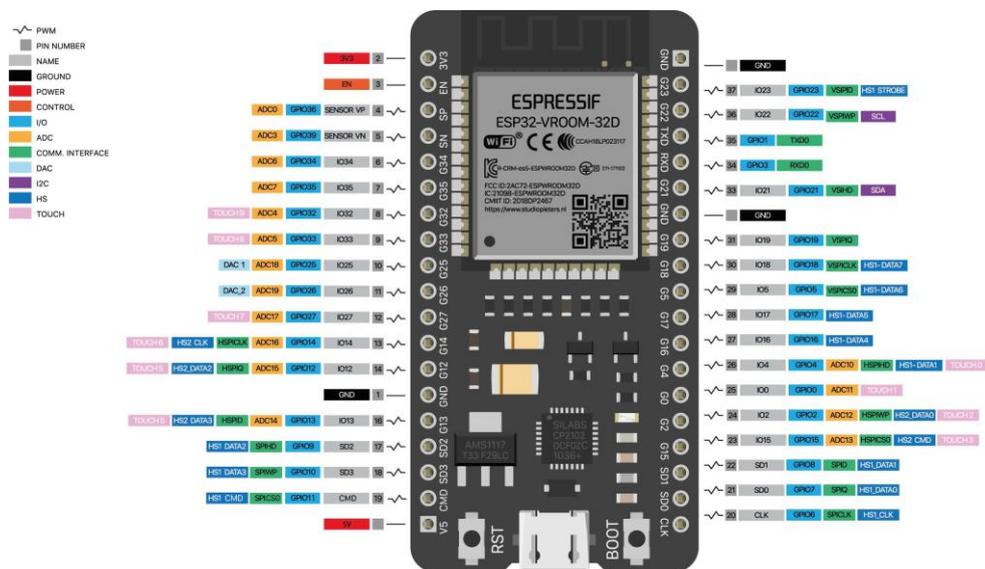
Ethernet MAC cho giao tiếp mạng LAN vật lý (yêu cầu PHY bên ngoài).

1 bộ điều khiển host cho SD / SDIO / MMC và 1 bộ điều khiển slave cho SDIO / SPI.

Động cơ PWM và 16 kênh LED PWM.

Khởi động an toàn và mã hóa Flash.

Tăng tốc phần cứng mật mã cho AES, Hash (SHA-2), RSA, ECC và RNG.



Hình 6.17 Vi điều khiển esp32

6.4.2.2 Cảm biến hall A3144

A3144 là một cảm biến không chốt (non-latching) tích hợp hiệu ứng Hall. Giữ một nam châm gần cảm biến sẽ làm cho chân đầu ra bật tắt. Điều này tạo ra một cảm biến hiện diện mạnh mẽ.

Có hai loại cảm biến hiệu ứng Hall chính, một loại cho đầu ra analog và loại còn lại cho đầu ra digital. A3144 là cảm biến Hall đầu ra digital, có nghĩa là nếu nó phát hiện ra nam châm, đầu ra sẽ giảm xuống mức thấp nếu không đầu ra sẽ vẫn ở mức cao.

Cảm biến hiệu ứng Hall đầu ra digital

Điện áp hoạt động: 4,5V đến 28V (thường là 5V)

Dòng đầu ra: 25mA

Có thể được sử dụng để phát hiện cả hai cực của nam châm

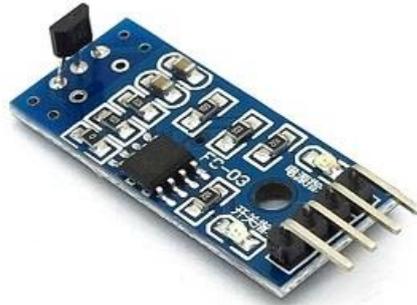
Điện áp đầu ra bằng điện áp hoạt động

Nhiệt độ hoạt động: -40 ° C đến 85 ° C

Thời gian Bật và Tắt mỗi lần là 2uS

Có bảo vệ phân cực nghịch

Thích hợp cho các ứng dụng ô tô và công nghiệp



Hình 6.18 Cảm biến hall A3144

6.4.2.3 Cảm biến hiệu điện thế 25VDC

Cảm Biến Điện Áp 25VDC dựa trên nguyên tắc thiết kế bộ chia điện trở, nó có thể làm cho điện áp đầu vào của đầu nối đầu đo nhỏ hơn 5 lần. Điện áp đầu vào tương tự Arduino lên đến 5 VDC. Điện áp đầu vào của mạch phát hiện điện áp không lớn hơn $5V \times 5 = 25V$ (nếu sử dụng hệ thống 3.3V, điện áp đầu vào không lớn hơn $3.3V \times 5 = 16.5V$).

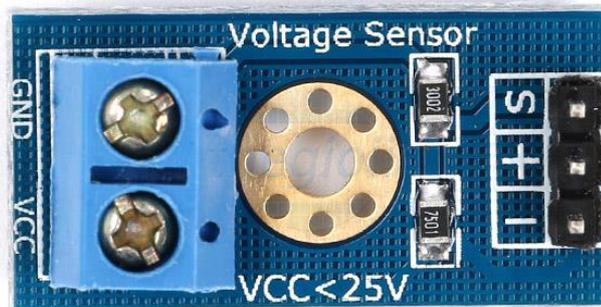
Điện áp cấp: 0~25 VDC

Dải phát hiện điện áp: 0.02445 ~ 25 VDC

Độ phân giải điện áp: 0,00489 V

Output: "+" được kết nối với 5/3.3V, "-" được kết nối với GND, "s" nối với các chân AD của Arduino

Giao tiếp đầu vào DC: dương với VCC, âm với GND



Hình 6.19 Cảm biến điện áp 25VDC

6.4.2.4 Modul relay 2 kênh

Module Relay 2 kênh 5V dùng dòng điện nhỏ của vi điều khiển, arduino, PLC, esp8266, ... để điều khiển các thiết bị điện, đồ dùng điện hoạt động ở mức điện áp cao như điện sinh hoạt, hay trong các ứng dụng thiết bị thông minh.

Opto 817C cách li, chống nhiễu tốt

Led báo động ngắt trên Relay

Điện áp nuôi 5VDC

Đầu ra điện ngắt tối đa: 30VDC / 10A, 250VAC / 10A

IN1, IN2: đầu vào tín hiệu, hoạt động thấp

NO1, NO2: Công tắc thường mở

Màu sắc: Xanh, chất liệu mạch FR4

Có 4 lỗ để bắt vít cố định có đường kính 3.1mm



Hình 6.20 Modun relay 2 kênh

6.4.2.5 Relay JD1912 12V 100A 4 chân

Relay 12V 100A là một loại relay công suất lớn, được thiết kế để điều khiển các thiết bị điện có dòng điện lớn. Với khả năng chịu dòng lên đến 100A, loại relay này thường được sử dụng trong các ứng dụng như hệ thống điện ô tô, các thiết bị điện công nghiệp, hoặc các mạch điện yêu cầu dòng điện lớn.

Điện áp vào: 12V

Dòng tải: 100A

Số chân: 4

Nhiệt độ hoạt động: -40°C~+125°C



Hình 6.21 Relay JD1912 12V 100A 4 chân

6.4.3 Giới thiệu về phần mềm thiết kế

6.4.3.1 Autocad

AutoCAD là một phần mềm thiết kế hỗ trợ máy tính (CAD - Computer-Aided Design) do công ty Autodesk phát triển. Đây là một trong những công cụ phổ biến và mạnh mẽ nhất trong lĩnh vực thiết kế, được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành như kiến trúc, xây dựng, cơ khí, điện, và thiết kế sản phẩm. AutoCAD cho phép tạo và chỉnh sửa các bản vẽ kỹ thuật 2D chi tiết và chính xác. Ngoài ra, AutoCAD còn hỗ trợ mô hình hóa và trực quan hóa 3D, giúp người dùng thiết kế và hình dung sản phẩm hoặc công trình trong không gian 3 chiều. Cung cấp giao diện trực quan, dễ sử dụng với thanh công cụ, menu và lệnh phù hợp cho cả người mới bắt đầu và người dùng chuyên nghiệp.

Hỗ trợ đa ngành:

- +Kiến trúc: Thiết kế bản vẽ nhà cửa, mặt bằng, kết cấu xây dựng.
- +Cơ khí: Vẽ chi tiết máy móc, tạo bản vẽ lắp ráp.
- +Điện: Vẽ sơ đồ điện, mạch điện.
- +Xây dựng: Lập kế hoạch xây dựng, tính toán khối lượng.



Hình 6.22 Phần mềm AutoCAD

6.4.3.2 Phần mềm Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) là một trình soạn thảo mã nguồn miễn phí và mã nguồn mở do Microsoft phát triển. VS Code hỗ trợ nhiều ngôn ngữ lập trình và công cụ phát triển phần mềm, và nó trở thành một trong những IDE (Integrated Development Environment) phổ biến nhất hiện nay nhờ vào tính linh hoạt, dễ sử dụng, và khả năng mở rộng mạnh mẽ. VS Code hỗ trợ hầu hết các ngôn ngữ lập trình phổ biến như JavaScript, Python, C++, Java, TypeScript, PHP, Go, Ruby, và nhiều ngôn ngữ khác thông qua các extension. Giao diện rất đơn giản nhưng mạnh mẽ, giúp người dùng dễ dàng tùy chỉnh theo sở thích. Bạn có thể thay đổi màu sắc giao diện, cài đặt các theme và biểu tượng sao cho phù hợp với nhu cầu công việc.

Ứng dụng của Visual Studio Code

+Lập trình web: VS Code rất phổ biến trong việc phát triển ứng dụng web với các công nghệ như HTML, CSS, JavaScript, và các framework như React, Angular, Vue.js.

+Lập trình Python: Với khả năng hỗ trợ mạnh mẽ Python, VS Code là công cụ tuyệt vời cho việc phát triển các ứng dụng Python, đặc biệt là trong các lĩnh vực như khoa học dữ liệu và học máy.

+Lập trình C++/C#: VS Code hỗ trợ phát triển ứng dụng bằng C++, C#, và các ngôn ngữ khác thông qua các extension.

+Phát triển với Docker và Kubernetes: Với các extension dành riêng cho Docker, VS Code giúp bạn dễ dàng làm việc với các container và môi trường ảo hóa.

+Phát triển phần mềm cho mobile: Với các công cụ tích hợp, VS Code có thể được sử dụng để phát triển ứng dụng di động với React Native, Flutter, hoặc Xamarin.

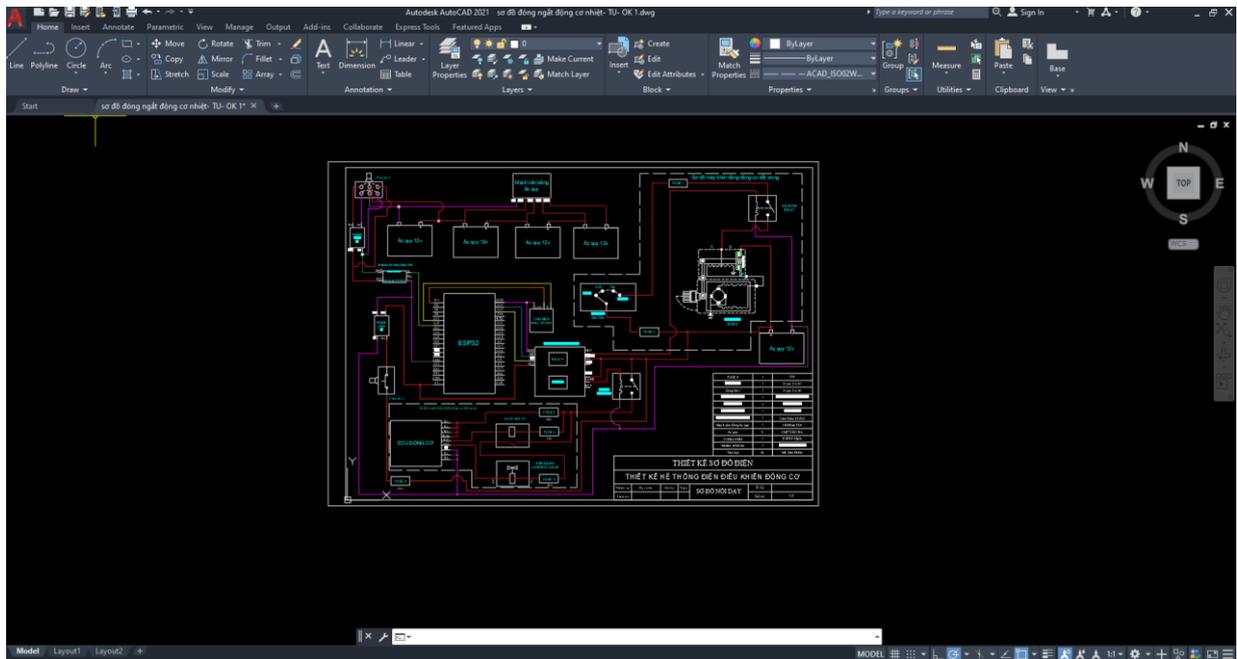


Hình 6.23 Phần mềm lập trình Visual Studio Code

6.4.4 Quá trình thiết kế

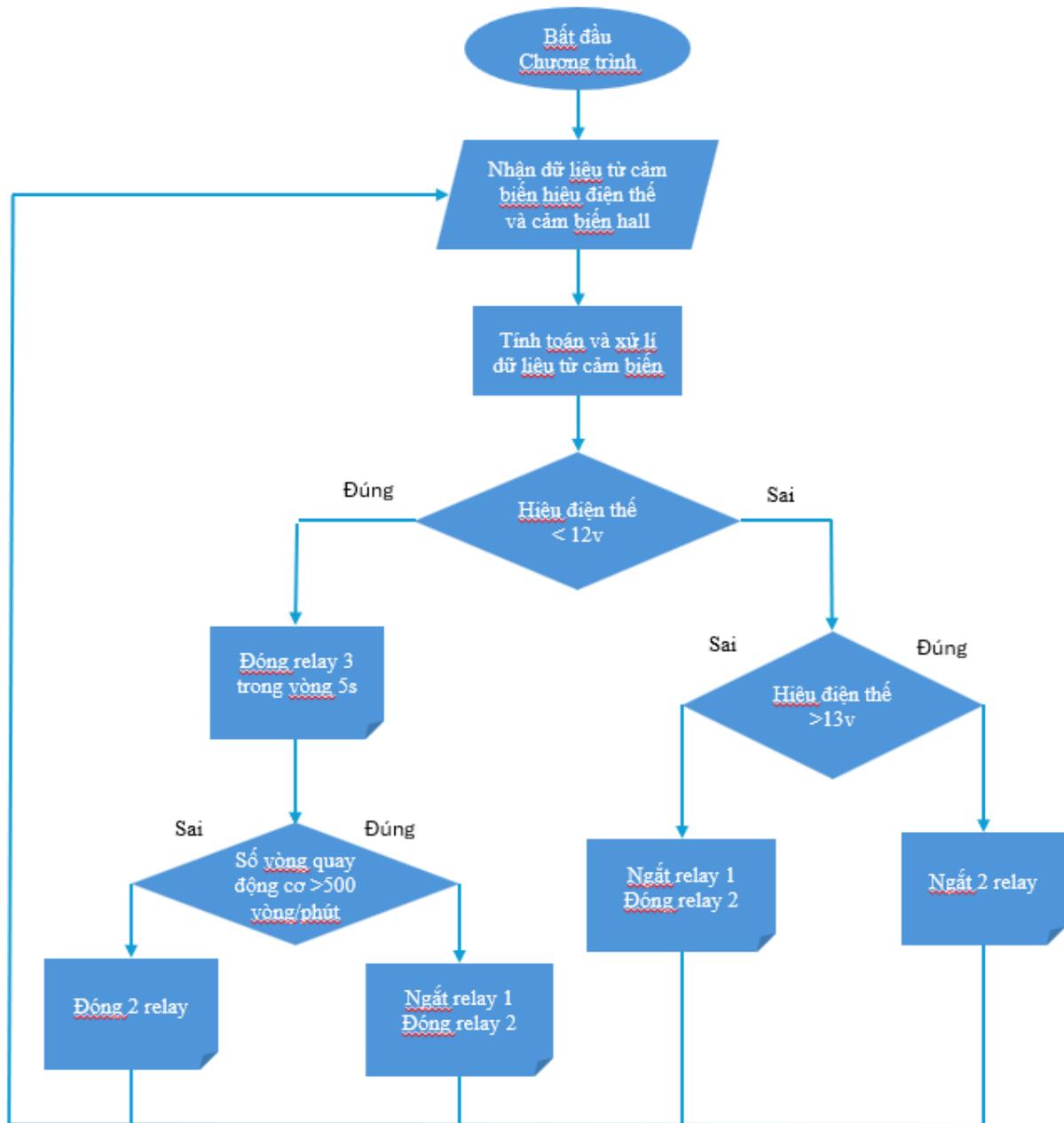
Bước 1: Nghiên cứu lựa chọn phương án thiết kế.

Bước 2: Vẽ sơ đồ điện trên phần mềm Autocad.



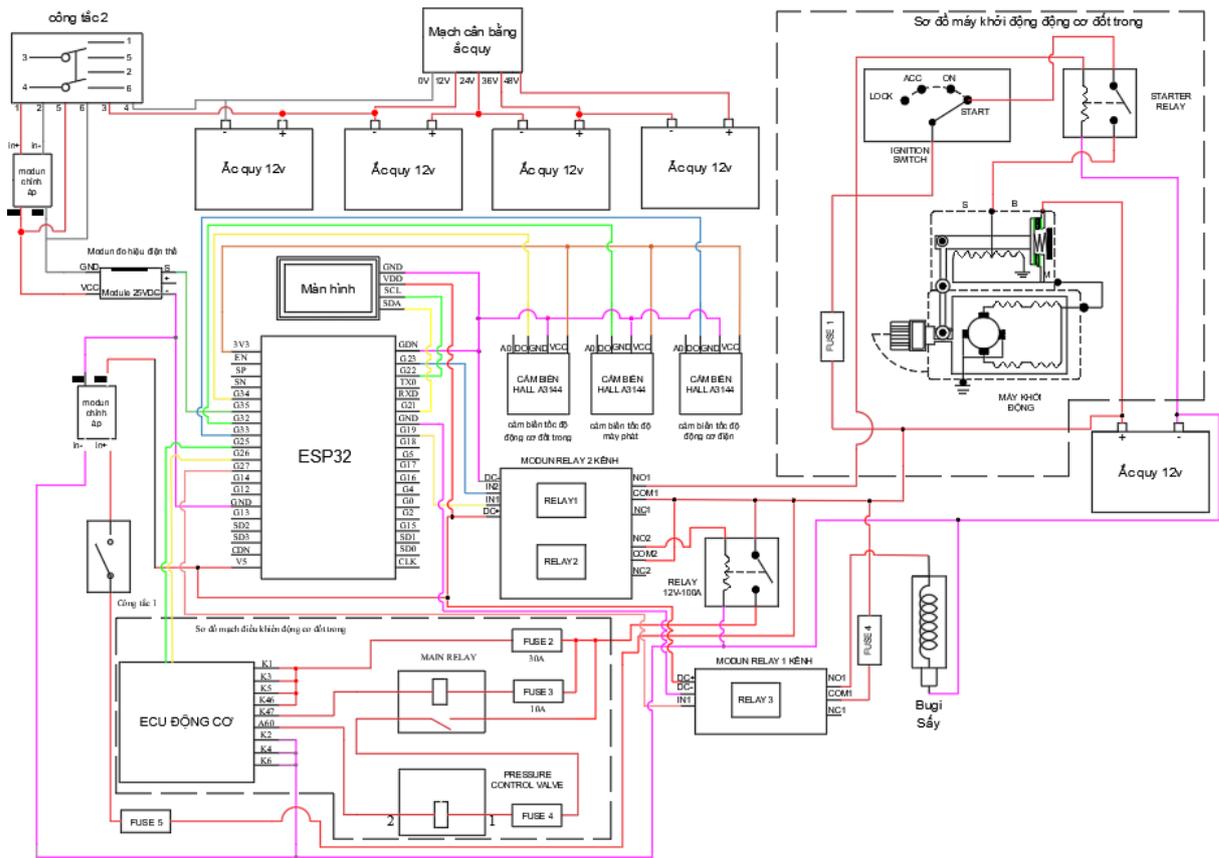
Hình 6.24 Thiết kế sơ đồ mạch

Bước 3: Viết code và lập trình trên phần mềm Visual Studio Code.



Hình 6.25 Sơ đồ thuật toán

6.4.5 Sơ đồ điều khiển và nguyên lý làm việc



Hình 6.26 Sơ đồ mạch điều khiển đóng ngắt động cơ đốt trong

Nguyên lý làm việc:

Th1: quá trình khởi động động cơ

Khi cảm biến hiệu điện thế đo được ắc quy giảm dưới 12v thì vi điều khiển esp32 sẽ phát tín hiệu điều khiển đóng relay 3 dẫn điện đến bugi sưởi để sấy nóng động cơ sau 5 giây thì relay 3 tắt và relay 1 và 2 của modul relay 2 kênh đóng dẫn đến relay 12v100a đóng và relay khởi động đóng và dẫn điện vào mạch ecu động cơ và máy khởi động làm cho động cơ đốt trong quay khởi động

Th2: Quá trình sạc

Khi cảm biến hall đo được số vòng quay động cơ trên 500 vòng/phút thì relay 1 ngắt lúc này relay khởi động sẽ ngắt và motor khởi động của động cơ ngừng quay. Động cơ đốt trong lúc này chạy ổn định quay máy phát phát điện sạc pin

Th3: Tắt động cơ đốt trong:

Khi cảm biến hiệu điện thế đo được ắc quy trên 13v thì vi điều khiển esp32 sẽ không phát tín hiệu điều khiển relay 2 của modul relay 2 kênh đóng dẫn đến relay 12v100a ngắt và điện vào mạch ecu động cơ làm cho động cơ đốt trong ngừng hoạt động, lúc này máy phát sẽ không phát ra điện sạc pin nữa.

6.5 Đề xuất thiết kế bộ điều khiển quản lý pin

6.5.1 Giới thiệu sơ bộ về bộ quản lý pin

Bộ quản lý pin (Battery Management System - BMS) là thành phần cốt lõi trong các hệ thống pin hiện đại, đặc biệt phổ biến trong các ứng dụng như xe điện, lưu trữ năng lượng tái tạo và thiết bị điện tử di động. Nhiệm vụ chính của BMS là giám sát, điều khiển và bảo vệ các tế bào pin bên trong cụm pin, nhằm đảm bảo pin luôn hoạt động trong phạm vi an toàn và tối ưu.



Hình 6.27 Khối pin lithium

BMS liên tục theo dõi các thông số quan trọng như điện áp của từng tế bào, dòng điện đầu vào và đầu ra, nhiệt độ và trạng thái sạc – xả của pin. Dựa trên những dữ liệu này, hệ thống sẽ thực hiện các chức năng quan trọng như cân bằng điện áp giữa các tế bào để tránh tình trạng một số tế bào bị chai nhanh hơn, ngăn ngừa quá tải hoặc xả sâu gây hư hỏng cho pin.

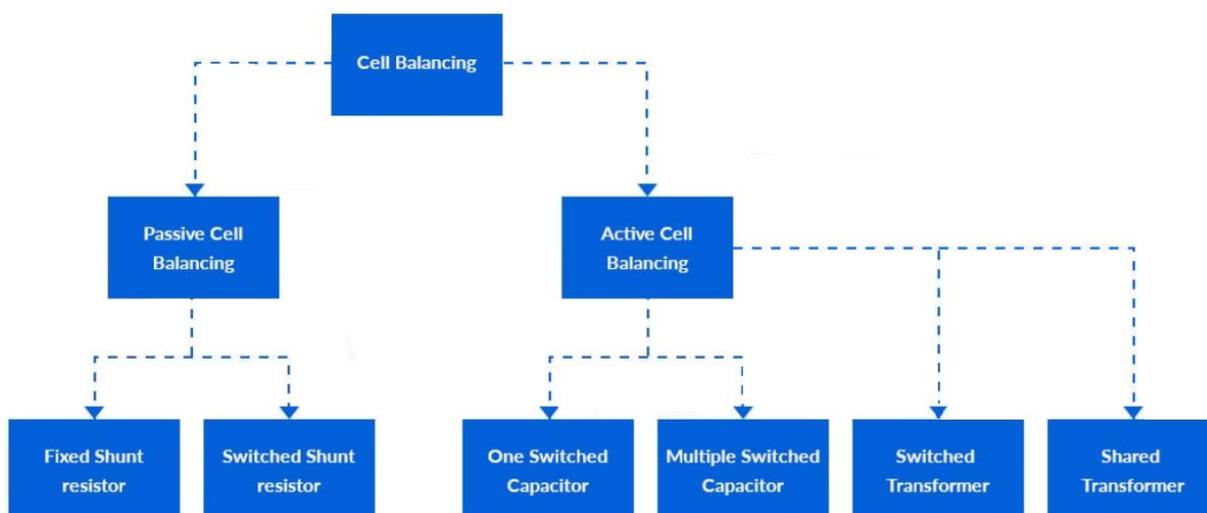
Bên cạnh đó, BMS còn có khả năng phát hiện các lỗi hoặc điều kiện bất thường như nhiệt độ quá cao, ngắn mạch hoặc sự cố điện, từ đó kích hoạt các biện pháp bảo vệ tự động để tránh nguy cơ cháy nổ hoặc hư hại thiết bị. Nhờ vào sự quản lý thông minh và chính xác của bộ quản lý pin, tuổi thọ của pin được kéo dài đáng kể, hiệu suất hoạt động được nâng cao và đảm bảo an toàn cho người sử dụng cùng thiết bị vận hành.

Tóm lại, bộ quản lý pin không chỉ là trung tâm điều khiển kỹ thuật mà còn là yếu tố quyết định sự an toàn, độ bền và hiệu quả của toàn bộ hệ thống pin trong các ứng dụng hiện đại ngày nay.

6.5.2 Nguyên lý hoạt động của bộ quản lý pin

Các tế bào trong một bộ pin phát triển sự khác biệt về dung lượng theo thời gian, ngay cả khi ban đầu chúng được ghép cặp tốt. Ví dụ, các tế bào ở các vị trí vật lý khác nhau

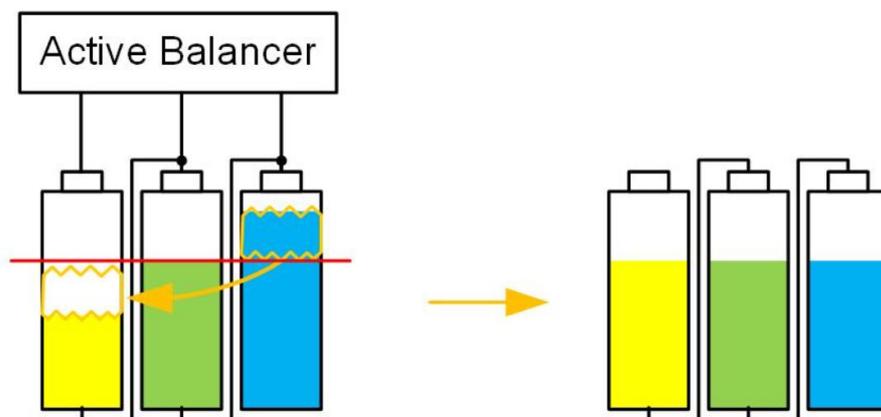
trong bộ pin có thể chịu nhiệt độ hoặc áp suất khác nhau ảnh hưởng đến dung lượng. Thêm vào đó, những sai khác nhỏ trong quá trình sản xuất có thể được khuếch đại theo thời gian và tạo ra sự khác biệt về dung lượng. Hiểu rõ sự khác biệt về dung lượng là rất quan trọng để hiểu nguồn gốc mất cân bằng trạng thái sạc (SOC). Thay đổi SOC của tế bào pin chủ yếu được quy định bởi dung lượng tế bào và dòng điện đi vào hoặc ra khỏi tế bào đó. Ví dụ, một tế bào có dung lượng 4Ah nhận dòng 1A trong 1 giờ sẽ trải qua thay đổi SOC 25%, trong khi một tế bào tương tự dung lượng 2Ah sẽ có thay đổi SOC 50%. Việc duy trì cân bằng SOC yêu cầu điều chỉnh dòng sạc/xả của từng tế bào theo dung lượng của nó. Các tế bào được nối song song tự động thực hiện điều này vì dòng điện sẽ chảy từ các tế bào có SOC cao sang các tế bào có SOC thấp. Ngược lại, các tế bào nối tiếp có dòng điện giống nhau đi qua từng tế bào, điều này sẽ gây mất cân bằng nếu có sự khác biệt về dung lượng. Điều này rất quan trọng vì hầu hết các bộ pin đều kết nối tế bào theo chuỗi, ngay cả khi có cả kết nối song song.



Hình 6.28 Nguyên lý cân bằng chủ động và bị động [26]

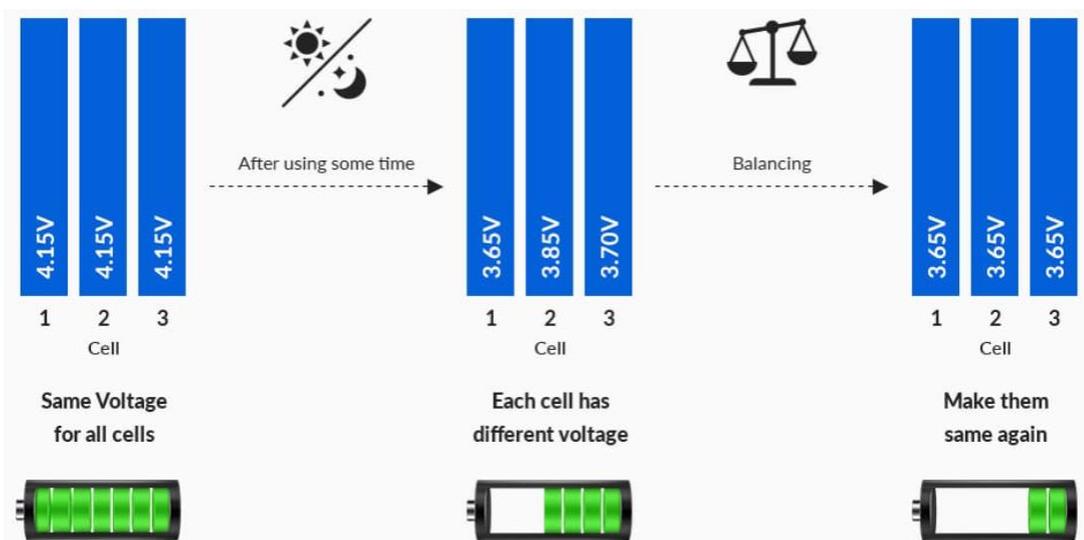
Cân bằng chủ động áp dụng phương pháp chuyển mạch (switch-mode) để phân phối lại năng lượng giữa các tế bào trong bộ pin. Độ phức tạp và chi phí cao trong việc triển khai cân bằng chủ động truyền thống đã giới hạn nó trong các hệ thống pin công suất rất lớn và/hoặc các tế bào có dung lượng lớn, như pin trong các trạm điện, hệ thống lưu trữ năng lượng thương mại (ESS), ESS gia đình và bộ pin dự phòng. Hiện nay đã có các giải pháp mới với chi phí và độ phức tạp thấp hơn đáng kể, mở rộng phạm vi ứng dụng của cân bằng chủ động. Cân bằng chủ động có thể hỗ trợ dòng lên đến 6A, cho phép cân bằng nhanh hơn, phù hợp với các tế bào pin dung lượng lớn và các hệ thống hoạt động theo chu kỳ nhanh cần cân bằng kịp thời. Khác với cân bằng thụ động chỉ tiêu tán năng lượng, cân bằng chủ động phân phối lại năng lượng với hiệu suất cải thiện đáng kể, đồng thời có thể thực hiện trong cả quá trình sạc hoặc xả. Khả năng cân bằng chủ động trong

quá trình xả giúp tăng thời gian cân bằng và cho phép chuyển năng lượng từ các tế bào mạnh sang các tế bào yếu, kéo dài thời gian hoạt động của bộ pin.



Hình 6.29 Cân bằng pin chủ động

Cân bằng thụ động giảm SOC của tế bào bằng cách đặt một tải trở kháng trên từng tế bào riêng lẻ (thường sử dụng transistor BJT hoặc MOSFET). Cân bằng thụ động thường giới hạn dòng ở 0.25A và chỉ khả thi trong chu kỳ sạc vì hoạt động trong chu kỳ xả sẽ làm tiêu hao năng lượng nhanh hơn từ bộ pin. So với cân bằng chủ động, cân bằng thụ động đơn giản là tiêu tán năng lượng mà không phân phối lại, do đó hiệu quả năng lượng kém hơn.



Hình 6.30 Cân bằng pin thụ động

Bảng 6.1 So Sánh ưu nhược điểm cân bằng chủ động và cân bằng thụ động

Tiêu chí	Cân bằng chủ động	Cân bằng thụ động
----------	-------------------	-------------------

Ưu điểm	Hiệu quả cao khi các tế bào trong pin có dung lượng khác nhau.	Không cần cân bằng khi bộ pin hoạt động ổn định.
	Nâng cao hiệu suất năng lượng bằng cách giữ lại năng lượng thừa.	Không lãng phí năng lượng không cần thiết khi cân bằng.
	Kéo dài tuổi thọ của tế bào.	Duy trì tất cả các tế bào ở trạng thái sạc (SoC) đồng đều.
	Là phương pháp cân bằng nhanh.	Là một trong những phương pháp cân bằng có chi phí thấp.
		Cung cấp dòng tự xả và sửa lỗi mất cân bằng lâu dài.
Nhược điểm	Mất năng lượng khoảng 10-20% khi chuyển năng lượng giữa các tế bào.	Quản lý nhiệt kém.
	Dòng năng lượng chỉ chảy một chiều từ tế bào có SoC cao sang thấp.	Không cân bằng khi SoC đã đầy.
	Thuật toán điều khiển phức tạp và chi phí sản xuất cao do cần giao diện điện tử công suất.	Chỉ cân bằng 95% trên cùng của mỗi tế bào vì năng lượng thừa bị đốt tiêu hao.
		Mất nhiều năng lượng dẫn đến hiệu suất truyền tải thấp.
		Không cải thiện thời gian hoạt động của pin.

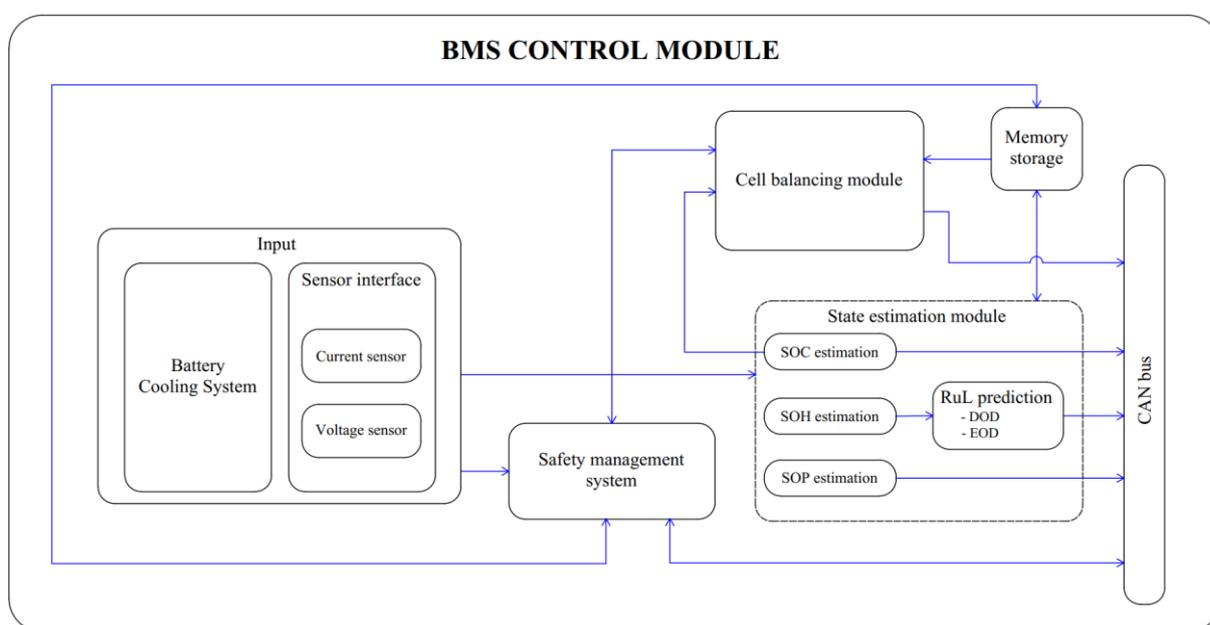
6.5.3 Hệ thống điều khiển BMS

6.5.3.1 Cấu trúc hệ thống điều khiển BMS

BMS đóng vai trò then chốt trong việc như đo lường điện áp, dòng điện, nhiệt độ của từng cell, tính toán các chỉ số đặc trưng như SOC (State of Charge), SOH (State of Health), SOP (State of Power) và quản lý quá trình sạc/xả pin. Dựa trên các thông tin

này, hệ thống sẽ phát hiện kịp thời các lỗi như quá áp, quá dòng, quá nhiệt hoặc mất cân bằng giữa các cell, đồng thời kích hoạt các chế độ bảo vệ tương ứng để đảm bảo an toàn cho người dùng và thiết bị. Ngoài ra, BMS còn đảm nhiệm việc cân bằng điện áp giữa các cell nhằm tránh hiện tượng suy giảm không đồng đều, giúp toàn bộ khối pin hoạt động hiệu quả hơn.

Không chỉ là lớp bảo vệ vật lý, BMS còn là trung tâm thông minh trong toàn bộ hệ thống lưu trữ năng lượng, có khả năng giao tiếp với các thành phần khác qua các giao thức như CAN bus. Nhờ đó, BMS đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hoá quá trình quản lý năng lượng, hỗ trợ bảo trì dự đoán, nâng cao độ tin cậy và hiệu quả vận hành của hệ thống pin trong cả ngắn hạn lẫn dài hạn.



Hình 6.31 Cấu trúc hệ thống điều khiển BMS

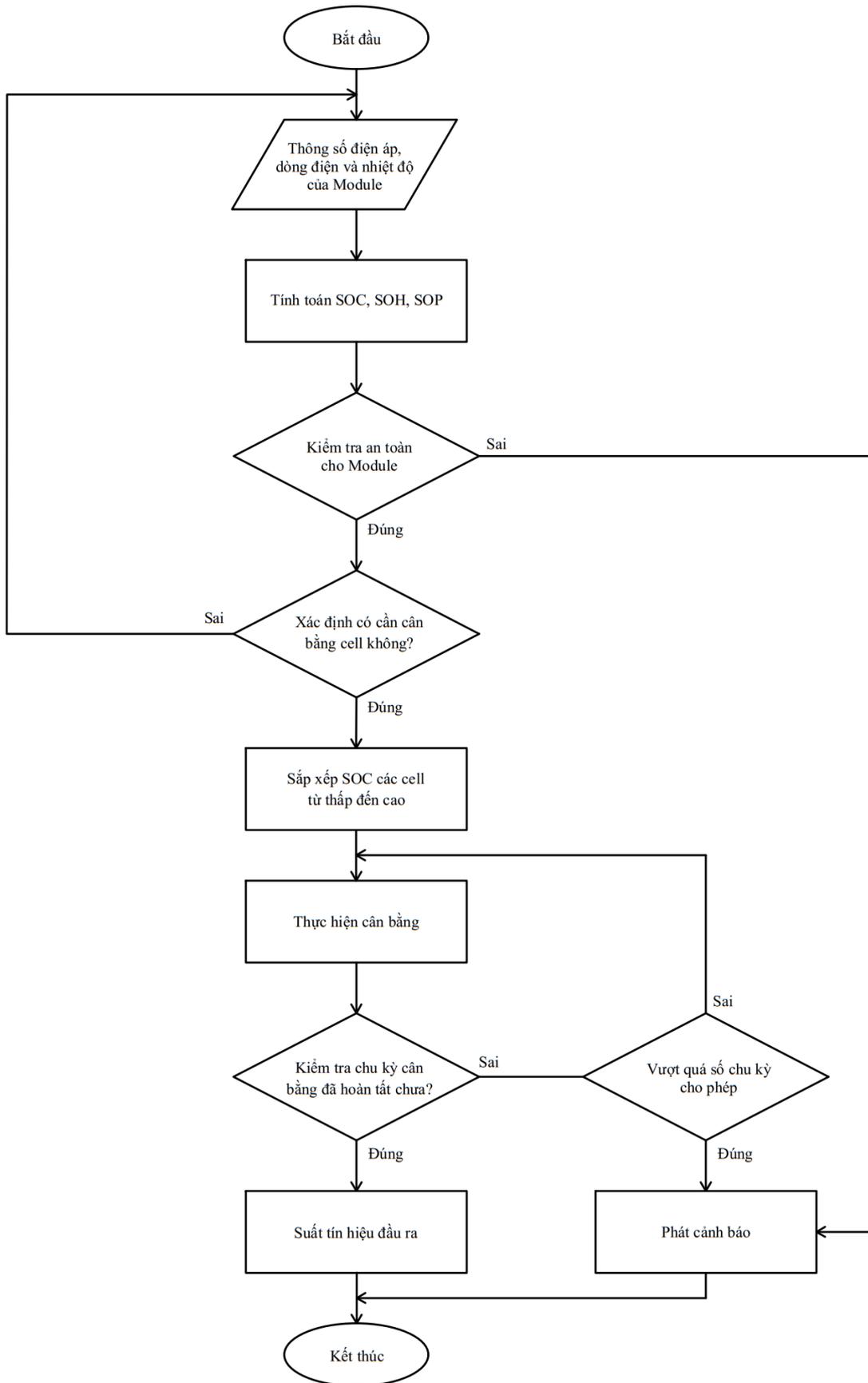
- Cổng vào (Input): Gồm hệ thống làm mát pin (Battery Cooling System) và các cảm biến như cảm biến dòng điện và điện áp, giúp thu thập dữ liệu thời gian thực về trạng thái vận hành của pin.

- Hệ thống quản lý an toàn (Safety Management System): Nhận dữ liệu từ cảm biến để phát hiện các điều kiện nguy hiểm như quá dòng, quá nhiệt, và thực hiện các biện pháp bảo vệ thích hợp.

- Mô-đun ước lượng trạng thái (State Estimation Module): Bao gồm các thuật toán ước lượng SOC (trạng thái sạc), SOH (tình trạng sức khỏe), SOP (khả năng công suất) và dự đoán tuổi thọ còn lại (RuL) thông qua các chỉ số như DOD (mức độ xả) và EOD (ngưỡng cạn năng lượng). Đây là trung tâm phân tích, dự đoán và ra quyết định kỹ thuật số của hệ thống.

- Mô-đun cân bằng cell (Cell Balancing Module): Dựa trên thông tin SOC, mô-đun này điều khiển việc xả/sạc các cell riêng lẻ để đảm bảo tất cả cell trong bộ pin có điện áp và mức sạc đồng đều, từ đó nâng cao hiệu suất và tuổi thọ pin.
- Bộ nhớ lưu trữ (Memory Storage): Ghi lại dữ liệu vận hành để phục vụ cho việc học máy, dự đoán, chẩn đoán lỗi và bảo trì định kỳ.
- CAN Bus: Là giao thức truyền thông công nghiệp giúp BMS kết nối với các hệ thống điều khiển trung tâm khác như ECU, trạm sạc, hoặc hệ thống điều khiển xe điện.

6.5.3.2 Sơ đồ thuật toán điều khiển cân bằng cell pin



Hình 6.32 Sơ đồ thuật toán cân bằng điện áp trên từng cell pin

Sơ đồ thuật toán là điểm mấu chốt để viết được lập trình điều khiển cân bằng cell pin. Với sơ đồ thuật toán này sau khi bắt đầu chương trình, BMS sẽ nhận thông tin đầu vào như dòng điện, điện áp và các thông số về nhiệt độ. Sau khi tính toán các thông số về SOC, SOH, SOP của từng cell pin, bộ quản lý tiến hành kiểm tra để biết được các cell trong module có đang trong trạng thái an toàn hay không. Nếu module đang trong trạng thái không an toàn thì sẽ lập tức cảnh báo, dựa vào đây ta có thể dễ dàng xác định được cụ thể khu vực cell đang có vấn đề giúp rút ngắn được thời gian sửa chữa và luôn đảm bảo an toàn trong lúc vận hành xe. Mặc khác nếu module trong trạng thái an toàn thì sẽ tiếp tục kiểm tra có cần cân bằng cell hay không, dựa theo chênh lệch về SOC của từng cell pin. Trường hợp không cần cân bằng thì chương trình sẽ quay lại bước ban đầu để chờ cho lần chạy tiếp theo, trường hợp cần cân bằng thì chương trình sẽ tự động sắp xếp các cell pin theo chỉ số SOC từ thấp đến cao. Sau đó sẽ tiến hành cân bằng, trong quá trình chạy nếu như chu kỳ cân bằng vượt quá số lần cho phép thì hệ thống sẽ phát cảnh báo. Cuối cùng sau khi hoàn tất quá trình cân bằng, bộ điều khiển cần phải suất được tín hiệu đầu ra thông qua CAN bus để các bộ điều khiển khác tiếp tục sử dụng tín hiệu.

Chương 7: MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

7.1 Giới thiệu mô hình thực nghiệm

7.1.1 Mục tiêu thực hiện

Việc xây dựng mô hình hệ động lực HEV nối tiếp đóng vai trò quan trọng trong việc minh chứng các kết quả nghiên cứu, đặc biệt là sau quá trình tính toán và phân tích lý thuyết. Đây là bước chuyển tiếp từ lý thuyết sang thực tiễn, giúp người nghiên cứu không chỉ xác nhận tính đúng đắn của các giả thuyết mà còn phát hiện và khắc phục những điểm chưa hợp lý trong quá trình thiết kế. Mô hình đóng vai trò là công cụ trung gian để kiểm tra khả năng hoạt động của hệ thống trong điều kiện mô phỏng gần giống thực tế, từ đó đưa ra những điều chỉnh phù hợp nhằm nâng cao hiệu quả làm việc và độ ổn định của hệ động lực.

Thông qua mô hình, các hiện tượng vật lý như dòng năng lượng giữa các thành phần (máy phát, động cơ điện, pin), quá trình chuyển đổi công suất, sự phối hợp điều khiển giữa các khối chức năng, ... Được quan sát một cách trực quan và sinh động. Điều này không chỉ giúp xác định các điểm tối ưu trong vận hành mà còn cho phép đánh giá tác động của các yếu tố đầu vào. Bên cạnh chức năng kỹ thuật, mô hình hệ động lực HEV còn mang ý nghĩa quan trọng trong hoạt động đào tạo và truyền đạt kiến thức. Đối với sinh viên thực hiện đồ án tốt nghiệp, việc tự tay xây dựng và vận hành một mô hình hoàn chỉnh không chỉ giúp củng cố kiến thức đã học mà còn rèn luyện kỹ năng phân tích, tư duy hệ thống và khả năng giải quyết vấn đề thực tế. Mô hình trở thành công cụ học tập hiệu quả, khuyến khích sự chủ động sáng tạo và thúc đẩy quá trình nghiên cứu phát triển. Từ đó, sinh viên không chỉ dừng lại ở việc hiểu lý thuyết mà còn có thể chứng minh được năng lực ứng dụng kiến thức vào giải quyết các bài toán kỹ thuật cụ thể – điều này rất cần thiết cho bước chuyển tiếp từ môi trường học thuật sang môi trường làm việc chuyên nghiệp.

7.1.2 Tổng quan về mô hình



Hình 7.1 Tổng thể mô hình HEV nối tiếp

Mô hình hệ động lực HEV nối tiếp được cấu tạo từ nhiều thành phần chính, phối hợp chặt chẽ để đảm bảo khả năng vận hành hiệu quả, ổn định và tiết kiệm năng lượng. Trong đó, mỗi bộ phận đóng một vai trò riêng biệt trong chuỗi truyền động năng lượng. Động cơ diesel không truyền lực cơ học trực tiếp đến bánh xe mà hoạt động chủ yếu để kéo máy phát điện thông qua một khớp nối các đăng. Máy phát điện sẽ chuyển đổi cơ năng từ động cơ diesel thành điện năng xoay chiều (AC), sau đó được bộ chuyển đổi AC-DC điều chỉnh và biến đổi thành dòng điện một chiều (DC), phù hợp để sạc cho bộ lưu trữ năng lượng. Động cơ điện kéo là thành phần chính tạo ra lực kéo truyền đến bánh xe.

Trung tâm điều phối mọi hoạt động trong hệ thống là bộ điều khiển. Bộ điều khiển giám sát các tín hiệu từ các cảm biến để đưa ra quyết định điều phối hợp lý: khi nào động cơ diesel cần hoạt động, khi nào dừng, khi nào dùng năng lượng từ pin, hoặc khi nào cần tái tạo năng lượng từ phanh. Nhờ đó, hệ thống có thể tối ưu hóa tiêu thụ nhiên liệu, giảm phát thải và kéo dài tuổi thọ các thành phần chính.

Tổng thể, cấu trúc nối tiếp trong HEV giúp tách rời hoàn toàn giữa động cơ nhiệt và hệ truyền động, mang lại sự linh hoạt trong điều khiển, hiệu quả năng lượng cao, đồng

thời tạo tiền đề thuận lợi cho việc tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo hoặc các giải pháp nâng cao như hồi phục năng lượng, điều khiển thông minh và giám sát theo thời gian thực. Mô hình này là lựa chọn lý tưởng cho các nghiên cứu, thử nghiệm hoặc triển khai thực tế trong các hệ thống xe điện lai hiện đại.

7.1.3 Thông số kỹ thuật chi tiết

Chi tiết	Hình ảnh	Thông số
Động cơ đốt trong		<ul style="list-style-type: none"> - Loại động cơ Diesel, 04 kỳ, 04 xilanh thẳng hàng - Tên động cơ HYUNDAI – D4CB Dung tích xi lanh 2.497 cc - Công suất cực đại 130 ps - Số vòng quay cực đại 3800 v/p - Mômen cực đại 255 Nm
Máy phát		<ul style="list-style-type: none"> Technano T3320 2-2000 - Cường độ dòng điện 13.6 A - Hiệu điện thế 220V - Công suất 3 kW
Bộ sạc		<ul style="list-style-type: none"> - Cường độ dòng điện 20V - Dung lượng 1000 Wh - Chuyển từ AC sang DC
Động cơ điện		<ul style="list-style-type: none"> - Cường độ dòng điện 15A - Hiệu điện thế 48V - Công suất 1 kW
Máy phát tái sinh		<ul style="list-style-type: none"> - Mã 37300-4X000 - Cường độ dòng điện - Hiệu điện thế 12 V

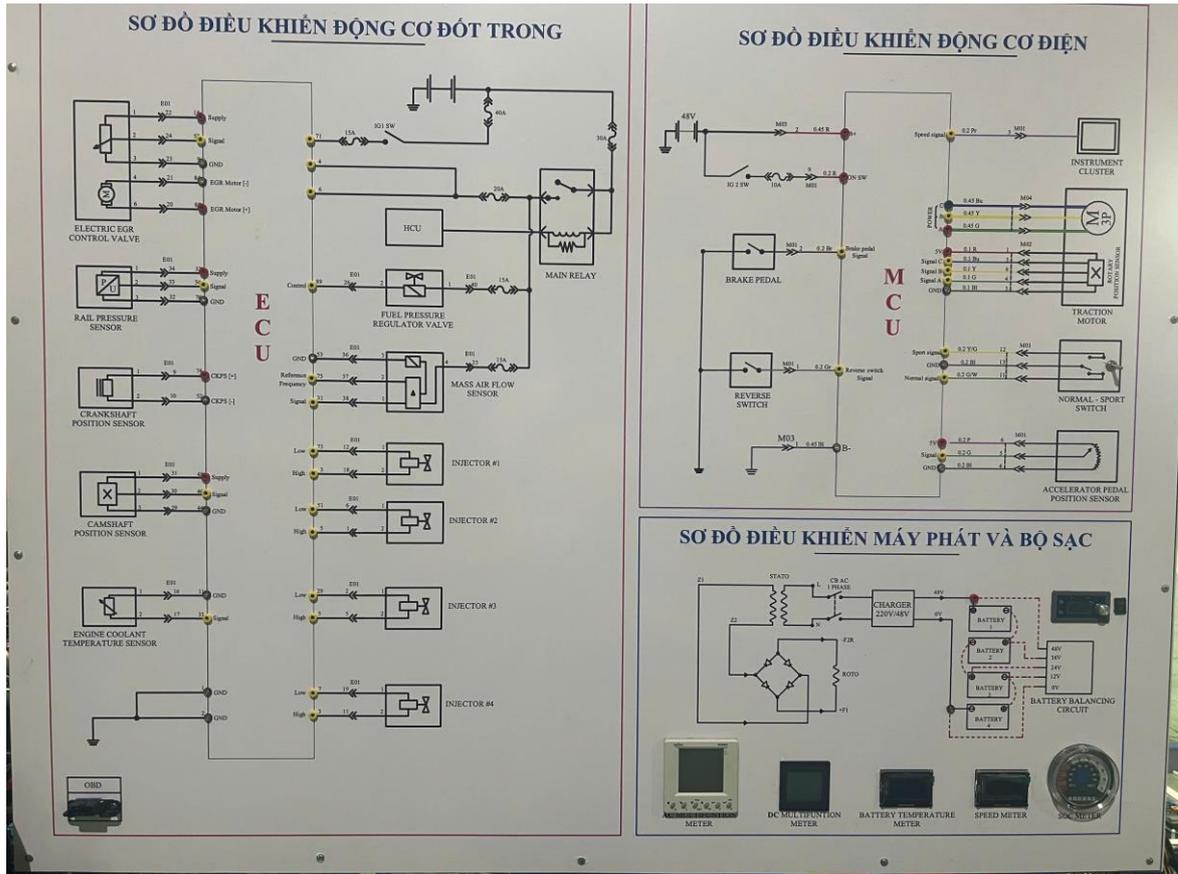
Ắc quy		<ul style="list-style-type: none">- Cường độ dòng điện 100 A- Hiệu điện thế 12 V- Dung lượng 100 Ah
--------	---	---

7.1.4 Bảng sơ đồ mạch và đồng hồ hiện thị

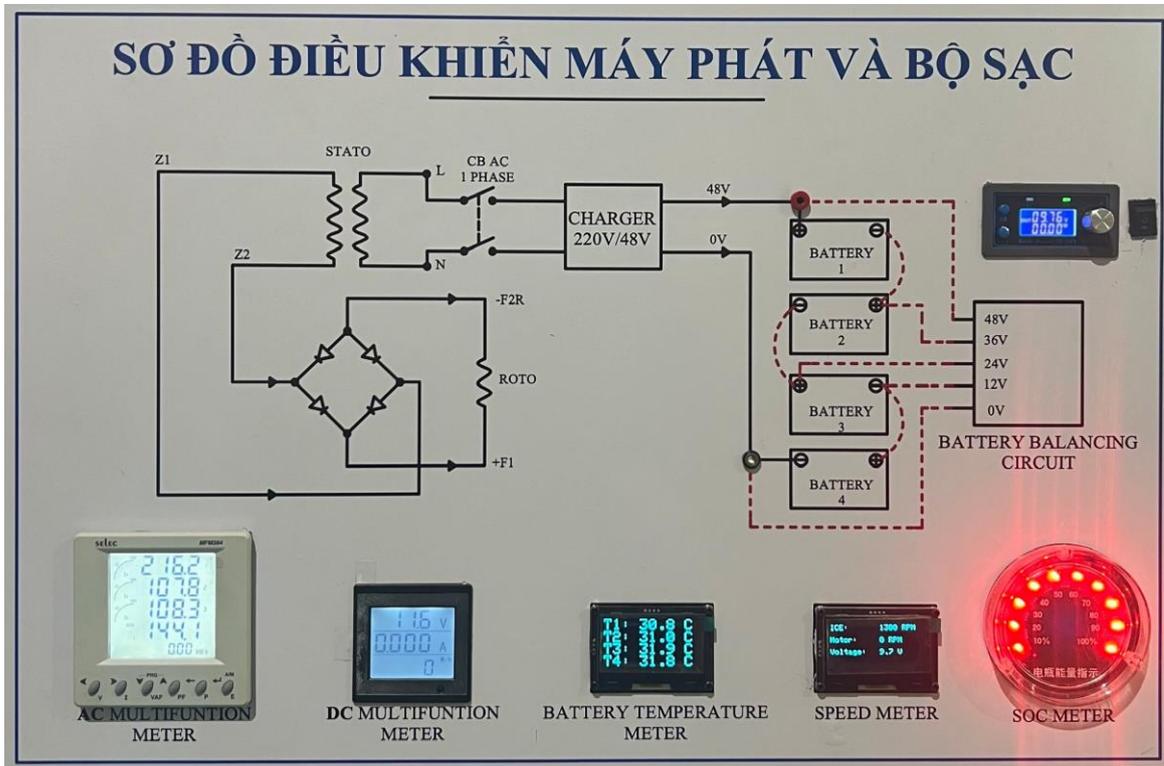
Bảng điều khiển thể hiện tổng thể ba sơ đồ điều khiển chính bao gồm: sơ đồ điều khiển động cơ đốt trong, sơ đồ điều khiển động cơ điện, và sơ đồ điều khiển máy phát và bộ sạc. Đây đều là những thành phần cốt lõi trong hệ thống truyền động lai, có vai trò liên kết chặt chẽ để đảm bảo mô hình vận hành đúng nguyên lý và phản ánh sát với thực tế. Mỗi sơ đồ trên bảng đều được bố trí trực quan, và đặc biệt là tích hợp đầy đủ các chân tín hiệu tương ứng với các cảm biến, cơ cấu chấp hành và các bộ điều khiển trung tâm như ECU (Engine Control Unit) và MCU (Motor Control Unit). Các chân tín hiệu này không chỉ thể hiện rõ đường đi của dòng điện và tín hiệu điều khiển, mà còn được thiết kế phù hợp để kết nối thiết bị đo lường, đồng hồ kiểm tra hoặc máy chuẩn đoán.

Bảng sơ đồ còn giúp hiểu rõ được cách đọc và diễn giải các ký hiệu điện, điện tử thường dùng trong các hệ thống điều khiển hiện đại, chẳng hạn như ký hiệu rơ-le, van điện, cảm biến vị trí, cuộn dây, điện trở đo dòng, chân cấp nguồn, chân GND, tín hiệu PWM,... Việc nắm vững ý nghĩa của các ký hiệu này là yếu tố quan trọng giúp người học dễ dàng tiếp cận với các hệ thống điều khiển thực tế trên xe ô tô hoặc các thiết bị công nghiệp.

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ



Hình 7.2 Tổng thể bảng sơ đồ



Hình 7.3 Các đồng hồ hiển thị

Không chỉ trình bày các sơ đồ điều khiển, bảng mô hình còn được tích hợp hệ thống đồng hồ hiển thị các thông số vận hành quan trọng, giúp người sử dụng dễ dàng theo dõi và đánh giá tình trạng hoạt động của từng phần trong hệ thống. Các đồng hồ này đóng vai trò là công cụ giám sát trực quan, hỗ trợ quá trình đo đạc, kiểm tra và phân tích hiệu quả hệ thống trong quá trình vận hành hoặc mô phỏng.

Đồng hồ AC được bố trí để hiển thị điện áp đầu ra của máy phát điện xoay chiều, qua đó cho phép người quan sát biết được điện áp thực tế mà máy phát tạo ra trong quá trình hoạt động. Đây là thông số quan trọng để đánh giá khả năng cung cấp điện của máy phát, cũng như kiểm tra xem điện áp này có đủ điều kiện để bộ chuyển đổi AC-DC hoạt động ổn định và sạc lại cho hệ thống lưu trữ năng lượng hay không. Đồng hồ DC có nhiệm vụ đo dòng điện một chiều của dòng nạp tái sinh được thu lại từ quá trình phanh tái sinh hoặc năng lượng dư thừa của hệ thống. Đây là tính năng đặc trưng trong các mô hình hybrid, và đồng hồ DC giúp theo dõi mức năng lượng được thu hồi, hỗ trợ đánh giá hiệu suất của quá trình tái tạo năng lượng. Bên cạnh đó, bảng còn được tích hợp đồng hồ đo nhiệt độ của bộ lưu trữ năng lượng, giúp giám sát tình trạng nhiệt của acquy. Ngoài ra, bảng điều khiển còn có các đồng hồ hiển thị tốc độ động cơ, số vòng quay của bánh xe, và điện áp của hệ thống, cung cấp cái nhìn toàn diện về trạng thái vận hành của mô hình.

7.2 Hệ động lực HEV nối tiếp trên mô hình

7.2.1 Động cơ Diesel

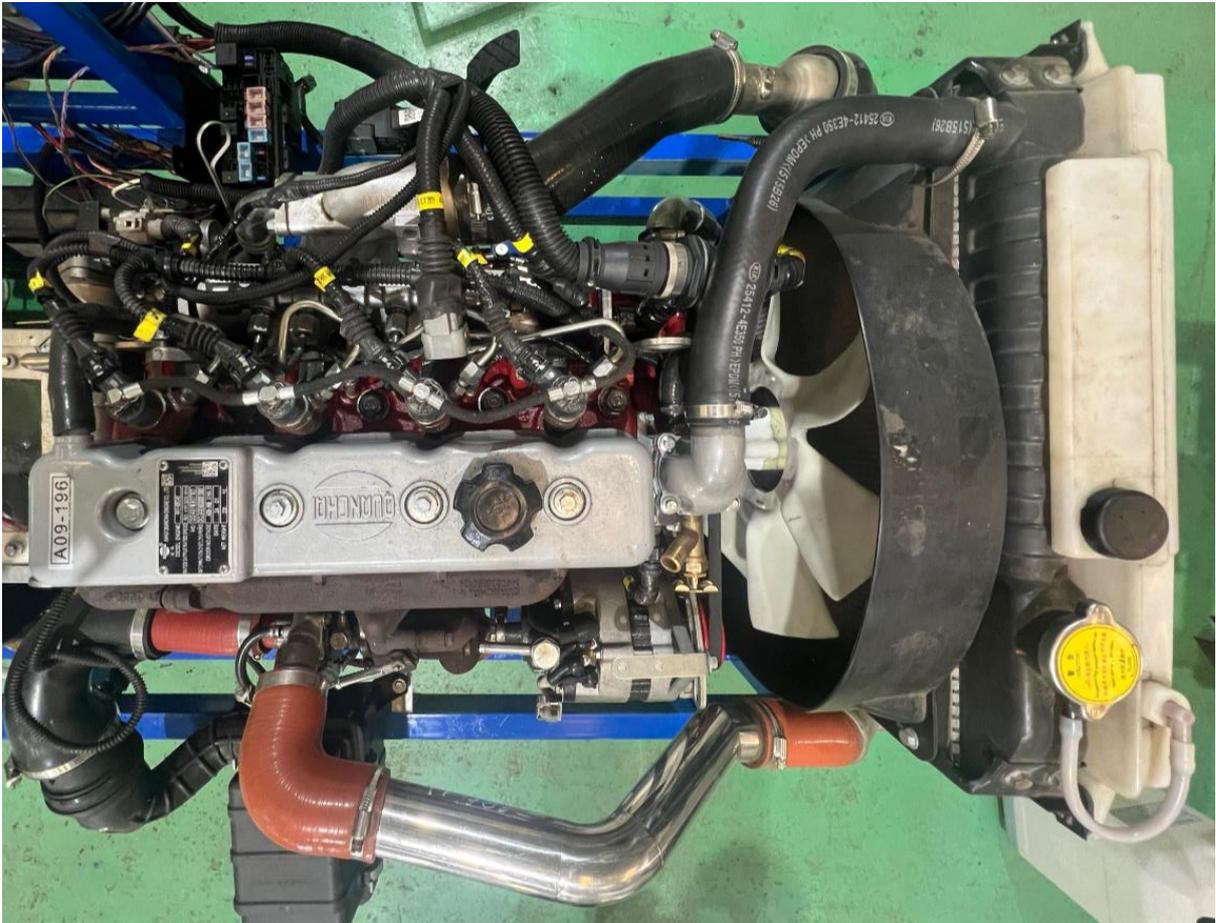


Hình 7.4 Động cơ Diesel được sử dụng trên mô hình

Trong mô hình động cơ diesel Quanchai 4A1-88C40 đóng vai trò là nguồn cấp năng lượng dẫn động trực tiếp cho máy phát điện để cung cấp điện cho toàn bộ hệ thống. Với công suất định mức 50 kW tại 3200 vòng/phút, động cơ này hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu kéo máy phát quay ở tốc độ 1500 vòng/phút, tốc độ tối ưu để tạo ra dòng điện xoay chiều tần số 50Hz phù hợp với hệ thống chuyển đổi và lưu trữ năng lượng. Điều này không chỉ đảm bảo hiệu quả vận hành mà còn góp phần duy trì sự ổn định điện áp trong hệ thống, giúp các thiết bị phụ trợ và động cơ điện kéo hoạt động liên tục, ổn định.

Một ưu điểm nổi bật của động cơ này là khả năng vận hành êm ái và tin cậy ở chế độ tải vừa, đặc biệt khi làm việc ở vòng tua thấp. Điều đó giúp hệ thống hoạt động tiết kiệm nhiên liệu và giảm rung ồn, yếu tố quan trọng trong các mô hình nghiên cứu mô phỏng vận hành thực tế. Động cơ được trang bị đầy đủ các bộ phận phụ trợ, bao gồm cao su chân máy giúp hấp thụ rung động, hạn chế truyền chấn động ra khung mô hình, từ đó nâng cao độ ổn định và tuổi thọ của các thành phần liên kết. Hệ thống tản nhiệt bằng két nước và quạt gió cưỡng bức giúp duy trì nhiệt độ làm việc tối ưu cho động cơ, tránh hiện tượng quá nhiệt khi vận hành liên tục. Bên cạnh đó, hệ thống làm mát khí nạp được

tích hợp để giảm nhiệt độ khí nạp sau tăng áp, giúp tăng hiệu suất đốt cháy và đảm bảo khả năng vận hành bền bỉ, mô phỏng đúng đặc điểm của các động cơ diesel hiện đại đang được sử dụng trên xe tải nhẹ.



Hình 7.5 Động cơ theo góc nhìn từ trên xuống

7.2.2 Máy phát điện

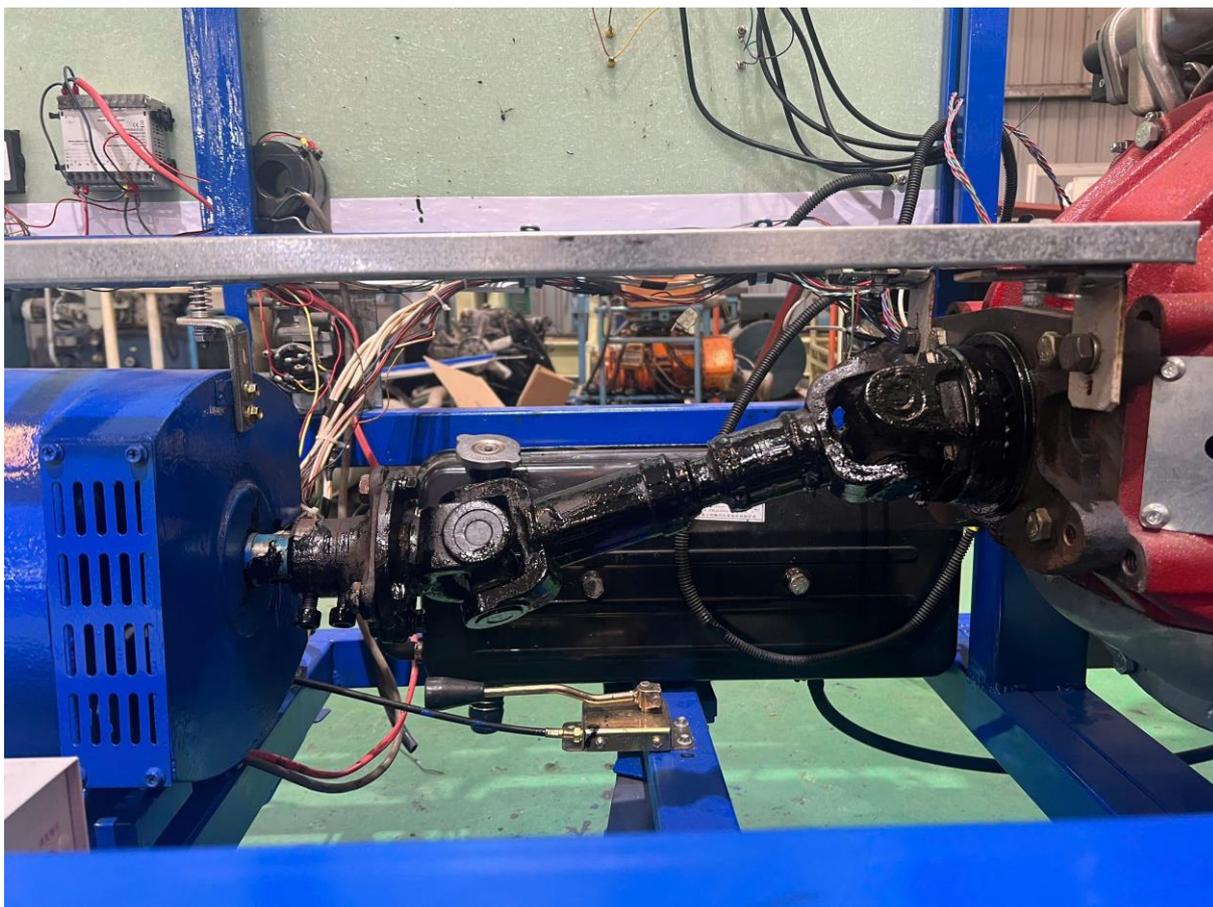
Máy phát điện được sử dụng trong mô hình là loại máy phát điện xoay chiều đồng bộ, có công suất định mức 3 kW, điện áp đầu ra 220V và hoạt động ổn định ở tốc độ quay 1500 vòng/phút. Đây là loại máy phát phù hợp để tạo ra dòng điện xoay chiều tần số 50Hz, phù hợp với tiêu chuẩn điện lưới và dễ dàng kết hợp với các bộ chuyển đổi AC-DC trong hệ thống lưu trữ và phân phối điện.

Máy phát điện được dẫn động trực tiếp từ động cơ diesel thông qua một khớp nối các đặng, bộ phận cơ khí có vai trò quan trọng trong việc truyền mô-men xoắn giữa hai trục quay không hoàn toàn đồng trục. Việc sử dụng khớp các đặng mang lại nhiều lợi ích thiết thực cho hệ thống, đặc biệt trong môi trường vận hành thực tế. Nó cho phép truyền lực linh hoạt giữa trục ra của động cơ và trục vào của máy phát, ngay cả khi có sự lệch nhẹ về vị trí hoặc rung lắc trong quá trình vận hành. Bên cạnh khả năng bù sai lệch trục, khớp nối các đặng còn giúp hấp thụ dao động xoắn và giảm chấn, từ đó hạn chế các xung lực truyền qua hệ thống truyền động, bảo vệ các bộ phận cơ khí như ổ trục, trục

máy phát và khung đỡ. Điều này không chỉ nâng cao độ bền và tuổi thọ của thiết bị, mà còn giúp mô hình vận hành êm ái, ổn định hơn – yếu tố rất quan trọng khi mô phỏng và nghiên cứu các hệ động lực lai trong môi trường thí nghiệm hoặc đào tạo kỹ thuật.



Hình 7.6 Máy phát điện xoay chiều



Hình 7.7 Khớp nối các đăng giữa động cơ nhiệt và máy phát.

7.2.3 Bộ chuyển đổi điện áp



Hình 7.8 Bộ chuyển đổi điện áp AC-DC

Mô hình sử dụng bộ chuyển đổi điện áp AC-DC, có chức năng chuyển đổi dòng điện xoay chiều 220V từ máy phát điện thành dòng điện một chiều 48V, phù hợp để sạc điện cho bộ lưu trữ năng lượng – thường là hệ thống pin lithium-ion hoặc acquy. Bộ chuyển đổi đóng vai trò trung gian quan trọng giữa nguồn phát và hệ thống lưu trữ, đảm bảo quá trình sạc diễn ra hiệu quả và an toàn.

Với khả năng cung cấp điện áp đầu ra ổn định ở mức 48V, đây là mức điện áp tiêu chuẩn và an toàn trong nhiều hệ thống điện công suất thấp đến trung bình. Bộ chuyển đổi AC-DC còn tích hợp các tính năng bảo vệ thông minh như chống quá áp, chống quá dòng, và triệt tiêu nhiễu điện áp đầu vào từ máy phát – vốn thường xảy ra khi tốc độ quay không đều hoặc tải thay đổi đột ngột.

7.2.4 Nguồn lưu trữ năng lượng



Hình 7.9 Bộ lưu trữ năng lượng

Nguồn lưu trữ điện trong mô hình không chỉ đóng vai trò là bộ cấp năng lượng chính cho động cơ điện kéo, mà còn đảm nhiệm nhiều chức năng quan trọng khác trong toàn bộ hệ thống. Ngoài việc duy trì hoạt động của động cơ, bộ lưu trữ điện còn phải đảm bảo cung cấp đủ điện áp và dòng khởi động cho các thiết bị yêu cầu dòng lớn trong thời gian ngắn, đặc biệt là trong giai đoạn khởi động hệ thống. Đồng thời, nó cũng phải đảm bảo nguồn nuôi ổn định cho các hệ thống điều khiển, cảm biến và thiết bị điện tử khác trên xe hoạt động liên tục và tin cậy.

Trong mô hình, hệ thống lưu trữ điện được cấu hình bằng bốn bình ắc quy 12V – 100Ah mắc nối tiếp, tạo thành một cụm pin có điện áp danh định 48V. Cấu hình này cho phép cung cấp đủ điện áp để dẫn động động cơ điện hoạt động ổn định trong suốt quá trình vận hành, đồng thời có khả năng tích trữ năng lượng tương đối lớn, đảm bảo hiệu suất hoạt động cao cho hệ truyền động điện.

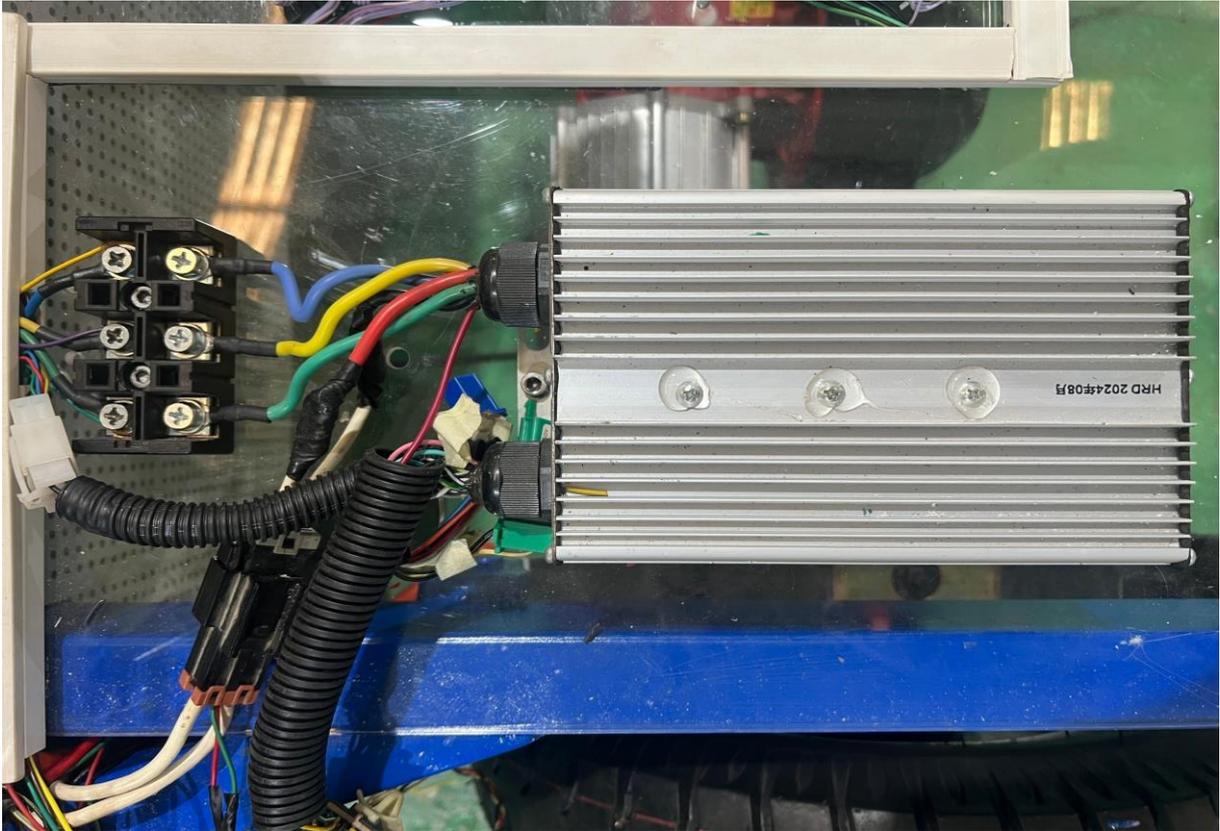
Bên cạnh đó, từ hệ thống 48V này, một bình 12V sẽ được trích riêng biệt để cung cấp điện áp ổn định cho các bộ phận điều khiển điện tử, chẳng hạn như ECU, cảm biến nhiệt độ, cảm biến tốc độ, relay điều khiển, hệ thống hiển thị, và các mạch bảo vệ khác. Việc tách nguồn 12V cho khối điều khiển không những đảm bảo an toàn điện mà còn giúp

các thiết bị nhạy cảm hoạt động ổn định, không bị ảnh hưởng bởi dao động điện áp do động cơ điện hoặc tải lớn gây ra.

7.2.5 Động cơ điện



Hình 7.10 Động cơ điện được nối với bộ giảm tốc để dẫn động cầu sau

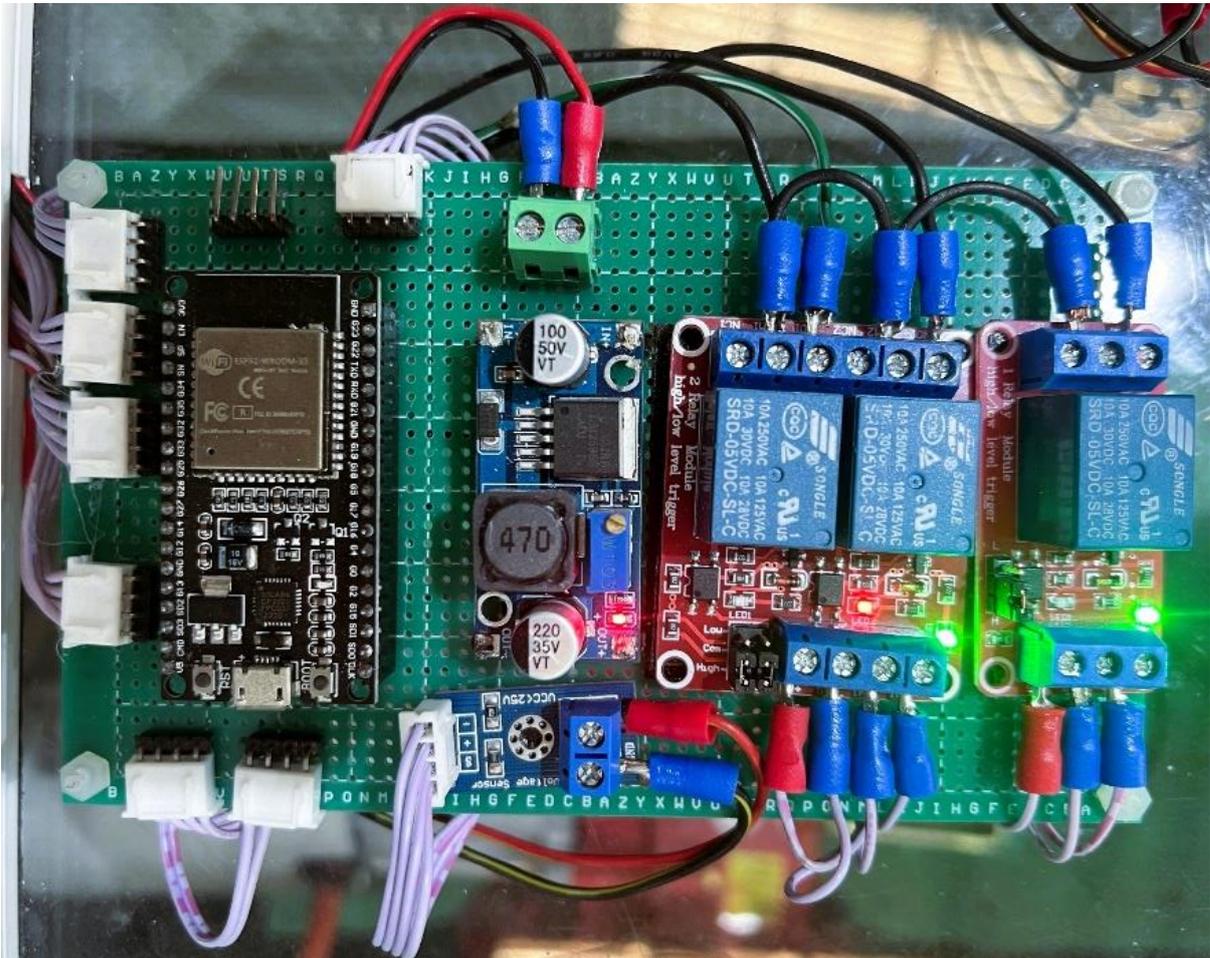


Hình 7.11 IC điều khiển động cơ điện

Động cơ điện sử dụng trong mô hình là loại động cơ một chiều có thông số kỹ thuật phù hợp với yêu cầu của một hệ truyền động điện công suất nhỏ. Động cơ hoạt động ở điện áp định mức 48V, dòng điện tối đa 15A và có công suất định mức 1000W (1kW), với tốc độ quay 3000 vòng/phút (RPM). Đây là dải công suất và tốc độ lý tưởng để ứng dụng trong các mô hình cho phép cung cấp lực kéo phù hợp cho xe tải nhẹ hoặc mô hình xe kỹ thuật. Phía sau động cơ chính, mô hình được bố trí thêm máy phát điện nhỏ có chức năng thu hồi năng lượng dư thừa trong quá trình giảm tốc hoặc khi không cần kéo. Khi được kích từ đúng thời điểm, máy phát điện này hoạt động như một hệ thống phanh tái sinh, chuyển đổi động năng thành điện năng để nạp lại vào bộ lưu trữ năng lượng. Đây là thiết kế đặc biệt nhằm đáp ứng được khả năng tái sinh năng lượng trên mô hình, đánh giá đúng được các chế độ của mô hình so với thực tế.

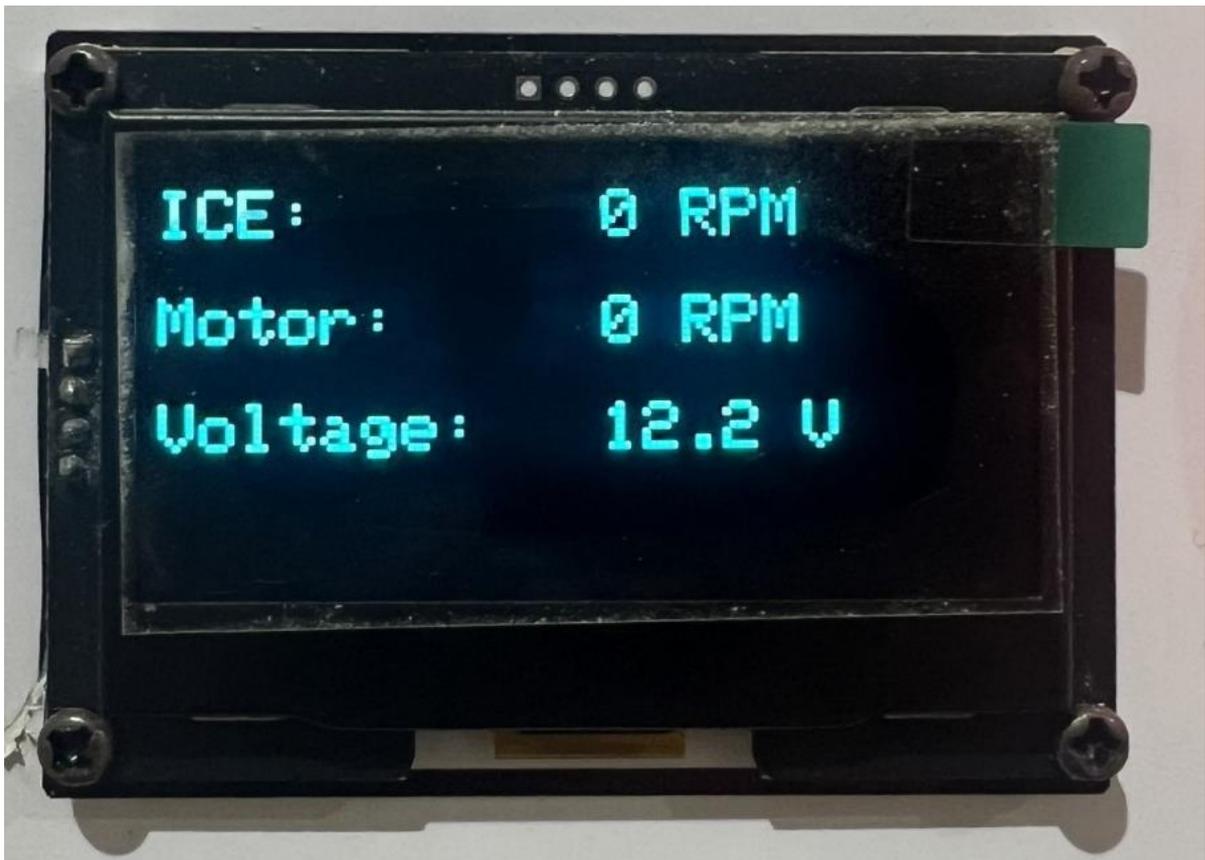
7.3 Hệ thống điều khiển

7.3.1 Hệ thống khởi động động cơ



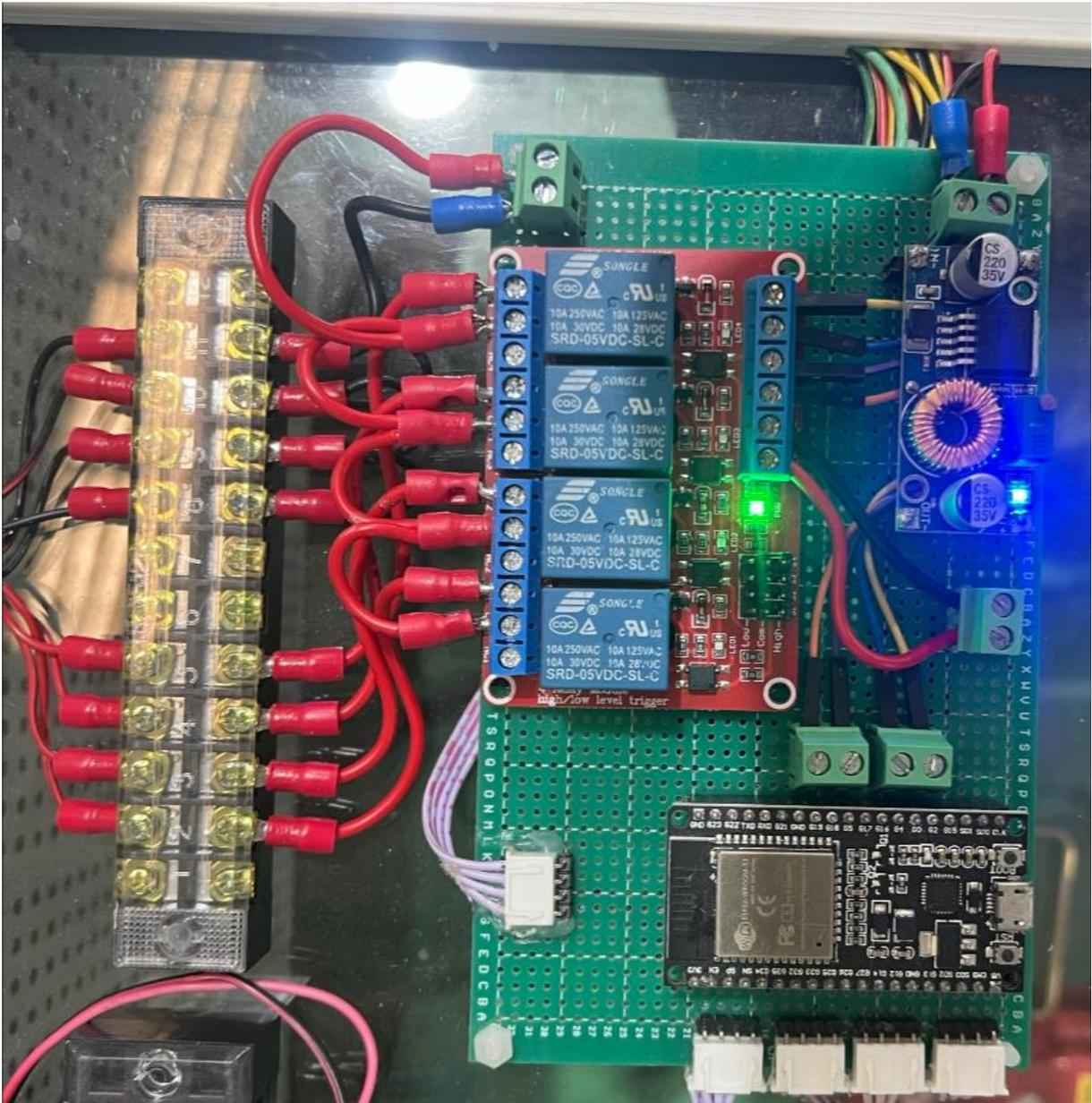
Hình 7.12 Bản mạch điều khiển khởi động động cơ đốt trong

Hệ thống điều khiển khởi động động cơ có nhiệm vụ quản lý quá trình vận hành của động cơ đốt trong nhằm kéo máy phát phát điện, sạc lại cho hệ thống ắc quy khi mức năng lượng của ắc quy giảm xuống dưới ngưỡng cho phép. Khi ắc quy đã được sạc đầy, hệ thống sẽ tự động ngắt động cơ. Hệ thống này sử dụng các cảm biến như cảm biến tốc độ để đo tốc độ quay của động cơ đốt trong và cảm biến điện áp để giám sát mức điện áp của ắc quy. Các tín hiệu thu được sẽ được truyền về vi điều khiển, nơi thực hiện phân tích và ra quyết định về thời điểm khởi động hoặc tắt động cơ bằng cách điều khiển các relay đóng mở việc cung cấp điện cho bộ khởi động và Ecu của động cơ đốt trong. Đồng thời, các thông số quan trọng như tốc độ động cơ và điện áp ắc quy sẽ được hiển thị trên màn hình, qua đó ta có thể theo dõi được trạng thái hoạt động của hệ thống.



Hình 7.13 Màn hình hiển thị các thông số hệ thống khởi động động cơ đốt trong

7.3.2 Hệ thống làm mát nguồn lưu trữ năng lượng



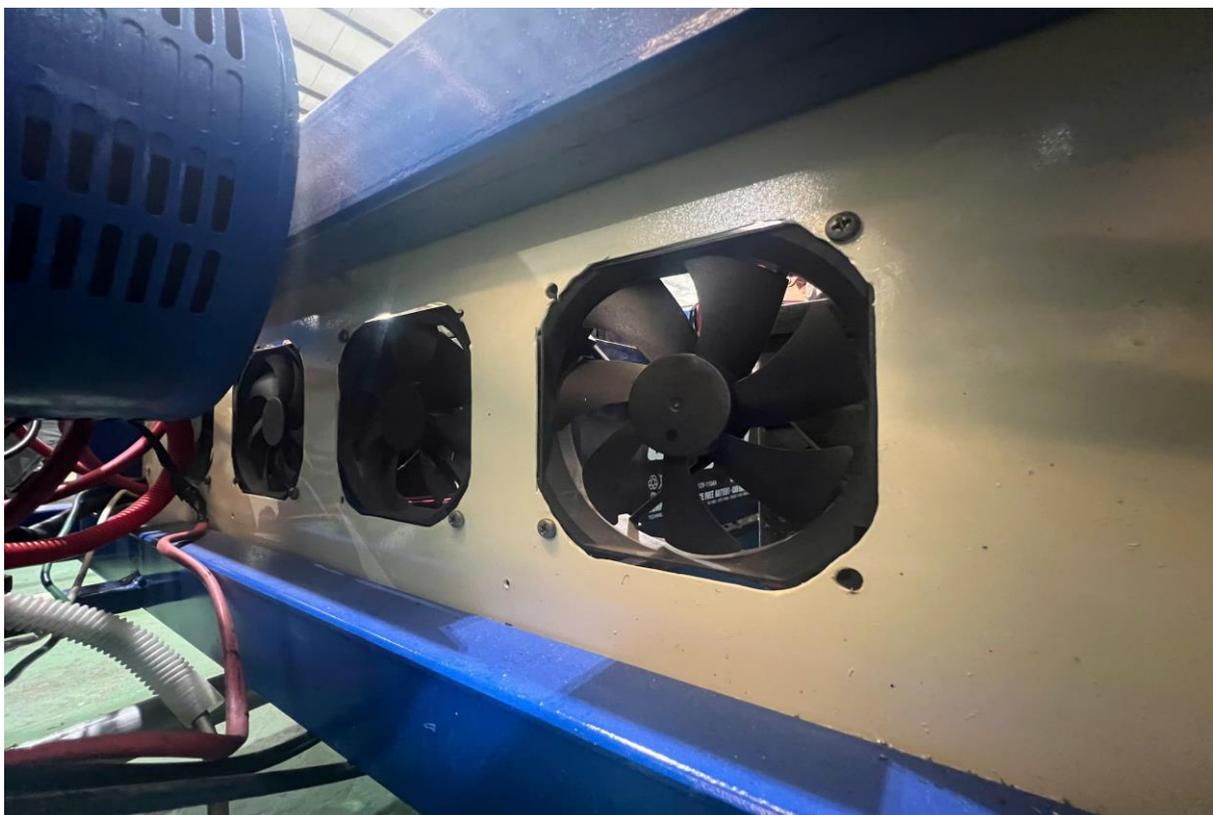
Hình 7.14 Mạch điều khiển làm mát

Bộ điều khiển làm mát là một thành phần quan trọng trong hệ thống quản lý nhiệt cho các cụm acquy, đặc biệt trong các ứng dụng yêu cầu hiệu suất cao và vận hành ổn định như xe điện, hệ thống lưu trữ năng lượng, hay các mô hình nghiên cứu pin. Hệ thống này hoạt động dựa trên nguyên lý giám sát nhiệt độ liên tục thông qua các cảm biến nhiệt được gắn trực tiếp lên từng bình acquy. Các cảm biến này cung cấp dữ liệu chính xác về nhiệt độ theo thời gian thực tại từng vị trí khác nhau trong hệ thống.

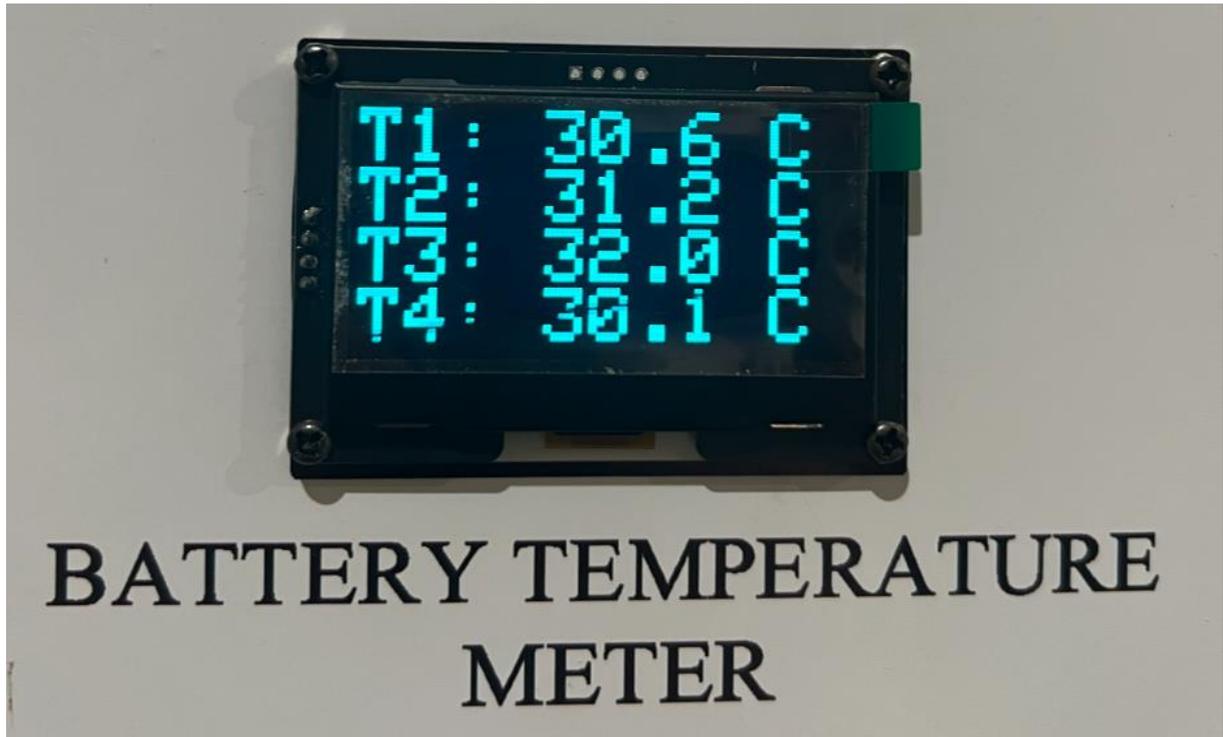
Khi phát hiện nhiệt độ tại bất kỳ bình acquy nào vượt quá ngưỡng an toàn cài đặt trước (ví dụ như 45–50°C), bộ điều khiển sẽ lập tức kích hoạt cơ chế làm mát bằng cách đóng relay để cấp điện cho quạt làm mát tại vị trí tương ứng. Việc điều khiển riêng biệt cho

từng quạt giúp hệ thống tiết kiệm năng lượng và làm mát đúng mục tiêu, tránh lãng phí công suất và giảm hao mòn quạt.

Ngoài ra, bộ điều khiển còn tích hợp khả năng xuất tín hiệu nhiệt độ lên màn hình OLED kích thước 2.42 inch, giúp người vận hành dễ dàng theo dõi và giám sát trạng thái nhiệt của từng acquy thời gian thực.

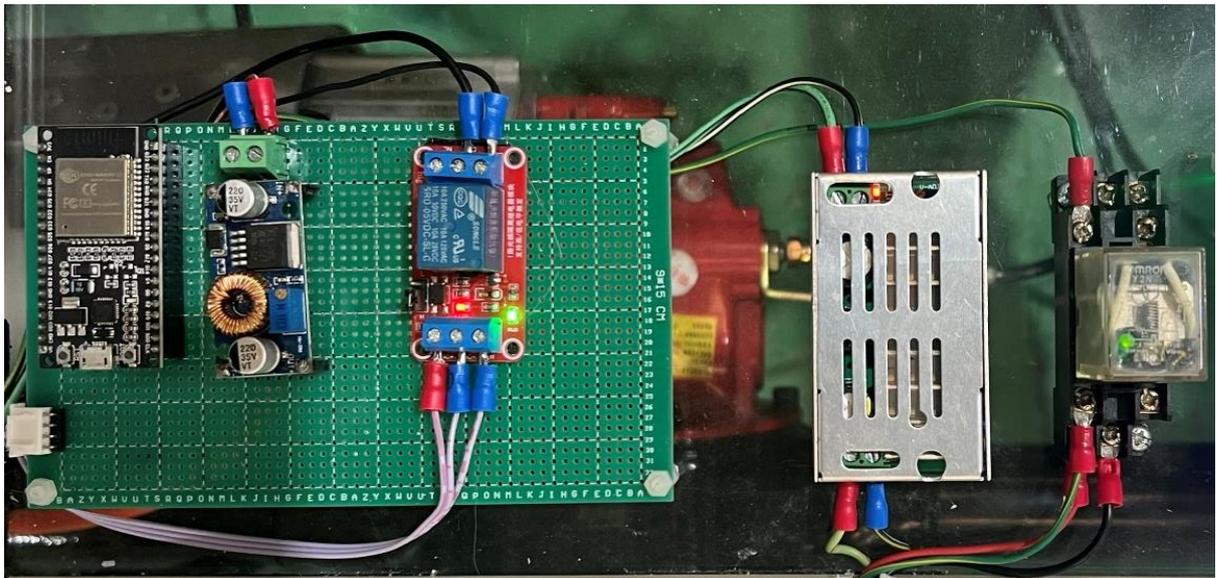


Hình 7.15 Quạt làm mát bộ lưu trữ năng lượng



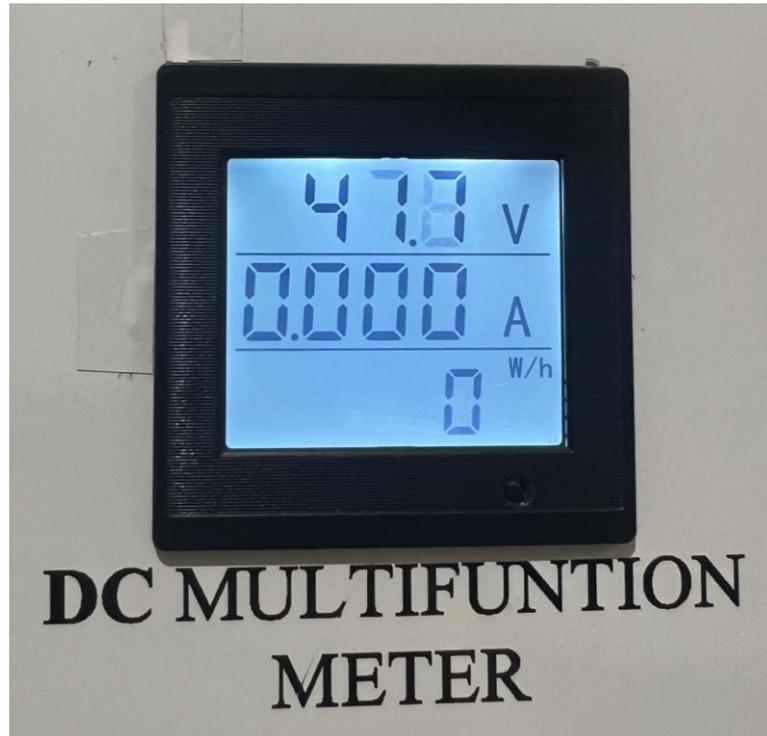
Hình 7.16 Đồng hồ hiển thị nhiệt độ

7.3.3 Hệ thống phanh tái sinh



Hình 7.17 Bộ điều khiển hệ thống phanh tái sinh

Hệ thống phanh tái sinh làm nhiệm vụ thu hồi năng lượng bằng cách biến động năng của động cơ điện thành điện năng trong quá trình giảm tốc. Hệ thống sẽ lấy tín hiệu từ cảm biến vị trí bàn đạp ga sau đó truyền về vi điều khiển, tại đây vi điều khiển sẽ phân tích các tín hiệu để biết được khi nào giảm tốc để bật phanh tái sinh. Điện từ hệ thống phanh tái sinh sau khi được thu hồi sẽ được truyền đến bộ chuyển đổi để chuyển điện áp từ 12v thành 48v và sạc cho ắc quy. Đồng thời các thông số của hệ thống sẽ được hiển thị lên màn hình.

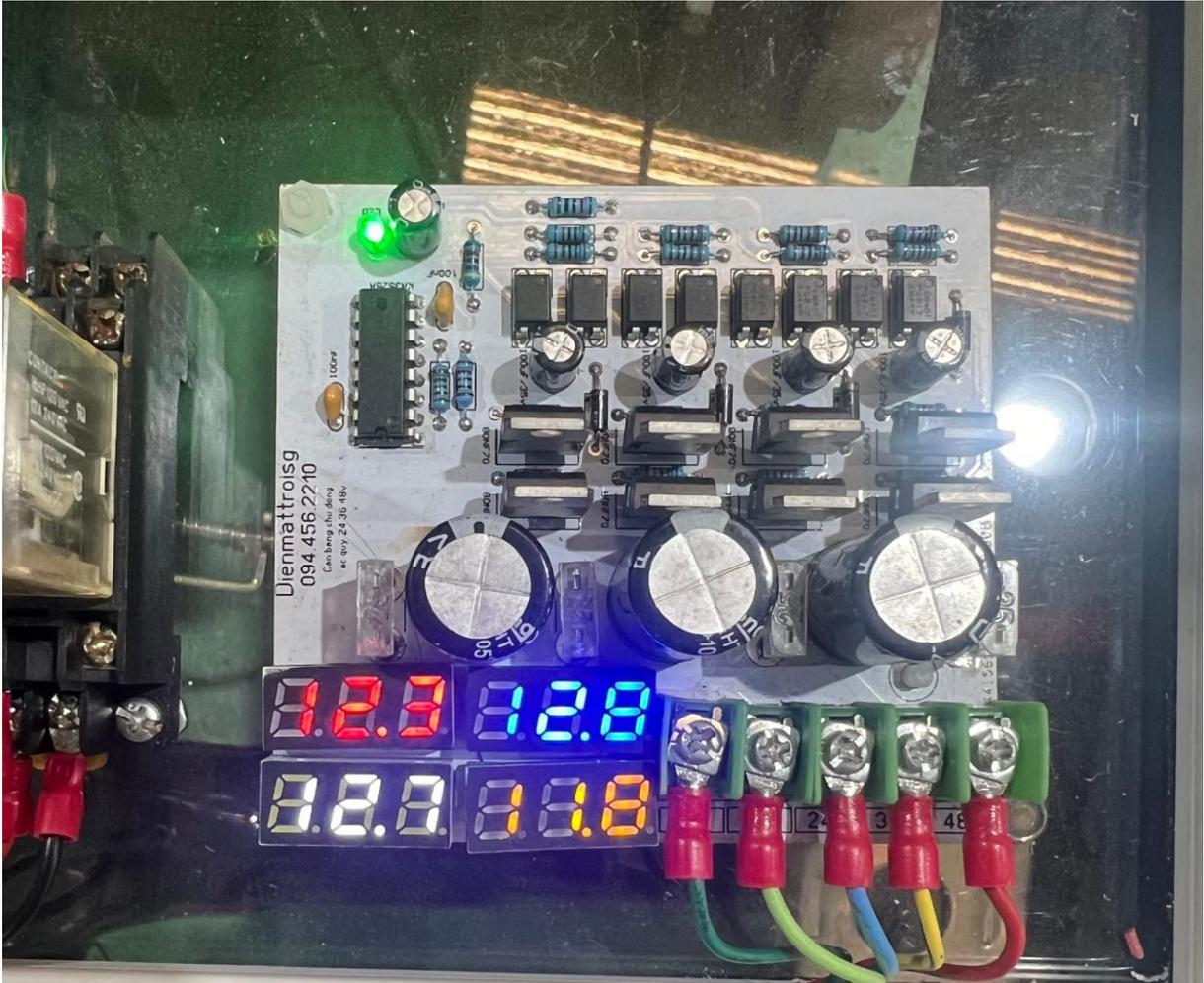


Hình 7.18 Màn hình hiển thị các thông số hệ thống phanh tái sinh

7.3.4 Mạch điều chỉnh cân bằng điện áp

Mạch cân bằng điện áp là một thành phần quan trọng trong hệ thống lưu trữ năng lượng, đặc biệt khi sử dụng 4 bình acquy 12V mắc nối tiếp để tạo thành bộ nguồn tổng điện áp 48V. Trong quá trình sạc và xả, mỗi bình acquy có thể có mức điện áp và dung lượng khác nhau do sai số sản xuất, mức độ lão hóa hoặc nhiệt độ vận hành không đồng đều. Nếu không được cân bằng, một số bình có thể bị sạc quá mức hoặc xả sâu, gây suy giảm tuổi thọ, giảm hiệu suất toàn bộ hệ thống và thậm chí tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn.

Mạch cân bằng điện áp được thiết kế nhằm duy trì sự đồng đều về điện áp giữa các bình acquy, thông qua việc điều chỉnh hoặc chuyển dòng từ các bình có điện áp cao sang các bình có điện áp thấp hơn. Mạch này hoạt động liên tục trong quá trình vận hành hoặc khi sạc, giúp đảm bảo tất cả các bình đều đạt trạng thái điện áp ổn định và đồng đều.



Hình 8.19 Mạch cân bằng điện áp acquy

7.4 Đánh giá kết quả thử nghiệm

7.4.1 Thiết lập chu trình đo thử nghiệm

7.4.1.1 Mục đích thực hiện

- So sánh mức tiêu hao nhiên liệu giữa xe Frontier K200 và mô hình HEV.
- So Sánh mức độ phát thải giữa xe Frontier K200 và mô hình HEV.

7.4.1.2 Tính toán sơ bộ chu trình.

a. Tính toán thời gian sạc đầy ắc quy:

Giả sử ắc quy được sạc từ lúc dung lượng 65%, máy phát hoạt động ở công suất cực đại.

Công suất sạc:

$$P = U.I = 48.20 = 960W \quad (7.1)$$

Dung lượng cần sạc:

$$Q = 100.(100\% - 65\%) = 35Ah \quad (7.2)$$

Năng lượng cần sạc:

$$E = Q.U = 35.48 = 1680Wh = 1,68kWh \quad (7.3)$$

Thời gian sạc:

$$t = \frac{1,68}{0,96.90\%} \approx 110(p) \quad (7.4)$$

b. Tính thời gian sử dụng ắc quy:

Giả sử ắc quy được sử dụng đến lúc dung lượng 65%, động cơ điện hoạt động ở công suất cực đại.

Công suất động cơ điện:

$$P = U.I = 48.15 = 720W \quad (7.5)$$

Dung lượng tiêu hao:

$$Q = 100.(100\% - 65\%) = 35Ah \quad (7.6)$$

Năng lượng cần dùng:

$$E = Q.U = 35.48 = 1680Wh = 1,68kWh \quad (7.7)$$

Thời gian động cơ điện hoạt động đến mức dung lượng 65%:

$$t = \frac{1,68}{0,72.95\%} \approx 155(p) \quad (7.8)$$

7.4.1.3 Chu trình thực nghiệm trên động cơ đốt trong.

Giai đoạn 1: Khởi động (0–15 phút)

- Điểm 0 (0 phút): Đang dừng (0 vòng/phút).
- Điểm 1 (5 phút): Bắt đầu lăn bánh, tốc độ nhẹ (50 vòng/phút).
- Điểm 2 (15 phút): Vẫn duy trì tốc độ thấp ổn định (50 vòng/phút).

Giai đoạn 2: Tăng tốc (15–20 phút)

- Điểm 3 (20 phút): Tăng tốc lên 350 vòng/phút

Giai đoạn 3: Duy trì tốc độ (20–75 phút)

- Điểm 4 (70 phút): Vẫn duy trì tốc độ (350 vòng/phút).
- Điểm 5 (75 phút): Giảm tốc xuống 50 vòng/phút

Giai đoạn 4: Tăng tốc lại và đạt đỉnh (75–100 phút)

- Điểm 6 (95 phút): Vẫn ở tốc độ thấp (50 vòng/phút).
- Điểm 7 (100 phút): Tăng tốc lên 490 vòng/phút – đây là tốc độ cao nhất trong chu trình.

Giai đoạn 5: Giảm tốc và tăng tốc trở lại (100–180 phút)

- Điểm 8 (150 phút): Vẫn duy trì tốc độ (490 vòng/phút).
- Điểm 9 (155 phút): Tốc độ giảm về 50 vòng/phút.
- Điểm 10 (175 phút): Vẫn duy trì tốc độ (50 vòng/phút).
- Điểm 11 (180 phút): Tăng tốc lên 200 vòng/phút.

Giai đoạn 6: Vận hành ổn định trung bình (180–235 phút)

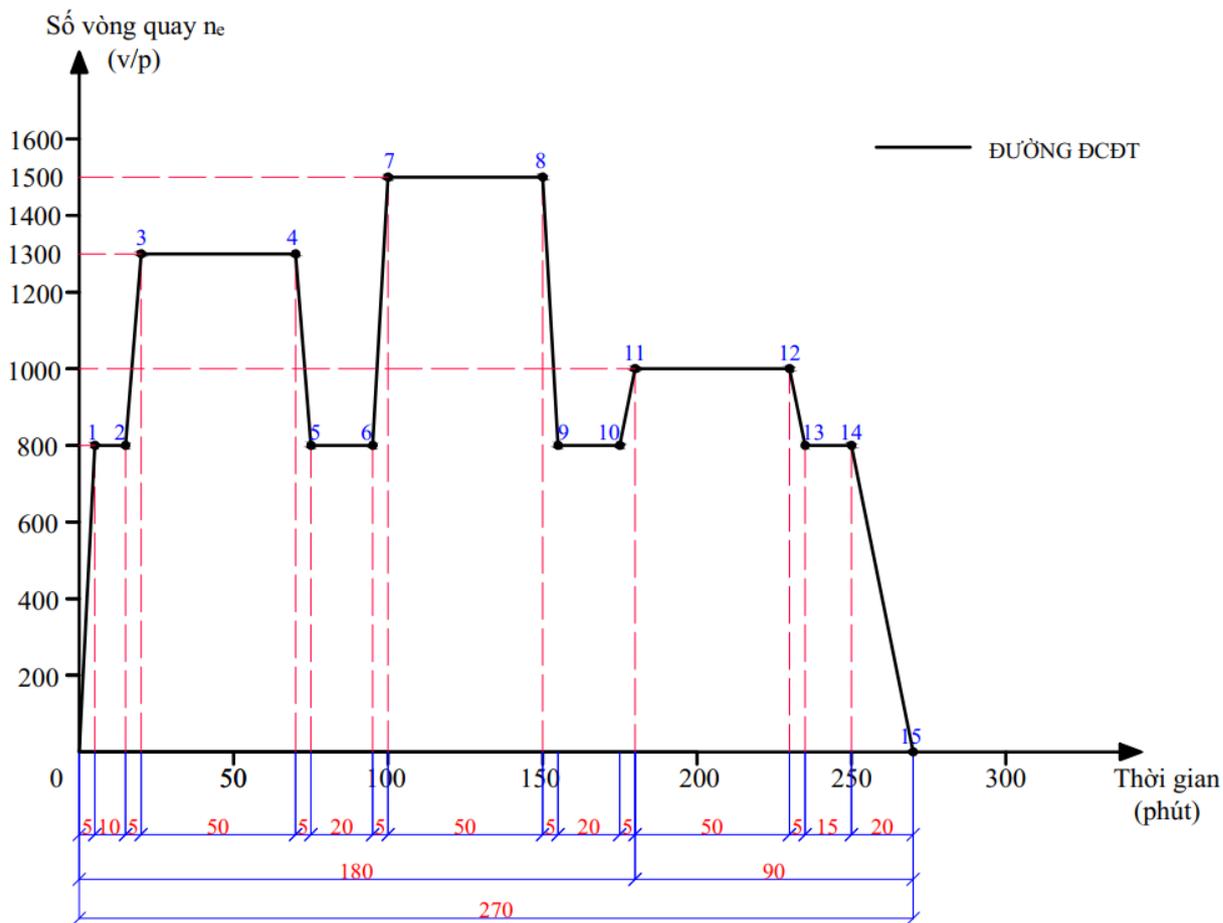
- Điểm 12 (230 phút): Tốc độ vẫn 200 vòng/phút.
- Điểm 13 (235 phút): Giảm tốc về 50 vòng/phút.

Giai đoạn 7: Chuẩn bị dừng và kết thúc chu trình (235–270 phút)

- Điểm 14 (250 phút): Vẫn duy trì tốc độ thấp (50 vòng/phút).
- Điểm 15 (270 phút): Xe dừng hẳn (0 vòng/phút) → kết thúc chu trình thử nghiệm.

Tóm tắt chu trình vận hành

- Tổng thời gian: 270 phút (4.5 giờ).
- Các giai đoạn chính: Khởi động → tăng tốc → ổn định tốc độ cao → giảm tốc → tái tăng tốc → ổn định trung bình → dừng.
- Vận tốc quay cao nhất: 1500 vòng/phút (Điểm 7).



Hình 7.20 Chu trình thực nghiệm trên động cơ đốt trong

Bảng 7.1 Số liệu chu trình đo thực nghiệm trên động cơ đốt trong

ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG			
Điểm	Thời gian (phút)	Số vòng quay (v/p)	Tay số
0	0	0	
1	5	800	s1
2	15	800	s1
3	20	1300	s4
4	70	1300	s4
5	75	800	s1

6	95	800	s1
7	100	1500	s5
8	150	1500	s5
9	155	800	s1
10	175	800	s1
11	180	1000	s3
12	230	1000	s3
13	235	800	s1
14	250	800	s1
15	270	0	

7.4.1.4 Chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp

Chu trình có tổng thời gian 270 phút, trong đó sử dụng ắc quy nạp điện cho động cơ điện từ 100% dung lượng đến 65% trong 180 phút. Sau đó, động cơ đốt trong hoạt động để tạo ra điện sạc cho ắc quy đồng thời động cơ điện vẫn hoạt động đến khi kết thúc chu trình.

Trạng thái 1; Chỉ có động cơ điện hoạt động, sử dụng ắc quy nạp điện cho động cơ điện từ 100% dung lượng đến 65% trong 180 phút.

Giai đoạn 1: Khởi động (0–15 phút).

- Điểm 0 (0 phút): Đang dừng (0 vòng/phút).
- Điểm 1 (5 phút): Bắt đầu lăn bánh, tốc độ nhẹ (50 vòng/phút).
- Điểm 2 (15 phút): Vẫn duy trì tốc độ thấp ổn định (50 vòng/phút).

Giai đoạn 2: Tăng tốc (15–20 phút).

- Điểm 3 (20 phút): Tăng tốc lên 350 vòng/phút.

Giai đoạn 3: Duy trì tốc độ (20–75 phút).

- Điểm 4 (70 phút): Vẫn duy trì tốc độ (350 vòng/phút).
- Điểm 5 (75 phút): Giảm tốc xuống 50 vòng/phút.

Giai đoạn 4: Tăng tốc lại và đạt đỉnh (75–100 phút).

- Điểm 6 (95 phút): Vẫn ở tốc độ thấp (50 vòng/phút).
- Điểm 7 (100 phút): Tăng tốc lên 490 vòng/phút – đây là tốc độ cao nhất trong chu trình.

Giai đoạn 5: Giảm tốc và tăng tốc trở lại (100–180 phút).

- Điểm 8 (150 phút): Vẫn duy trì tốc độ (490 vòng/phút).
- Điểm 9 (155 phút): Tốc độ giảm về 50 vòng/phút.
- Điểm 10 (175 phút): Vẫn duy trì tốc độ (50 vòng/phút).

Trạng thái 2: Tiến hành đồng thời nạp điện cho động cơ điện và sử dụng động cơ đốt trong dẫn động máy phát sạc cho ắc quy từ 65% dung lượng đến 100% trong 80 phút.

- Điểm 11 (180 phút): ICE bắt đầu khởi động và đạt ngay 1000 vòng/phút → động cơ hoạt động mạnh. Tại thời điểm này động cơ đốt trong bắt đầu hoạt động làm dẫn động máy phát từ đó nạp điện sạc ắc quy. Đồng thời động cơ điện tăng tốc lên 200 vòng/phút.

Giai đoạn 6: Vận hành ổn định trung bình (180–235 phút)

- Điểm 12 (230 phút): Tốc độ vẫn 200 vòng/phút.

- Điểm 13 (235 phút): Giảm tốc về 50 vòng/phút.

Giai đoạn 7: Chuẩn bị dừng và kết thúc chu trình (235–270 phút)

- Điểm 14 (250 phút): Vẫn duy trì tốc độ thấp (50 vòng/phút).

- Điểm 15 (270 phút): Dừng hẳn (0 vòng/phút) → kết thúc chu trình thử nghiệm.

Tóm tắt chu trình vận hành.

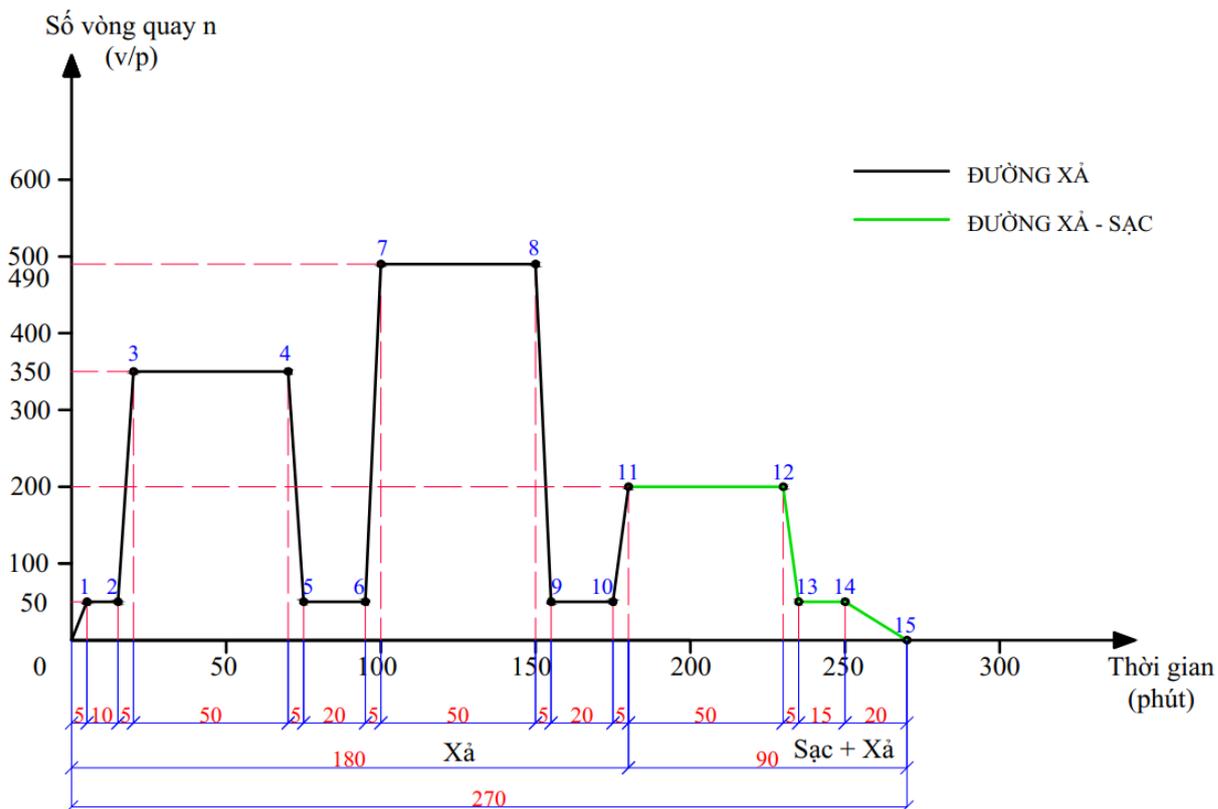
- Tổng thời gian: 270 phút (4.5 giờ).

- Các giai đoạn chính: Khởi động động cơ điện → tăng tốc → ổn định tốc độ cao → giảm tốc → tái tăng tốc → khởi động động cơ đốt trong → chạy ổn định đồng thời động cơ điện và động cơ đốt trong → giảm tốc → dừng.

- Vận tốc quay cao nhất: 490 vòng/phút (Điểm 7).

- Thời gian động cơ điện hoạt động: 270 phút.

- Thời gian động cơ đốt trong hoạt động: 90 phút.



Hình 7.21 Chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp

Bảng 7.2 Số liệu chu trình đo thực nghiệm trên mô hình HEV

MÔ HÌNH HEV		
Điểm	Thời gian (phút)	Số vòng quay (v/p)
0	0	0
1	5	50
2	15	50
3	20	350
4	70	350
5	75	50
6	95	50
7	100	490
8	150	490
9	155	50
10	175	50
11	180	200
12	230	200
13	235	50
14	250	50
15	270	0

7.4.2 Thử nghiệm đo tiêu hao nhiên liệu

7.4.2.1 Dụng cụ và thiết bị



Hình 7.22 Dụng cụ đo lượng tiêu hao nhiên liệu

Buret được sử dụng để đo chính xác lượng tiêu hao nhiên liệu. Bên cạnh đó, để đo được chính xác tốc độ quay của động cơ theo chu trình thì cần phải sử dụng đến thiết bị đo tốc độ quay chuyên dụng.



Hình 7.23 Dụng cụ đo tốc độ quay của động cơ.

Thiết bị đo được sử dụng để đo tốc độ động cơ trong quá trình thử nghiệm là máy HIOKI FT340. Với khả năng đo tốc độ từ 0,1 đến 99.999 vòng/phút (RPM), đồng thời đảm bảo độ chính xác cao và phản hồi nhanh. Thiết bị được tích hợp màn hình LCD lớn, dễ đọc, cùng với khả năng lưu trữ giá trị đo và hiển thị giá trị lớn nhất, nhỏ nhất và trung bình.

7.4.2.2 Các bước tiến hành

Trước tiên, ta phải đánh dấu lượng nhiên liệu hiện tại đang có trong thùng chứa.



Hình 7.24 Lượng nhiên liệu hiện có trước khi thực hiện đo.

Sau khi đánh dấu được nhiên liệu hiện đang có trong thùng, tiếp đến chúng ta tiến hành cho động cơ hoạt động. Việc kiểm soát tốc độ động cơ theo chu trình phải luôn được thực hiện. Sử dụng máy HIOKI để xác định được tốc độ động cơ đã đạt theo chu trình hay chưa.



Hình 7.25 Sử dụng máy đo tốc độ vòng quay.

Sử dụng máy đo kết hợp duy trì đúng khoảng thời gian và tốc độ vòng quay động cơ giúp phân đo đạt được giám sát đúng như chu trình đã đề ra.

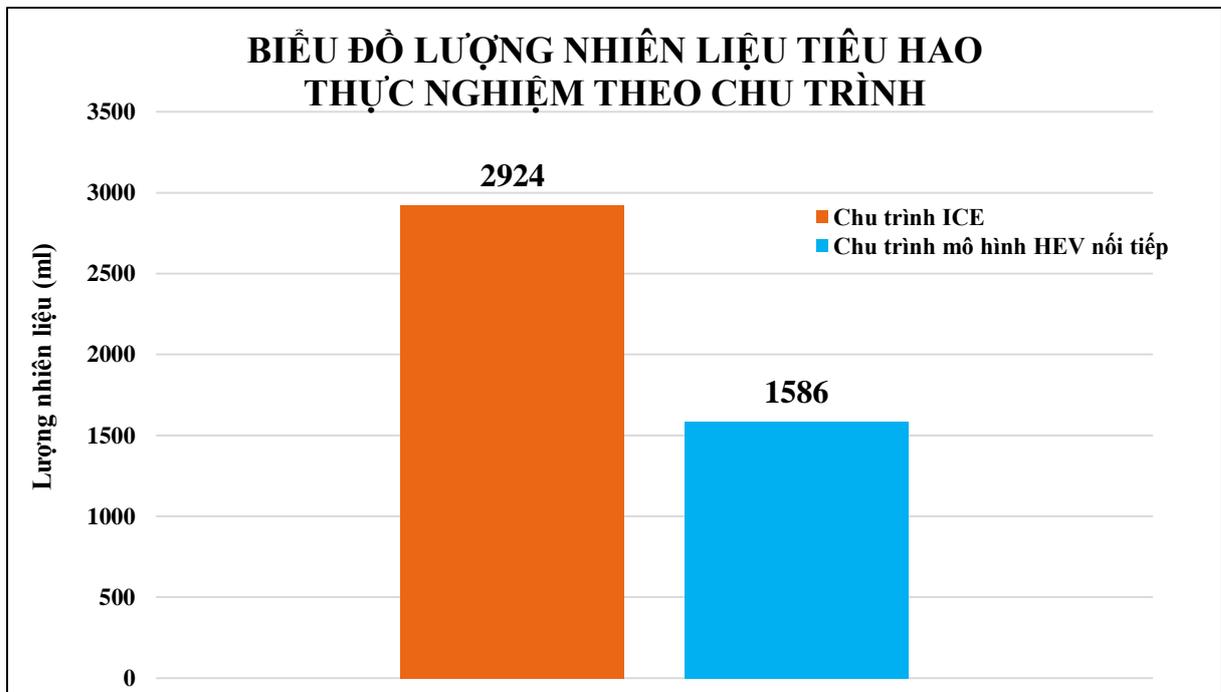
Sau khi hoàn thành chu trình đo, sẽ thấy rõ được lượng nhiên liệu tiêu hao sao với ban đầu.



Hình 7.26 Nhiên liệu tiêu hao sau khi thử nghiệm.

Bước cuối cùng của việc đo lượng nhiên liệu tiêu hao, sử dụng buret để nạp lại lượng nhiên liệu trong thùng chứa đã sử dụng sao cho đúng bằng lượng đã đánh dấu. Lượng nhiên liệu nạp lại sẽ là lượng nhiên liệu đã tiêu thụ. Từ đó ta có được kết quả đo lượng nhiên liệu đã tiêu hao cho lần thử nghiệm theo chu trình.

7.4.2.3 Kết quả



Biểu đồ thể hiện rõ được sự chênh lệch về lượng nhiên liệu tiêu hao giữa hai chu trình thực nghiệm. Suất 270 phút chạy thực nghiệm, chu trình sử dụng động cơ đốt trong đã tiêu hao 2924ml nhiên liệu, trong khi đó với chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp thì lượng nhiên liệu tiêu hao chỉ đạt 1586ml. Điều này cho thấy được lượng tiêu hao của chu trình mô hình HEV nối tiếp giảm tương đương 45.8%. Sự chênh lệch này chứng minh hiệu quả tiết kiệm nhiên liệu vượt trội của hệ thống HEV nối tiếp.

Kết quả này là một trong những cơ sở quan trọng để khẳng định rằng kiến trúc hệ động lực HEV nối tiếp trên mô hình thực nghiệm hoàn toàn đáp ứng được mục tiêu tiết kiệm nhiên liệu và nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng so với cấu hình truyền thống chỉ sử dụng động cơ đốt trong (ICE). Việc tiêu hao nhiên liệu giảm đáng kể trong chu trình HEV chứng minh rằng mô hình không chỉ hoạt động theo đúng nguyên lý lý thuyết, mà còn thể hiện hiệu quả rõ rệt trong điều kiện vận hành thực tế.

7.4.3 Thử nghiệm đo chỉ số phát thải

7.4.3.1 Dụng cụ và thiết bị

Thiết bị đo khí thải HESH-BON HD-410



Hình 7.27 Thiết bị đo khí thải HESH-BON HD-410

Thiết bị đo độ khói HESH-BON HD-410 là dụng cụ chuyên dùng để đánh giá mức độ khói trong khí thải của động cơ diesel, từ đó xác định mức độ hoàn thiện quá trình cháy và mức độ ô nhiễm phát sinh ra môi trường. Đây là công cụ quan trọng trong công tác kiểm định xe cơ giới, bảo dưỡng định kỳ, cũng như trong hoạt động nghiên cứu và giảng dạy liên quan đến công nghệ động cơ.

Thiết bị được cấu tạo từ nhiều bộ phận chính hoạt động phối hợp nhằm đo chính xác độ khói của khí thải động cơ diesel. Khí thải sau khi được đưa vào buồng đo quang học

(smoke chamber) sẽ đi qua một hệ thống nguồn sáng và cảm biến quang học, nơi thiết bị đánh giá mức độ che khuất ánh sáng do khói gây ra. Tín hiệu thu được sẽ được bộ vi xử lý xử lý và hiển thị trên màn hình kỹ thuật số dưới dạng các chỉ số như HSU, % opacity hoặc m^{-1} . Nguyên lý hoạt động của thiết bị dựa trên hiện tượng hấp thụ và tán xạ ánh sáng của khói; khi ánh sáng đi qua luồng khí thải, phần ánh sáng bị suy giảm sẽ được đo và quy đổi thành giá trị thể hiện mức độ khói.

Thiết bị đo tốc độ HIOKI FT3405



Hình 7.28 Thiết bị đo tốc độ HIOKI FT3405

Giống như thử nghiệm đo tiêu chuẩn khí thải, việc đo các chỉ số phát thải cũng phải cần độ chính xác của tốc độ vòng quay theo chu trình. Vì vậy, thiết bị đo HIOKI sẽ tiếp tục được sử dụng.

7.4.3.2 Các bước tiến hành

Chuẩn bị trước khi đo:

Máy đo HESH-BON HD-410: Khởi động và kiểm tra máy có đang hoạt động bình thường hay bị báo lỗi, thiết lập chế độ đo phù hợp, đảm bảo không khí trong ống đo là trong suốt.

Máy đo tốc độ HIOKI FT 3405: Bật máy và chỉnh về thang đo phù hợp, Dán miếng phản quang ở vị trí cần Đo

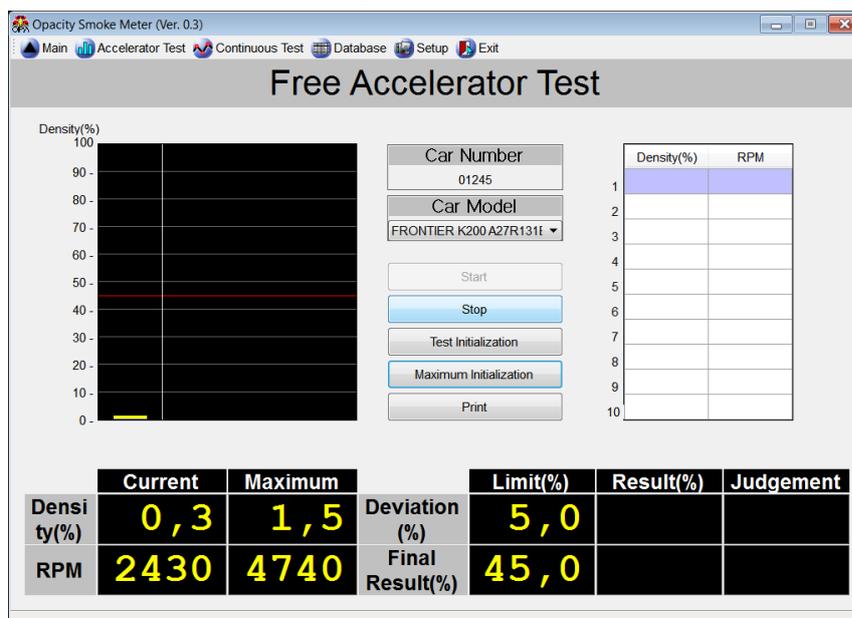
Động cơ: Đảm bảo động cơ ở trạng thái vận hành ổn định (nhiệt độ làm việc bình thường)



Hình 7.29 Quá trình đo kiểm khí thải trên mô hình

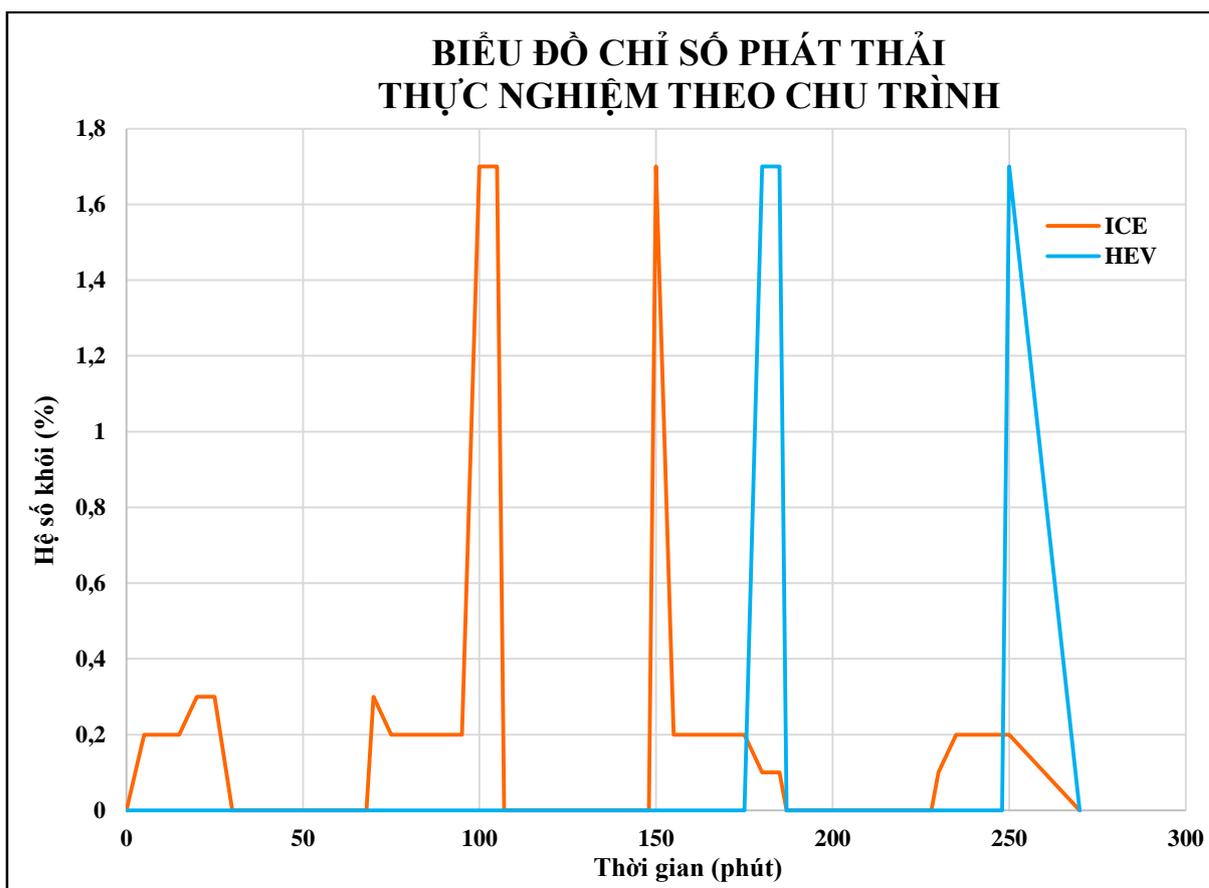
Tiến hành:

- Cắm ống đo của máy đo khí thải vào ống xả của động cơ.
- Khởi động động cơ đốt trong và cho động cơ chạy đến số vòng tua cần đo
- Kiểm tra vòng tua động cơ bằng máy đo tốc độ
- Khi động cơ đạt đến số vòng tua yêu cầu thì bắt đầu thu thập số liệu phát thải
- Đo kiểm nhiều lần để thu thập kết quả và hiệu chỉnh để kết quả có được là chính xác nhất.
- Lưu dữ liệu đo và so sánh các kết quả.



Hình 7.30 Màn hình hiển thị kết quả đo phát thải.

7.4.3.3 Kết quả



Biểu đồ thể hiện sự so sánh hệ số khối (%) theo thời gian giữa hai chu trình thử. Chu trình thực nghiệm động cơ đốt trong và chu trình thực mô hình HEV nối tiếp. Kết quả cho thấy mô hình HEV có chỉ số phát thải thấp hơn đáng kể so với động cơ đốt trong ICE trong phần lớn thời gian chu trình. Trong các giai đoạn vận hành, thời gian phát thải của chu trình thực nghiệm động cơ đốt trong ICE luôn có khoảng thời gian duy trì phát thải tại số vòng quay 800rpm. Cả hai chu trình đều đạt mức phát thải đột ngột lên tới khoảng 1.7%, tuy nhiên điều khác biệt ở đây chu trình HEV hầu như không phát sinh khí thải trong 175 phút đầu và hơn 50 phút duy trì hoạt động ở số vòng quay 1500 vòng/phút của động cơ đốt trong. Điều này cho thấy sự chênh lệch rõ về tổng thời gian phát thải giữa hai chu trình. Mặt khác, hệ số khối của toàn bộ hai chu trình đều nằm trong giới hạn cho phép của tiêu chuẩn quốc gia về giới hạn khí thải ô tô đã ban hành năm 2018 (TCVN 6438:2018).

Tổng thể, biểu đồ cho thấy chu trình thực nghiệm trên mô hình HEV nối tiếp có khả năng giảm phát thải rõ rệt, cả về cường độ và thời lượng phát sinh khí thải. Điều này minh chứng cho hiệu quả trong việc giảm phát thải ô nhiễm của hệ thống hybrid nối tiếp trong điều kiện vận hành thực tế.

7.5 Thảo luận về mô hình thực nghiệm

Mô hình hệ thống HEV nối tiếp được xây dựng nhằm mục đích kiểm chứng các giải pháp thiết kế hệ động lực hybrid nối tiếp trên nền tảng xe tải nhẹ. Mô hình bao gồm các thành phần chính: động cơ đốt trong, máy phát điện, động cơ điện, hệ thống lưu trữ năng lượng và hệ thống điều khiển. Các thành phần được kết nối với nhau nhằm đáp ứng các điều kiện vận hành mô phỏng tương tự thực tế. Bên cạnh đó, chu trình thực nghiệm được xây dựng để đo tiêu hao nhiên liệu và chỉ số phát thải ô nhiễm trong nhiều pha tải khác nhau.

Kết quả thu được cho thấy hệ thống hybrid nối tiếp có khả năng vận hành linh hoạt, đặc biệt hiệu quả trong các giai đoạn động cơ đốt trong có thể ngừng hoạt động hoàn toàn. Việc vận hành chủ yếu bằng năng lượng điện trong các pha này giúp giảm rõ rệt mức tiêu hao nhiên liệu và khí thải phát sinh. Đồng thời, hệ thống điều khiển thể hiện khả năng phản hồi nhanh và phối hợp tốt giữa các thành phần trong chu trình thực nghiệm. Qua các đợt thử nghiệm, mô hình cũng cho thấy tính ổn định đúng với yêu cầu kỹ thuật và chiến lược vận hành đặt ra ban đầu.

Từ kết quả mô hình thử nghiệm, có thể khẳng định rằng cấu trúc HEV nối tiếp là một giải pháp khả thi và hiệu quả đối với các loại xe thương mại nhẹ như KIA Frontier K200, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu phát triển hệ động lực xanh và tiết kiệm năng lượng trong thực tiễn. Trong tương lai, mô hình có thể được mở rộng để tích hợp thêm các yếu tố tối ưu hóa điều khiển và đánh giá thêm trong các điều kiện vận hành khắc nghiệt hơn.

KẾT LUẬN

Mục tiêu của đề án là thiết kế động lực hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ KIA Frontier K200, với định hướng nâng cao hiệu suất vận hành, tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải khí gây ô nhiễm môi trường. Phạm vi nghiên cứu bao gồm khảo sát, phân tích, tính toán, mô phỏng và thử nghiệm hệ động lực hybrid nhằm kiểm chứng tính khả thi và hiệu quả của giải pháp đề xuất.

Các thành phần chính như động cơ điện, máy phát và pin được tính toán chọn đáp ứng được yêu cầu công suất và hiệu suất. Động cơ điện được sử dụng là loại có công suất là 80kW TZ-280-X-S-GA05 và máy phát với công suất 40kW GDF – 180. Dung lượng pin được tính toán trên Matlab dựa theo chu trình WLTC class 3 để tính toán số lượng pin đáp ứng yêu cầu về công suất. Tổng số pin cần dùng là 2002 cell NCR18650GA với điện áp 3.7V, dung lượng 3500mAh và hệ số C-rate 3C. Bố trí lắp đặt pin trên xe với 3 pack pin lắp chồng lên nhau. Hệ thống kiểm soát nhiệt độ pin với phương pháp làm mát cưỡng bức bằng không khí, khoảng cách giữa các tế bào pin cần được lựa chọn tối ưu 4 mm và quạt làm mát với công suất ~60W với tốc độ quay 20000 v/ph. Quá trình đánh giá khả năng làm mát pin được mô phỏng rõ ràng và cụ thể thông qua phần mềm Ansys.

Sau khi bố trí hệ động lực lên khung xe, quá trình tính bền tĩnh khung K200 HEV được tiến hành. Từ đó, nhận định được các thông số về ứng suất, chuyển vị, biến dạng. Giá trị ứng suất lớn nhất đo được sau khi mô phỏng khung K200 HEV là 325 [MPa] nhỏ hơn giá trị ứng suất giới hạn của vật liệu, giá trị chuyển vị 2,5 [mm] trong khoảng chuyển vị cho phép. Làm cơ sở đánh giá khả năng chịu tải của khung trong điều kiện tĩnh, cho phép dự đoán vị trí nguy hiểm cần gia cố. Bên cạnh đó, mô phỏng va chạm động an toàn pack pin cũng được thực hiện. Ứng suất của khung pin đạt ngưỡng 179 [MPa] và 280 [MPa] trong hai trường hợp va chạm bên hông và sau đuôi, nhưng vẫn chưa vượt qua ứng suất vật liệu cho phép của khung là 461[MPa]. Chuyển vị của khung pin đạt trong khoảng từ 17 [mm] đến 72 [mm], cho thấy khung có chuyển vị lớn nhưng vẫn đảm bảo độ an toàn của khung pin. Về va chạm bên hông, phương án đề xuất tăng cứng vùng giá đỡ nhíp bằng tấm thép dày hơn và gân gia cường để phân tán lực, đảm bảo an toàn, tối ưu chi phí. Về va chạm bên hông, phương án đề xuất thay thanh sau khung xe (đường kính 50 [mm]) bằng thép hộp 100x50x3 [mm] để tăng độ bền cho phần đuôi sau của khung. Việc xây dựng hệ thống điều khiển các chế độ vận hành của xe hybrid nói tiếp là điều không thể thiếu. Trên cơ sở các thông số tính toán và các sơ đồ thuật toán đã thiết lập, hệ thống được mô phỏng bằng lập trình trong môi trường MATLAB theo chu trình WLTC class 3. Kết quả mô phỏng cung cấp được các dữ liệu như: Vận tốc của xe,

công suất máy phát, công suất động cơ điện, và năng lượng pin. Các số liệu mô phỏng cho thấy hệ thống đáp ứng được các yêu cầu vận hành.

Không chỉ dừng lại ở việc nghiên cứu tính toán và mô phỏng, nhóm còn xây dựng được một mô hình thực nghiệm nhằm đánh giá chi tiết hiệu quả hoạt động của hệ thống HEV nối tiếp. Mô hình được xây dựng với các thành phần chính và hệ thống điều khiển mô tả đúng như thực tế. Sau khi mô hình được hoàn thiện, nhóm đã tiến hành đo đạc kiểm tra được các thông số như tiêu hao nhiên liệu, chỉ số phát thải ô nhiễm để so sánh rõ ràng khi hoạt động trên động cơ đốt trong và hoạt động trên mô hình HEV nối tiếp theo chu trình đã đề ra. Kết quả đo cho thấy sự chênh lệch rõ ràng khi chạy trên mô hình HEV nối tiếp, khi giảm đến 45.8% lượng nhiên liệu tiêu hao và hệ số khối phát thải trên tổng thời gian chỉ hơn 1/3 của chu trình thử nghiệm chạy bằng động cơ đốt trong. Sự kết hợp giữa kết quả mô hình thực nghiệm và tính toán mô phỏng không chỉ chứng minh độ chính xác của lý thuyết mà còn khẳng định tính khả thi trong việc triển khai hệ thống HEV nối tiếp vào thực tế.

Đồ án đã hoàn thành toàn diện từ khâu khảo sát, thiết kế, tính toán đến mô phỏng và xây dựng mô hình thực nghiệm hệ động lực hybrid nối tiếp trên cơ sở xe tải nhẹ. Việc tích hợp đồng bộ giữa các thành phần như động cơ điện, máy phát, pin và hệ thống điều khiển đã cho thấy hiệu quả rõ rệt trong việc giảm tiêu hao nhiên liệu và phát thải khí ô nhiễm. Kết quả mô phỏng và thực nghiệm không chỉ trùng khớp, bổ trợ lẫn nhau mà còn là minh chứng thuyết phục cho tính đúng đắn và khả thi của phương án đề xuất. Thành công của đề tài không chỉ dừng lại ở việc làm chủ kỹ thuật mô hình hóa hệ hybrid nối tiếp mà còn góp phần cung cấp nền tảng kỹ thuật đáng tin cậy cho việc ứng dụng thực tế trên các dòng xe thương mại tại Việt Nam. Đây là bước tiến quan trọng hướng đến phát triển phương tiện giao thông thân thiện với môi trường, tiết kiệm năng lượng và phù hợp với xu hướng công nghệ xanh hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Catalogue KIA Frontier K200.
- [2] Đặng Quý. Giáo trình Lý thuyết ô tô. NXB Đại học Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, năm 2012.
- [3] K.T. Chau , Y.S. Wong. Overview of power management in hybrid electric vehicles. Department of Electrical and Electronic Engineering, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong. Received 25 April 2001; accepted 14 August 2001.
- [4] Phạm Xuân Mai, Trần Văn Nam và cộng sự. Ô tô điện và ô tô tự lái. NXB Đại học Quốc Gia T.P Hồ Chí Minh, năm 2023.
- [5] Lê Cung. Giáo trình hướng dẫn thiết kế truyền động cơ khí. Tài liệu sử dụng nội bộ.
- [6] Lê Văn Tụy. Kỹ thuật ô tô hybrid. Tài liệu sử dụng nội bộ.
- [7] <https://dieselnet.com/standards/cycles/wltp.php>
- [8] Đỗ Văn Dũng. Hệ thống điện động cơ. Tài liệu sử dụng nội bộ.
- [9] Đinh Tấn Ngọc. Calculation of electric vehicle battery system. Tạp Chí Khoa Học Giáo Dục Kỹ Thuật Số 66, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh, năm 2021.
- [10] https://www.alibaba.com/product-detail/55KW-PMSM-motor-with-motor-controller_1600159822242.html?fullFirstScreen=true
- [11] Mojtaba Safdari, Rouhollah Ahmadi, Sadegh Sadeghzadeh. “Numerical investigation on PCM encapsulation shape used in the passive-active battery thermal management”. 0360-5442,2019.
- [12] Li, X.; He, F.; Ma, L. “Thermal management of cylindrical batteries investigated using wind tunnel testing and computational fluid dynamics simulation.”, *J. Power Sources*, 238, 395–402, 2013.
- [13] Yu, K.; Yang, X.; Cheng, Y.; Li, C. “Thermal analysis and two-directional air flow thermal management for lithium-ion battery pack”, *J. Power Sources*, 270, 193–200, 2014.
- [14] Yong, S.C.; Mo, K.D. “Prediction of thermal behaviors of an air-cooled lithium-ion battery system for hybrid electric vehicles.” *J. Power Sources*, 270, 273 -280, 2014.
- [15] Pesaran, A.A. “Battery thermal models for hybrid vehicle simulations.” *J. Power Sources*, 110, 377–382, 2002.
- [16] Mohammad Ahmadian-Elmi và Peng Zhao, “Review of Thermal Management Strategies for Cylindrical Lithium-Ion Battery Packs”. *Batteries*, 2024.

- [17] R. Mahamud and C. Park, "Reciprocating air flow for Li-ion battery thermal management to improve temperature uniformity", *Journal of Power Sources*, vol. 196, no. 13, pp 5685-5696, 2011.
- [18] Yu, K.; Yang, X.; Cheng, Y.; Li, C. "Thermal analysis and two-directional air flow thermal management for lithium-ion battery pack." *J. Power Sources*, vol 270, pp 193–200, 2014.
- [19] Z. Rao, Z. Qian, Y. Kuang, and Y. Li, "Thermal performance of liquid cooling based thermal management system for cylindrical lithium-ion battery module with variable contact surface", *Applied Thermal Engineering*, vol. 123, pp 1514-1522, 2017.
- [20] M. Wang, S. Teng, H. Xi, and Y. Li, "Cooling performance optimization of air-cooled battery thermal management system", *Applied Thermal Engineering*, vol. 195, pp 117-242, 2021.
- [21] K. Chen, W. Wu, F. Yuan, L. Chen, and S. Wang, "Cooling efficiency improvement of air-cooled battery thermal management system through designing the flow pattern", *Energy*, vol. 167, pp 781-790, 2019.
- [22] F. Chen et al., "Air and PCM cooling for battery thermal management considering battery cycle life", *Applied Thermal Engineering*, vol. 173, pp 115-154, 2020.
- [23] Hemavathi Sugumar, "Overview of Cell Balancing Methods for Li- ion Battery Technology", *Energy Storage*, September 2020.
- [24] Van Long Pham, Woojin Choi, "High-efficiency active cell-to-cell balancing circuit for Lithium-Ion battery modules using LLC resonant converter", *Journal of Power Sources*, April 2020.
- [25] Z. C. Gao; C. S. Chin; W. D. Toh; J. Chiew; J. Jia, "State-of-Charge Estimation and Active Cell Pack Balancing Design of Lithium Battery Power System for Smart Electric Vehicle", *Journal of Advanced Transportation*, 2014.
- [26] <https://bacancysystems.com/blog/cell-balancing-and-its-types>.
- [27] "Toạ đàm xu thế phát triển xe Hybrid tại Việt Nam", Báo giao thông, [Online] Available: <https://xe.baogiaothong.vn/toa-dam-xu-the-phat-trien-xe-hybrid-tai-viet-nam-192240312075246405.htm>
- [28] T. E. Boye, O. P. Otuzohor and A. E. Akpan., " Design fabrication and testing of a prototype vehicle chassis for eco-marathon challenge", Vol. 26, No. 2, 2019
- [29] Nguyễn Hữu Cẩn, Lý thuyết ô tô máy kéo, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2005.
- [30] Nguyễn Đình Đức, Đào Như Mai, Sức bền vật liệu và kết cấu, NXB Khoa học

và Kỹ thuật, Hà Nội, 2011.

[31] “Thông số xe Kia Frontier K200”, ThacoAuto, [Online] Available:

<https://thacotruck.com.vn/kia-frontier-k200>

[32] Autodesk Inventor, [Online] Available:

<https://www.autodesk.com/products/inventor/feature>

[33] Arash Babamiri¹; Shaghayegh Hadian²; Greg Wheatley³, “Fatigue and Stress Analysis of a Load Carrying Car Chassis with Reinforced Joint Using Finite Element Method”., Vol. 11 No. 4. 2021

[34] ¹Gurjar, M., ²Deshmukh, S., ³Goswami, S., ⁴Mathankar, V.,⁵Shrivastava, S. “Design and Durability Analysis of Ladder Chassis Frame”, 2018

[35] Phạm Văn Tuấn, Trần Thanh Tùng, “Research on the static durability of bus frame”, 2021.

[36] Lê Công Tín, Lê Minh Đức, “An application of finite element analysis in durability analysis of multi-steel leaf spring for light trucks”, 2022.

[37] C. T. Le and M. D. Le, “An application of finite element analysis in durability analysis of multi-steel leaf spring for light trucks”, *UD-JST*, Vol. 20, pp. 64-70, 2022.

<https://jst-ud.vn/jst-ud/article/view/7784>

[38] Official Journal of the European Union, “Regulation No 95 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UNECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision [2015/1093]”, *op.europa.eu*, July 10, 2015. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/95/oj>, [Accessed April 10, 2025].

[39] Official Journal of the European Union, “Regulation No 32. Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the behaviour of the structure of the impacted vehicle in a rear-end collision”, *op.europa.eu*, July 10, 1975. [Online]. Available:

<https://treaties.un.org/Pages/showDetails.aspx?objid=08000002800123c6&clang=en>,

[Accessed April 10, 2025].

[40] Hyperwork, “Altair HyperWorks 2025”, *altair.com/altair-hyperworks*, September 1, 2025. [Online]. Available:

https://help.altair.com/simulation/pdfs/relnotes/altairhyperworks_2025_releasenotes.pdf, [Accessed April 10, 2025].

[41] M.J.A.E. Gohlke, *Practical aspects of finite element simulation*. Michigan, USA: Altair, 2015.

[42] <https://ecotron.ai/hcu-hybrid-control-unit/>

- [43] <https://giaothong.tapchixaydung.vn/nghien-cuu-mo-phong-nguon-dong-luc-xe-hybrid-kieu-song-song-bang-phan-mem-avl-cruise-18326525.htm>
- [44] Jörgen Malmberg, Bo Bernhardsson, Control and simulation of hybrid systems, Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications Volume 30, 1997
- [45] Sanjai Massey, Modeling, simulation and control of hybrid electric vehicle drive while minimizing energy input requirements using optimized gear ratios, 2016
- [46] <https://khuenguyencreator.com/lap-trinh-esp32-tu-a-toi-z/>
- [47] http://www.hyundaiengine.com/auto_diesel/03_a2.5.html
- [48] <https://randomnerdtutorials.com/getting-started-with-esp32/>

PHỤ LỤC 1

Code điều khiển hệ thống làm mát:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
#define LM35_1_PIN 34 // Chân GPIO35 cho LM35 số 1 (ADC1_7)
#define LM35_2_PIN 35 // Chân GPIO34 cho LM35 số 2 (ADC1_6)
#define LM35_3_PIN 32 // Chân GPIO32 cho LM35 số 3 (ADC1_4)
#define LM35_4_PIN 33 // Chân GPIO33 cho LM35 số 4 (ADC1_5)
#define RELAY_1_PIN 13 // Chân GPIO13 cho Relay 1
#define RELAY_2_PIN 12 // Chân GPIO12 cho Relay 2
#define RELAY_3_PIN 14 // Chân GPIO14 cho Relay 3
#define RELAY_4_PIN 27 // Chân GPIO27 cho Relay 4

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for (;;)
  }
  display.display();
  delay(2000);
  pinMode(RELAY_1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_2_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_3_PIN, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_4_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_1_PIN, LOW);
```

```
digitalWrite(RELAY_2_PIN, LOW);
digitalWrite(RELAY_3_PIN, LOW);
digitalWrite(RELAY_4_PIN, LOW);
}

void loop() {
  float temperature1 = readTemperature(LM35_1_PIN);
  float temperature2 = readTemperature(LM35_2_PIN);
  float temperature3 = readTemperature(LM35_3_PIN);
  float temperature4 = readTemperature(LM35_4_PIN);

  Serial.print("T1: ");
  Serial.print(temperature1, 1);
  Serial.print(" °C, T2: ");
  Serial.print(temperature2, 1);
  Serial.print(" °C, T3: ");
  Serial.print(temperature3, 1);
  Serial.print(" °C, T4: ");
  Serial.print(temperature4, 1);
  Serial.println(" °C");
  display.clearDisplay();
  display.setTextSize(2);
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setCursor(0, 0);

  display.print("T1: ");
  display.print(temperature1, 1);
  display.println(" C");
  display.print("T2: ");
  display.print(temperature2, 1);
  display.println(" C");
  display.print("T3: ");
  display.print(temperature3, 1);
  display.println(" C");
```

```
display.print("T4: ");
display.print(temperature4, 1);
display.println(" C");
display.display();

controlRelay(RELAY_1_PIN, temperature1, 40.0); // Relay 1 theo nhiệt độ T1
controlRelay(RELAY_2_PIN, temperature2, 40.0); // Relay 2 theo nhiệt độ T2
controlRelay(RELAY_3_PIN, temperature3, 40.0); // Relay 3 theo nhiệt độ T3
controlRelay(RELAY_4_PIN, temperature4, 40.0); // Relay 4 theo nhiệt độ T4

delay(2000);
}
float readTemperature(int pin) {
    int adcValue = analogRead(pin); // Đọc giá trị ADC
    float voltage = adcValue * 3.3 / 4095.0; // Chuyển đổi sang điện áp (3.3V, 12-bit ADC)
    float temperature = voltage * 100.0 + 10; // LM35: 10mV/°C
    return temperature; // Trả về giá trị nhiệt độ
}

void controlRelay(int relayPin, float temperature, float threshold) {
    if (temperature >= threshold) {
        digitalWrite(relayPin, HIGH); // Kích hoạt relay (đóng relay)
        Serial.print("Relay ON (");
        Serial.print(relayPin);
        Serial.println(")");
    } else {
        digitalWrite(relayPin, LOW); // Tắt relay
        Serial.print("Relay OFF (");
        Serial.print(relayPin);
        Serial.println(")");
    }
}
```

PHỤ LỤC 2

Code điều khiển phanh tái sinh:

```
#define INPUT_PIN 4
#define RELAY_PIN 18

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
}

void loop() {
  int rawValue1 = analogRead(INPUT_PIN);
  float voltage1 = (rawValue1 / 4095.0) * 3.3;
  delay(200);
  int rawValue2 = analogRead(INPUT_PIN);
  float voltage2 = (rawValue2 / 4095.0) * 3.3;

  Serial.print("Đầu vào 1: ");
  Serial.print(voltage1, 3);
  Serial.print(" V | Đầu vào 2: ");
  Serial.print(voltage2, 3);
  Serial.println(" V");

  if (voltage1 >= 0.5 && voltage1 <= 0.8) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    Serial.println("Relay được kích hoạt.");
  } else if (voltage1 > voltage2 * 1.04) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    Serial.println("Relay được kích hoạt.");
  } else {
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
    Serial.println("Relay không được kích hoạt.");
  }
}
```

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

```
delay(300);  
}
```

PHỤ LỤC 3

Code Matlab mô phỏng hệ thống hybrid:

```
clear; clc;

m = 3995;          % kg

g = 9.81;

Cd = 0.6; A = 3.675; Cr = 0.018;

r_wheel = 0.27; gear_ratio = 3.727;

eff_motor = 0.95;

P_motor_max = 80e3; % W

T_motor_max = 240; % Nm

eff_gen = 0.95;

P_gen_max = 40e3; % W

V_batt = 570; % V

C_batt = 45.5; % Ah

SOC = 0.8; % khởi tạo

SOC_min = 0.6;

SOC_max = 0.8;

capacity = C_batt * V_batt * 3600; % J

data = readmatrix('wltp_cycle.csv'); % [Time (s), v (m/s)]

time = data(:,1);

v = data(:,2);

dt = 1;

N = numel(time);

P_motor = zeros(1,N);

Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.
```

Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
ThS. Nguyễn Văn Phục

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

```
P_gen = zeros(1,N); P_gen(1)=0;
SOC_arr = zeros(1,N);
ICE_on = false;
tau_gen = 10;
for i = 2:N
    acc = (v(i)-v(i-1)) / dt;
    F_roll = m*g*Cr;
    F_aero = 0.5*1.225*Cd*A*v(i)^2;
    F_inertial = m*acc;
    F_total = F_roll + F_aero + F_inertial;
    T_req = F_total * r_wheel / gear_ratio;
    omega_m = v(i)/r_wheel * gear_ratio; % [rad/s]
    T_lim_by_power = P_motor_max / max(omega_m,1e-3);
    T_max_eff = min(T_motor_max, T_lim_by_power);
    Tm = max(min(T_req, T_max_eff), -T_max_eff);
    Pm = Tm * omega_m;
    P_motor(i) = Pm;
    if SOC < SOC_min
        ICE_on = true;
    elseif SOC > SOC_max
        ICE_on = false;
    end
    if ICE_on
        soc_ratio = (SOC_max - SOC)/(SOC_max - SOC_min);
```

Thiết kế kiến trúc động lực Hybrid trên cơ sở xe tải nhẹ

```
Pgen_target = min(P_gen_max, soc_ratio*P_gen_max);  
  
else  
  
    Pgen_target = 0;  
  
end  
  
P_gen(i) = P_gen(i-1) + (dt/tau_gen)*(Pgen_target - P_gen(i-1));  
  
P_gen(i) = max(0, min(P_gen(i), P_gen_max));  
  
P_batt = Pm/eff_motor - P_gen(i)*eff_gen;  
  
SOC = SOC - P_batt*dt/capacity;  
  
SOC = max(min(SOC,1),0);  
  
SOC_arr(i) = SOC;  
  
end  
  
figure; plot(time, P_motor/1000,'b'); grid on; xlabel('Time [s]');  
ylabel('Motor [kW]'); title('Công suất động cơ điện');  
  
figure; plot(time, P_gen/1000,'r'); grid on; xlabel('Time [s]');  
ylabel('Gen [kW]'); title('Công suất máy phát');  
  
figure; plot(time, SOC_arr*100,'k'); grid on; xlabel('Time [s]');  
ylabel('SOC [%]'); title('Trạng thái sạc pin');  
  
figure; plot(time, v*3.6,'c'); grid on; xlabel('Time [s]');  
ylabel('Speed [km/h]'); title('Tốc độ xe');
```

PHỤ LỤC 4

Code hệ thống điều khiển đóng ngắt động cơ đốt trong:

```
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

#define HALL_SENSOR1 34 // Động cơ đốt trong
#define HALL_SENSOR2 32 // Máy phát
#define HALL_SENSOR3 33 // Động cơ điện

#define RELAY_PIN1 19
#define RELAY_PIN2 23
#define RELAY_PIN3 27

#define VOLTAGE_SENSOR_PIN 35
#define DAC1_PIN 25 // GPIO25
#define DAC2_PIN 26 // GPIO26

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

volatile int pulseCount1 = 0;
volatile int pulseCount2 = 0;
volatile int pulseCount3 = 0;

unsigned long lastMillis = 0;
float rpm1 = 0, rpm2 = 0, rpm3 = 0;

#define PULSES_PER_REV 1

unsigned long relayStartMillis = 0;
bool relay3Activated = false;
unsigned long relay1StartMillis = 0;
bool relay1Active = false;

void IRAM_ATTR hallSensor1Interrupt() { pulseCount1++; }
void IRAM_ATTR hallSensor2Interrupt() { pulseCount2++; }
void IRAM_ATTR hallSensor3Interrupt() { pulseCount3++; }

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  pinMode(RELAY_PIN1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN2, OUTPUT);
  Sinh viên thực hiện: Lê Minh Hưng; Lê Vũ Bảo;
  Nguyễn Đăng Trường; Nguyễn Lê Anh Tú; Nguyễn Minh Đức.
  Hướng dẫn: PSG.TS. Lê Minh Đức
  ThS. Nguyễn Văn Phục
```

```
pinMode(RELAY_PIN3, OUTPUT);

pinMode(VOLTAGE_SENSOR_PIN, INPUT);

pinMode(HALL_SENSOR1, INPUT_PULLUP);
pinMode(HALL_SENSOR2, INPUT_PULLUP);
pinMode(HALL_SENSOR3, INPUT_PULLUP);

pinMode(DAC1_PIN, OUTPUT);
pinMode(DAC2_PIN, OUTPUT);

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(HALL_SENSOR1), hallSensor1Interrupt, FALLING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(HALL_SENSOR2), hallSensor2Interrupt, FALLING);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(HALL_SENSOR3), hallSensor3Interrupt, FALLING);

if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
  Serial.println(" Không tìm thấy màn hình OLED!");
  while (true);
}
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
}

void loop() {
  int sensorValue = analogRead(VOLTAGE_SENSOR_PIN);
  float voltage = (sensorValue / 4095.0) * 3.3 * 5.522;

  Serial.print("Sensor Voltage: ");
  Serial.print(voltage);
  Serial.println(" V");

  if (millis() - lastMillis >= 1000) {
    rpm1 = (pulseCount1 * 60.0) / (PULSES_PER_REV * 2);
    rpm2 = (pulseCount2 * 60.0) / (PULSES_PER_REV * 2);
    rpm3 = (pulseCount3 * 60.0) / (PULSES_PER_REV * 2);

    Serial.print("RPM (Động cơ chính): "); Serial.println(rpm1);
    Serial.print("RPM (Máy phát): "); Serial.println(rpm2);
    Serial.print("RPM (Động cơ điện): "); Serial.println(rpm3);

    display.clearDisplay();
    display.setTextSize(1);
    display.setCursor(0,5);
    display.print("ICE:   "); display.print((int)round((rpm1 / 1.5) / 100) * 100); display.println("
RPM");
    display.println(" ");
    display.print("Motor:   "); display.print((int)rpm2); display.println(" RPM");
    display.println(" ");
```

```
display.print("Voltage: "); display.print(round(voltage * 10) / 10.0, 1); display.print(" V");  
display.display();
```

```
if (voltage < 11.8) {  
  if (!relay3Activated) {  
    digitalWrite(RELAY_PIN3, HIGH);  
    relayStartMillis = millis();  
    relay3Activated = true;  
  }  
  
  if (relay3Activated && (millis() - relayStartMillis >= 3000)) {  
    if (rpm1 >= 500) {  
      digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);  
      digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);  
      digitalWrite(RELAY_PIN3, LOW);  
      Serial.println("RPM > 500. SAC PIN.");  
  
      dacWrite(DAC1_PIN, round(1.505 / 3.3 * 255));  
      dacWrite(DAC2_PIN, round(0.768 / 3.3 * 255));  
  
    } else {  
      digitalWrite(RELAY_PIN1, HIGH);  
      digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);  
      digitalWrite(RELAY_PIN3, LOW);  
      Serial.println("Voltage thấp. KHOI DONG ICE.");  
  
      dacWrite(DAC1_PIN, round(0.76 / 3.3 * 255));  
      dacWrite(DAC2_PIN, round(0.4 / 3.3 * 255));  
  
      if (!relay1Active) {  
        relay1StartMillis = millis();  
        relay1Active = true;  
      }  
    }  
  }  
} else {  
  relay3Activated = false;  
}
```

```
if (voltage >= 11.8) {  
  if (voltage >= 13) {  
    digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);  
    digitalWrite(RELAY_PIN2, LOW);  
    digitalWrite(RELAY_PIN3, LOW);  
    Serial.println("DA SAC DAY.");  
  
    dacWrite(DAC1_PIN, 0);  
    dacWrite(DAC2_PIN, 0);
```

```
} else {
  digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);
  digitalWrite(RELAY_PIN2, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN3, LOW);
  Serial.println("DANG SAC PIN.");

  dacWrite(DAC1_PIN, round(1.505 / 3.3 * 255));
  dacWrite(DAC2_PIN, round(0.768 / 3.3 * 255));
}
}

if (relay1Active && (millis() - relay1StartMillis >= 3500)) {
  digitalWrite(RELAY_PIN1, LOW);
  Serial.println("Relay 1 đã tắt sau 3.5 giây");
  relay1Active = false;
}

pulseCount1 = 0;
pulseCount2 = 0;
pulseCount3 = 0;
lastMillis += 1000;
}

delay(100);
}
```

PHỤ LỤC 5

Code tính toán năng lượng pin

% Tham số tính toán năng lượng pin

M = 3995; % Khối lượng của xe (kg)
g = 9.81; % Gia tốc trọng lực (m/s²)
grade = 0; % Góc dốc của đường (độ)
fl = 0.016; % Hệ số ma sát lăn
Af = 3.675; % Diện tích mặt cắt của xe (m²)
Cd = 0.6; % Hệ số cản khí động học
rho = 1.225; % Mật độ không khí (kg/m³)
delta1 = 1.05; % Hệ số quán tính xoay
Q = 23266; % Quãng đường chu trình mô phỏng (m)
cycle = 1800; % Thời gian chu trình mô phỏng (s)
Paux = 389; % Công suất tải gián đoạn (W)
np = 0.9; % Hiệu suất chuyển đổi điện năng thành cơ năng
Dv = 60; % Quãng đường di chuyển mong muốn (km)