

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



ĐÒ ÁN TỐT NGHIỆP  
NGÀNH CNKT Ô TÔ

TỐI ƯU HÓA THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN  
NĂNG LƯỢNG ĐIỆN CẢM

GVHD : PGS.TS. ĐỖ VĂN DŨNG  
SVTH : ĐÀO MINH DUY  
16145343



Tp. Hồ Chí Minh, năm 2020

TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
TP.HỒ CHÍ MINH

**KHOA CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC**

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA  
VIỆT NAM

**Độc Lập – Tự Do – Hạnh Phúc**

TP. Hồ Chí Minh, ngày...tháng...năm...

**NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

Họ tên sinh viên: Đào Minh Duy

MSSV: 16145343

(E-mail: [16145343@student.hcmute.edu.vn](mailto:16145343@student.hcmute.edu.vn)) Điện thoại: 0905917981

Ngành: Công nghệ kỹ thuật ô tô

Khóa: 2016 – 2020

Lớp: 161453A

**1. Tên đề tài:**

Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm.

**2. Nhiệm vụ đề tài.**

Tổng quan về các hướng nghiên cứu nhằm tăng hiệu quả năng lượng điện cảm.

Tối ưu hóa kỹ thuật điều khiển hệ thống điện.

Các hướng nghiên cứu trong việc tăng hiệu suất thu hồi năng lượng và hiệu suất tích lũy năng lượng của ác quy và siêu tụ điện.

Tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và không gian sử dụng của ác quy, siêu tụ điện.

Cơ sở lý thuyết về điều khiển phân phối điện năng.

Các đồ án tốt nghiệp khác.

Biên soạn thuyết minh.

### **3. Tài liệu tham khảo.**

Tài liệu online, tài liệu tại thư viện số, các web cơ sở dữ liệu uy tín.

Tài liệu học phần các học phần liên quan.

Các đồ án đã thực hiện.

### **4. Trình bày.**

- 01 quyển thuyết minh đồ án.
- Upload lên google drive của khoa file thuyết minh đồ án (word, powerpoint, poster).

### **5. Thời gian thực hiện.**

- Ngày bắt đầu: 10/03/2020.
- Ngày hoàn thành: Theo kế hoạch của khoa CKĐ

Tp.HCM, ngày tháng năm 2020

**Trưởng Bộ Môn**

**Giáo viên hướng dẫn**

**PGS.TS. Đỗ Văn Dũng**

TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA  
VIỆT NAM

Độc Lập – Tự Do – Hạnh Phúc

TP. Hồ Chí Minh, ngày... tháng... năm...

**PHIẾU NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
*(Dành cho giảng viên hướng dẫn)*

Họ và tên Sinh viên: Đào Minh Duy MSSV: 16145343

Tên đề tài: Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm.

Ngành đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật ô tô.

Họ và tên GV hướng dẫn: PGS.TS. Đỗ Văn Dũng.

**Ý KIẾN NHẬN XÉT**

**1. Nhận xét về tinh thần, thái độ làm việc của sinh viên.**

.....  
.....  
.....

**2. Nhận xét về kết quả thực hiện của ĐATN.**

**2.1. Kết cấu, cách thức trình bày ĐATN:**

.....  
.....

**2.2. Nội dung đồ án:**

*(Cơ sở lý luận, tính thực tiễn và khả năng ứng dụng của đồ án, các hướng nghiên cứu có thể tiếp tục phát triển)*

.....  
.....  
.....

2.3. Kết quả đạt được:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2.4. Những tồn tại (nếu có):

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Đánh giá:

TT	Mục đánh giá	Điểm tối đa	Điểm đạt được
1.	<b>Hình thức và kết cấu DATN</b>	<b>30</b>	
	Dùng format với đầy đủ cả hình thức và nội dung của các mục	10	
	Mục tiêu, nhiệm vụ, tổng quan của đề tài	10	
	Tính cấp thiết của đề tài	10	
2.	<b>Nội dung DATN</b>	<b>50</b>	
	Khả năng ứng dụng kiến thức toán học, khoa học và kỹ thuật, khoa học xã hội...	5	
	Khả năng thực hiện/phân tích/tổng hợp/danh giá	10	
	Khả năng thiết kế chế tạo một hệ thống, thành phần, hoặc quy trình đáp ứng yêu cầu đưa ra với những ràng buộc thực tế.	15	
	Khả năng cải tiến và phát triển	15	
	Khả năng sử dụng công cụ kỹ thuật, phần mềm chuyên ngành...	5	
3.	<b>Danh giá về khả năng ứng dụng của đề tài</b>	<b>10</b>	
4.	<b>Sản phẩm cụ thể của DATN</b>	<b>10</b>	
	<b>Tổng điểm</b>	<b>100</b>	

**4. Kết luận:**

- Được phép bảo vệ
- Không được phép bảo vệ

TP.HCM, ngày...tháng...năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

(Ký, ghi rõ họ tên)

TRƯỜNG ĐH SƯ PHẠM KỸ THUẬT  
TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC

CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA  
VIỆT NAM

Độc Lập – Tự Do – Hạnh Phúc

TP. Hồ Chí Minh, ngày...tháng...năm...

**PHIẾU NHẬN XÉT ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**  
*(Dành cho giảng viên phản biện)*

Họ và tên Sinh viên: Đào Minh Duy MSSV: 16145343

Tên đề tài: Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm.

Ngành đào tạo: Công nghệ Kỹ thuật ô tô.

Họ và tên GV phản biện: (Mã GV).....

**Ý KIẾN NHẬN XÉT**

**1. Kết cấu, cách thức trình bày ĐATN:**

.....  
.....  
.....

**2. Nội dung đồ án:**

*(Cơ sở lý luận, tính thực tiễn và khả năng ứng dụng của đồ án, các hướng nghiên cứu có thể tiếp tục phát triển)*

.....  
.....  
.....

**3. Kết quả đạt được:**

.....  
.....  
.....

#### **4. Những thiếu sót và tồn tại của ĐATN:**

.....

.....

.....

.....

.....

#### **5. Câu hỏi:**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### **Đánh giá:**

TT	Mục đánh giá	Điểm tối đa	Điểm đạt được
1.	<b>Hình thức và kết cấu ĐATN</b>	<b>30</b>	
	Dùng format với đầy đủ cả hình thức và nội dung của các mục	10	
	Mục tiêu, nhiệm vụ, tổng quan của đề tài	10	
	Tính cấp thiết của đề tài	10	
2.	<b>Nội dung ĐATN</b>	<b>50</b>	
	Khả năng ứng dụng kiến thức toán học, khoa học và kỹ thuật, khoa học xã hội...	5	
	Khả năng thực hiện/phân tích/tổng hợp/danh giá	10	
	Khả năng thiết kế chế tạo một hệ thống, thành phần, hoặc quy trình đáp ứng yêu cầu đưa ra với những ràng buộc thực tế.	15	
	Khả năng cải tiến và phát triển	15	
	Khả năng sử dụng công cụ kỹ thuật, phần mềm chuyên ngành...	5	
3.	<b>Dánh giá về khả năng ứng dụng của đề tài</b>	<b>10</b>	
4.	<b>Sản phẩm cụ thể của ĐATN</b>	<b>10</b>	
	<b>Tổng điểm</b>	<b>100</b>	

**6. Kết luận:**

- Được bảo vệ
- Không được bảo vệ

TP.HCM, ngày...tháng...năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

(Ký, ghi rõ họ tên)

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

**KHOA CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC**

**XÁC NHẬN HOÀN THÀNH ĐÒ ÁN**

Tên đề tài: **Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm.**

Họ và tên Sinh viên: Đào Minh Duy MSSV: 16145343

Ngành: Công nghệ Kỹ thuật ô tô

Sau khi tiếp thu và điều chỉnh theo góp ý của Giáo viên hướng dẫn, Giáo viên phản biện và các thành viên trong Hội đồng bảo vệ. Đò án tốt nghiệp đã được hoàn chỉnh đúng theo yêu cầu về nội dung và hình thức.

Chủ tịch Hội đồng: \_\_\_\_\_

Giáo viên hướng dẫn: \_\_\_\_\_

Giáo viên phản biện: \_\_\_\_\_

Tp. Hồ Chí Minh, ngày tháng năm 2020

## LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, em xin chân thành cảm ơn toàn thể quý thầy cô trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã nhiệt tình giảng dạy và truyền đạt những kiến thức hết sức quý báu cho em trong suốt thời gian học tập tại trường.

Đặc biệt với sự giúp đỡ của các quý thầy cô Khoa Cơ Khí Động Lực và sự chỉ bảo tận tình của thầy PGS.TS. Đỗ Văn Dũng đã tạo điều kiện cho em hoàn thành đồ án tốt nghiệp đúng thời gian quy định.

Một lần nữa, em xin chân thành cảm ơn và kính chúc quý thầy cô Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Thành phố Hồ Chí Minh dồi dào sức khỏe, niềm vui và nhiệt huyết với nghề giáo để góp phần vào sự nghiệp trăm năm trồng người và đặc biệt là quý thầy cô Khoa Cơ Khí Động Lực lời chúc sức khỏe, hạnh phúc và thành công.

Cuối cùng, để có được ngày hôm nay, không thể quên được công lao to lớn của gia đình và bạn bè đã động viên, khuyến khích em tự tin trong cuộc sống cũng như cố gắng vươn lên trong học tập.

Trong suốt quá trình học tập, nghiên cứu và thực tiễn em đã đúc kết được nhiều kiến thức đó là những nấc thang đầu tiên để em bước vào cuộc sống mới.

Em xin chân thành cảm ơn!

Sinh viên thực hiện đề tài

**Đào Minh Duy**

## MỤC LỤC

NHIỆM VỤ ĐÒ ÁN TỐT NGHIỆP.....	i
PHIẾU NHẬN XÉT ĐÒ ÁN TỐT NGHIỆP .....	iii
PHIẾU NHẬN XÉT ĐÒ ÁN TỐT NGHIỆP .....	vi
XÁC NHẬN HOÀN THÀNH ĐÒ ÁN .....	ix
LỜI CẢM ƠN .....	x
MỤC LỤC .....	xii
DANH SÁCH HÌNH .....	xiv
DANH SÁCH BẢNG .....	xvi
DANH MỤC Ý NGHĨA CỦA TỪ VIẾT TẮT .....	xvii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN .....	1
1.1. Lý do chọn đề tài.....	1
1.2. Mục đích đồ án.....	1
1.3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	2
1.4. Phương pháp nghiên cứu.....	2
1.5. Ý nghĩa khoa học.....	2
CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT .....	3
2.1. Tối ưu hóa .....	3
2.2. Hiện tượng tự cảm và suất điện động tự cảm.....	3
2.2.1. Hiện tượng tự cảm .....	3
2.2.2. Suất điện động tự cảm .....	5
2.3. Các thiết bị có cuộn cảm trên ô tô.....	5
2.3.1. Bobine.....	5

2.3.2. Kim phun .....	7
2.3.3. Relay.....	9
2.4. Quá trình tích lũy năng lượng điện cảm của cuộn dây trên ô tô. ....	10
2.5. Các cách để xử lý suất điện động tự cảm. ....	19
2.5.1. Phương pháp dùng diode. ....	19
2.5.2. Phương pháp dùng điện trở. ....	20
2.5.3. Phương pháp dùng tụ điện. ....	20
2.6. Nhận định khoa học.....	21
<b>CHƯƠNG 3: TỐI ƯU HÓA THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN NĂNG LƯỢNG ĐIỆN CẢM</b>	<b>22</b>
3.1. Thiết kế hệ thống thu hồi.....	22
3.1.1. Ý tưởng thiết kế.....	22
3.1.2. Các bộ thu hồi của các đồ án trước. ....	22
3.1.3. Bộ thu hồi sử dụng diode và tụ.....	27
3.2. Thiết kế bộ lưu trữ năng lượng.....	29
3.2.1. Khảo sát một số thiết bị lưu trữ điện năng. ....	29
3.2.2. Không gian sử dụng accu và siêu tụ điện. ....	33
3.2.3. Khảo sát và lựa chọn siêu tụ điện cho bộ lưu trữ. ....	39
3.3. Hệ thống điều khiển. ....	46
3.3.1. Ý tưởng về hệ thống điều khiển. ....	46
3.3.2. Lưu đồ thuật toán của các đồ án trước. ....	46
3.3.3. Lưu đồ thuật toán tối ưu. ....	47
3.4. Sản phẩm thử nghiệm.....	49
3.4.1. Sơ đồ mạch điện. ....	49
3.4.2. Vi điều khiển và kết nối.....	51

3.4.3. Sản phẩm thử nghiệm .....	52
3.4.4. Thuật toán Arduino và hiển thị LabView.....	54
3.5. Kết quả sản phẩm tối ưu.....	57
3.5.1. Thời gian nạp tụ.....	57
3.5.2. Thuật toán điều khiển và hiển thị .....	59
3.5.3. Kinh phí thực hiện toàn hệ thống. ....	60
<b>CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.</b> .....	<b>61</b>
4.1. Những nội dung chính của đồ án. .....	61
4.2. Đóng góp khoa học của đồ án. ....	61
4.3. Hướng phát triển của đồ án. ....	61
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>62</b>

## DANH SÁCH HÌNH

Hình 2.1. Sơ đồ mạch điện thí nghiệm hiện tượng tự cảm.....	3
Hình 2.2. Cấu tạo Bobine.....	6
Hình 2.3. Mạch điều khiển Bobine.....	7
Hình 2.4. Cấu tạo kim phun.....	8
Hình 2.5. Mạch điều khiển kim phun.....	9
Hình 2.6. Cấu tạo relay.....	10
Hình 2.7. Mạch RL mắc nối tiếp.....	11
Hình 2.8. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong bobine.....	14
Hình 2.9. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong bobine.....	14
Hình 2.10. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong kim phun.....	15
Hình 2.11. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong kim phun.....	16
Hình 2.12. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong relay.....	17
Hình 2.13. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong relay.....	18
Hình 2.14. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu suất điện động tự cảm bằng diode.....	19
Hình 2.15. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu sức điện động tự cảm bằng điện trở.....	20
Hình 2.16. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu sức điện động tự cảm bằng tụ điện.....	21
Hình 3.1. Mạch nguyên lý bộ thu hồi năng lượng điện cảm cho một cuộn sơ cấp bobine. ....	23
Hình 3.2. Mạch nguyên lý mở rộng cho bộ thu hồi năng lượng điện cảm trên các thiết bị sử dụng cuộn dây. ....	23
Hình 3.3. Bộ thu hồi năng lượng sử dụng cuộn cảm lõi xuyên.....	24
Hình 3.4. Sơ đồ thu hồi điện cảm trực tiếp.....	25
Hình 3.5. Sơ đồ ồn áp xung Boost.....	26
Hình 3.6. Bộ thu hồi sử dụng diode và tụ.....	28
Hình 3.7. Thời gian nạp trung bình của các thiết bị lưu trữ điện năng.....	29
Hình 3.8. Số lần phóng nạp của các hệ thống tích trữ năng lượng.....	30
Hình 3.9. Công suất riêng (W/kg) và Mật độ năng lượng (Wh/kg). ....	30
Hình 3.10. Tuổi thọ trung bình của các thiết bị. ....	31
Hình 3.11. Khối siêu tụ điện Maxwell.....	37

Hình 3.12. Khối siêu tụ điện Green-CAP.....	38
Hình 3.13. Siêu tụ Maxwell BCAP3000.....	39
Hình 3.14. Kích thước siêu tụ BCAP3000 .....	44
Hình 3.15. Khối siêu tụ BCAP3000 thiết kế bằng Solidworks. ....	45
Hình 3.16. Lưu đồ thuật toán chương trình con hoạt động kiểm soát mức điện áp khói siêu tụ (Đồ án: Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô).....	46
Hình 3.17. Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống phun nhiên liệu bằng siêu tụ (Đồ án: Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện). .....	47
Hình 3.18. Lưu đồ thuật toán đã tối ưu.....	48
Hình 3.19. Sơ đồ mạch điện và mạch in điều khiển chuyển đổi accu và tụ điện cho mạch nạp bằng diode.....	49
Hình 3.20. Sơ đồ mạch điện điều khiển và bộ lưu trữ mô phỏng bằng Proteus. ....	50
Hình 3.21. Sơ đồ kết nối hoàn thiện. ....	52
Hình 3.22. Mạch in và sản phẩm thử nghiệm của bộ thu hồi cho một bobine.....	52
Hình 3.23. Mạch in và sản phẩm của bộ lưu trữ và điều khiển. ....	53
Hình 3.24. Màn hình táp lô mô phỏng bằng LabView. ....	54
Hình 3.25. Thuật toán chương trình hiển thị LabView.....	56
Hình 3.26. Điện thế của tụ trong quá trình nạp tụ. ....	57
Hình 3.27. Kết quả thu thập và hiển thị trong quá trình nạp tụ. ....	59
Hình 3.28. Kết quả thu thập và hiển thị trong quá trình xả tụ. ....	59

## DANH SÁCH BẢNG

Bảng 2-1. Thông số của Bobine.....	6
Bảng 2-2. Thông số kim phun. ....	8
Bảng 2-3. Thông số relay.....	10
Bảng 2-4. Tổng năng lượng tích trữ của bobine trên số vòng quay động cơ 4 xi lanh. ....	15
Bảng 2-5. Tổng năng lượng tích trữ của kim phun trên số vòng quay động cơ 4 xi lanh. ....	17
Bảng 3-1. Bảng khảo sát một số thiết bị lưu trữ điện năng. .....	32
Bảng 3-2. Thông số kỹ thuật của một số accu. ....	35
Bảng 3-3. Thông số kỹ thuật của một số siêu tụ.....	36
Bảng 3-4. Bảng thông số kỹ thuật của siêu tụ BCAP3000.....	40
Bảng 3-5. Thông số kích thước siêu tụ BCAP3000.....	44
Bảng 3-6. Thời gian nạp tụ của “bộ thu hồi bằng diode” và “bộ thu hồi bằng diode và tụ”..	58
Bảng 3-7. Bảng giá thành sản phẩm của “bộ thu hồi bằng diode” và “bộ thu hồi bằng diode và tụ” .....	60

## **DANH MỤC Ý NGHĨA CỦA TỪ VIẾT TẮT**

LabView: Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench.

USB: Universal Serial Bus.

PWM: Pulse Width Modulation.

ECU: Electronic Control Unit.

# **CHƯƠNG 1: TÔNG QUAN**

## **1.1. Lý do chọn đề tài.**

Vấn đề tài nguyên, môi trường hiện đang là mối quan tâm hàng đầu trong thời kỳ công nghiệp hóa, hiện đại hóa ngày nay. Đối với lĩnh vực ô tô thì đây cũng là những tiêu chí hàng đầu mà các nhà sản xuất ô tô trên thế giới đã và đang hướng đến để chế tạo ra những chiếc ô tô tiết kiệm nhiên liệu và thân thiện với môi trường. Ngoài việc sử dụng nguồn năng lượng mới (điện, CNG, xăng sinh học) để thay thế dần cho những nguồn năng lượng truyền thống (xăng, diesel) thì việc thu hồi và tái sử dụng những năng lượng đã qua sử dụng ở các hệ thống trên ô tô (phanh, treo, lái,...) để tránh gây lãng phí cũng là một xu hướng mà nhà sản xuất ô tô hướng đến.

Cuộn cảm là một linh kiện điện tử phổ thông quan trọng không thể thiếu trên hệ thống điện chính của ô tô như bobine đánh lửa, kim phun,... Tuy nhiên một tính chất đặc trưng của cuộn cảm là tại thời điểm đóng ngắt dòng điện thì trên cuộn dây sẽ sinh ra một suất điện động từ cảm từ 60V đến 400V ảnh hưởng rất đến hệ thống điện, đặc biệt là tuổi thọ của các linh kiện điện tử, sinh nhiệt và gây lãng phí năng lượng. Thay vì triệt tiêu các suất điện động này thì ngày nay người ta đang tìm cách thu hồi chúng để tránh gây lãng phí và tiết kiệm nhiên liệu.

Sau quá trình tìm hiểu cũng như dựa trên các chuyên đề trước của sinh viên Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh “**Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô**” và “**Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện**” tôi quyết định tối ưu hóa chúng với đề tài “**Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm**” với ý tưởng là tăng hiệu quả năng lượng điện cảm tất là thu hồi và tái sử dụng năng lượng điện cảm để sử dụng cho các hệ thống điện trên ô tô.

## **1.2. Mục đích đồ án.**

Tôi thực hiện đồ án với các mục đích sau:

- Đánh giá tổng quan về các hướng nghiên cứu nhằm tăng hiệu quả năng lượng điện cảm.

- Tối ưu hóa kỹ thuật điều khiển hệ thống điện.
- Tìm hiểu các hướng nghiên cứu trong việc tăng hiệu suất thu hồi năng lượng và hiệu suất tích lũy năng lượng của ác quy và siêu tụ điện.
- Tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và không gian sử dụng của ác quy, siêu tụ điện.
- Cơ sở lý thuyết về phân phối điện năng.

### **1.3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.**

- Đối tượng nghiên cứu: Các mạch điện có cuộn cảm, các tải điện, nguồn điện trên ô tô.
- Phạm vi nghiên cứu: Hệ thống điện trên ô tô.

### **1.4. Phương pháp nghiên cứu.**

- Đặt giả thuyết.
- Nghiên cứu, phân tích tổng hợp, hệ thống hóa lý thuyết.
- Quan sát và khảo nghiệm.
- Nghiên cứu lập trình Arduino và LabView.
- Viết lưu đồ thuật toán và chương trình điều khiển năng lượng điện cảm.
- Làm mô hình thử nghiệm.

### **1.5. Ý nghĩa khoa học.**

- Trên cơ sở các đồ án đã thực hiện tôi tiến hành đưa ra ý tưởng thực hiện, vận dụng lý thuyết để đưa ra các giả thuyết nghiên cứu.
- Từ các giả thuyết đặt ra, chúng tôi vận dụng các kiến thức đã học để tối ưu hóa thuật toán điều khiển sau đó chế tạo sản phẩm thử nghiệm theo ý tưởng.

## CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT

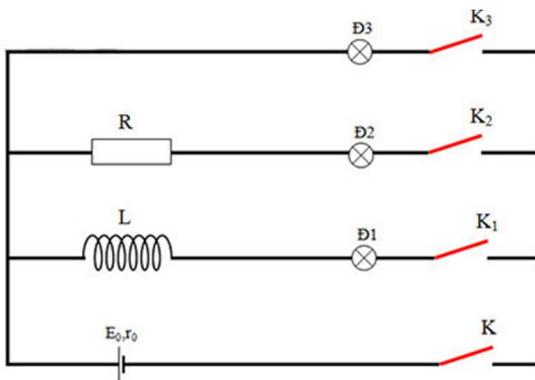
### 2.1. Tối ưu hóa.

Tối ưu hóa là một trong những lĩnh vực kinh điển của toán học có ảnh hưởng đến hầu hết các lĩnh vực khoa học - công nghệ và kinh tế - xã hội, có rất nhiều ứng dụng hiệu quả và rộng rãi trong quy hoạch tài nguyên, thiết kế chế tạo máy, điều khiển tự động, quản trị kinh doanh, kiến trúc đô thị, công nghệ thông tin, trong việc tạo nên các hệ hỗ trợ ra quyết định trong quản lý và phát triển các hệ thống lớn. Chính vì vậy, các lĩnh vực của Tối ưu hóa ngày càng trở nên đa dạng, mang nhiều tên gọi khác nhau như Quy hoạch toán học, Điều khiển tối ưu, Vận trù học, Lý thuyết trò chơi... Trong thực tế, việc tìm giải pháp tối ưu cho một vấn đề nào đó chiếm một vai trò hết sức quan trọng. Phương án tối ưu là phương án hợp lý nhất, tốt nhất, tiết kiệm chi phí, tài nguyên, nguồn lực mà lại cho hiệu quả cao.

### 2.2. Hiện tượng tự cảm và suất điện động tự cảm.

#### 2.2.1. Hiện tượng tự cảm.

➡ Các thí nghiệm vật lý về hiện tượng tự cảm:



Hình 2.1. Sơ đồ mạch điện thí nghiệm hiện tượng tự cảm.

Thí nghiệm 1:

Khóa K1, K2 đóng, mở K3. Khi đóng khóa K, đèn 2 sáng lên ngay còn đèn một sáng lên chậm hơn đèn 2.

Giải thích hiện tượng trong thí nghiệm 1:

Khi đóng khóa K, dòng điện qua ống dây tăng lên đột ngột trong khoảng thời gian ngắn (cường độ dòng điện tăng lên từ 0 đến  $I \Rightarrow$  cường độ dòng điện biến thiên tăng) làm cho từ trường qua ống dây tăng lên  $\Rightarrow$  từ thông qua cuộn dây L tăng lên.

Trong khoảng thời gian từ thông qua cuộn dây biến thiên sinh ra dòng điện cảm ứng theo định luật Lenxơ. Dòng điện cảm ứng trong cuộn dây L có chiều chống lại sự tăng trưởng của từ thông  $\Rightarrow$  Nó làm giảm cường độ dòng điện qua đèn 1, làm đèn 1 sáng chậm hơn đèn 2.

Dòng điện qua điện trở R không có hiện tượng gì nên đèn 2 sáng lên ngay.

Hiện tượng trong thí nghiệm trên được gọi là hiện tượng tự cảm chỉ xảy ra trong thời gian ngắn lúc cường độ dòng điện trong mạch biến thiên tăng (đóng mạch).

Thí nghiệm 2:

Khóa K1, K3 đóng, K2 mở. Khi ngắt khóa K, đèn 3 đang tắt bỗng sáng vọt lên và tắt ngay.

Giải thích thí nghiệm 2:

Khi ngắt khóa K, dòng điện dột ngột giảm trong khoảng thời gian ngắn (từ cường độ  $I$  về 0)  $\Rightarrow$  từ trường qua cuộn dây L giảm  $\Rightarrow$  từ thông qua cuộn dây L biến thiên giảm.

Từ thông qua cuộn dây L biến thiên giảm  $\Rightarrow$  sinh ra dòng điện cảm ứng qua cuộn dây có chiều chống lại sự giảm  $\Rightarrow$  dòng điện cảm ứng này đi qua đèn 3 làm đèn 3 sáng vọt lên. Sau khoảng thời gian ngắn mạch không còn sự biến thiên từ thông  $\Rightarrow$  dòng điện cảm ứng mất đi  $\Rightarrow$  đèn 3 vọt tắt.

Hiện tượng trong thí nghiệm trên được gọi là hiện tượng tự cảm chỉ xảy ra trong thời gian ngắn lúc cường độ dòng điện trong mạch biến thiên giảm (ngắt mạch).

- ❸ Hiện tượng tự cảm là hiện tượng cảm ứng điện từ xảy ra trong mạch có dòng điện biến thiên. Dòng điện trong mạch biến thiên làm từ thông qua cuộn dây biến thiên sinh ra dòng điện gọi là dòng điện tự cảm.

### **2.2.2. Suất điện động tự cảm.**

Suất điện động tự cảm là suất điện động sinh ra dòng điện tự cảm, tỉ lệ với tốc độ biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch.

$$E_{tc} = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Trong đó:

$E_{tc}$  là suất điện động tự cảm (V).

$L$  là hệ số tự cảm của cuộn dây (H).

$\Delta i$  là độ biến thiên cường độ dòng điện (A).

$\Delta t$  là thời gian biến thiên cường độ dòng điện (s).

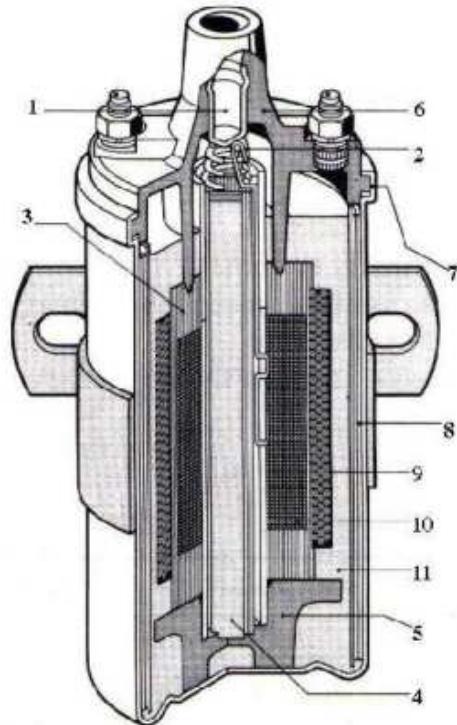
$\frac{\Delta i}{\Delta t}$  tốc độ biến thiên cường độ dòng điện (A/s).

Dấu (-) trong công thức chứng tỏ: Suất điện động từ cảm bao giờ cũng chống lại sự biến đổi của cường độ dòng điện trong mạch.

### **2.3. Các thiết bị có cuộn cảm trên ô tô.**

#### **2.3.1. Bobine.**

- 1 – Lỗ cắm dây cao áp
- 2 – Lò xo nối
- 3 – Cuộn giấy cách điện
- 4 – Lõi thép từ
- 5 – Sứ cách điện
- 6 – Nắp cách điện
- 7 – Vỏ
- 8 – Ống thép từ
- 9 – Cuộn sơ cấp
- 10 – Cuộn thứ cấp
- 11 – Đệm cách điện



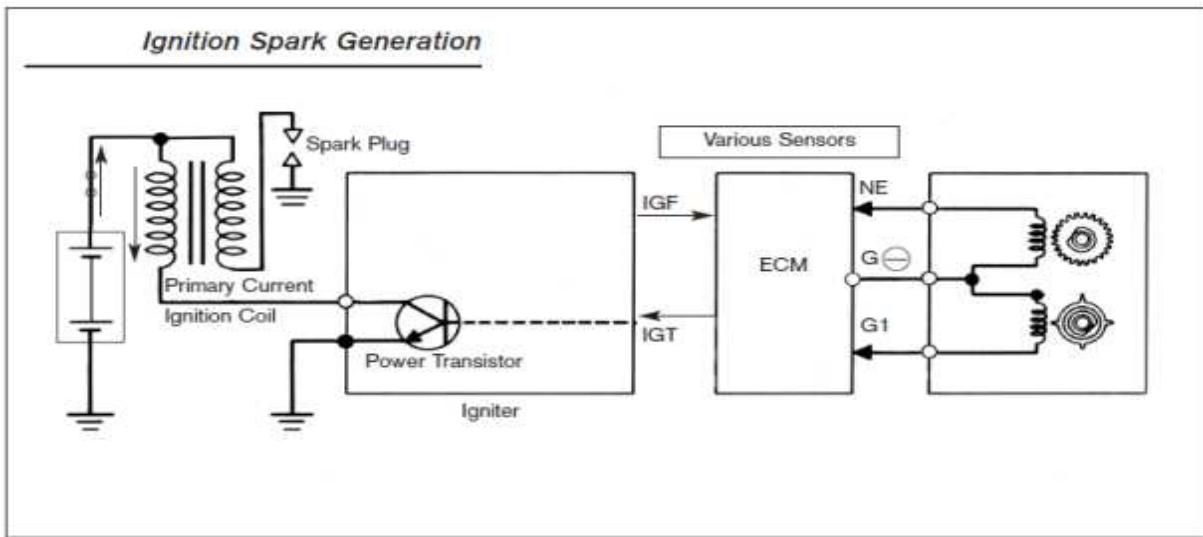
Hình 2.2. Cấu tạo Bobine.

Bobine là bộ phận dựa trên hiện tượng cảm ứng giữa hai cuộn dây sinh ra cao áp để tạo ra tia lửa. Một cuộn có ít vòng được gọi là cuộn sơ cấp, quấn xung quanh cuộn sơ cấp nhưng nhiều vòng hơn là cuộn thứ cấp. Cuộn thứ cấp có số vòng lớn gấp hàng trăm lần cuộn sơ cấp.

Giá trị điện trở thuận và độ tự cảm của bobine:

Bảng 2-1. Thông số của Bobine.

	Điện trở ( $\Omega$ )	Độ tự cảm (mH)
	0.7	1
	1	6
	1.4	5.5
	3	6



Hình 2.3. Mạch điều khiển Bobine.

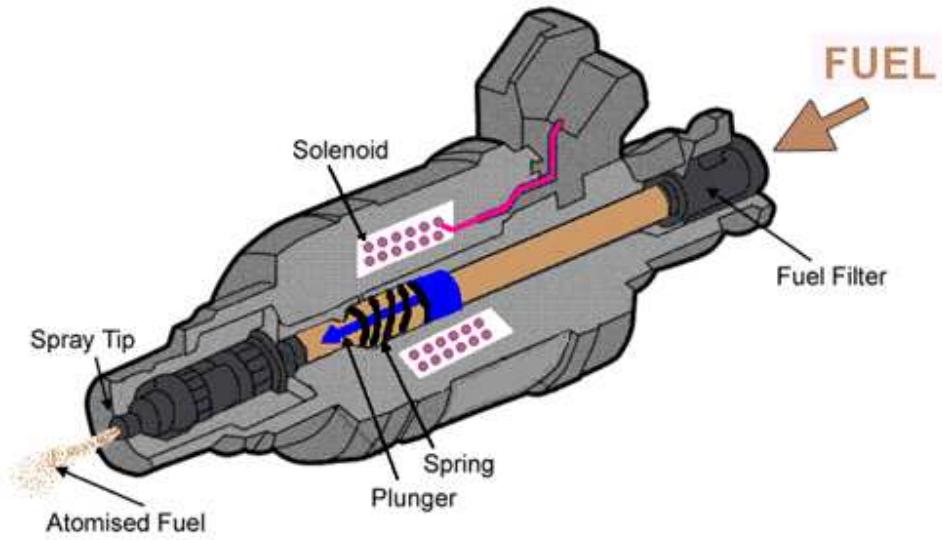
Nguyên lý hoạt động:

Khi Transistor T dẫn, trong mạch sơ cấp sẽ có dòng điện  $i$  từ accu đến điện trở phụ  $R_f$ , rồi qua  $L_1$ , đến T rồi về mass. Dòng điện  $i_1$  tăng từ từ do sức điện động tự cảm sinh ra trên cuộn sơ cấp  $L_1$  chống lại sự tăng trưởng của dòng điện. Mạch thứ cấp của hệ thống đánh lửa ở giai đoạn T dẫn này hầu như không bị ảnh hưởng đến quá trình tăng dòng ở mạch sơ cấp.

Khi Transistor T ngắt, dòng điện  $i_1$  của cuộn sơ cấp và từ thông đi qua đó bị giảm đột ngột, điều này dẫn đến cuộn thứ cấp sẽ sinh ra một hiệu điện thế khoảng 15kV-40kV.

Khi động cơ xăng của ô tô hoạt động thì bobine cũng hoạt động, có nghĩa là dòng điện từ accu tới cuộn sơ cấp của bobine được đóng ngắt một cách liên tục, điều đó dẫn đến sức điện động tự cảm trên cuộn sơ cấp cũng được sinh ra một cách liên tục. Sức điện động này có giá trị khá lớn (khoảng 300-400V), đây là một nguồn năng lượng lãng phí đáng kể xuất hiện trên ô tô, cần được thu hồi lại để tránh gây lãng phí.

### 2.3.2. Kim phun.

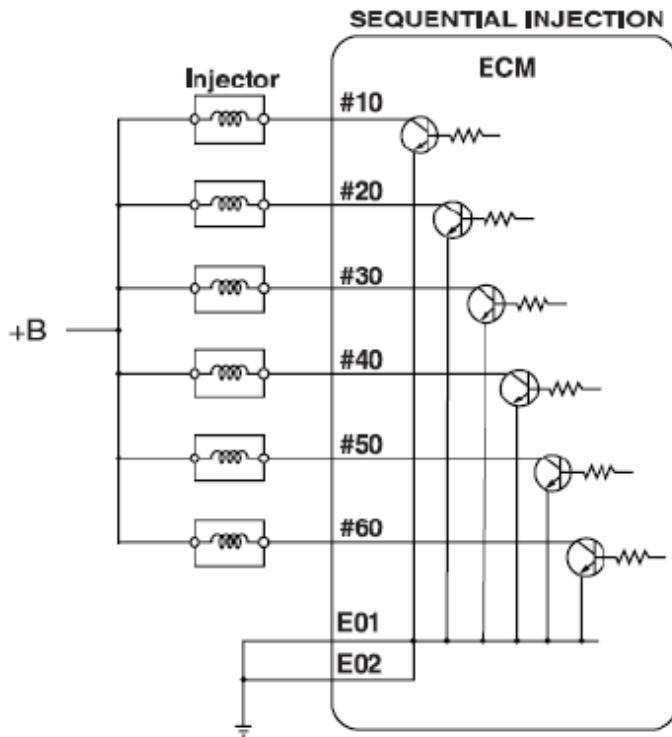


Hình 2.4. Cấu tạo kim phun.

Giá trị điện trở thuận và độ tự cảm của kim phun:

Bảng 2-2. Thông số kim phun.

	Điện trở ( $\Omega$ )	Độ tự cảm (mH)
	2.3	7.3
	3.3	2.2
	11.2	12.7
	13.9	12.56
	14.3	23.8

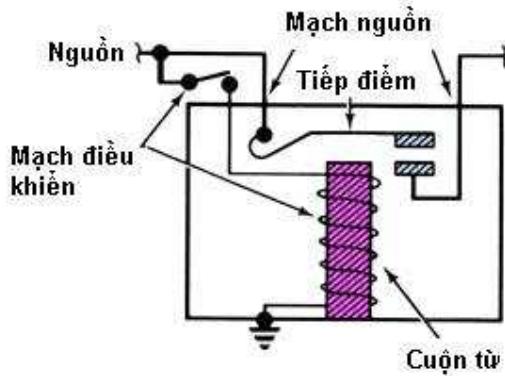


Hình 2.5. Mạch điều khiển kim phun.

Nguyên lý hoạt động:

Khi dòng điện đi qua cuộn dây của kim phun sẽ tạo một lực từ đủ mạnh để thắng sức căng của lò xo, thắng lực trọng trường của ty kim và thắng lực của nhiên liệu đè lên kim, kim sẽ được nhích khỏi bệ khoảng 0.1mm nên nhiên liệu được phun ra khỏi kim. Khi ngắt dòng điện từ trường cũng sẽ biến mất, lúc này lực lò xo sẽ tác động làm cho ty kim đi xuống và kết thúc quá trình phun.

### 2.3.3. Relay.



Hình 2.6. Cấu tạo relay.

Relay cũng là một ứng dụng của cuộn cảm trong sản xuất thiết bị điện tử, relay dùng để thực hiện một động tác về cơ khí như đóng mở công tắc, đóng mở các hành trình của một số thiết bị tự động... bằng cách biến đổi dòng điện thành từ trường thông qua cuộn cảm, từ trường tập thành lực cơ học tác dụng lên phần cơ khí thường là công tắc.

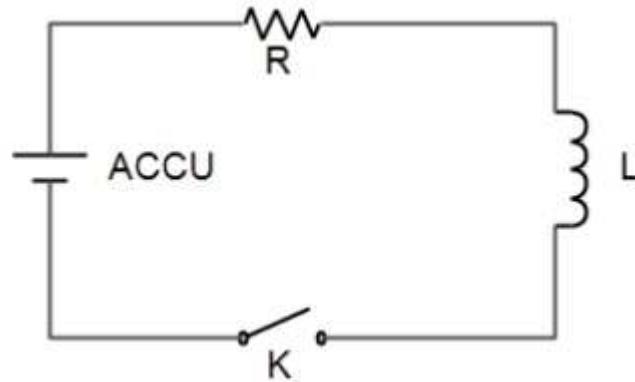
Giá trị điện trở thuần và độ tự cảm của relay:

Bảng 2-3. Thông số relay.

	Điện trở ( $\Omega$ )	Độ tự cảm (mH)
1	69.7	91.7
2	70.8	96.1
3	75.5	98.5
4	81.2	101.6

#### 2.4. Quá trình tích lũy năng lượng điện cảm của cuộn dây trên ô tô.

Xét mạch điều khiển các thiết bị có cuộn cảm trên ô tô có dạng là mạch RL mắc nối tiếp.



Hình 2.7. Mạch RL mắc nối tiếp.

Trong sơ đồ trên:

R là tổng điện trở.

L là độ tự cảm của cuộn dây.

Tại thời điểm  $t=0$ , khóa K đóng lại, sẽ có 1 dòng điện 1 chiều chạy từ cực (+) của accu  $\rightarrow R \rightarrow L_1 \rightarrow$  cực (-) của accu. Lúc này trên L sẽ xuất hiện một suât điện động tự cảm:

$$\xi = L \frac{di}{dt}$$

$\xi$  mang dấu dương vì  $\frac{di}{dt} > 0$ , cường độ dòng điện trong mạch lúc này đang tăng.

Áp dụng định luật Kirchoff vào sơ đồ mạch trên ta có:

$$U = IR + L \frac{di}{dt}$$

Thực hiện biến đổi Laplace cho phương trình ta sẽ được:

$$\frac{U}{S} = I_S R + L [SI_S - i(0_+)]$$

Do mạch không tích trữ năng lượng ban đầu nên  $i(0_+) = 0$  phương trình sẽ được viết lại như sau:

$$\frac{U}{S} = I_S R + L S I_S$$

$$\Leftrightarrow \frac{U}{S} = (R + L S) I_S$$

$$\Rightarrow I_S = \frac{U}{S(R + L S)} = \frac{U}{S} \times \frac{1}{SL + R}$$

$$\Rightarrow I_S = \frac{U}{S \left( S + \frac{R}{L} \right) L}$$

Dạng của  $I_S$  không phải là dạng cơ bản, nên ta tiếp tục biến đổi phương trình trên:

$$I_S = \frac{U}{L} \times \frac{1}{\left( S + \frac{R}{L} \right) S} = \frac{A}{S} + \frac{B}{S + \frac{R}{L}}$$

$A, B$  là 2 hằng số cần xác định, tiến hành quy đồng mẫu số về phải và cân bằng 2 vế ta được:

$$\frac{A \left( S + \frac{R}{L} \right) + BS}{S \left( S + \frac{R}{L} \right)} = \frac{A \frac{R}{L} + (A + B)S}{S \left( S + \frac{R}{L} \right)}$$

Ta có:

$$A \frac{R}{L} = \frac{U}{L} \Rightarrow A = \frac{U}{R}$$

$$A + B = 0 \Rightarrow B = -A = -\frac{U}{R}$$

Thay  $A$  và  $B$  vào ta được:

$$I_S = \frac{U}{R} \left( \frac{1}{S} - \frac{1}{S + \frac{R}{L}} \right)$$

Tiến hành biến đổi ngược Laplace cho phương trình trên ta được:

Cường độ dòng điện qua cuộn sơ cấp tại thời điểm transistor ngắt.

$$I_t = \frac{U}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right)$$

Trong đó:

$t$ : là thời gian tích lũy năng lượng.

$$t = \gamma T = \gamma \frac{120}{nZ}$$

Trong đó:

$T$  là chu kỳ đánh lửa (s)

$n$  là số vòng quay trực khuỷu động cơ.

$Z$  là số xylanh của động cơ.

$\gamma$  là thời gian tích lũy năng lượng tương đối.

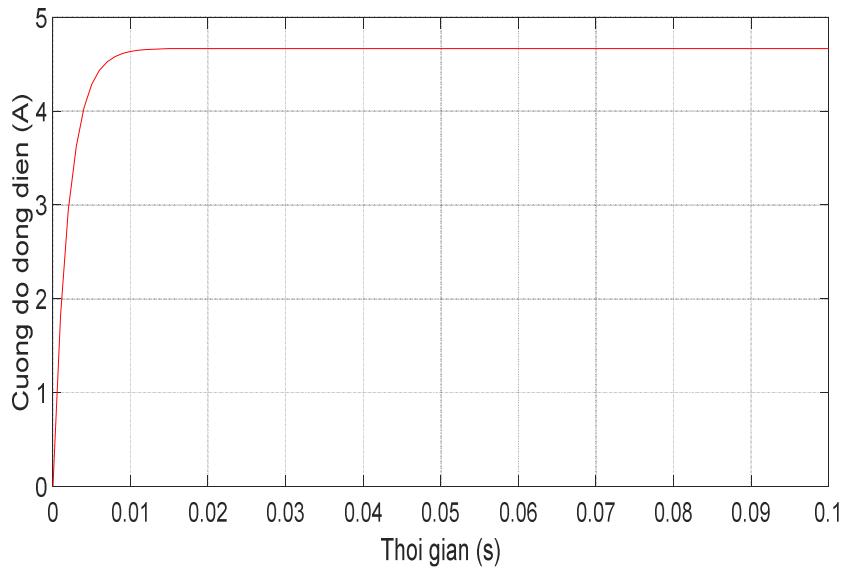
Đây là phương trình thể hiện quá trình tăng trưởng của dòng điện  $I$  trong cuộn dây.

Khi dòng điện  $I_t$  đạt giá trị cực đại  $I_{ng}$  thì quá trình tích lũy năng lượng kết thúc. Cuối quá trình này, năng lượng tích lũy trên cuộn dây sơ cấp, đạt một giá trị tỉ lệ với dòng  $I_{ng}$  với công thức sau:

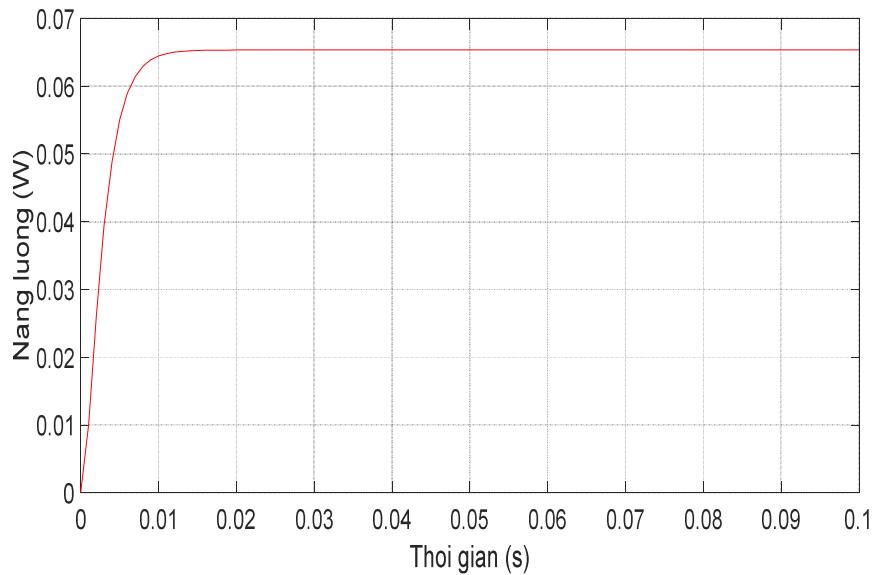
$$W_{tl} = \frac{LI_{ng}^2}{2} = \frac{L}{2} \left[ \frac{U}{R} \left( 1 - e^{-\frac{R}{L}t} \right) \right]^2$$

Sử dụng phần mềm Matlab để vẽ đồ thị quá trình tăng trưởng của dòng điện và năng lượng trong cuộn dây bobine dựa vào các giá trị đo được.

- Đồ thị tăng trưởng dòng điện và năng lượng trong cuộn dây của bobine với các giá trị:  $U=14(V)$ ;  $R=3(\Omega)$ ;  $L=6.10^{-3}(H)$ .



Hình 2.8. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong bobine.



Hình 2.9. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong bobine.

Qua biểu đồ tăng trưởng năng lượng trong bobine trên, ta nhận thấy cường độ dòng điện chạy trong cuộn sơ cấp của mỗi bobine sinh ra một năng lượng khoảng 0.065J cho mỗi xung.

Tổng năng lượng tích trữ trên số vòng quay động cơ là:

$$W_{tr} = W_1 \times X_1 \times 4 \text{ (động cơ 4 xi lanh đánh lửa trực tiếp)}.$$

Trong đó:

$W_{tr}$ : Tổng năng lượng tích trữ (J).

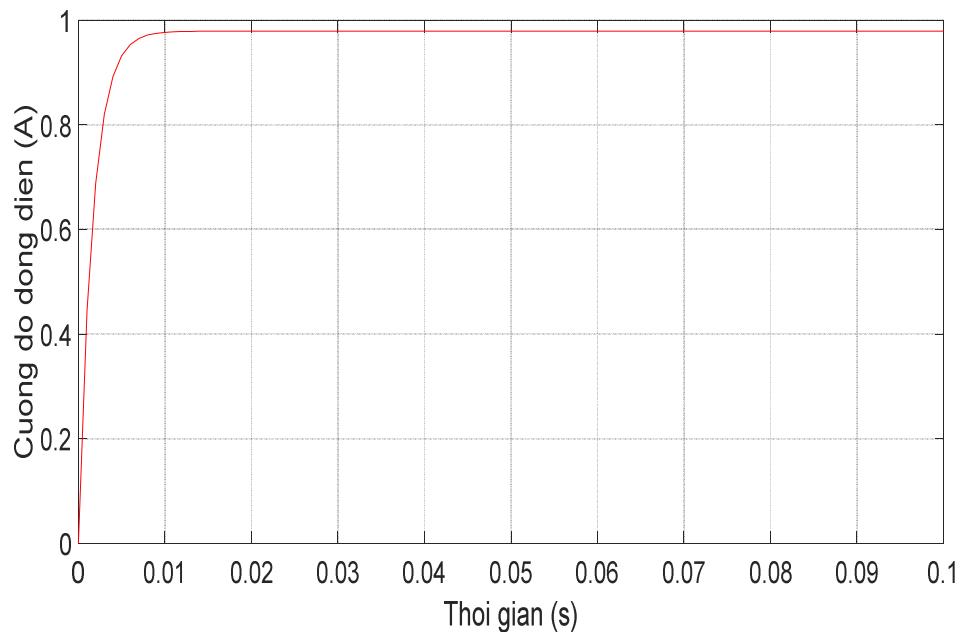
$W_1$ : Năng lượng của cuộn sơ cấp bobine cho mỗi xung (0.065J).

$X_1$ : Số xung của mỗi cuộn sơ cấp bobine trong 1 phút.

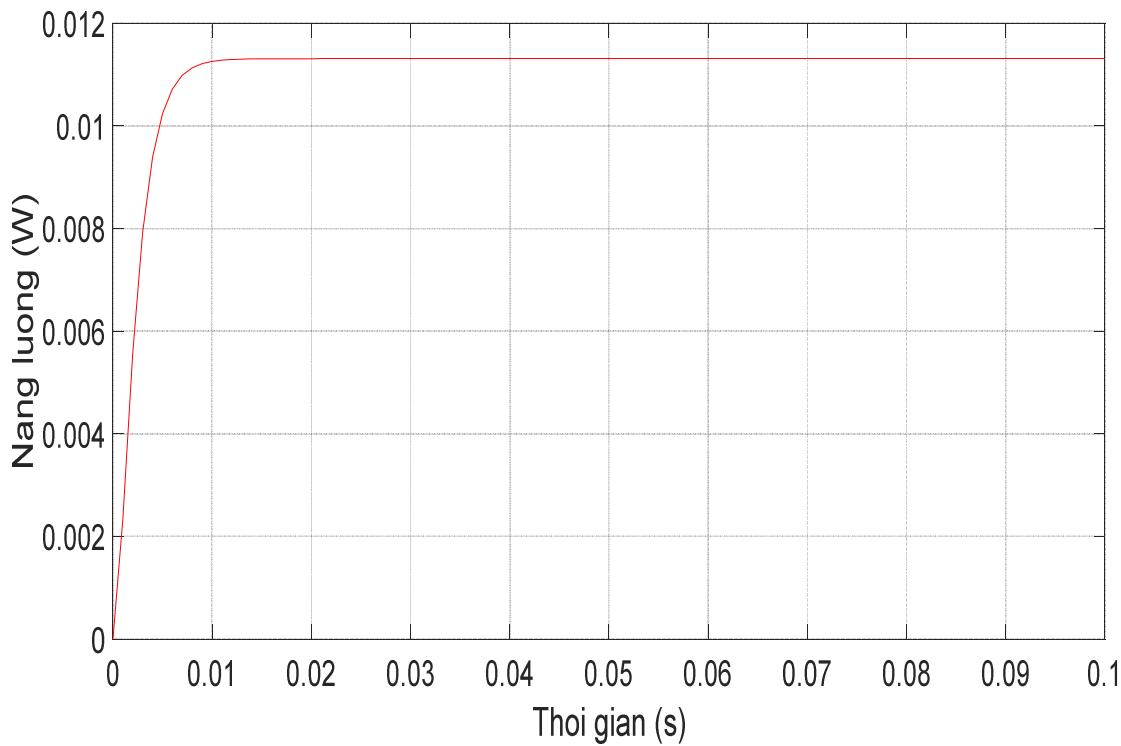
Bảng 2-4. Tổng năng lượng tích trữ của bobine trên số vòng quay động cơ 4 xi lanh.

Số vòng quay động cơ (vòng/phút)	Số xung của cuộn sơ cấp mỗi bobine trong 1 phút	Tổng năng lượng tích trữ trên các cuộn sơ cấp (J)
1000	500	130
2000	1000	260
3000	1500	390
4000	2000	520
5000	2500	650

- Đồ thị tăng trưởng dòng điện và năng lượng trong cuộn dây của kim phun với các giá trị:  $U=14(V)$ ;  $R=14,3(\Omega)$ ;  $L=23,8 \cdot 10^{-3}(H)$ .



Hình 2.10. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong kim phun.



Hình 2.11. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong kim phun.

Qua biểu đồ tăng trưởng năng lượng trong kim phun trên, ta nhận thấy cường độ dòng điện chạy trong cuộn dây của mỗi kim phun sinh ra một năng lượng khoảng 0.011J cho mỗi xung.

Tổng năng lượng tích trữ trên số vòng quay động cơ là:

$$W_{tr} = W_2 \times X_2 \times 4 \text{ (động cơ 4 xi lanh đánh lửa trực tiếp).}$$

Trong đó:

$W_{tr}$ : Tổng năng lượng tích trữ (J).

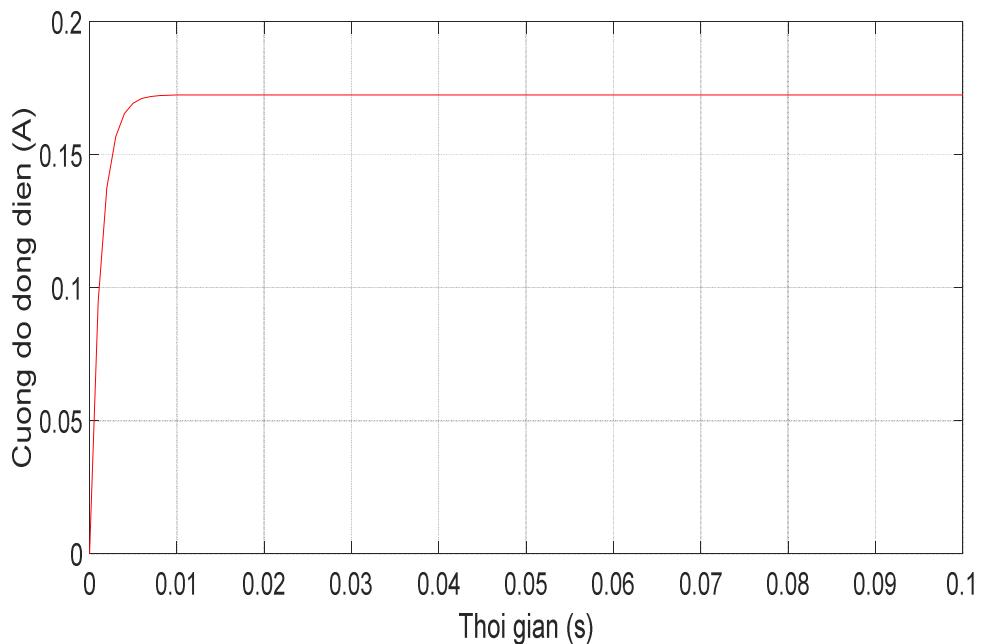
$W_2$ : Năng lượng của cuộn dây kim phun cho mỗi xung (0.011J).

$X_2$ : Số xung của mỗi cuộn dây kim phun trong 1 phút.

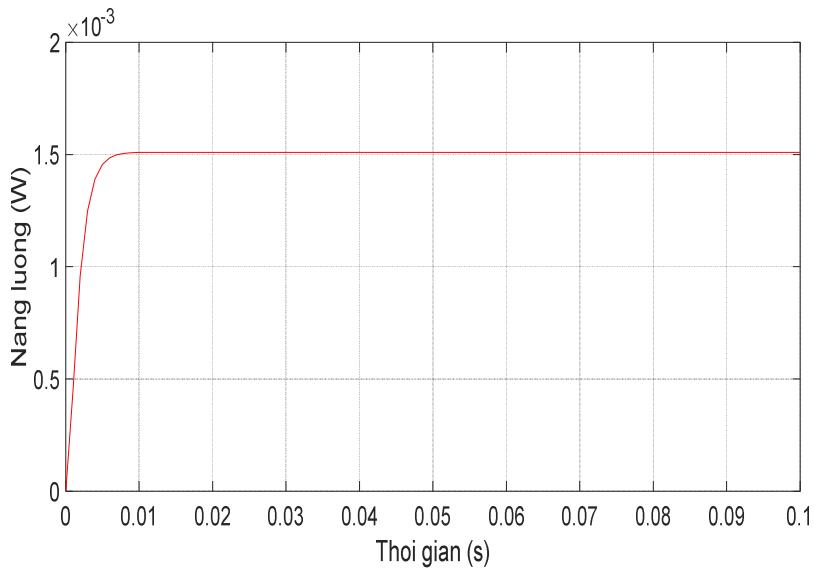
Bảng 2-5. Tổng năng lượng tích trữ của kim phun trên số vòng quay động cơ 4 xi lanh.

Số vòng quay động cơ (vòng/phút)	Số xung của cuộn dây mỗi kim phun trong 1 phút	Tổng năng lượng tích trữ trên các cuộn dây (J)
1000	500	22
2000	1000	44
3000	1500	66
4000	2000	88
5000	2500	110

- Đồ thị tăng trưởng dòng điện và năng lượng trong cuộn dây của relay với các giá trị:  
 $U=14(V)$ ;  $R=81,2(\Omega)$ ;  $L=101,6 \cdot 10^{-3}(H)$ .



Hình 2.12. Đồ thị tăng trưởng dòng điện trong relay.



Hình 2.13. Đồ thị tăng trưởng năng lượng trong relay.

Như vậy, các xung điện áp tự cảm sinh ra trong quá trình hoạt động của các cuộn dây là rất nhiều ở tốc độ 1000 vòng/phút, năng lượng ở bobine khoảng 130J và kim phun khoảng 22J trong 1 phút. Hiện nay, người ta đã và đang tìm cách triệt tiêu các xung điện áp này để tránh hiện tượng nhiễu ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ. Tuy nhiên, năng lượng tồn tại trong các cuộn dây rất lớn, và việc thu hồi năng lượng dư thừa sẽ đem lại ích lợi kinh tế.

**Tuy nhiên, chúng ta không thể thu hồi suất điện động từ cảm từ bobine vì bobine đánh lửa khi Transistor T ngắt, dòng điện  $i_1$  của cuộn sơ cấp và từ thông đi qua đó bị giảm đột ngột, điều này dẫn đến cuộn thứ cấp sẽ sinh ra một hiệu điện thế khoảng 15kV-40kV giúp cho bobine đánh lửa nếu chúng ta thu hồi sức điện động đó thì bobine sẽ đánh lửa rất yếu giảm công suất của động cơ.**

**Khác với bobine, kim phun cho dòng điện đi qua cuộn dây để tạo lực từ nhúc kim lên khói bệ phun để phun nhiên liệu, khi dòng điện mất đi thì kim phun sẽ đè lên bệ phun nhờ lực lò xo để kết thúc quá trình phun, lúc đó dòng điện tự cảm mới sinh ra nên là dư thừa. Vậy thu hồi năng lượng điện cảm trên kim phun là khả thi.**

**Nhận xét: Chỉ có thể thu hồi năng lượng điện cảm trên kim phun, không thể thu hồi trên bobine.**

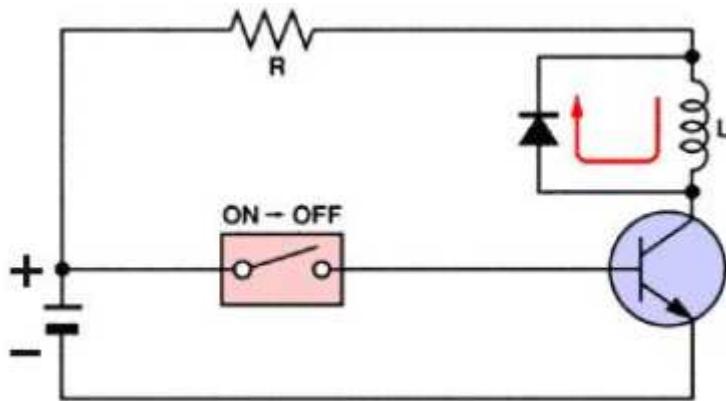
## 2.5. Các cách để xử lý suất điện động tự cảm.

Phương pháp triệt tiêu suất điện động tự cảm xuất hiện trong các linh kiện điện tử khi đóng hoặc ngắt mạch :

Để bảo vệ các linh kiện điện tử không bị hư hỏng do điện áp tự cảm thì ta có thể sử dụng 3 phương pháp là :

- Dùng diode.
- Dùng điện trở có giá trị lớn.
- Dùng tụ điện.

### 2.5.1. Phương pháp dùng diode.

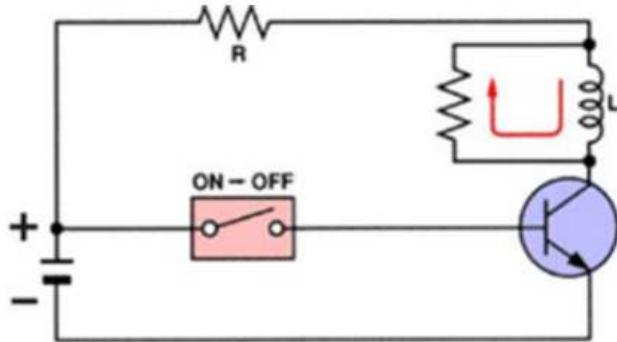


Hình 2.14. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu suất điện động tự cảm bằng diode.

Một diode ngăn dòng tự cảm được nối song song với cuộn dây, được mắc theo chiều nghịch nên khi tiếp điểm đóng thì không có dòng chạy qua diode. Khi mạch điều khiển ngắt dòng sẽ ngừng chạy qua cuộn dây, gây ra sự giảm của từ trường. Các đường sức từ xuyên qua cuộn dây và sinh ra điện áp ngược trong cuộn dây. Điện áp ngược này bắt đầu tăng lên. Khi điện áp ngược phía dưới diode tăng cao hơn điện áp dương nguồn phía trên diode 0.7V thì diode sẽ dẫn cho dòng phía điện áp cao đi qua. Kết quả là triệt tiêu điện áp tự cảm bằng cách điện áp ngược này sẽ đi qua diode và được xả bởi điện trở R.

Đối với những hệ thống nào có cuộn dây mà được triệt tiêu suất điện động bằng diode thì cần phải mắc thêm một điện trở có giá trị đủ lớn để hấp thụ suất điện động tự cảm ngược này, nếu không sẽ gây hư hỏng các thiết bị điện tử.

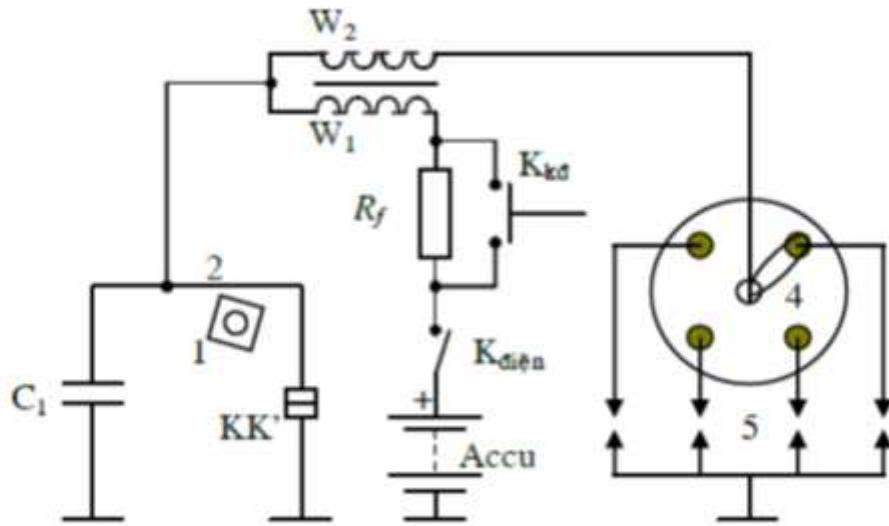
### 2.5.2. Phương pháp dùng điện trở.



Hình 2.15. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu sút điện động tự cảm bằng điện trở.

Điện trở có giá trị điện trở cao cũng thỉnh thoảng được dùng thay cho diode. Điện trở có độ bền cao hơn và có thể triệt tiêu điện áp tự cảm tương tự như diode, nhưng điện trở sẽ cho phép dòng chảy qua mỗi khi transistor mở. Vì vậy, điện trở của thiết bị khá cao để ngăn không cho dòng chảy qua nó nhiều.

### 2.5.3. Phương pháp dùng tụ điện.



Hình 2.16. Sơ đồ mạch điện triệt tiêu sức điện động tự cảm bằng tụ điện.

Khi cam 1 đội làm tiếp điểm KK' chớm mở, trên cuộn sơ cấp sẽ sinh ra một suất điện động tự cảm. Suất điện động này sẽ được nạp vào tụ C1 nên sẽ giúp dập tắt được tia lửa trên vít do suất điện động tự cảm gây ra.

Như vậy ngoài việc bảo vệ các linh kiện, thiết bị điện tử trong mạch, tụ điện trong hệ thống đánh lửa này còn có nhiệm vụ là nâng cao được hiệu điện thế trên cuộn thứ cấp, làm tăng hiệu quả đánh lửa, kim phun.

## 2.6. Nhận định khoa học.

Trên cơ sở quan sát sự biến thiên của suất điện động tự cảm trên các cuộn dây, tôi đưa ra một số giả thuyết như sau:

- Tôi nhận định rằng nguồn năng lượng từ các cuộn dây là rất lớn.
- Tôi nhận định rằng các giải pháp triệt tiêu sức điện động trong cuộn dây là vô cùng lãng phí.
- Tôi khẳng định rằng có thể thu hồi các xung tự cảm nêu trên và hiệu suất thu hồi là tương đối.

## **CHƯƠNG 3: TỐI ƯU HÓA THUẬT TOÁN ĐIỀU KHIỂN NĂNG LƯỢNG ĐIỆN CẢM**

**Bộ điều khiển thu hồi năng lượng điện cảm gồm có:**

- **Bộ thu hồi.**
- **Bộ điều khiển.**
- **Bộ lưu trữ.**

### **3.1. Thiết kế hệ thống thu hồi.**

#### **3.1.1. Ý tưởng thiết kế.**

Dựa vào các đồ án trước đây đã thiết kế bộ thu hồi nhưng còn nhiều nhược điểm. Tôi quyết định nghiên cứu và tạo ra một bộ thu mới tối ưu hơn.

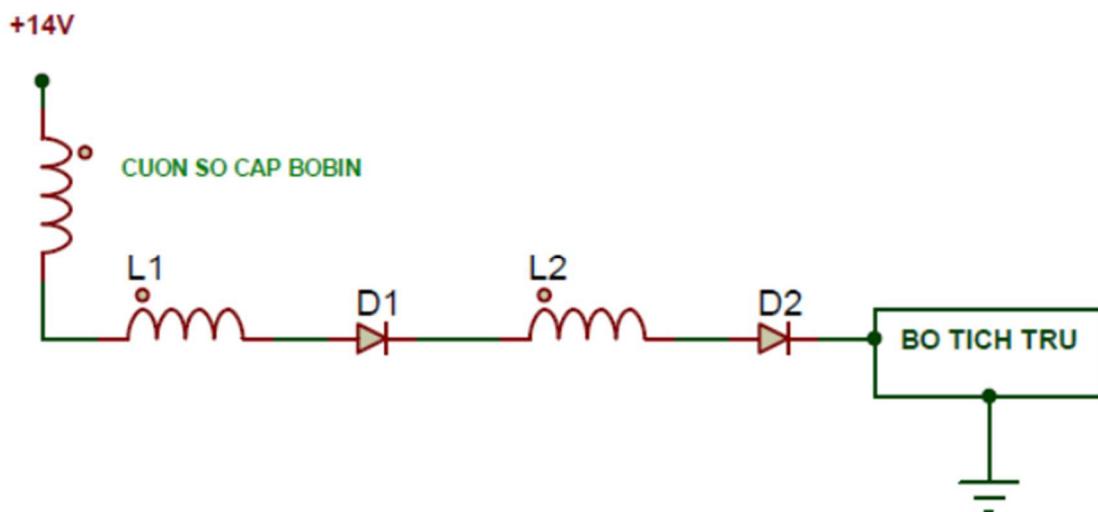
Cơ sở lý thuyết:

- Việc thiết kế, chế tạo ra một sản phẩm thu hồi các suất điện động tự cảm trên các cuộn dây với khả năng thu hồi nhanh, chịu được xung điện áp cao cần phải đảm bảo các yêu cầu: an toàn cho hệ thống trang thiết bị, các linh kiện liên quan, an toàn cho người sử dụng, đảm bảo công suất động cơ hoạt động ổn định ở mọi tốc độ, đảm bảo được độ bền lâu cho sản phẩm và hiệu suất thu hồi cao.
- Để đạt được các yếu tố trên tôi đã tiến hành tìm hiểu, khảo sát, thí nghiệm các mạch thu hồi tự sáng chế cũng như việc tham khảo từ các chuyên đề trước đây để cho ra một sản phẩm tối ưu nhất.

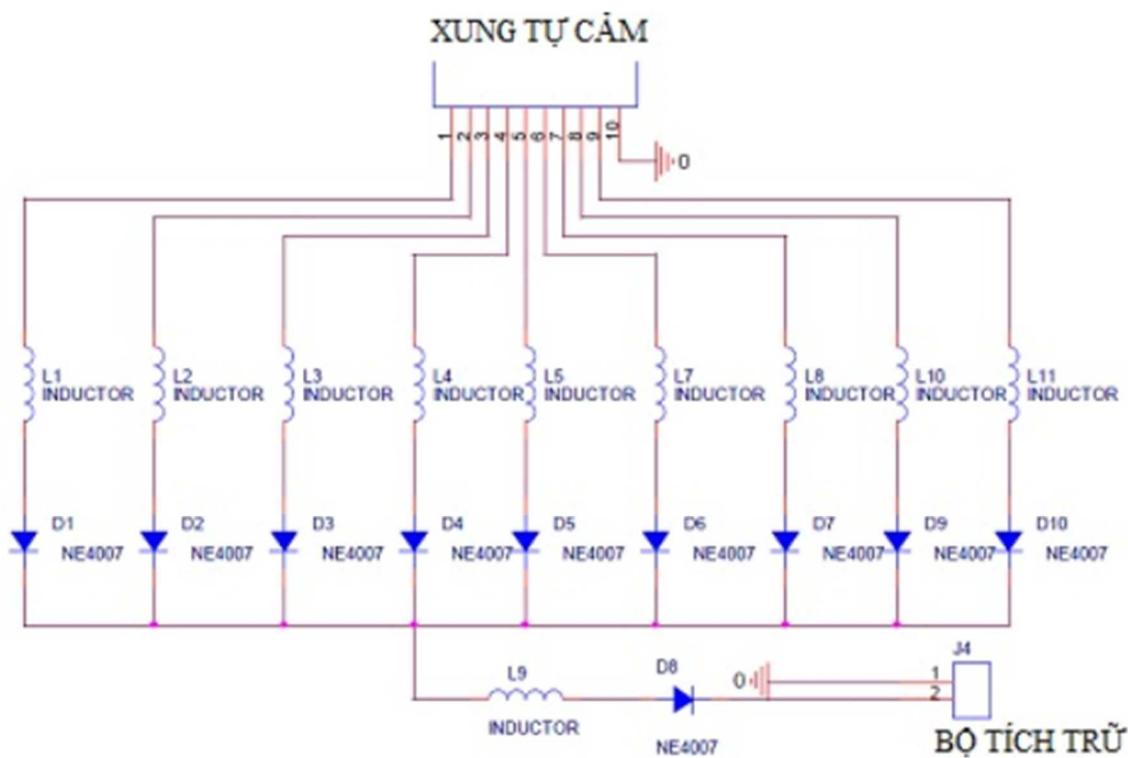
#### **3.1.2. Các bộ thu hồi của các đồ án trước.**

##### **➡ Mạch thu hồi sử dụng cuộn cảm lõi xuyến.**

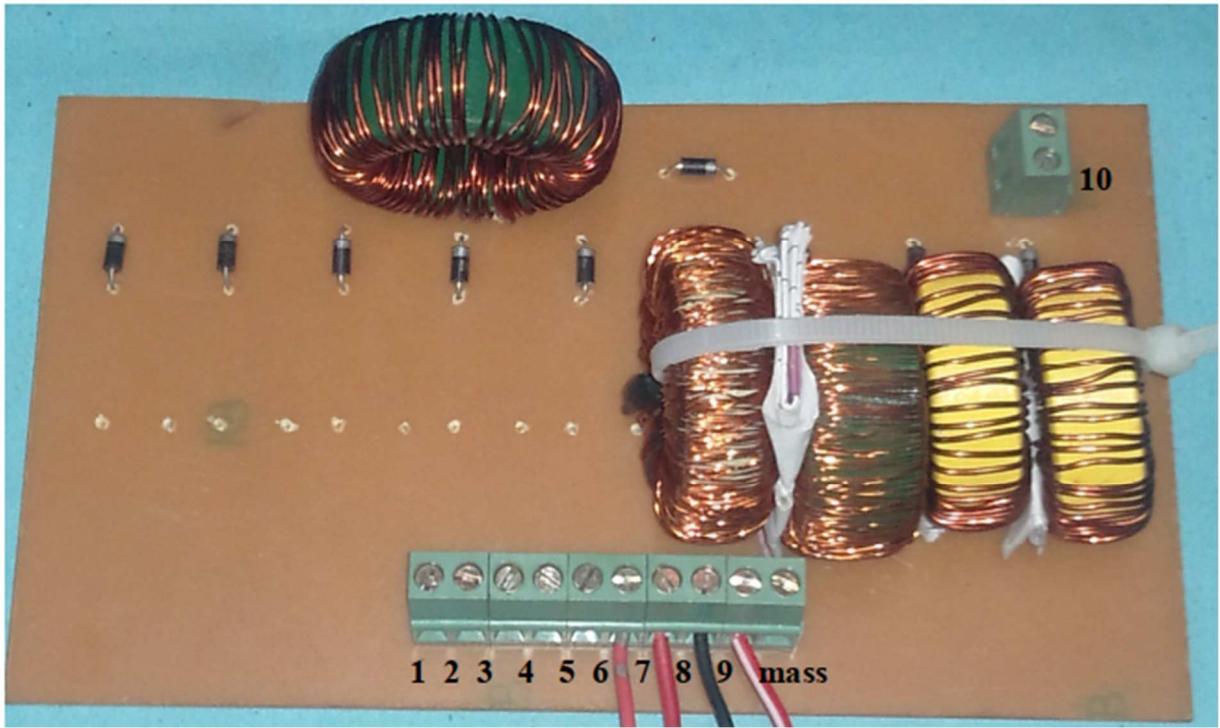
Đây là bộ thu hồi của đồ án “Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô”.



Hình 3.1. Mạch nguyên lý bộ thu hồi năng lượng điện cảm cho một cuộn sơ cấp bobine.



Hình 3.2. Mạch nguyên lý mở rộng cho bộ thu hồi năng lượng điện cảm trên các thiết bị sử dụng cuộn dây.



Hình 3.3. Bộ thu hồi năng lượng sử dụng cuộn cảm lõi xuyến.

Trong đó:

- Chân 1,2,3,4,5: Chân dự phòng (mở rộng) thu hồi điện cảm.
- Chân 6,7: Thu hồi xung điện cảm tại âm bobine.
- Chân 8,9: Thu hồi xung điện cảm tại kim phun.
- Chân 10: Chân đưa đèn bộ tích trữ siêu tụ điện.

Nguyên lý hoạt động: Dựa trên hiện tượng tự cảm, khi có một xung điện cảm dư thừa ở chân âm bobine đi qua cuộn cảm thứ nhất L1, cuộn cảm này có tác dụng biến đổi từ thành điện khi đã tích lũy đủ điện áp. Khi Transistor ngắn, trong cuộn cảm này sẽ được biến đổi thành điện năng, phóng qua cuộn cảm kế tiếp cũng đảm bảo chức năng như cuộn cảm đầu tiên này, cản trở dòng điện lớn khi đi vào, khi cuộn cảm L1 tích lũy đủ và ổn định mức điện áp thì nó thực hiện chức năng giải phóng nguồn năng lượng bên trong sang cuộn cảm L9. Cuộn cảm L9 tạo xung điện áp dao động ổn định và mức điện áp xung cao hơn so với xung điện áp phóng ra tại đầu âm bobine, do đây là xung điện áp nên nó đảm bảo cho việc bảo vệ các thiết bị tích trữ không bị sốc dẫn đến tình trạng nổ. Để điện áp không phóng ngược dẫn đến sự dao động

ngược đến bobine thì diode D1 có chức năng chặn xung ngược phóng lại. Các cuộn còn lại L2, L3, L3, L4, L5, L6, L7, L8, L10, L11 hoạt động tương tự như L1.

Ưu điểm của bộ thu hồi cuộn cảm lõi xuyên:

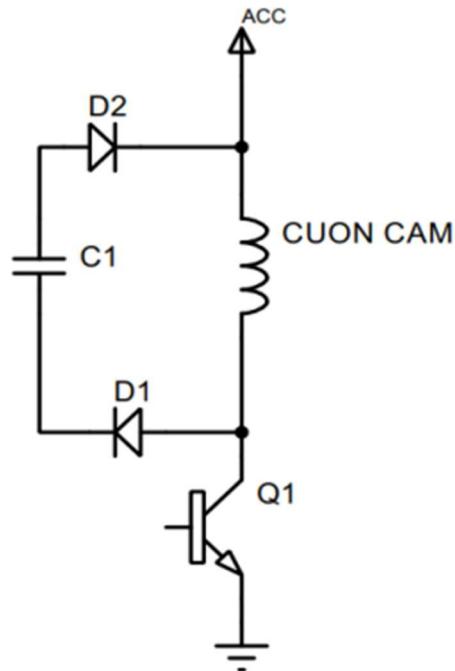
- Các linh kiện hoạt động ổn định.
- Không làm mất công suất hoạt động đánh lửa ở mọi tốc độ.
- Năng lượng điện áp thu được nhiều và ổn định.

Nhược điểm của bộ thu hồi cuộn cảm lõi xuyên:

- Giá thành các cuộn cảm lõi xuyên đắt.
- Công việc quấn dây và tính toán đúng điện trở trong rất khó khăn.

#### ⊕ **Thu hồi bằng phương pháp dùng diode.**

Đây là bộ thu hồi của nhóm đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện”.



Hình 3.4. Sơ đồ thu hồi điện cảm trực tiếp.

Đây là một mạch nạp trực tiếp vào khối siêu tụ điện, 2 diode là để dẫn dòng và tránh hiện tượng xả ngược từ siêu tụ điện về bobine.

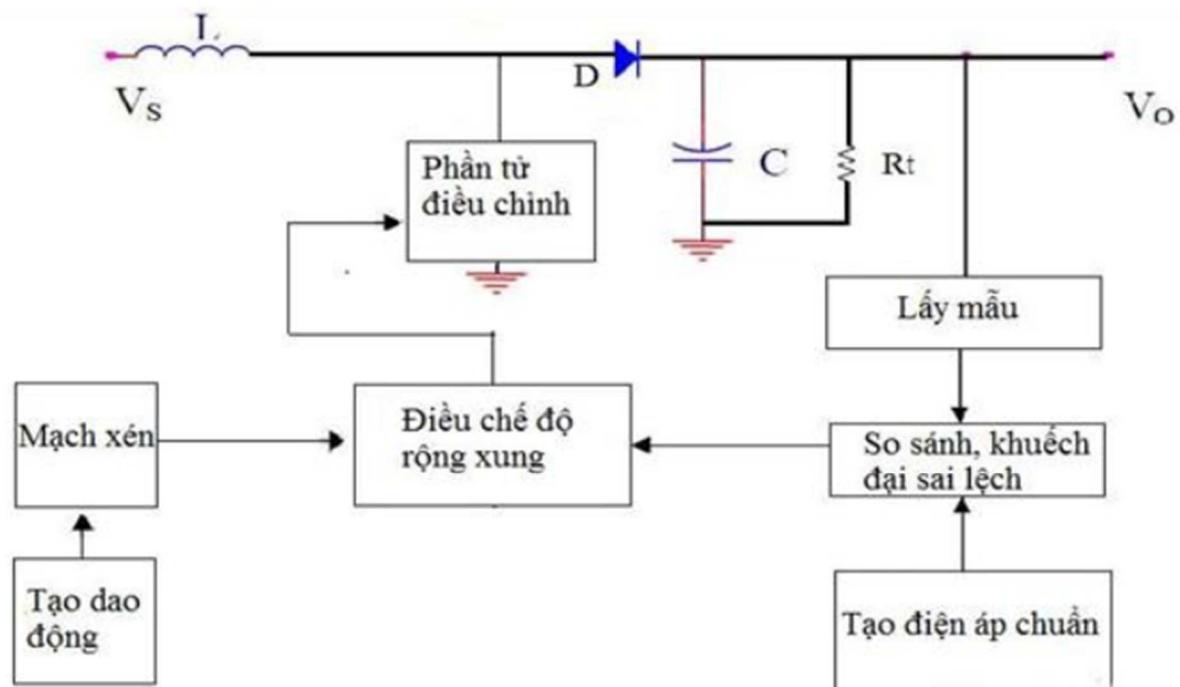
Ưu điểm:

- Quá trình thu hồi điện cảm bằng diode dễ thực hiện, kết nối đơn giản, nhỏ gọn.

Nhược điểm:

- Thời gian nạp diễn ra chậm, không ổn định ở các mức điện áp khác nhau.  
➤ Để thời gian nạp diễn ra nhanh hơn, ổn định hơn nhóm sinh viên thực hiện đồ án đã sử dụng ổn áp xung để tăng hiệu suất nạp cho siêu tụ.

Mạch ổn áp xung được sử dụng ở đây là mạch ổn áp Boost. Ổn áp Boost là loại ổn áp có điện áp trung bình ngõ ra lớn hơn ngõ vào.



Hình 3.5. Sơ đồ ổn áp xung Boost.

Nguyên lý hoạt động:

Phản tử chuyển mạch làm việc như một khóa điện tử đóng và mở với tần số không đổi. Xung điều khiển với tần số f được tạo ra bởi khói tạo dao động. Thời gian đóng và ngắt của phản tử chuyển mạch phụ thuộc vào độ rộng của xung điều khiển, độ rộng của xung được tạo ra bởi khói điều chế độ rung xung, khói này nhận tín hiệu xung kích hướng âm được tạo ra bởi mạch xén và tín hiệu sai lệch để xác định độ rộng của xung kích sao cho tín hiệu ra  $V_0$  ổn định. Dòng ra được bảo đảm nhờ tụ C và cuộn cảm L. Tín hiệu ra được lấy một phần đem so sánh với điện áp chuẩn tạo ra tín hiệu sai lệch để điều chế độ rộng xung.

Ưu điểm của ổn áp xung:

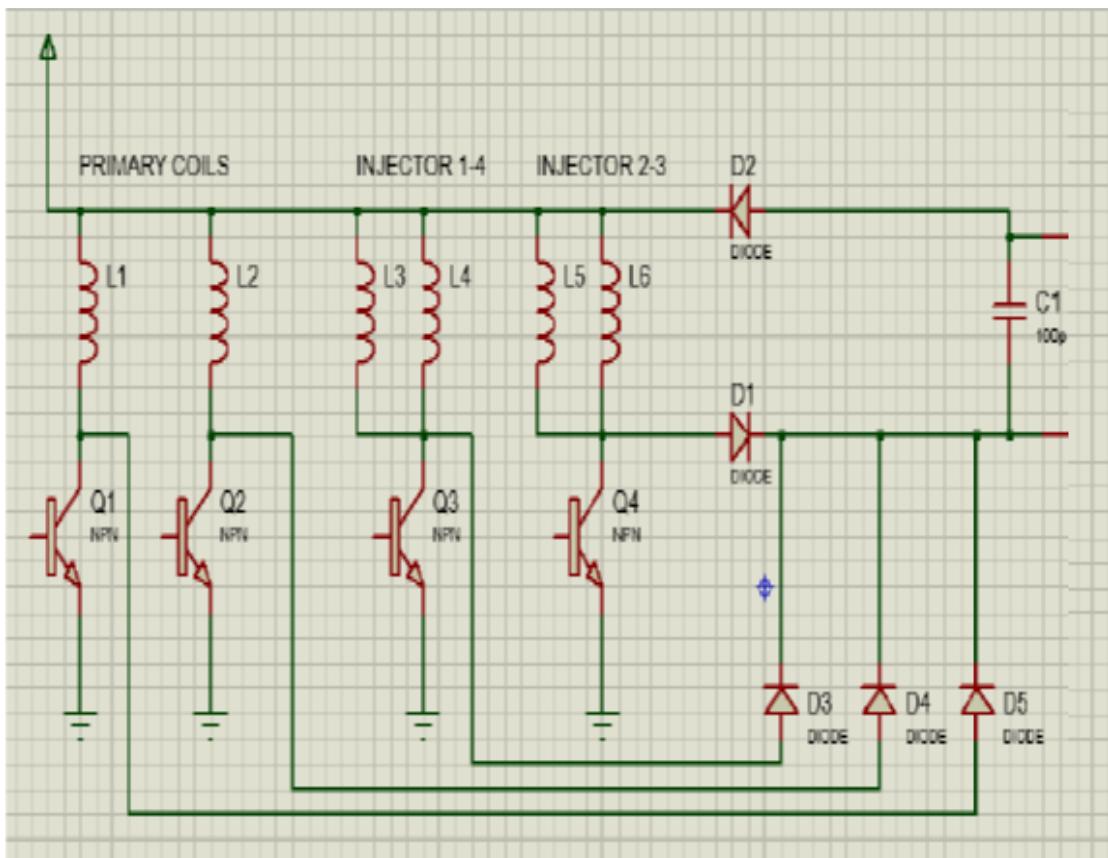
- Tốn hao ít nên hiệu suất cao (thường trên 80%).
- Độ ổn định cao do phản tử điều khiển làm việc ở chế độ xung.
- Thể tích và trọng lượng bộ nguồn nhỏ.

Nhược điểm của ổn áp xung:

- Phân tích, thiết kế phức tạp.
- Bức xạ sóng, nhiễu trong dải tần số rộng do đó cần lọc xung ở ngõ vào nguồn và bộ nguồn phải được bọc kim.
- Tần số đóng ngắt lớn sẽ gây nhiễu cho các thiết bị xung quanh.

### **3.1.3. Bộ thu hồi sử dụng diode và tụ.**

Sau khi suy nghĩ, nghiên cứu và dựa vào các bộ thu hồi trên, tôi đã tạo ra bộ thu hồi mới là “Bộ thu hồi sử dụng diode và tụ” và tôi nhận định đây là bộ thu hồi tối ưu nhất.



Hình 3.6. Bộ thu hồi sử dụng diode và tụ.

Dựa vào nguyên lý của mạch thu hồi sử dụng diode, nhưng để cho điện áp ra ổn định hơn để tăng hiệu suất nạp cho siêu tụ mà không sử dụng mạch ổn áp xung, thay vào đó tôi sử dụng một tụ có mức điện áp cao phù hợp với suất điện động tự cảm của cuộn dây bobine để đảm bảo dòng điện nạp siêu tụ ổn định hơn và nhanh hơn. Bằng cách này tôi đã giải quyết được nhược điểm của bộ thu hồi bằng diode.

Ưu điểm:

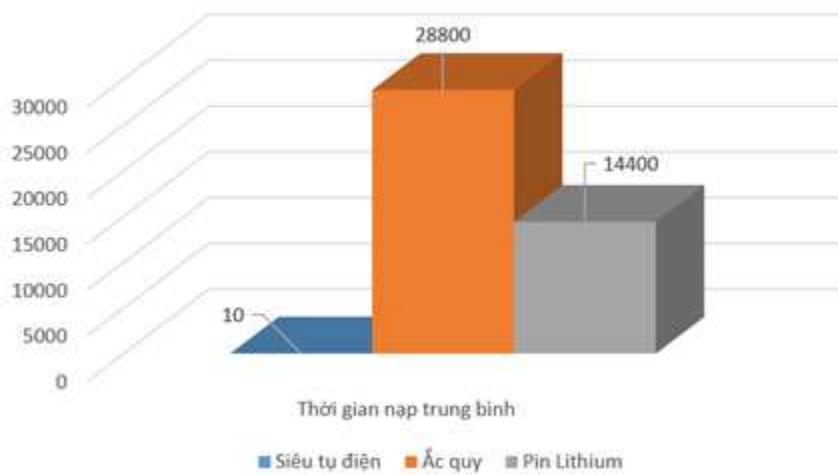
- Quá trình thu hồi điện cảm bằng diode dễ thực hiện, kết nối đơn giản, nhỏ gọn, không cần sử dụng ổn áp xung.
- Thời gian nạp trung bình, điện áp ổn định hơn bộ thu hồi bằng diode khi không có ổn áp xung.

### 3.2. Thiết kế bộ lưu trữ năng lượng.

#### 3.2.1. Khảo sát một số thiết bị lưu trữ điện năng.

Qua phân tích các nghiên cứu về các loại hệ thống tích trữ năng lượng điện cảm tái sinh cho thấy rằng: Tất cả các phương án tích trữ năng lượng điện cảm đều giúp cho xe tích trữ được một nguồn năng lượng tái sinh được lấy từ một hệ thống khác đang hoạt động. Tuy nhiên, mỗi kiểu hệ thống đều có ưu nhược điểm của nó.

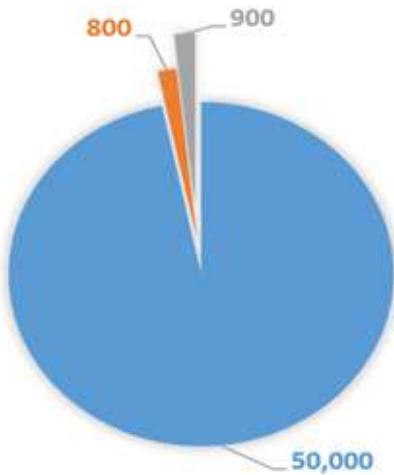
- Thời gian nạp trung bình của các thiết bị lưu trữ điện năng.



Hình 3.7. Thời gian nạp trung bình của các thiết bị lưu trữ điện năng.

Xét về thời gian nạp trung bình thì siêu tụ là phương án nạp đầy nhanh nhất không phụ thuộc vào tải, nhiệt độ với thời gian nạp của siêu tụ là 10 giây. Tiếp theo là Pin Lithium và cuối cùng là Accu với thời gian nạp trung bình lâu nhất với hơn 8 giờ.

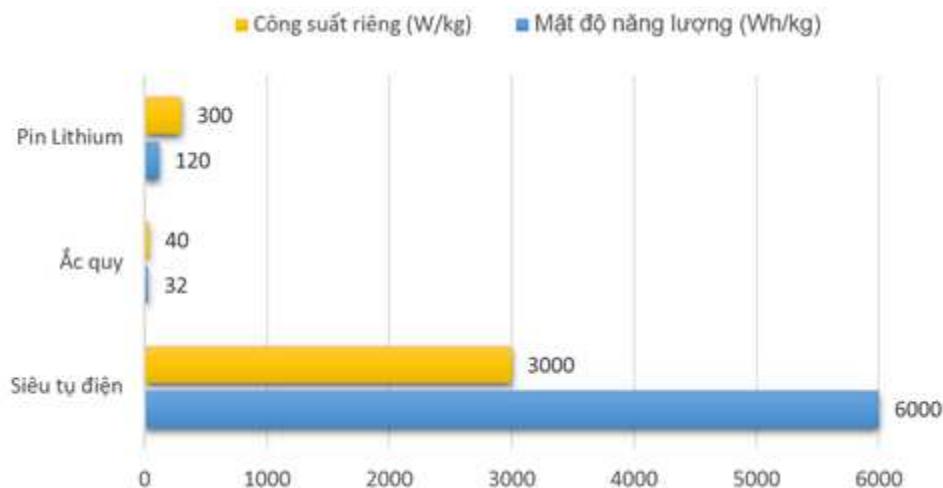
- Số lần phóng nạp của các hệ thống tích trữ năng lượng.



Hình 3.8. Số lần phỏng nạp của các hệ thống tích trữ năng lượng.

Thiết bị tích trữ năng lượng phỏng nạp khác nhau sẽ cho lượng phỏng nạp khác nhau. Do đó xét về khả năng phỏng nạp thì siêu tụ vẫn cao nhất với hơn 50.000 lần, kế tiếp là Pin Lithium và Accu lần lượt là 900 và 800 lần.

**Khả năng tích trữ năng lượng.**



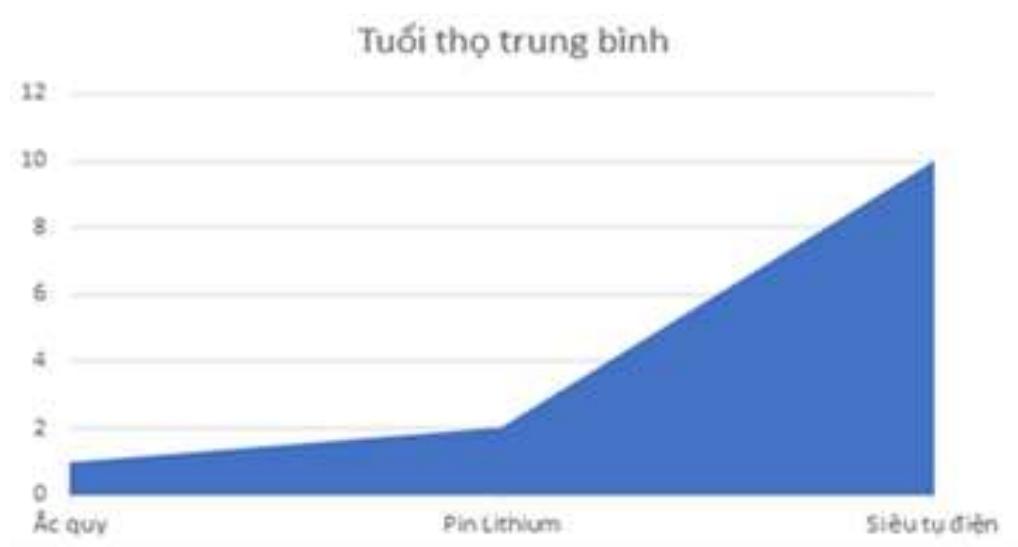
Hình 3.9. Công suất riêng (W/kg) và Mật độ năng lượng (Wh/kg).

Xét về khả năng tích trữ năng lượng thì một lần nữa, siêu tụ cho thấy được điểm mạnh của mình, khi mà mật độ năng lượng được tạo ra ứng với một đơn vị khối lượng là hơn 6000Wh/kg,

khả năng tích trữ gấp rất nhiều lần so với các thiết bị tích trữ còn lại là Pin Lithium với 20Wh/kg và với Accu là 35Wh/kg.

Biểu đồ cho thấy được rằng, công suất có mối liên kết chặt chẽ với mật độ năng lượng của thiết bị, mật độ cao đồng nghĩa với việc tạo ra công suất lớn. Siêu tụ cho công suất riêng lên tới 3000W/kg gấp 10 lần cho với Pin Lithium, thấp nhất đó là Accu với công suất riêng là 32W/kg.

➡ Tuổi thọ trung bình.



Hình 3.10. Tuổi thọ trung bình của các thiết bị.

Rất nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng, cùng một hệ thống nhưng sử dụng các loại tích trữ năng lượng khác nhau thì cho thấy rằng, tuổi thọ là 1 trong những điểm mạnh của siêu tụ khi mà vòng đời có thể lên đến hơn 10 năm. Trong khi đó, Pin Lithium và Accu có tuổi thọ ngắn hơn lần lượt là 2 năm và 1 năm.

➡ Bảng khảo sát một số thiết bị lưu trữ điện năng.

Bảng 3-1. Bảng khảo sát một số thiết bị lưu trữ điện năng.

Các thông số	Ác quy	Tụ điện thường	Các loại pin Lithium-ion	Các siêu tụ (ứng dụng sao lưu dữ liệu)	Các siêu tụ (ứng dụng công suất lớn)
Nhiệt độ làm việc (°C)	- 20 đến + 100	-40 đến + 125	-20 đến + 60	- 20 đến + 70	-20 đến + 70
Điện áp (V)	12 đến 48	4 đến 550	2.5 đến 4.2	1.2 đến 3.3	2.2 đến 3.3
Thời gian nạp	8 đến 10 giờ	$10^3$ đến $10^6$ giây	10 đến 60 phút	0.3 đến 30 giây	0.3 đến 30 giây
Số lần phỏng/nạp	1000	Bị giới hạn ( $>500,000$ )	500 đến 105	105 đến 106	105 đến 106
Điện dung (F)		$\leq 1$		0.1 đến 470	100 đến 12000
Năng lượng riêng (Wh/kg)	10 đến 100	0.01 đến 0.3	100 đến 265	1.5 đến 3.9	4 đến 9

Công suất riêng (kW/kg)	< 1	>100	0.3 đến 1.5	2 đến 10	3 đến 10
Thời gian tự phóng ở nhiệt độ phòng (°C)		Ngắn (khoảng vài ngày)	Dài (khoảng 1 tháng)	Trung bình (khoảng vài tuần)	Trung bình (khoảng vài tuần)
Hiệu suất (%)	0.7 đến 0.85	99	90	95	95
Tuổi thọ (năm) ở nhiệt độ phòng (25°C)	2 đến 4	>20	3 đến 5	5 đến 10	5 đến 10

Qua bảng khảo sát trên thì có thể thấy siêu tụ điện là thiết bị có khả năng đáp ứng các yêu cầu về điện áp, thời gian nạp, tuổi thọ, năng lượng cũng như công suất. Ngoài ra siêu tụ điện còn đảm bảo về mặt hiệu suất thu hồi cao đối với bộ thu hồi. Vì thế tôi chọn siêu tụ điện làm thiết bị lưu trữ.

### 3.2.2. Không gian sử dụng accu và siêu tụ điện.

Trên xe ô tô đa số đều có một bình accu. Accu ô tô là một bộ phận quan trọng trong việc vận hành xe. Với vai trò là tích trữ điện năng giúp cho việc chạy các thiết bị phụ như điều hòa, đèn, radio...khi mà động cơ chưa hoạt động. Nhưng đó vẫn chưa phải là chức năng chính của

accu. Chức năng chính đó là cung cấp năng lượng cho hệ thống thiết bị khởi động, đánh lửa để xe có thể khởi động động cơ.

Với các trường hợp phụ tải được sử dụng vượt mức dòng định mức của máy phát, accu cũng có vai trò cung cấp thêm điện năng cho chúng.

Nhưng công nghệ ngày càng phát triển, như phân tích ở trên siêu tụ có các đặc tính nổi bật và bền hơn rất nhiều so với accu. Ngày nay các nhà sản xuất đang hướng tới sử dụng siêu tụ thay cho accu vì các đặc tính nổi bật của siêu tụ điện. Ngoài các đặc tính nêu trên thì kích thước và khối lượng cũng là một điểm mạnh của siêu tụ so với accu.

➡ Thông số kỹ thuật của một số accu.

- Accu GS NS40Z: Các dòng xe du lịch như Toyota Innova,...

Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 197 x 129 x 202 (mm).

Tổng cao: 227 (mm).

Điện áp- Dung lượng: 12V- 35Ah.

- Accu GS NS60: Các dòng xe như Suzuki APV cọc thuận, HonDa CR-V,...

Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 238 x 129 x 227 (mm).

Điện áp- Dung lượng: 12V- 45Ah.

- Accu GS N50: Các dòng xe như Canter truck, Pajero, Flat Tempra,...

Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 260 x 173 x 202 (mm).

Điện áp- Dung lượng: 12V- 50Ah.

- Accu GS MF55D23L: Các dòng xe như CAMRY 2.4G/3.0, FORTUNER, KIA GTX,...

Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 260 x 173 x 225 (mm).

Tổng cao: 225 (mm).

Điện áp- Dung lượng: 12V- 60Ah.

Bảng 3-2. Thông số kỹ thuật của một số accu.

Loại Accu	Điện áp (V)	Dung lượng (Ah)	Kích thước (mm)				Trọng lượng bình khô (kg)
			Dài (L)	Rộng (W)	Cao (H)	Thật cao (T.H)	
N20	12	20	260	93	160	180	5.50
NS40	12	35	195	127	199	222	8.30
N50	12	50	258	170	198	222	12.40
NS60	12	45	236	127	199	222	10.00
NS70	12	65	258	170	198	222	14.10
N70	12	70	303	171	198	222	14.40
NX120-7	12	80	303	171	198	222	16.80
N85	12	85	303	171	198	222	16.80
N90	12	90	379	179	190	190	18.00
N100	12	100	406	173	208	230	20.00
N120	12	120	502	180	209	252	25.40
N150	12	150	505	220	209	257	30.80
N200	12	200	518	275	214	265	39.20

Dựa vào bảng số liệu trên ta thấy thông số kỹ thuật trung bình của accu khoảng:

Điện áp: 12V.

Kích thước (Dài x Rộng x Cao): 340 x 171 x 194 (mm).

Tổng cao: 225 (mm).

Trọng lượng: 17.8 (kg).

➡ Thông số kỹ thuật của một số siêu tụ.

Bảng 3-3. Thông số kỹ thuật của một số siêu tụ.

Loại siêu tụ	Điện áp (V)	Điện dung (F)	Điện trở (mΩ)	Đường kính lớn Ø (mm)	Chiều cao (mm)
LSUC 002R7C 3000F EA	2.7	3000	0.23	60	138
LSUC 002R8L 0600F EA	2.8	600	3.2	35	71
LSUC 002R85C 3400F EA	2.85	3400	0.23	60	138
LSUC 003R0C 3000F EA	3.0	3000	0.23	60	138
BCAP0650 P270 K04/05	2.7	650	0.8	60.7	51.5
BCAP1200 P270 K04/05	2.7	1200	0.58	60.7	74
BCAP1500 P270 K04/05	2.7	1500	0.47	60.7	85
BCAP2000 P270 K04/05	2.7	2000	0.35	60.7	102
BCAP3000 P270 K04/05	2.7	3000	0.29	60.7	138

Như ta thấy kích thước của siêu tụ nhỏ hơn nhiều so với accu, nhưng điện áp của siêu tụ chỉ khoảng 2.7V đến 3.0V. Vì thế để sử dụng siêu tụ trên xe ta cần mắc nối tiếp nhiều siêu tụ để tăng điện áp.

⚠ Một số khói siêu tụ điện.



Hình 3.11. Khối siêu tụ điện Maxwell.

- Model No: SK-6S3000F1L2ND.
- Điện áp: 16.2V.
- Điện dung: 500F ghép từ 6 siêu tụ điện Maxwell cỡ lớn 2.7V 3000F.
- Dòng phóng tức thời cực đại: 1000A.
- Dòng phóng liên tục: 500A.
- Điện năng lưu trữ: 12Wh.
- Điện áp sạc tối đa: 17V.
- Khả năng sạc đầy 90% dung lượng trong vòng 90s (điện áp sạc 16V, dòng sạc 30A).
- Số lần nạp xả 1.000.000 lần (tương đương tuổi thọ 15-20 năm).
- Kích thước: 210 x 70 x 150 (mm).
- Trọng lượng: 3.6kg.
- Công dụng: Có thể khởi động mọi loại xe hơi, xe tải mà không cần bình accu, lưu trữ điện năng lượng mặt trời thay thế pin lưu trữ,...



Hình 3.12. Khối siêu tụ điện Green-CAP.

- Model No: SK-6S-51L.
- Điện áp: 16.2V (6 siêu tụ điện 2.7V 500F mắc nối tiếp).
- Điện dung: 83F.
- Dòng phóng tức thời cực đại: 60A.
- Nội trở:  $3.1\text{m}\Omega$ .
- Tự xả trong 72h: 1.1mA.
- Phạm vi nhiệt độ hoạt động:  $-21\text{~}+70^\circ\text{C}$ .
- Tuổi thọ thiết kế: 10 năm.
- Chu kỳ nạp xả: 500.000 lần.
- Kích thước: 220 x 70 x 35 (mm).
- Trọng lượng: 0.6kg.
- Nhãn hiệu: Green-CAP.
- Công dụng: Sử dụng khởi động xe ô tô, ổn định hệ thống âm thanh trên xe, giúp các thiết bị trợ sáng trên xe như đèn pha công suất lớn hoạt động hoàn hảo,...

#### Nhận xét:

- Siêu tụ có các đặc tính nổi bật hơn accu rất nhiều.
- Siêu tụ có kích thước nhỏ gọn, chiếm ít diện tích và không gian hơn accu.
- Siêu tụ có giá thành rẻ hơn accu.

Trong đồ án này chúng tôi quyết định dùng siêu tụ để tích trữ năng lượng sau khi thu hồi từ các thiết bị có cuộn cảm nhưng chỉ để hỗ trợ cho accu chứ không thay thế accu.

#### **3.3.3. Khảo sát và lựa chọn siêu tụ điện cho bộ lưu trữ.**

Điện áp của siêu tụ chỉ khoảng 2.7-3.0V nên chúng ta phải mắc nối tiếp nhiều siêu tụ để được mức điện áp 14.2V sử dụng trên xe. Nhưng khi mắc nối tiếp điện dung của siêu tụ giảm vì thế chúng tôi quyết định chọn siêu tụ có điện dung lớn để khi mắc nối tiếp điện dung giảm đến mức phù hợp và không cần mắc thêm khói song song để tăng điện dung như các đồ án trước đây. Điều này giúp tiết kiệm được diện tích và không gian hơn đồng thời dùng siêu tụ có điện dung lớn có thể thay thế được cho bình accu khi cần thiết.

Sau khi nghiên cứu chúng tôi quyết định chọn siêu tụ BCAP3000 P270 K04:



Hình 3.13. Siêu tụ Maxwell BCAP3000.

Bảng 3-4. Bảng thông số kỹ thuật của siêu tụ BCAP3000.

(Dữ liệu lấy từ trang datasheet BC SERIES ULTRACAPACITOR của siêu tụ Maxwell BCAP3000)

ELECTRICAL	Rated Voltage	2.70 V
	Minimum Capacitance, initial, rated value	3,000 F
	Maximum Capacitance, initial	3,600 F
	Maximum ESR <sub>DC</sub> , initial, rated value	0.29 mΩ
POWER & ENERGY	Usable Specific Power, P <sub>d</sub>	5.9 kW/kg
	Impedance Match Specific Power, P <sub>max</sub>	12 kW/kg
	Specific Energy, E <sub>max</sub>	6.0 Wh/kg
	Stored Energy, E <sub>stored</sub>	3.04 Wh
SHOCK & VIBRATION	Vibration Specification	SO 16750-3, Tables 12 & 14
	Shock Specification	SAE J2464 IEC 60068-2- 27, -29
SAFETY	Short Circuit Current, typical (Current possible with short circuit from rated voltage. Do not use as an operating current.)	9,300 A
	Certifications	UL810a, RoHS, REACH
THERMAL	Thermal Resistance (R <sub>ca</sub> , Case to Ambient), typical	3.2°C/W

	Thermal Capacitance ( $C_{th}$ ), typical	600 J/ $^{\circ}$ C
	Maximum Continuous Current ( $\Delta T = 15^{\circ}C$ )	130 A <sub>RMS</sub>
	Maximum Continuous Current ( $\Delta T = 40^{\circ}C$ )	210 A <sub>RMS</sub>
TEMPERATURE Operating temperature (Cell case temperature)	Minimum	-40 $^{\circ}$ C
	Maximum	65 $^{\circ}$ C
ELECTRICAL	Leakage Current at 25 $^{\circ}$ C, maximum	5.2 mA
	Absolute Maximum Voltage	2.85 V
	Absolute Maximum Current	1900 A
LIFE	DC Life at High Temperature (held continuously at Rated Voltage and Maximum Operating Temperature)	1,500 hours
	Capacitance Change (%) decrease from rated value)	20%
	ESR Change (% increase from rated value)	100%
	Projected DC Life at 25 $^{\circ}$ C (held continuously at Rated Voltage)	10 years
	Capacitance Change (%) decrease from rated value)	20%

PHYSICAL	ESR Change (% increase from rated value)	100%
	Projected Cycle Life at 25°C	1,000,000 cycles
	Capacitance Change (% decrease from rated value)	20%
	ESR Change (% increase from rated value)	100%
	Shelf Life (Stored uncharged at 25°C ± 10°C)	4 years
	Mass, typical	510 g
	Terminals	Threaded or Weldable

➡ Tính toán trên khối siêu tụ BCAP3000:

Để có mức điện áp phù hợp với các tải trên ô tô thì chúng tôi ghép nối tiếp 6 siêu tụ với nhau. Ta được điện áp định mức và dung lượng của 6 siêu tụ 2.7V-3000F khi mắc nối tiếp là:

- Điện áp định mức của khối siêu tụ:

$$U = U_{c1} + U_{c2} + U_{c3} + U_{c4} + U_{c5} + U_{c6} = 16.2(V)$$

- Dung lượng của khối siêu tụ:

$$\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_5} + \frac{1}{C_6}$$

$$\frac{1}{C_{td}} = \frac{1}{3000} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{3000}$$

$$\Rightarrow C_{td} = \frac{3000}{6} = 500(F)$$

Trong đó:

U: Tổng mức điện áp chịu đựng của 6 siêu tụ ghép nối tiếp.

$U_{c1}$  đến  $U_{c6}$ : Điện áp chịu đựng của một siêu tụ là 2,7V.

$C_{td}$ : Điện dung tương đương của khối 6 siêu tụ ghép nối tiếp.

C1 đến C6: Điện dung của mỗi siêu tụ là 3000F.

Ngoài ra trong bảng 3-4 ta có:

$P_d$ : Công suất riêng có ích của mỗi siêu tụ là 5.9kW/kg.

$P_{max}$ : Công suất riêng phù hợp với trở kháng của mỗi siêu tụ 12kW/kg.

$E_{max}$ : Năng lượng riêng của mỗi siêu tụ là 6.0Wh/kg.

$E_{stored}$ : Năng lượng lưu trữ của mỗi siêu tụ là 3.04Wh.

$ESR_{DC}$ : Điện trở trong của siêu tụ là  $0.29\Omega$ .

Mass: Khối lượng của siêu tụ là 510g.

Do chúng ta mắc nối tiếp các siêu tụ giống nhau với nhau nên công suất riêng, năng lượng riêng của khối siêu tụ không đổi và năng lượng lưu trữ của khối siêu tụ sẽ tăng lên:

$$E_{stored} = \frac{\frac{1}{2}CV^2}{3600} = \frac{\frac{1}{2} \times 500 \times 16.2^2}{3600} = 18.225Wh$$

Ghi chú: Công thức trên được lấy từ datasheet BC SERIES ULTRACAPACITOR của siêu tụ Maxwell BCAP3000.

Đồng thời điện trở trong và khối lượng của khối siêu tụ bằng tổng điện trở trong và khối lượng của từng siêu tụ:

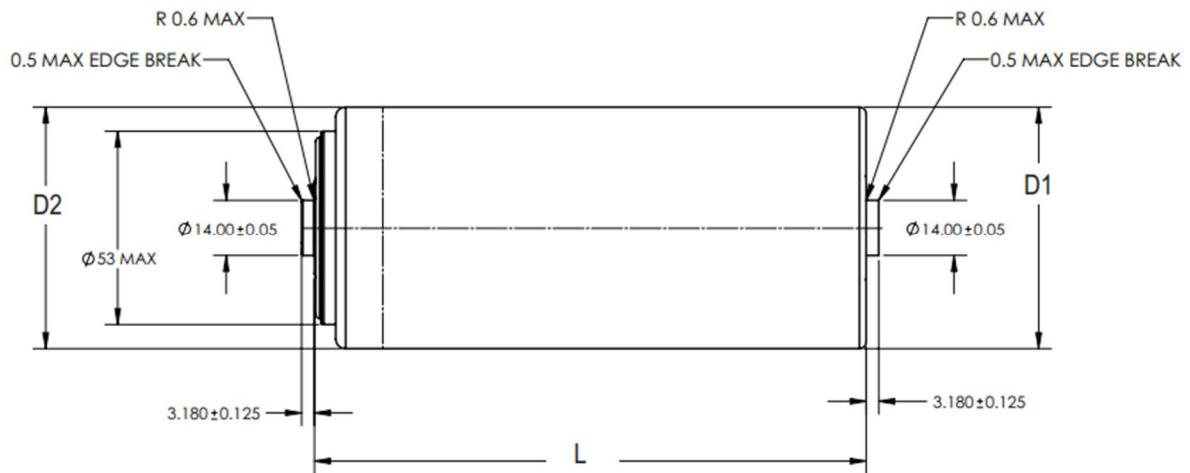
$ESR_{DC}=1.74\Omega$

Mass=3.06kg

Tôi chọn bộ lưu trữ này vì nó đáp ứng tích trữ năng lượng lớn, điện áp tương đương điện áp hệ thống, khả năng nạp đầy và an toàn trong quá trình nạp. Và chúng tôi có thể dùng khối siêu

tụ này để thay thế cho accu nếu accu có vấn đề hay hư hỏng. Ở đồ án này tôi sử dụng bộ lưu trữ này chỉ để cung cấp điện cho các tải gián đoạn trên xe.

- Không gian bộ siêu tụ BCAP3000.

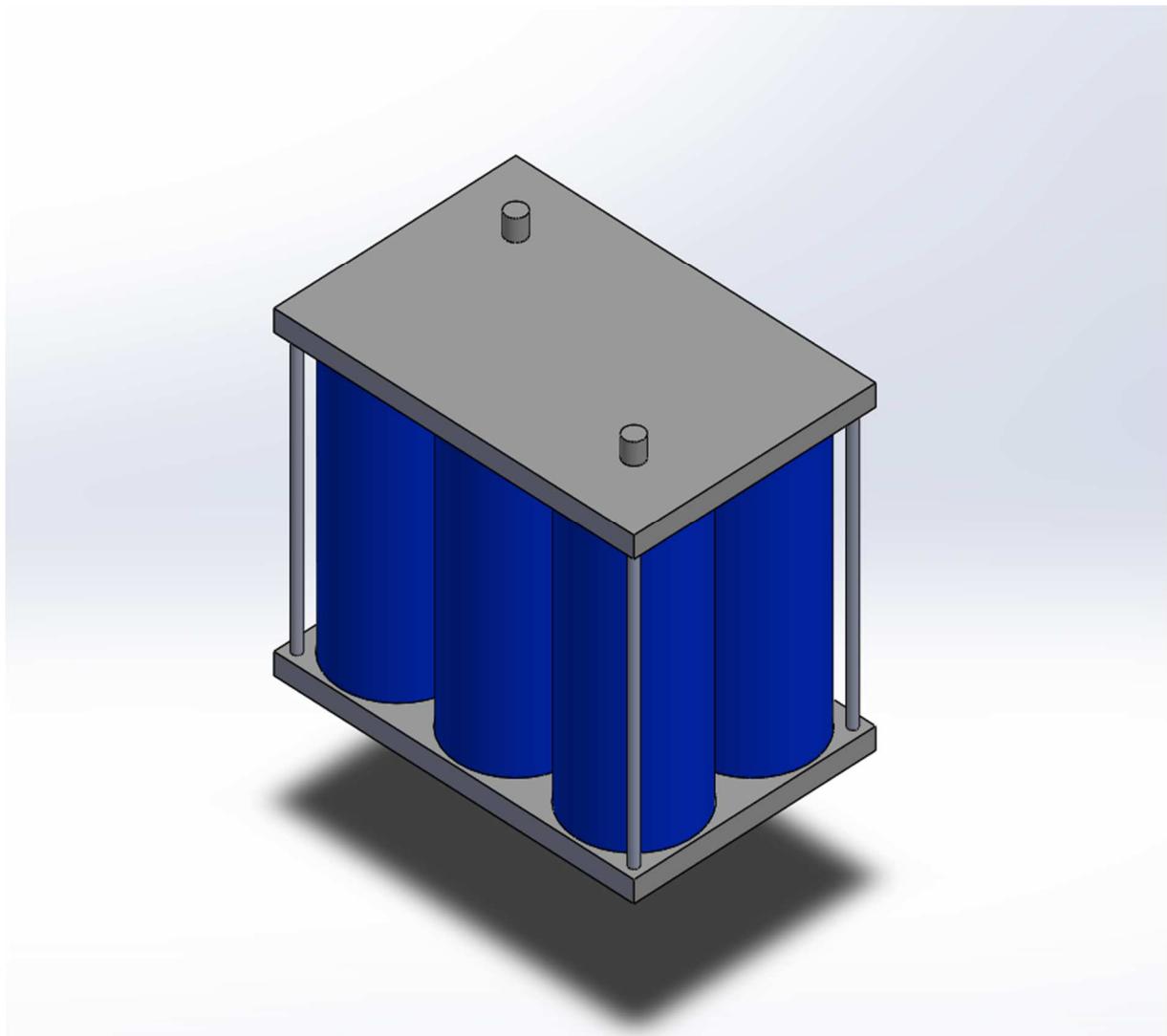


Hình 3.14. Kích thước siêu tụ BCAP3000.

Bảng 3-5. Thông số kích thước siêu tụ BCAP3000.

Part Description	Dimensions (mm)		
	L (±0.3mm)	D1 (±0.2mm)	D2 (±0.7mm)
BCAP3000	138	60.4	60.7

Sau khi khảo sát tôi đã thiết kế khói siêu tụ sau:



Hình 3.15. Khối siêu tụ BCAP3000 thiết kế bằng Solidworks.

Kích thước thiết kế khối siêu tụ:

- Chiều dài: 188.1 mm.
- Chiều rộng: 126.4 mm.
- Chiều cao: 152 mm.
- Tổng chiều cao (có cực nối): 162 mm.

Khối siêu tụ này có kích thước nhỏ gọn hơn nhiều so với accu.

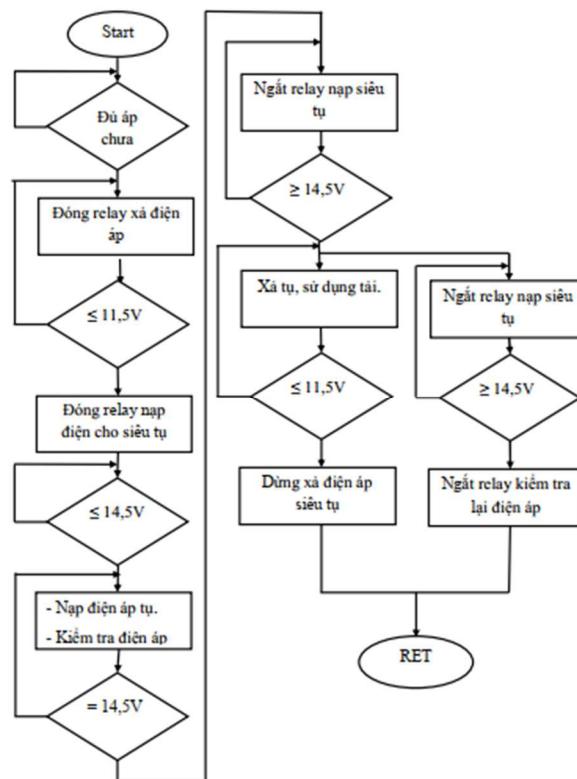
### 3.3. Hệ thống điều khiển.

#### 3.3.1. Ý tưởng về hệ thống điều khiển.

Các tài gián đoạn trên xe sử dụng không theo chu kỳ nhất định, lúc nhiều lúc ít, nhưng giữ vai trò rất quan trọng trên xe nhất là sự an toàn cho người trên xe và các phương tiện khác như là đèn báo rẽ, đèn phanh,... Nên nếu sử dụng năng lượng điện cảm thu hồi vào siêu tụ để sử dụng cho các thiết bị này mà không đủ năng lượng để duy trì thì sẽ gây ra nguy hiểm nghiêm trọng. Vì thế tôi đã suy nghĩ và thiết kế một hệ thống xen kẽ giữa siêu tụ và accu để đáp ứng được việc hoạt động của các thiết bị này.

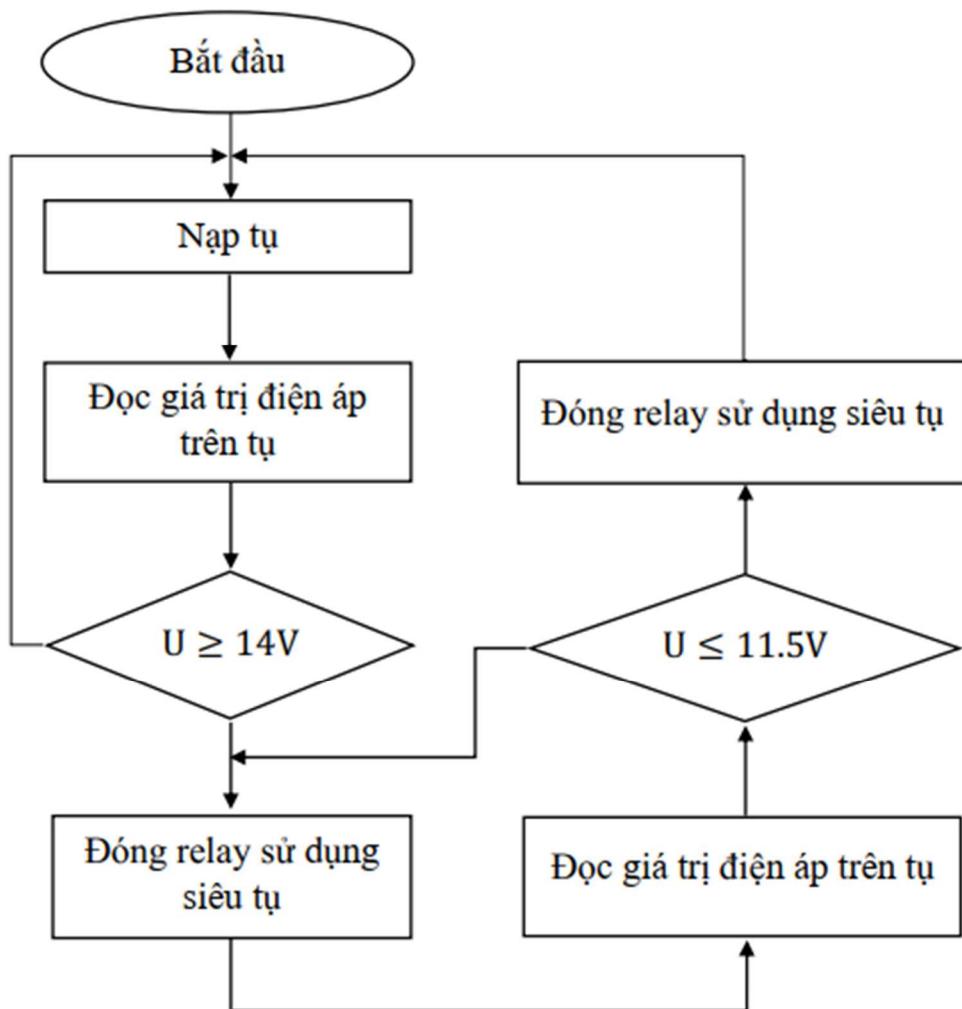
#### 3.3.2. Lưu đồ thuật toán của các đồ án trước.

##### ✚ Lưu đồ thuật toán của đồ án “Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô”.



Hình 3.16. Lưu đồ thuật toán chương trình con hoạt động kiểm soát mức điện áp khói siêu tụ  
(Đồ án: Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô).

- Lưu đồ thuật toán của đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện”.

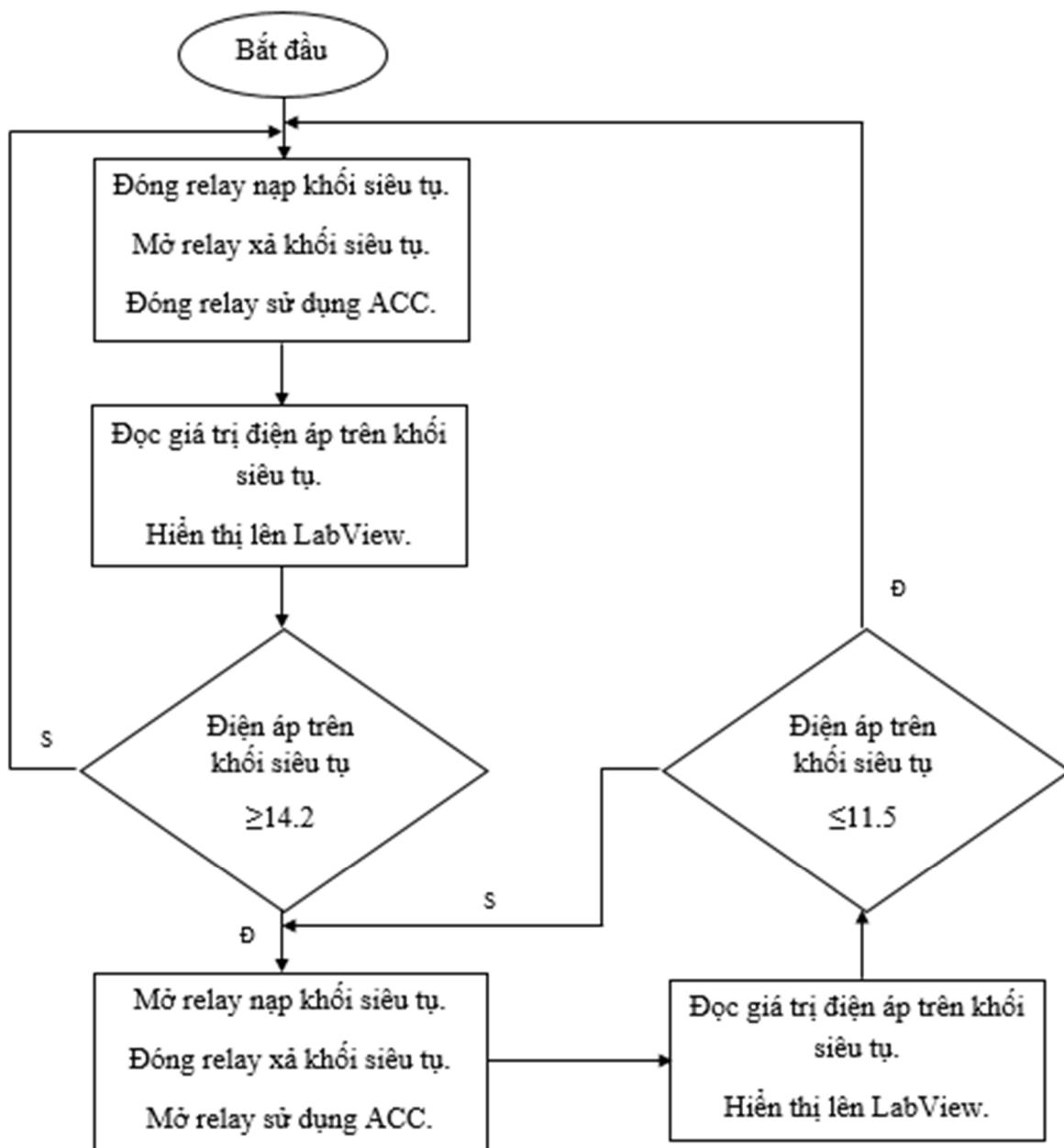


Hình 3.17. Lưu đồ thuật toán điều khiển hệ thống phun nhiên liệu bằng siêu tụ (Đồ án: Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện).

### 3.3.3. Lưu đồ thuật toán tối ưu.

Như chúng ta thấy lưu đồ thuật toán của nhóm đồ án “Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô” khá là dài dòng và phức tạp. Còn lưu đồ của nhóm đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện” rất đơn giản và theo như nhận định thì đây dường như là lưu đồ tối ưu nhất.

Nhưng để tối ưu hơn nữa tôi đã nghiên cứu và đưa ra nhận định mục đích duy nhất của hệ thống điều khiển là đọc mức điện áp của khói siêu tụ và hiển thị lên màn hình đồng thời kích hoạt các relay ở các mức điện áp để đáp ứng yêu cầu nhà thiết kế. Dựa vào lưu đồ của nhóm đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện” tôi đã viết lại 1 lưu đồ mới vừa kích relay và vừa hiển thị lên màn hình.



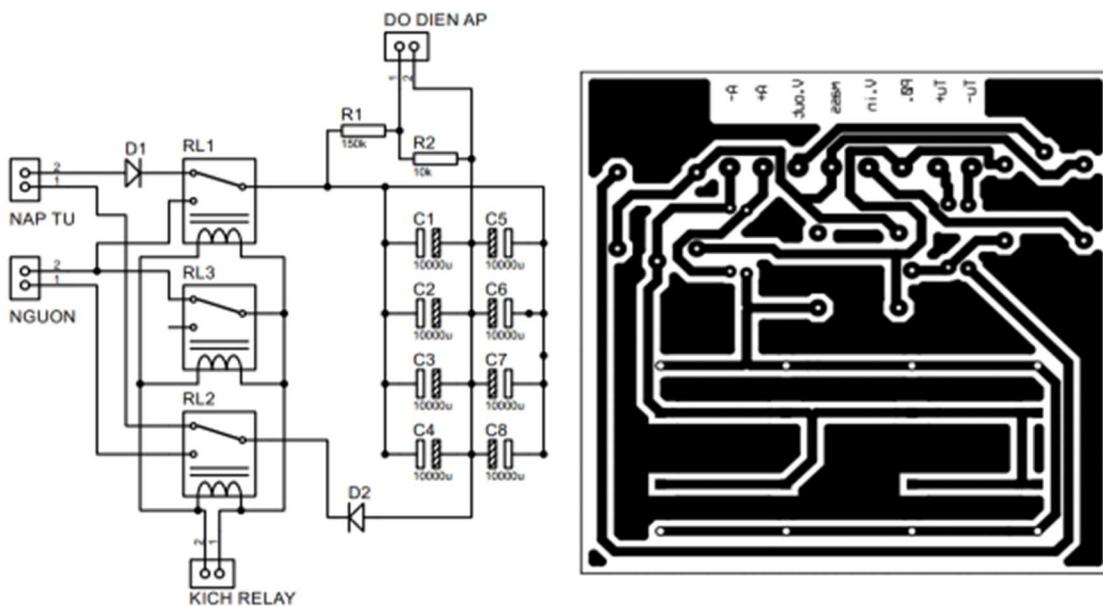
Hình 3.18. Lưu đồ thuật toán đã tối ưu.

Tôi sẽ liên tục đọc tín hiệu điện áp trên khói siêu tụ và gửi về vi điều khiển để hiển thị lên màn hình đồng thời kiểm tra nếu điện áp trên khói siêu tụ thấp hơn 11.5V sẽ tiến hành kích hoạt relay nạp cho khói siêu tụ và đóng relay xả, đồng thời kích hoạt relay chuyển sang sử dụng năng lượng ACC. Ngược lại, khi khói siêu tụ được nạp tới ngưỡng điện áp 14.2V, vi điều khiển sẽ tiến hành ngắt ACC và sử dụng năng lượng trên khói siêu tụ.

### 3.4. Sản phẩm thử nghiệm.

#### 3.4.1. Sơ đồ mạch điện.

- + **Sơ đồ mạch điện của nhóm đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện”.**



Hình 3.19. Sơ đồ mạch điện và mạch in điều khiển chuyển đổi accu và tụ điện cho mạch nạp bằng diode.

Hệ thống này hoạt động xen kẽ giữa siêu tụ và accu, tín hiệu điện áp trên siêu tụ điện được thu thập về máy tính và kiểm tra nếu mức điện áp thấp hơn 11V sẽ tiến hành kích relay chuyển sang sử dụng năng lượng ACC để tụ được nạp trở lại. Ngược lại khi tụ được nạp đến ngưỡng 14V máy tính tiên hành ngắt ACC và sử dụng năng lượng trên tụ.

Nguyên lý hoạt động:

Khi thu điện tự cảm bằng diode thì accu và tụ điện không cùng mass nên trong trường hợp này mạch điều khiển chuyển đổi gồm có 4 cổng kết nối và 3 relay.

4 cổng kết nối gồm: 1 cổng thu tín hiệu điện áp trên tụ điện, 1 cổng cho quá trình nạp tụ, 1 cổng cung cấp nguồn, 1 cổng điều khiển relay.

Công dụng của 3 relay lần lượt như sau;

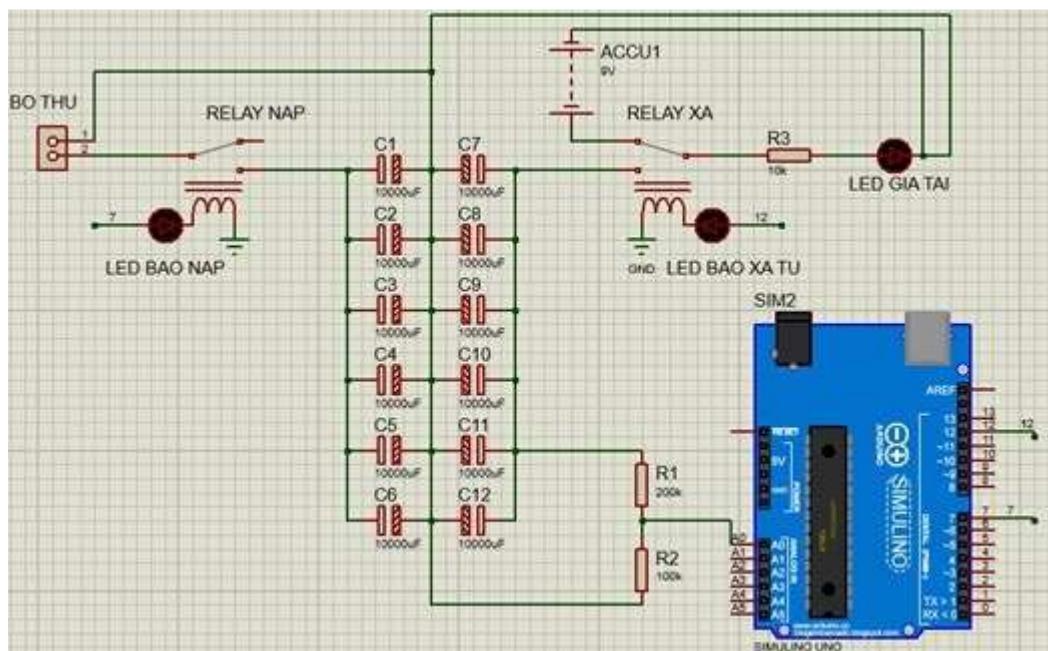
RL1 dùng để đóng ngắt đường nạp ở cực dương của tụ điện, đồng thời khi RL1 ngắt thì nạp sẽ đóng đường xả cho cực dương của tụ, lúc này kim phun sẽ sử dụng năng lượng từ tụ.

RL2 dùng để đóng ngắt đường nạp ở cực âm của tụ điện, đồng thời khi ngắt nạp thì RL2 cũng sẽ làm tiếp mass giữa tụ và accu. Vì lúc này đường nạp dương đã ngắt nên việc hòa mass tụ điện vào mass accu sẽ không xảy ra vấn đề.

RL3 dùng để đóng ngắt đường dương của accu dùng cho kim phun, khi RL1 và RL2 đang mở (tức quá trình nạp đang diễn ra) thì RL3 sẽ đóng dương accu vào kim phun để sử dụng năng lượng accu. Khi RL3 ngắt thì RL1 và RL2 cũng sẽ ngắt và quá trình lại lặp lại như trên.

#### **Sơ đồ mạch điện tối ưu.**

Sau khi tìm hiểu, nghiên cứu và đồng thời dựa vào sơ đồ mạch điện của đồ án trên, tôi đã thiết kế một sơ đồ mạch điện mới chỉ sử dụng 2 relay.



Hình 3.20. Sơ đồ mạch điện điều khiển và bộ lưu trữ mô phỏng bằng Proteus.

Nguyên lý hoạt động:

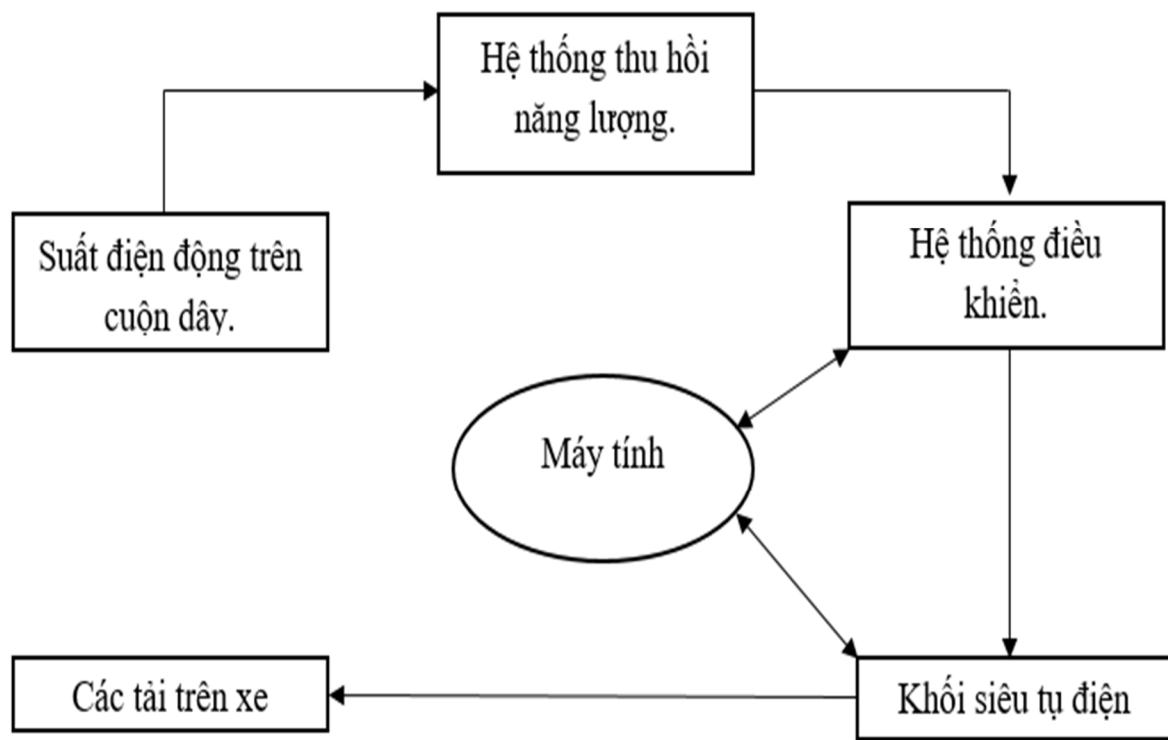
Qua việc đo điện áp ở trên khói ADC xác định ra các mức điện áp để đóng mở relay nạp điện cho siêu tụ. Khi điện áp đo được dưới 11.5V thì vi điều khiển đưa ra mức điện áp cao 5V qua chân 4 để kích relay nạp đóng để bộ thu hồi nạp cho siêu tụ. Đồng thời mức điện áp thấp 0V ở chân 7 để không kích relay xả, lúc đó relay xả ở cửa thường đóng cho dòng điện accu chạy qua để sử dụng tải. Ngược lại, khi điện áp ở khói siêu tụ trên 14.5V thì vi điều khiển đưa ra mức điện áp cao 5V ở chân 7 và mức 0V ở chân 4, để mở relay nạp không cho bộ thu nạp cho siêu tụ, đồng thời relay nạp chuyển qua cửa thường mở để tải sử dụng năng lượng trên khói siêu tụ.

### 3.4.2. Vi điều khiển và kết nối.

Như tôi đã nói ở trên mục đích duy nhất của hệ thống điều khiển là đọc mức điện áp của khói siêu tụ và hiển thị lên màn hình đồng thời kích hoạt các relay ở các mức điện áp để đáp ứng yêu cầu nhà thiết kế. Để đáp ứng được các vấn đề trên tôi quyết định sử dụng Arduino Uno để điều khiển relay và hiển thị.

Arduino Uno là một vi điều khiển phổ biến. Arduino Uno có thể thu xuất được các tín hiệu cần thiết và hiển thị lên LabView. Giao tiếp qua cổng USB, có tần số hoạt động cao, ngôn ngữ lập trình đơn giản. Và Arduino Uno có giá thành thấp, dễ tìm trên thị trường.

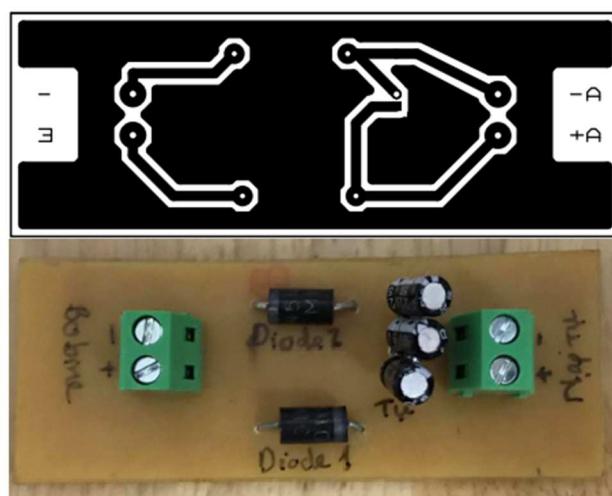
Tuy nhiên tín hiệu thu về từ Arduino còn khá nhiễu, độ chính xác chưa cao. Nhưng các thiết bị điện trên ô tô hoạt động tốt ở mức điện áp khoảng 11.5-14.2V, vì thế chúng ta chỉ cần lập trình để độ nhiễu của tín hiệu vào Arduino Uno không vượt quá mức điện áp 14.2V tránh gây hỏng các thiết bị điện.



Hình 3.21. Sơ đồ kết nối hoàn thiện.

### 3.4.3. Sản phẩm thử nghiệm.

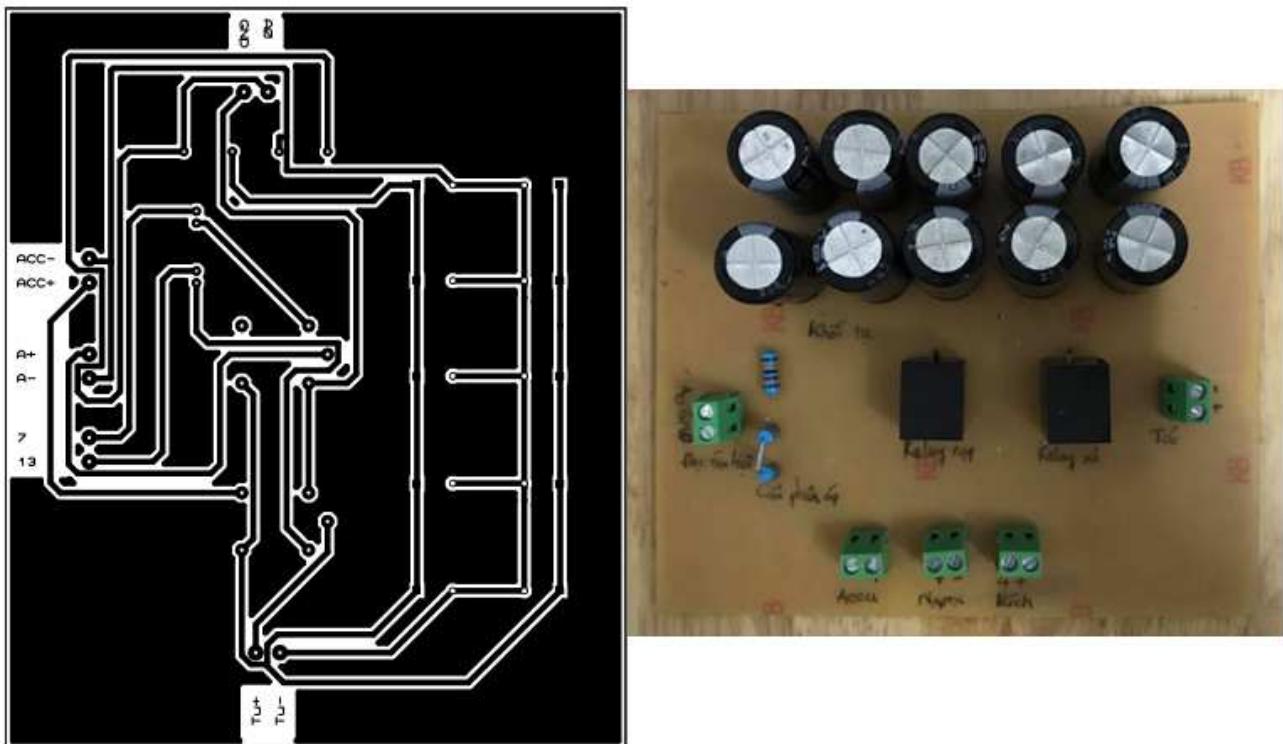
✚ Bộ thu hồi thử nghiệm.



Hình 3.22. Mạch in và sản phẩm thử nghiệm của bộ thu hồi cho một bobine.

✚ Bộ lưu trữ và điều khiển thử nghiệm.

Vì kinh phí có hạn nên tôi sử dụng 10 tụ thường có dung lượng  $10000\mu\text{F}$ -25V mắc song song để thay cho khối siêu tụ.



Hình 3.23. Mạch in và sản phẩm của bộ lưu trữ và điều khiển.

✚ Hiển thị LabView.

Tôi sử dụng phần mềm LabView để hiển thị mức điện áp và năng lượng tích trữ trên khối siêu tụ.



Hình 3.24. Màn hình táp lô mô phỏng bằng LabView.

#### 3.4.4. Thuật toán Arduino và hiển thị LabView.

**Thuật toán điều khiển Arduino kích relay nạp, xả và hiển thị:**

```

void setup()
{
    Serial.begin (9600);

    pinMode (7, OUTPUT);

    pinMode (4, OUTPUT);

    digitalWrite (7, LOW);

    digitalWrite (4, HIGH);
}

```

```
float Pot_A0;  
float Pot_A1;  
  
void loop()  
{  
    float Pot_A0 = analogRead (A0);  
    float volt = (Pot_A0 * 15) / 1024.0;  
    Serial.print("a");  
    Serial.print(volt);  
    if (volt < 11.5)  
    {  
        digitalWrite(7, LOW);  
        digitalWrite(4, HIGH);  
    }  
    if (volt > 14.5)  
    {  
        digitalWrite(7, HIGH);  
        digitalWrite(4, LOW);  
    }  
    float Pot_A1= analogRead(A1);
```

```

float buomga;

buomga= map(Pot_A1,0,1023,63,12);

float hienthi;

hienthi=buomga*2;

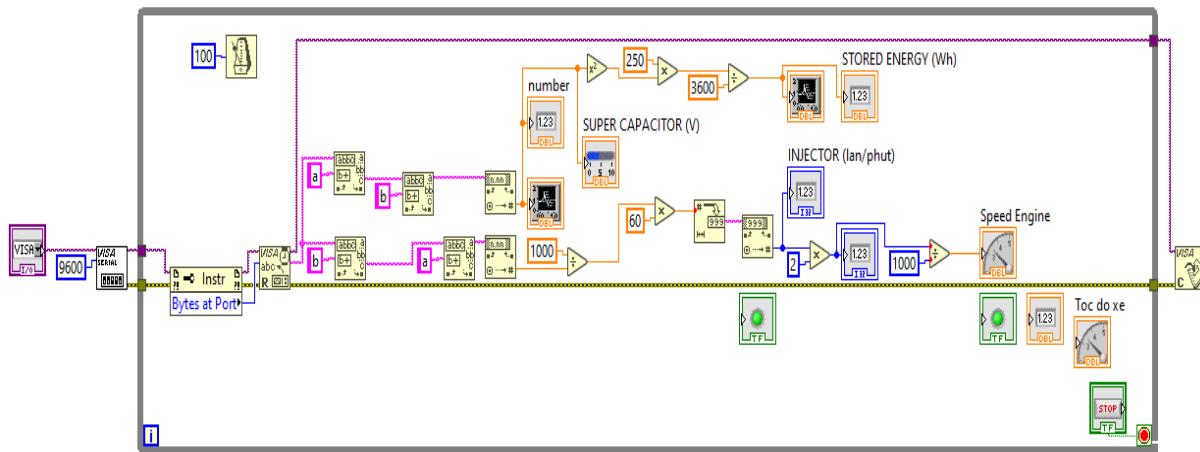
Serial.print("b");

Serial.print(hienthi);

}

```

### Thuật toán chương trình LabView:

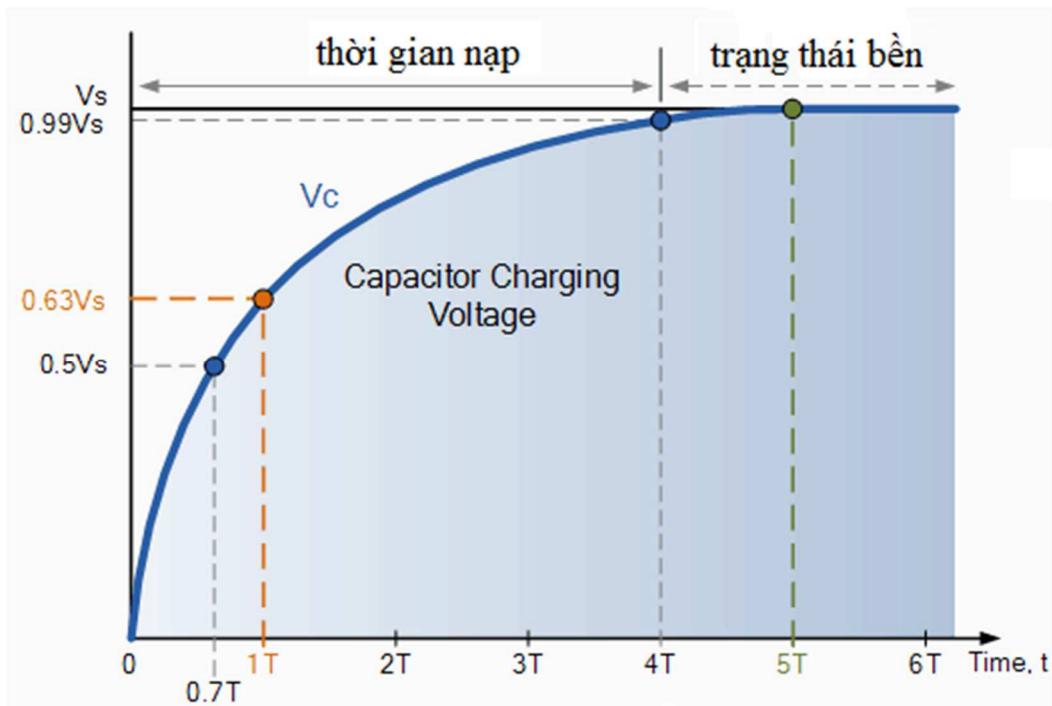


Hình 3.25. Thuật toán chương trình hiển thị LabView.

### 3.5. Kết quả sản phẩm tối ưu.

#### 3.5.1. Thời gian nạp tụ.

Ta có sơ đồ lý thuyết về thời gian nạp tụ:



Hình 3.26. Điện thế của tụ trong quá trình nạp tụ.

Với  $T=RC$

Trong đó:

$T$ : Thời gian nạp (s).

$R$ : Tổng trở trong mạch ( $\Omega$ ).

$C$ : Điện dung của tụ (F).

Từ sơ đồ lý thuyết trên ta thấy tại thời điểm  $T=RC$  thì điện áp tụ đạt khoảng 63%  $V_{max}$  và thời điểm 5T thì gần như là tụ đầy.

Đối với đồ án trước là đồ án “Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện”, nhóm đồ án đã thử nghiệm với bộ lưu trữ là khối các tụ  $10000\mu F$ - $25F$  mắc song song giống tôi nhưng chỉ dùng 8 tụ ( $80000\mu F$ ). Với bộ thu hồi bằng diode họ đã thu hồi năng lượng điện cảm trên 3 kim phun để nạp vào khối tụ ( $80000\mu F$ ) từ  $0V$  đến  $14.5V$  trong  $10s$ . Trong khi đó với bộ thu hồi bằng diode và tụ tôi đã thu hồi năng lượng điện cảm trên 1 bobine để nạp vào khối tụ ( $100000\mu F$ ) từ  $0V$  đến  $14.5V$  trong thời gian chưa đầy  $2s$ . Từ đó tôi lập bảng so sánh thời gian nạp từ  $0V$ - $14.5V$  của 2 bộ thu hồi dựa vào công thức nạp tụ ( $R$  không đổi).

Bảng 3-6. Thời gian nạp tụ của “bộ thu hồi bằng diode” và “bộ thu hồi bằng diode và tụ”.

Điện dung khối tụ (F)	Điện áp khối tụ (V)	% nạp	Thời gian nạp (s)	
			Bộ thu hồi bằng diode	Bộ thu hồi bằng diode và tụ
0.08	25	58% ( $\approx T$ )	10	1.2
0.1	25	58% ( $\approx T$ )	12.5	1.5
117	16.2	90% ( $\approx 3T$ )	14625 ( $\approx 4h$ giờ)	1755 ( $29.25$ phút)
500	16.2	90% ( $\approx 3T$ )	62500 ( $\approx 17.36$ giờ)	7500 ( $125$ phút)

Từ bảng so sánh trên ta thấy thời gian nạp tụ của bộ thu hồi bằng diode và tụ nhỏ hơn rất nhiều so với bộ thu hồi bằng diode.

Thực tế trong thời gian hoạt động, điện áp trên khói siêu tụ còn  $11.5V$  đã bắt đầu nạp lại. Khói siêu tụ  $500F$ - $16.2V$  nạp từ  $0V$  đến  $11.5V$  tầm  $2T$  vậy thời gian nạp siêu tụ từ  $11.5V$  đến  $14.2V$  tầm  $1T = 41.6$  phút.

### 3.5.2. Thuật toán điều khiển và hiển thị.

Thuật toán kích relay nạp xả đúng với mức điện áp mà vi điều khiển đọc được, tuy nhiên có sai số với mức điện áp thực tế do sử dụng cầu phân áp để đọc tín hiệu nên tín hiệu vào không chính xác hoàn toàn, nhưng trong phạm vi cho phép không vượt mức điện áp 14.5V để gây ảnh hưởng đến các thiết bị điện.



Hình 3.27. Kết quả thu thập và hiển thị trong quá trình nạp tụ.



Hình 3.28. Kết quả thu thập và hiển thị trong quá trình xả tụ.

Ở đồ thị trên ta thấy mức điện áp bị nhiễu không ổn định nhưng không ảnh hưởng đến hệ thống nên có thể chấp nhận được.

### 3.5.3. Kinh phí thực hiện toàn hệ thống.

Bảng 3-7. Bảng giá thành sản phẩm của “bộ thu hồi bằng diode” và “bộ thu hồi bằng diode và tụ”.

	Bộ thu hồi bằng diode			Bộ thu hồi bằng diode và tụ		
	Tên sản phẩm	Số lượng	Giá thành hiện tại (Đồng)	Tên sản phẩm	Số lượng	Giá thành hiện tại (Đồng)
Bộ lưu trữ	BMOD0058 E016 B02	2 (cell)	1.977.836 (\$85.344)	BCAP3000 P270 K04	6 (siêu tụ)	2.936.303 (\$126.702)
Bộ điều khiển	Card NI USB 6009	1	3.244.482 (\$140)	Arduino Uno	1	120.000
Tổng giá thành			5.222.318			3.056.303

Ngoài các sản phẩm trên còn các linh kiện điện tử khác nhưng không đáng kể.

Với bảng so sánh trên ta thấy tổng giá thành của “bộ thu hồi bằng diode và tụ” thấp hơn giá thành của “bộ thu hồi bằng diode”.

## **CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN.**

### **4.1. Những nội dung chính của đồ án.**

- + Lý thuyết về tối ưu hóa.
- + Lý thuyết năng lượng điện cảm và sức điện động tự cảm trên hệ thống điện ô tô.
- + Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng tự cảm.
- + Thiết kế bộ lưu trữ là siêu tụ điện và không gian sử dụng siêu tụ.
- + Làm mô hình thử nghiệm từ thuật toán đã tối ưu.
- + Sử dụng phần mềm Arduino để viết thuật toán.
- + Sử dụng phần mềm LabView để thu thập dữ liệu và hiển thị lên giao diện người dùng.

### **4.2. Đóng góp khoa học của đồ án.**

- + Tối ưu hóa thuật toán điều khiển năng lượng điện cảm.
- + Mô phỏng mô hình thử nghiệm.
- + Sử dụng siêu tụ điện làm bộ lưu trữ thay vì accu như các xe hiện nay.
- + Viết chương trình thuật toán.
- + Thiết kế mạch thu thập, xử lý và hiển thị dữ liệu.

### **4.3. Hướng phát triển của đồ án.**

- + Tăng hiệu suất thu hồi năng lượng điện cảm.
- + Ứng dụng thật tế trên các dòng xe.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Tối ưu hóa - Giáo trình cho ngành Tin học và Công nghệ thông tin, Trường Đại Học Nông nghiệp I, PGS.TS. Nguyễn Hải Thanh, Nhà xuất bản Bách Khoa - Hà Nội.
2. Lý thuyết tối ưu, Võ Minh Phổ.
3. Đồ án: Nghiên cứu chế tạo thiết bị thu hồi điện cảm trên hệ thống điện ô tô, SVTH: Đặng Trí Trung, Nguyễn Đức Trọng.
4. Đồ án: Thiết kế thi công hệ thống điều khiển phun nhiên liệu dùng siêu tụ điện, SVTH: Lê Văn Huy, Nguyễn Ngọc Đăng Khoa.
5. Hệ thống điện động cơ, Hệ thống điện và điện tử trên ô tô hiện đại, PGS.TS. Đỗ Văn Dũng, ĐH SPKT TP.HCM.
6. <https://www.ultracapacitor.co.kr:8001/products/lsuc>
7. [https://www.maxwell.com/images/documents/K2Series\\_DS\\_1015370\\_5\\_20141104.pdf](https://www.maxwell.com/images/documents/K2Series_DS_1015370_5_20141104.pdf)
8. <http://nguyengiaphatauto.com/news/detail/gioi-thieu-mot-so-ac-quy-thong-dung-cho-xe-o-to-293.html>
9. <http://labview.hocdelam.org>.
10. <http://ni.com>.
11. <http://www.mazda.com/mazdaspirit/env/engine/i-eloop.html>.
12. [Diendandientu.com](http://diendandientu.com)
13. <https://thietbithinghiem.edu.vn/khao-satqua-trinh-phong-va-nap-cua-tu-dien/>
14. <https://www.components-shop.hk/>
15. <https://vi.aliexpress.com/>

