

**NGHIÊN CỨU, THI CÔNG HỆ THỐNG TÍCH LŨY
NĂNG LƯỢNG ĐIỆN DẠNG CẢM KHÁNG TRÊN Ô TÔ**
RESEARCHING AND INSTALLING ACCUMULATED SYSTEM
OF INDUCTANCE ENERGY IN AUTOMOBILE

**Phan Nguyễn Quý Tâm, Đỗ Văn Dũng,
Đỗ Quốc Âm, Nguyễn Bá Hải**
Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 01/4/2015, ngày phản biện đánh giá 02/4/2015, ngày chấp nhận đăng 5/4/2015

TÓM TẮT

Trên hệ thống điện và điện tử ô tô, nhiều cơ cấu chấp hành có kết cấu từ cuộn cảm như: các bobine đánh lửa, kim phun, van điện từ, role... Tại các thời điểm chuyển mạch, trên các cuộn dây sẽ xuất hiện các xung điện tự cảm có biên độ cao. Sức điện động từ 80V đến 400V nêu trên ảnh hưởng lớn đến tuổi thọ linh kiện điện tử, sinh nhiệt và gây lãng phí năng lượng. Đề tài trình bày kết quả nghiên cứu và thi công một hệ thống thu hồi, tích lũy nguồn năng lượng điện cảm không những giúp bảo vệ linh kiện bán dẫn mà còn cung cấp cho các tải điện hoạt động gián đoạn trên xe, góp phần tiết kiệm điện năng và tiêu hao nhiên liệu.

Từ khóa: hệ thống thu hồi và tích lũy năng lượng, năng lượng điện cảm, sức điện động tự cảm.

ABSTRACT

In automotive electrical and electronic systems, solenoid operated actuators have been used such as: ignition coils, injectors, solenoids, relays.... These solenoids will produce high electromotive force (EMF) as soon as that current interrupted suddenly. These EMF with 80V to 400V altitude influence on the lifetime of electronic devices and waste energy. This paper present result of research and design the inductance energy recovery system that not only protect electronic devices but also supply to electrical loads to save electrical energy and fuel.

Key words: recovery and accumulated energy system, inductance energy, electromotive force.

I. GIỚI THIỆU

Ngày nay, các bộ chấp hành có kết cấu từ cuộn cảm được sử dụng rất phổ biến trên hệ thống điện ô tô như: bobine đánh lửa, kim phun, van điện từ, role...

Tuy nhiên, trong quá trình hoạt động, khi dòng điện đi qua các bộ phận này bị đóng ngắt đột ngột bởi thiết bị điều khiển, ở các cuộn cảm sẽ xuất hiện các sức điện động tự cảm từ 80V đến 400V, gây hại cho các thiết bị điện tử khác. Thêm vào đó dao động tắt dần xuất phát từ các xung điện nêu trên sinh nhiệt trên mạch điện là nguyên nhân gây tổn thất năng lượng.

Nhiều giải pháp đã được thực thi để hạn chế ảnh hưởng này nhưng phần lớn chỉ dừng ở việc triệt tiêu nguồn điện áp cảm kháng này khi chúng vừa xuất hiện. Vì thế, phân tích và đề xuất các giải pháp nhằm thu hồi nguồn năng lượng điện cảm này là vô cùng quan trọng.

Trên thế giới, nhiều công nghệ mới đã được ứng dụng trên ô tô nhằm tiết kiệm nhiên liệu như: công nghệ i-ELoop (Intelligent Energy Loop), Start-Stop, Hybrid Air, eDrive ... Công trình: *Ultracapacitors + DC-DC Converters in Regenerative Braking System*,

IEEE AESS System Magazine, August 2009, trình bày kết quả nghiên cứu, thi công thiết bị thu hồi năng lượng từ hệ thống phanh ô tô, ở đó có tích hợp các siêu tụ, bộ chuyển đổi DC-DC và board mạch vi xử lý.

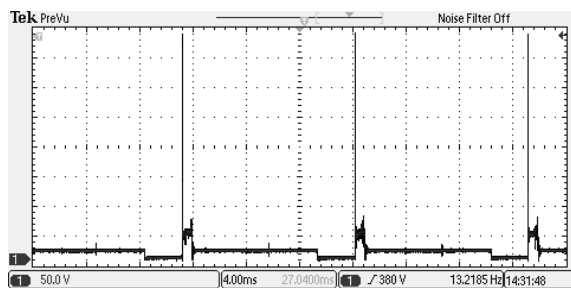
Tại Việt Nam, đã có một số công trình nghiên cứu về cuộn cảm và năng lượng điện như: *Chuyên đề cuộn cảm và năng lượng điện cảm trên hệ thống điện ô tô của Lương Anh Tuấn, Phân tích sức điện động tự cảm trên cuộn dây sơ cấp bobine của Vũ Tiến Đạt -Nguyễn Chí Thi...*

Nội dung: Nghiên cứu, thi công hệ thống tích lũy năng lượng điện dạng cảm kháng trên ô tô.

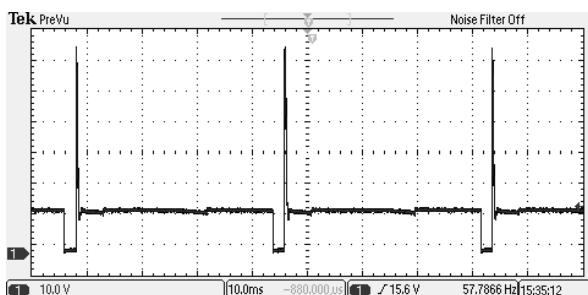
II. KHẢO SÁT THỰC TẾ VÀ CHỌN PHƯƠNG ÁN THU HỒI NĂNG LƯỢNG

Việc khảo sát các xung điện tự cảm được tiến hành trên xe Toyota Camry 2001 với các kết quả sau đây:

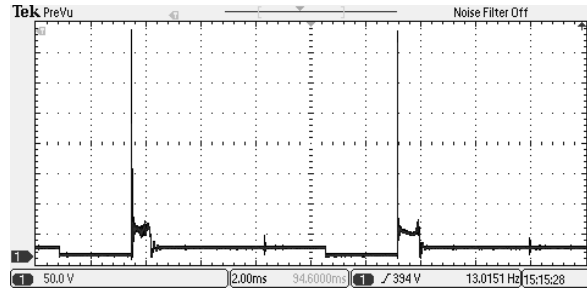
Khi xe hoạt động, trên hệ thống điện có nhiều xung điện tự cảm xuất hiện tại thời điểm đóng ngắt dòng điện qua các cuộn dây. Đây là một trong những yếu tố gây hại cho các hộp điều khiển điện tử. Dạng xung điện được trình bày trên hình 1 đến hình 4.



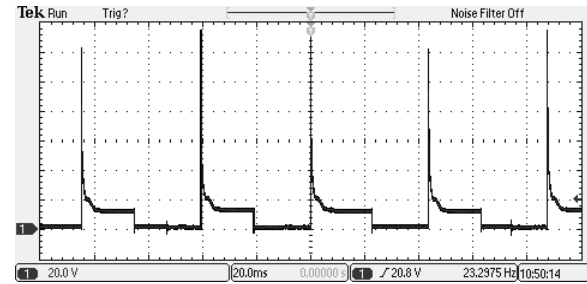
Hình 1: Xung điện áp sơ cấp của bobine.



Hình 2: Xung điện áp của kim phun.



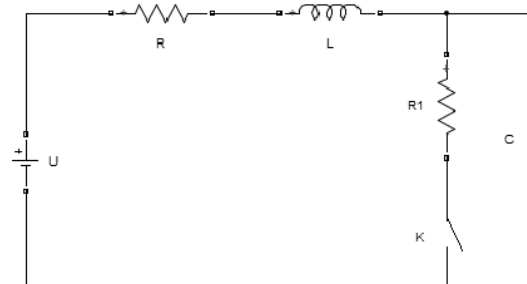
Hình 3: Xung điện áp của van điện từ.



Hình 4: Xung điện áp của cuộn dây.

Từ các dạng xung của các cuộn dây khác nhau trên ô tô, chúng ta có thể thấy biên độ của xung khá lớn, phụ thuộc nhiều vào tốc độ biến thiên của từ thông và số vòng quấn của cuộn dây. Thời gian dao động cũng thay đổi tùy thuộc vào thông số của mạch.

Để tính toán dòng điện và năng lượng của xung tự cảm, ta sử dụng mô hình được trình bày trên hình 5.



Hình 5: Sơ đồ tính toán mạch điện điều khiển cuộn dây.

Cường độ dòng điện qua cuộn dây tại thời điểm khóa K ngắt được xác định bởi công thức:

$$i(t) = \frac{U}{R + R_1} \left(1 - e^{-\frac{R+R_1}{L}t} \right)$$

Trong đó: U: Điện áp accu.

R: Tổng trở cuộn dây.
 R1: Điện trở trong của mạch điều khiển.
 K: Bộ phận đóng ngắt mạch.
 C: Tụ điện ổn định mạch.

Điện áp tự cảm trên cuộn dây:

$$U_L = L \frac{di(t)}{dt} = U e^{-\frac{R+R_1}{L}t}$$

Năng lượng tích lũy trên cuộn dây:

$$W_{tl} = \frac{L \cdot I_{ng}^2}{2} = \frac{L}{2} \left[\frac{U}{R + R_1} \left(1 - e^{-\frac{R+R_1}{L}t} \right) \right]^2$$

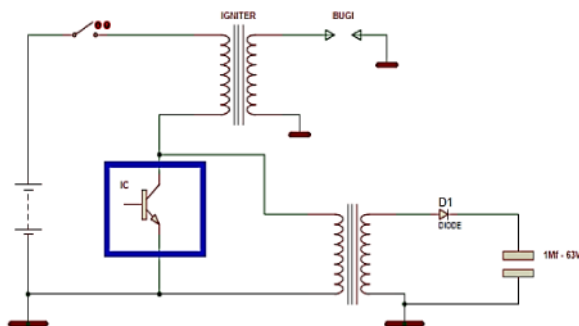
Kết quả tính toán năng lượng tích lũy ở các cơ cấu chấp hành phổ biến trên ô tô được trình bày trên bảng 1.

	Bobine	Kim phun	Van điện từ	Role
Thời gian (t)	0,02	0,01	0,01	0,0075
Năng lượng (J)	0,252	0,0117	0,022	0,00015

Bảng 1. Thông số thời gian và năng lượng tích lũy trong mỗi lần khóa K đóng ngắt.

Do tần số hoạt động của các solenoid khá lớn nên năng lượng tích lũy từ các cuộn dây nêu trên không nhỏ. Chính vì vậy, ta có thể thu hồi năng lượng tự cảm thông qua các phương án sau đây:

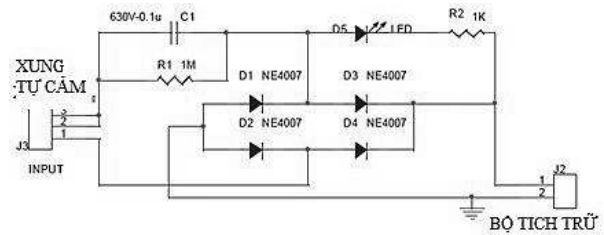
Các giải pháp thu hồi năng lượng tự cảm được trình bày trên hình 6, 7, 8.



Hình 6: Bộ thu hồi dùng tụ điện xoay chiều.

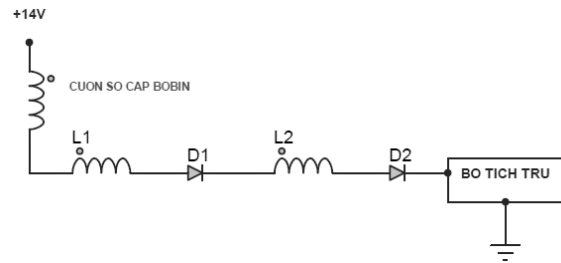
Bộ thu hồi năng lượng (hình 6) hoạt động dựa trên cơ chế biến đổi xung điện áp tự cảm đầu vào (80V- 250V) thành tín hiệu điện áp

xoay chiều để nạp cho tụ ở mức 14.2V.



Hình 7: Bộ thu hồi dùng tụ kero.

Bộ thu sử dụng tụ kero dung lượng 630V-0.1μF có chức năng tạo nhịp biên dao động đúng theo xung nhịp của tần số xuất hiện xung tự cảm, sau đó đi qua mạch cầu diode chỉnh lưu thành điện áp một chiều để nạp vào các thiết bị lưu trữ.



Hình 8: Bộ thu hồi dùng cuộn cảm.

Trên hình 8 giới thiệu giải pháp dựa trên nguyên lý biến áp xung. Xung tự cảm xuất hiện sẽ qua cuộn cảm L1. Khi cuộn cảm L1 tích lũy đủ năng lượng và ổn định mức điện áp sẽ giải phóng nguồn năng lượng bên trong sang cuộn cảm L2. Cuộn cảm L2 tạo xung điện ổn định và mức điện áp xung cao hơn so với xung điện áp ban đầu. Diode D1, D2 có chức năng chặn xung điện áp phóng ngược.

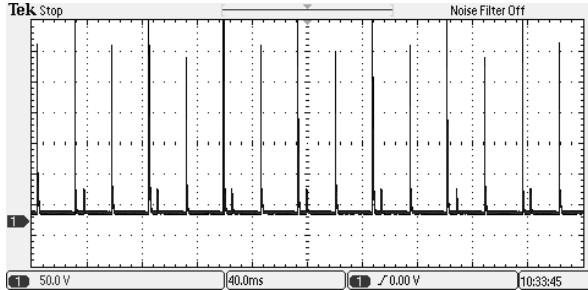
Thi công và đánh giá thiết bị thu hồi điện cảm

Phương án bộ thu hồi dùng cuộn cảm (hình 9) đã được chọn và thi công vì nó có khả năng đáp ứng các yêu cầu về hiệu suất và độ ổn định.

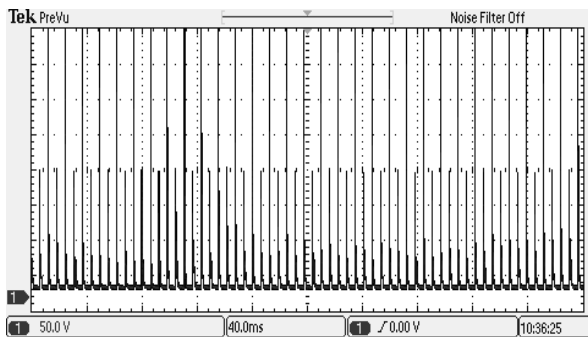


Hình 9: Cấu tạo bộ thu hồi điện cảm kháng

Quá trình đo và phân tích các xung điện áp trước và sau khi lắp bộ thu hồi được thực hiện trên dao động ký Tektronic DPO2024. Dạng xung trước và sau khi lắp bộ thu hồi năng lượng được trình bày trên hình 10, 11.



Hình 10: Xung điện trước khi lắp bộ thu hồi



Hình 11: Xung điện áp sau khi lắp bộ thu hồi

Kết quả cho thấy đỉnh xung điện áp tự cảm trong quá trình thu hồi tương đối ổn định.

III. THIẾT KẾ, THI CÔNG THIẾT BỊ LƯU TRỮ NĂNG LƯỢNG TỰ CẢM

Chọn thiết bị lưu trữ

Quá trình khảo sát và tìm hiểu về các thiết bị dự trữ năng lượng trên ô tô như: các loại ắc quy, pin nhiên liệu, siêu tụ ..., nhóm tác giả nhận thấy việc sử dụng siêu tụ sẽ đáp ứng tốt nhất cho việc thiết kế, chế tạo nhờ đặc tính nạp và phóng nhanh, mật độ năng lượng và mật độ công suất cao, điện áp định mức ổn định, thời gian sử dụng dài.... Siêu tụ Maxwell BCAP0350 2.7V-350F đã được chọn làm thiết bị lưu trữ năng lượng để nghiên cứu.

Thi công thiết bị

Để đáp ứng yêu cầu sử dụng hệ thống điện trong toàn hệ thống, một bộ lưu trữ điện áp

14.2V-116.7F được thiết kế gồm 02 khối siêu tụ mắc song song, trong đó mỗi khối gồm 06 siêu tụ Maxwell BCAP0350, 2.7V-350F mắc nối tiếp. Bộ lưu trữ này đáp ứng khả năng tích trữ năng lượng đủ lớn, điện áp tương đương điện áp hệ thống, khả năng nạp đầy và an toàn trong quá trình nạp (hình 12).



Hình 12: Thiết bị lưu trữ năng lượng gồm 12 siêu tụ Maxwell BCAP0350

Năng lượng cực đại của thiết bị lưu trữ:

$$E_{(max)} = \frac{C_{td}U^2}{2 \times 3600 \times mass} = \frac{116.7 \times 14.2^2}{2 \times 3600 \times \frac{3.2}{1000}} = 1021.3(J)$$

Công suất cực đại của thiết bị lưu trữ:

$$P_{(max)} = \frac{0.06 \times U^2}{ESR_{DC}} = \frac{0.06 \times 14.2^2}{\frac{60}{1000}} = 201.6 (W)$$

Trong đó: mass, là các thông số kỹ thuật của siêu tụ.

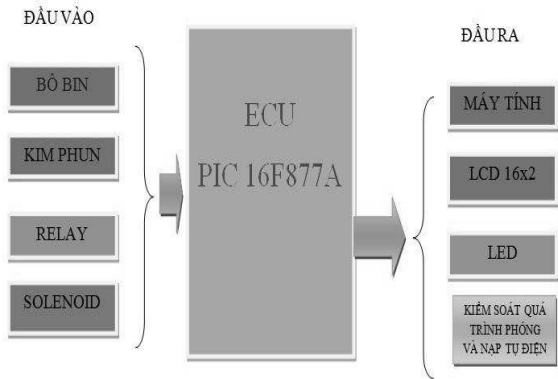
Việc tính toán cho thấy: tổng công suất của các tải điện hoạt động liên tục khoảng 345.5W và tổng công suất của các tải điện hoạt động gián đoạn 135.4W. Vì vậy, thiết bị lưu trữ năng lượng được đề xuất làm nguồn năng lượng hỗ trợ cho ắc quy để cấp cho các tải hoạt động gián đoạn.

Đánh giá điện áp khi hoạt động

Quá trình đo dạng sóng điện áp trên máy đo dạng sóng cho thấy độ dao động điện áp rất nhỏ, điều này đảm bảo cho quá trình nạp vào thiết bị lưu trữ an toàn và ổn định.

IV. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ HỆ THỐNG

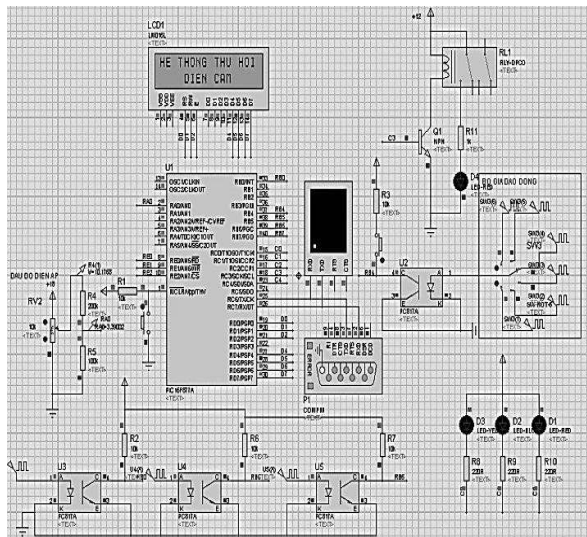
Thiết kế hệ thống kiểm soát năng lượng



Hình 13. Sơ đồ khối hệ thống kiểm soát năng lượng

Mô phỏng trên máy tính

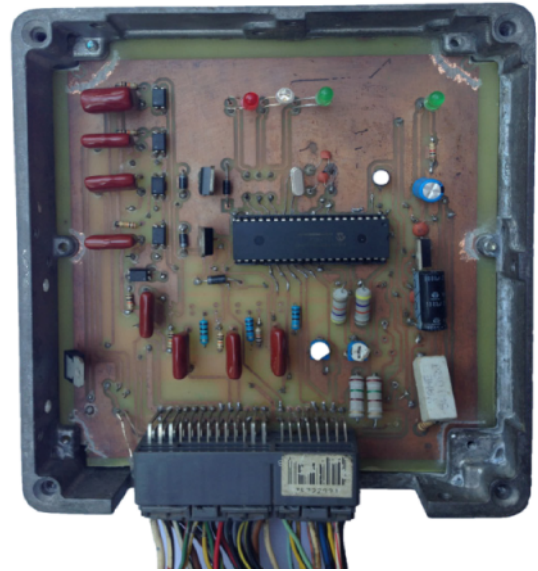
Hệ thống các tín hiệu đầu vào, vi mạch điều khiển ECU PIC 16F877A, các bộ chấp hành được mô phỏng trên Protuse để kiểm tra các tính năng hoạt động trước khi thi công.



Hình 14. Sơ đồ mạch hệ thống

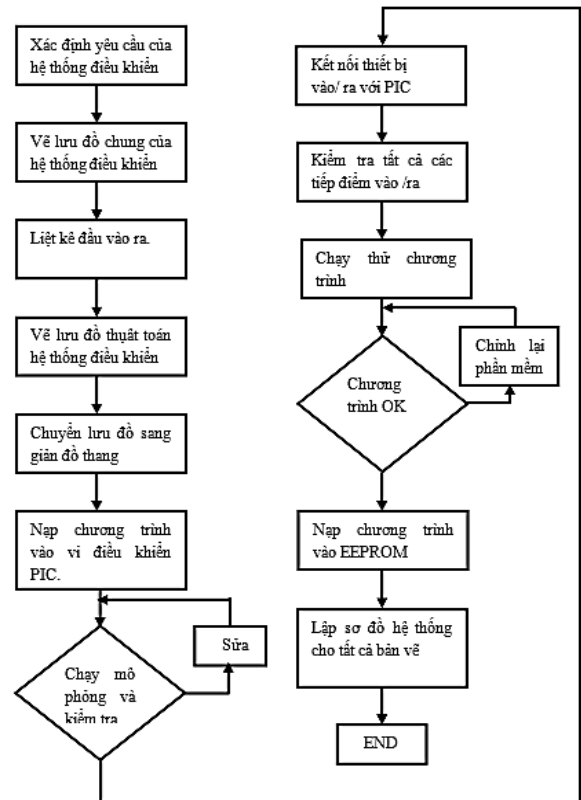
Thi công sản phẩm

Các linh kiện điện tử, vi điều khiển được tính toán và lựa chọn phù hợp các yêu cầu về thu thập, xử lý, điều khiển, hiển thị và truyền dữ liệu (hình 15).



Hình 15. Thiết bị điều khiển trung tâm.

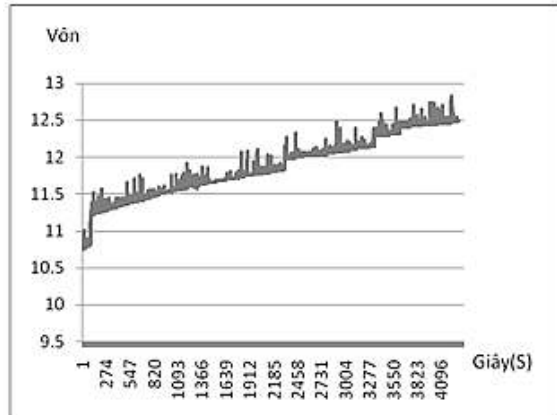
Thuật toán điều khiển được trình bày trên hình 16.



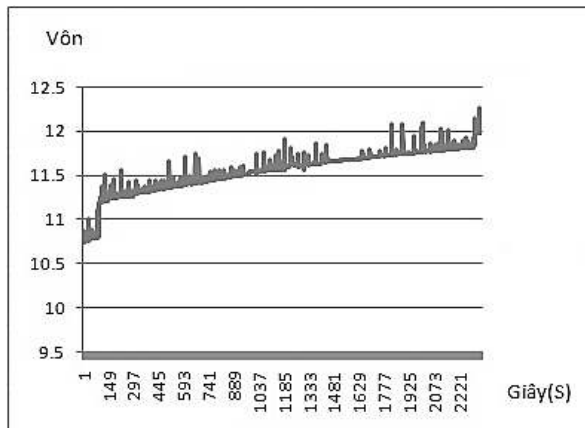
Hình 16: Lưu đồ thuật toán vi điều khiển PIC 16F877A.

V. KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM

Các thiết bị chế tạo được lắp đặt, thử nghiệm trên hệ thống điện của xe Toyota Camry 2001. Quá trình khảo sát thời gian cần thiết để điện áp trên bộ thu hồi tăng từ 11,2V đến 14,2V ở nhiều tốc độ quay khác nhau của động cơ.



Hình 17: Biến thiên điện áp trên bộ lưu trữ ở tốc độ động cơ $n= 800$ vòng/ phút.



Hình 18: Biến thiên điện áp trên bộ lưu trữ ở tốc độ động cơ $n= 2400$ vòng/ phút.

Kết quả thử nghiệm cho thấy: khi động cơ hoạt động tại 800 vòng/ phút, mất khoảng 04 phút để điện áp trên bộ lưu trữ tăng từ 11.0 V đến 12,5V. Khi tốc độ động cơ càng gia tăng, thời gian để đạt giá trị điện áp định mức càng nhỏ.

Khả năng ứng dụng của thiết bị chế tạo

Thiết bị lưu trữ sau khi được nạp đầy ở mức 14.2V, được thử nghiệm cấp điện cho từng loại phụ tải hoạt động từ lúc đầy năng lượng đến cho đến khi cạn năng lượng, kết

quả như sau (bảng 2):

STT	Tải điện gián đoạn	Công suất điện (W)	Thời gian sử dụng (phút)
1	Máy khởi động	1200	0.1
2	Nâng hạ kính	150	1.2
3	Xông kính	120	1.4
4	Mồi thuốc	100	2.1
5	Gạt mưa	60	3.4
6	Khóa cửa	60	3.8
7	Còi	60	4.5
8	Đèn sương mù	45	4.8
9	Đèn báo rẽ	44	5.3
10	Đèn phanh	42	9.9
11	Phun nước	40	6.3
12	Radio	35	6.6
13	Đèn lùi	20	7.3
14	Đèn trần	20	8.2
15	Đèn soi biển số	15	8.9

Bảng 2: Kết quả thời gian thử nghiệm trên tải điện gián đoạn của thiết bị lưu trữ.

Thời gian sử dụng sẽ dài hơn khi bộ lưu trữ này được lắp song song với accu trên xe, lúc này thiết bị sẽ được thu và tích trữ liên tục trong lúc hệ thống điện hoạt động, điều này giúp tiết kiệm khoảng 1.2% tiêu hao nhiên liệu.

VI. KẾT LUẬN

Việc chế tạo thành công thiết bị thu hồi năng lượng điện dạng cảm kháng trên ô tô giúp tận dụng được điện năng cảm kháng tự phát sinh trong quá trình các cuộn dây hoạt động, giúp tiết kiệm nhiên liệu trên xe. Đề tài đạt được một số kết quả nhất định mang lại nhiều ý nghĩa về mặt khoa học cũng như thực tiễn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] PGS.TS. Đỗ Văn Dũng, Điện động cơ và điều khiển động cơ, NXB Đại học Quốc gia Tp.Hồ Chí Minh, 2013.
- [2] TS. Hồ Văn Sung, *Cơ sở lý thuyết mạch điện và điện tử*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2012.
- [3] TS. Nguyễn Bá Hải, *Lập trình LabVIEW*, NXB Đại học Quốc gia Tp.Hồ Chí Minh, 2010.

Tiếng Anh

- [4] Micah Ortúzar, Juan Dixon, Jorge Moreno, *Design, Construction and Performance of a Buck-Boost Converter for an Ultracapacitor-Based Auxiliary Energy System for Electric Vehicles*, Pontificia University – Chile, 2011.
- [5] Martin Julander *Battery-Supercapacitor Energy Storage*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2008.

Website:

- [6] <http://labview.hocdelam.org>
- [7] www.picvietnam.com
- [8] <http://batteryuniversity.com>