

## ĐO LƯỜNG VÀ KIỂM SOÁT NĂNG LƯỢNG ĐIỆN CẢM TRÊN Ô TÔ SỬ DỤNG LABVIEW

### MEASUREMENT AND CONTROL SELF-INDUCTANCE ENERGY IN VEHICLE BY LABVIEW

**Phan Nguyễn Quý Tâm, Đỗ Văn Dũng, Nguyễn Bá Hải, Nguyễn Thành Tuyên**  
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

Ngày tòa soạn nhận bài 13/10/2020, ngày phản biện đánh giá 23/10/2020, ngày chấp nhận đăng 10/11/2020

#### TÓM TẮT

Bài viết giới thiệu việc xây dựng bộ đo lường và kiểm soát năng lượng điện cảm trên ô tô sử dụng LabVIEW kết hợp mạch chế tạo và bộ thu thập dữ liệu NI 6009 nhằm giải quyết khó khăn trong giảm sai số ngẫu nhiên, giảm thời gian và công sức trong quá trình thực nghiệm năng lượng điện cảm trên ô tô. Kết quả thực nghiệm cho thấy bộ đo lường thu thập dữ liệu có độ chính xác cao, phù hợp với kết quả đo bằng các thiết bị kiểm chứng. Các dữ liệu thu thập một cách tự động và được đồ thị hóa theo thời gian thực trên máy tính, thuận lợi trong việc theo dõi và xử lý các số liệu thực nghiệm.

**Từ khóa:** LabVIEW, NI 6009, thu hồi năng lượng, kiểm soát năng lượng điện cảm.

#### ABSTRACT

The article introduces the measuring and controlling of self-inductance energy using LabVIEW combined with NI6009 data collection to overcome difficulties in reducing random errors, reducing time and effort in the process of experimenting self-inductance energy in vehicle. The results show that the measuring set to collect data has high accuracy, consistent with the results measured by the control equipment. The data are collected automatically and graphed in real time on the computer, convenient in monitoring and processing experimental data.

**Keywords:** LabVIEW, NI 6009, energy recovery, measurement and control self-inductance energy;

#### 1. GIỚI THIỆU

Tự động đo lường và kiểm soát điện áp trên ô tô nói chung và năng lượng điện cảm nói riêng có vai trò quan trọng trong nghiên cứu, ứng dụng năng lượng điện cảm tái sinh qua đó giúp tiết kiệm thời gian, tăng độ chính xác trong quá trình thực hiện các thử nghiệm.

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về đo lường và điều khiển trên hệ thống điện động cơ ô tô. Tác giả Lê Khánh Tân và các cộng tác viên đã nghiên cứu ứng dụng nền tảng Arduino và Labview trong thu thập dữ liệu động cơ ô tô, kết quả đã việc thiết kế, chế tạo thành công mạch điện tử có khả năng thu thập tín hiệu dạng tương tự và dạng số các tín hiệu cảm biến trên động cơ phun xăng [1], ngoài ra mạch còn có chức năng điều khiển tốc độ động cơ. Dữ

liệu thu thập được truyền từ chương trình Arduino đến LabVIEW xử lý và được truyền ngược lại từ máy tính đến động cơ và các bộ chấp hành. Tác giả Nguyễn Hải Trần đã công bố công trình ứng dụng LabVIEW điều khiển phun xăng xe gắn máy [2], thông qua việc kết hợp các công cụ: phần mềm LabVIEW, card giao tiếp USB HDL- 9090 để thiết kế, chế tạo thành công cổng giao tiếp nhằm thu thập tín hiệu cảm biến và điều khiển động cơ xe máy Honda Future Neo FI, hệ thống dữ liệu trên máy tính hỗ trợ người dùng trực tiếp quan sát trạng thái hoạt động của hệ thống điều khiển động cơ xe máy. Nhóm tác giả Nguyễn Hoàng Luân và Nguyễn Quang Tân với đề tài tạo pan động cơ ô tô điều khiển bằng máy tính [3]. Hai tác giả nghiên cứu và ứng dụng về card giao tiếp được lập trình bằng hợp ngữ nối các tín hiệu vào/ra của hộp ECU

(Electronic Control Unit) trên hệ thống điện động cơ Toyota 1SZ-FE kết hợp phần mềm LabVIEW và máy tính, Sản phẩm nghiên cứu đã thành công trong điều khiển: khởi động động cơ, lượng nhiên liệu phun, nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ không khí nạp. Các pan của hệ thống điện động cơ được điều khiển từ máy tính thông qua việc đóng mở các relay tín hiệu phun xăng, tín hiệu cảm biến đánh lửa, tín hiệu cảm biến oxy, tín hiệu số vòng quay động cơ. Nhóm tác giả Lili Tang, Wei Huang và Jie You, nghiên cứu, điều khiển ô tô thông minh có ứng dụng Arduino UNO và LabVIEW [5] kết hợp sử dụng modul APC220-43. Kết quả ô tô thử nghiệm vận hành ổn định thông qua quá trình nhận và phân tích các tín hiệu và thực hiện các lệnh được lập trình trên LabVIEW

Tại Việt Nam, hiện nay có nhiều nghiên cứu thực nghiệm về năng lượng điện cảm trên hệ thống điện ô tô, đặc biệt là công tác này được thực nghiệm trong thời gian dài và liên tục. Việc này tiêu tốn nhiều công sức và mắc sai số lớn trong quá trình lấy mẫu, ảnh hưởng đến kết quả nghiên cứu.

Công trình nghiên cứu góp phần giải quyết vấn đề đặt ra, tác giả đã tiến hành xây dựng một bộ thu thập dữ liệu, đo lường tự động và tiến hành thử nghiệm trên mô hình hệ thống điện điều khiển động cơ phun xăng.

Yêu cầu đo lường và kiểm soát năng lượng điện cảm bao gồm:

- Thu thập các tín hiệu đầu vào (#10, TACH, IGT, IGF, BATT, EDLC...)
- Đo điện áp trên thiết bị tích trữ năng lượng tái sinh (siêu tụ điện)
- Điều khiển kết hợp nguồn năng lượng sẵn có và năng lượng điện cảm tái sinh cung cấp đến các kim phun xăng.
- Hiện thị thông tin dữ liệu thực nghiệm trên máy tính.

Trong các nội dung trên, việc xác định năng lượng hiện cảm tích lũy được là quan trọng nhất.

Theo lý thuyết, năng lượng trên siêu tụ được xác định:

$$E_{max} = \frac{C_{td}U^2}{2 \times 3600 \times mass} \quad (1)$$

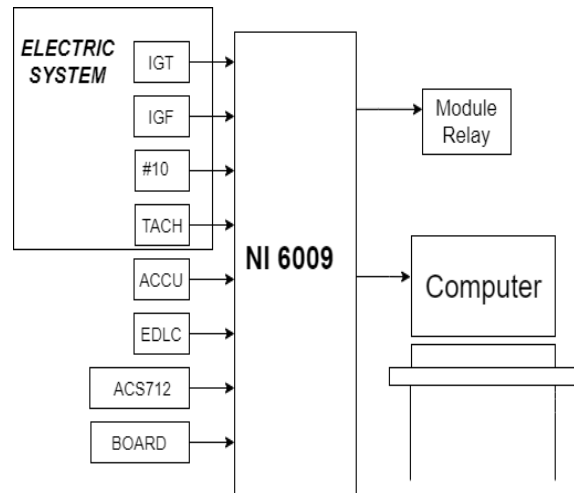
Trong đó:

$E_{max}$ : Năng lượng cực đại của siêu tụ

$C_{td}$ : Điện dung tương đương của siêu tụ

U: Điện áp trên siêu tụ

mass: hệ số theo khối lượng (0,006)



Hình 1. Sơ đồ kết nối điều khiển

Tác giả sử dụng công thức (1) đưa vào lập trình để xác định năng lượng trên siêu tụ.

Các thành phần bộ đo lường và điều khiển bao gồm: Card giao tiếp NI 6009, phần mềm LabVIEW, cảm biến dòng, vi điều khiển Aduino. Sơ đồ khối kết nối điều khiển và kiểm soát năng lượng điện cảm trên ô tô như hình 1.

Các thông số đầu vào và đầu ra như bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1. Các thông số đầu vào

TT	Thông số đầu vào	Kí hiệu
1	Tín hiệu điều khiển lửa	IGT
2	Tín hiệu điện cảm trên bobine đánh lửa	C1, C2, C3, C4
3	Tín hiệu điện áp accu, siêu tụ	BATT, EDLC
4	Tín hiệu phun xăng	#1,#2, #3, #4
5	Tín hiệu vòng quay động cơ	TACH

**Bảng 2.** Các thông số đầu ra.

TT	Thông số đầu ra	Đơn vị
1	Tốc độ động cơ	rpm
2	Hiển thị điện áp trên accu/siêu tụ	V
3	Hiển thị loại năng lượng kim phun đang sử dụng	-
4	Năng lượng điện cảm tái sinh	J
5	Thời gian kim phun hoạt động bằng điện áp trên tụ	s

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH

- Mô hình thực nghiệm hệ thống điện điều khiển động cơ Toyota 1TR-FE [7] được thi công trên một khung thép kích thước: 1320 x 700 x 1690 (mm)

- Card NI 6009 giao tiếp dữ liệu đa năng giữa máy tính và thiết bị thông qua cổng USB [8]: của hãng National Instruments có 08 analog input, 02 analog output, 12 digital I/O,

- Cảm biến dòng điện ACS712 với dải đo dòng điện 0,2 – 5A, sử dụng nguồn điện 5V, độ nhạy đầu ra 63 – 190 mV/A, nhiệt độ hoạt động -40 – 85 °C

- Các role Songle 12V, 4 chân SRD-12VDC-SL-A: dòng DC 6- 10 A, nhiệt độ hoạt động: - 45 °C to 75 °C, Công suất cuộn dây (coil) DC: 360 mW, thời gian tác động: 10 ms, thời gian nhà tiếp điểm: 5 ms

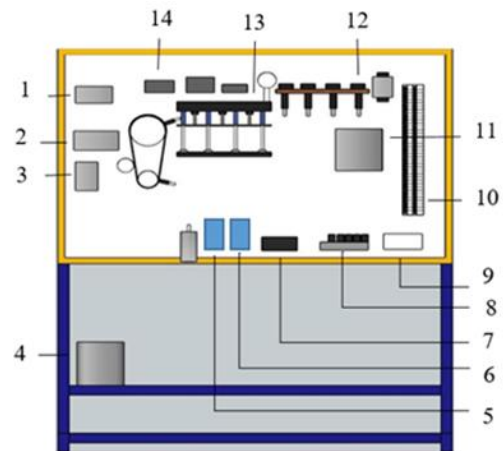
- Các mạch cầu chia áp hạ mức điện áp về với dải đo 0,5 – 5V, không làm thay đổi hình dạng của tín hiệu trước khi truyền.

- Arduino Nano [9]: vi điều khiển ATmega328 (họ 8bit), bộ nhớ EEPROM-1 KB, dòng tiêu thụ: 19mA, điện áp vào 7-12V – DC, số chân Digital I/O: 14, số chân Analog: 08



**Hình 2.** Trang thiết bị sử dụng trong thu thập tín hiệu và điều khiển

Mô hình thực nghiệm sẽ được bố trí chi tiết như hình 3



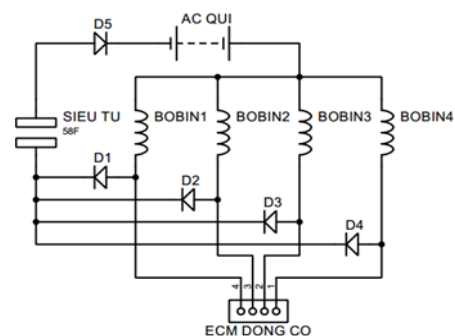
1. Đồng hồ trung tâm, 2. Họng ga,
- 3 Cảm biến gió, 4. Thùng xăng, 5. NI 6009,
6. Bo mạch, 7. Cụm hiệu chỉnh tốc độ động cơ, 8. Siêu tụ, 9. Công tắc nguồn, 10. Điểm đo, 11. ECU, 12. Cụm IC và cuộn đánh lửa, 13. Cụm kim phun xăng, 14. Van VVT-i

**Hình 3.** Mô hình thực nghiệm

## 3. ĐO LƯỜNG VÀ KIỂM SOÁT NĂNG LƯỢNG ĐIỆN CẢM

### 3.1 Mạch thu hồi điện cảm dùng diode

Mạch có chức năng thu hồi các sức điện động tự cảm do từ thông thay đổi qua các cuộn dây sơ cấp bobine về một thiết bị lưu trữ (siêu tụ). Mạch có khả năng thu hồi nhanh, chịu được xung điện áp cao, an toàn, ổn định.



**Hình 4.** Nguyên lý thu hồi điện áp tự cảm dùng diode

Cách thức này sử dụng đặc tính của diode để nạp sức điện động sinh ra vào tụ sau khi qua diode. Do tính chất của diode chỉ cho dòng điện thuận nên tụ điện sẽ được nạp khi có sức điện động mà không xảy ra quá trình phóng

điện. Vì thế, tụ điện sẽ được nạp liên tục cho đến mức điện áp cần thiết.

### 3.2 Thiết bị lưu trữ

Siêu tụ điện Maxwell BMOD0058 E016 B02 16V-58F với các thông số kỹ thuật phù hợp điều kiện hiện hành được chọn làm thiết bị lưu trữ năng lượng điện cảm tái sinh



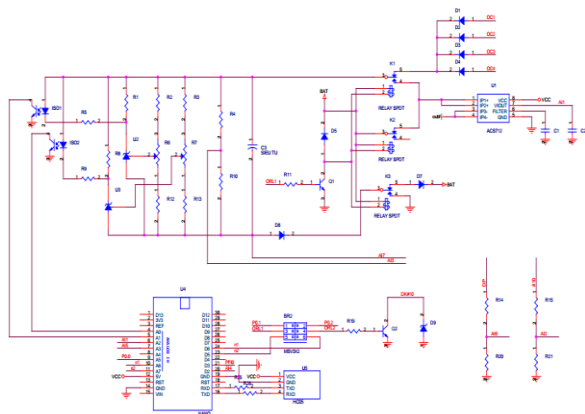
Hình 5. Siêu tụ BMOD0058 E016 B02

Các thông số kỹ thuật như bảng 3.

Bảng 3. Các thông số tụ điện

TT	Specifications	Units
1	Rated Capacitance	58 F
3	Maximum ESR <sub>DC</sub> , initia	22 mΩ
4	Test Current for Capacitance and ESR <sub>DC</sub>	35 A
5	Rated Voltage	16 V
6	Absolute Maximum Voltage	17 V
7	Leakage Current at 25°C, maximum	25 mA
8	Capacitance of Individual Cells	350 F
9	Maximum Stored Energy, Individual Cell	0.35 Wh
10	Number of Cells	6

### 3.3 Thiết kế, thi công mạch



Hình 6. Sơ đồ mạch nguyên lý

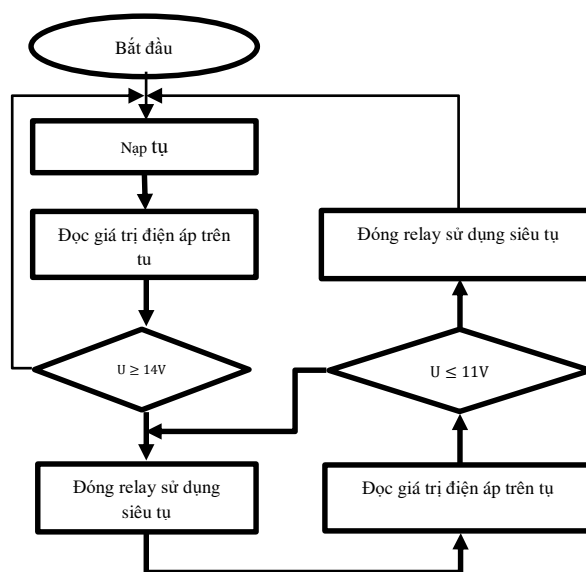


Hình 7. Mạch hoàn thiện

Sơ đồ theo hình 6 và hình 7, vi điều khiển Arduino Nano thu thập các tín hiệu: dòng điện qua kim phun, điện áp tại siêu tụ, điện áp ắc quy, 04 bobine đánh lửa được lọc nhiễu, giảm áp, so sánh mức chuẩn trước khi điều khiển các Transitor công suất như là các tín hiệu đầu vào. Trên cơ sở xác định trạng thái thực tế, Arduino Nano điều khiển cụm modul role ở trạng thái phù hợp để lựa chọn nguồn năng lượng cấp cho kim phun theo lưu đồ hình 8. Đồng thời bo mạch truyền các thông tin hiện hành đến NI 6009, và được hiển thị trên màn hình máy tính thông qua giao diện được thiết kế trên phần mềm LabVIEW.

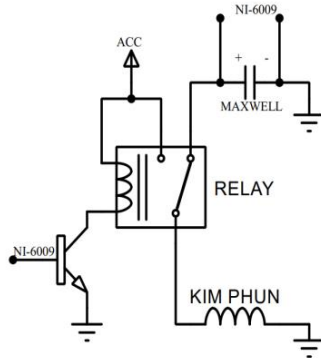
### 3.4 Lập trình điều khiển

Hệ thống kim phun xăng hoạt động liên tục khi động cơ làm việc, trong khi năng lượng điện cảm tái sinh tích trữ vào siêu tụ. Một vi mạch điều khiển quá trình cấp năng lượng đến kim phun dùng siêu tụ và ắc qui để nhằm đáp ứng hoạt động tối ưu.



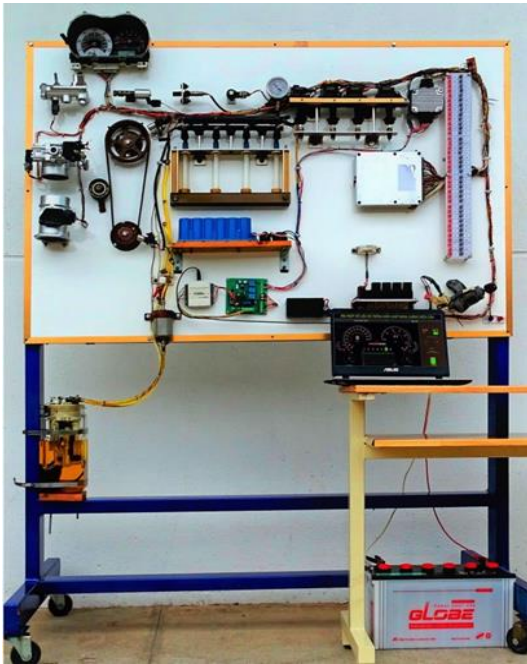
Hình 8. Lưu đồ thuật toán điều khiển nạp điện cảm tái sinh vào siêu tụ

Tín hiệu điện áp trên siêu tụ được thu thập về máy tính và kiểm tra nếu điện áp thấp hơn 11V sẽ tiến hành kích hoạt relay chuyển sang sử dụng năng lượng ắc quy để tụ được nạp trở lại. Ngược lại khi tụ được nạp đến ngưỡng 14V máy tính tiến hành ngắt ắc quy và sử dụng năng lượng trên tụ.

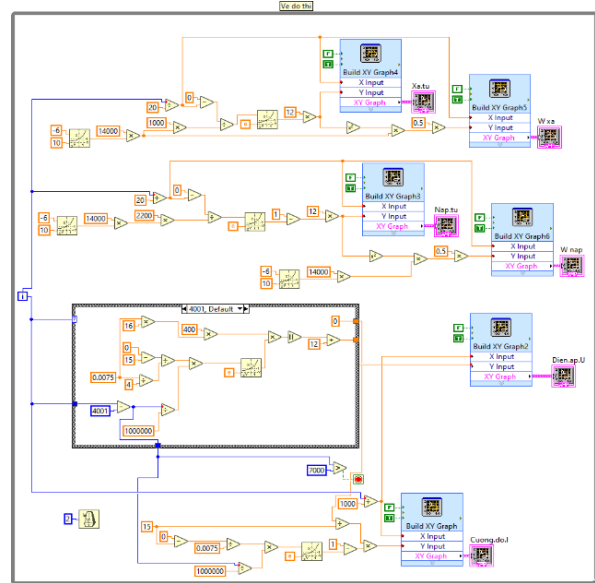


Hình 9. Sơ đồ chuyển đổi nguồn điện

Code chương trình và giao diện LabVIEW sử dụng để đo lường và giám sát thể hiện như hình 12. Sau khi xây dựng mô hình thu thập và điều khiển (hình 10), tiến hành hiệu chỉnh phù hợp với giá trị chuẩn bằng cách chỉnh các biến trở trên bo mạch; cân chỉnh giá trị dòng điện và điện áp sau đó chỉnh trực tiếp trong code chương trình LabVIEW.



Hình 10. Mô hình đo lường và giám sát năng lượng điện cảm sử dụng LabVIEW kết hợp mạch và Card NI 6009



Hình 11. Sơ đồ code trong LabVIEW

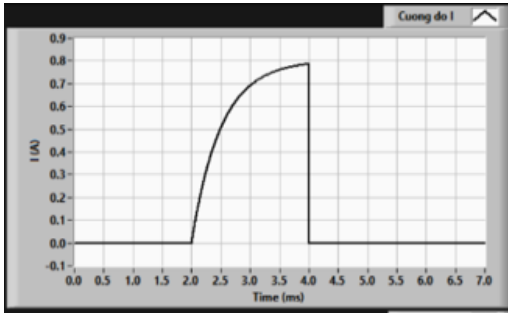


Hình 12. Giao diện thu thập dữ liệu hệ thống kiểm soát năng lượng điện cảm trên LabVIEW

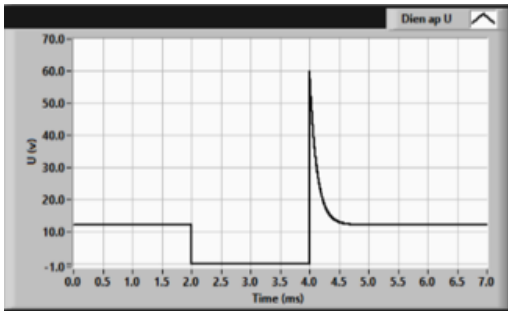
#### 4. KẾT QUẢ

Sau khi lắp đặt đầy đủ bo mạch Card NI 6009 trên mô hình thực nghiệm, tiến hành vận hành tương ứng dải tốc độ động cơ 750 - 4000 vòng /phút. So sánh giá trị đo của các thiết bị đo chiếu, kết quả cho thấy các tín hiệu được đọc khi sử dụng NI 6009 có sai số khoảng 1% so với tín hiệu được đo trên máy đo sóng chuyên dụng Pico Automotive Oscilloscopes 4425. Nguồn điện cung cấp cho kim phun được chuyển đổi tối ưu giữa nguồn ắc quy - nguồn siêu tụ và được điều khiển trực tiếp bởi vi điều khiển thông qua giá trị điện áp chuẩn cài đặt.

Kết quả thử nghiệm, đo lường cho thấy hệ thống hoạt động ổn định, các dữ liệu thu về máy tính có độ chính xác cao. Hình 13,14 thể hiện các dữ liệu về dòng điện, điện áp trên kim phun tại tốc độ 1000 vòng/phút.

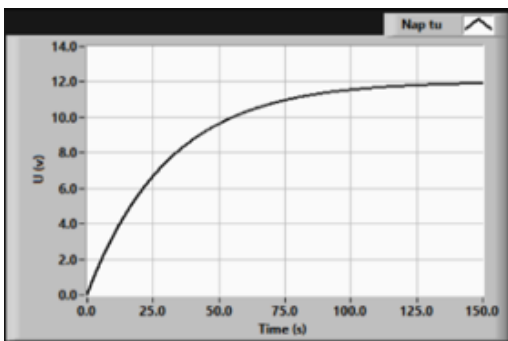


Hình 13. Đặc tuyến dòng điện qua kim phun

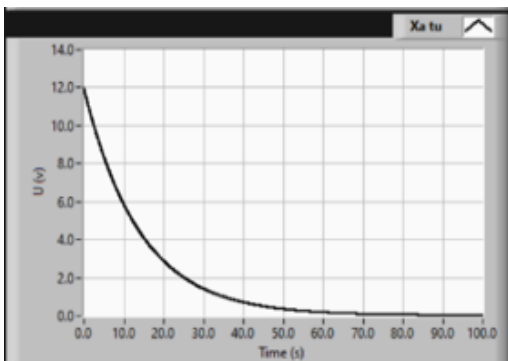


Hình 14. Đặc tuyến điện áp trên kim phun

Hình 15,16 thể hiện thời gian nạp và xả siêu tụ từ lúc 0V đến lúc được nạp đầy 14V và ngược lại.

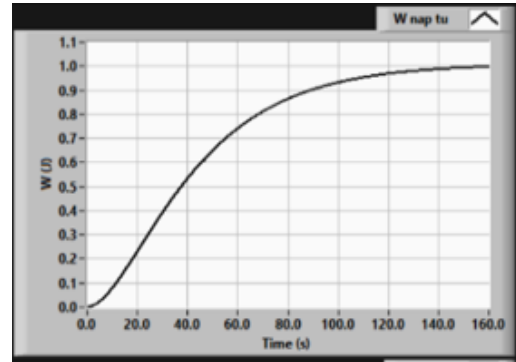


Hình 15. Đặc tuyến thời gian nạp siêu tụ

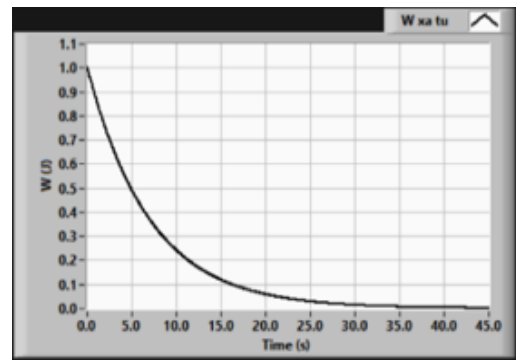


Hình 16. Đặc tuyến thời gian siêu tụ xả

Hình 17, 18 thể hiện năng lượng điện cảm cấp cho 01 kim tương ứng thời gian suốt quá trình nhắc kim



Hình 17. Đặc tuyến điện cảm tái sinh trong quá trình siêu tụ tích lũy



Hình 18. Đặc tuyến năng lượng điện cảm tái sinh trong quá trình siêu tụ phóng điện

Ngoài ra, thông số dữ liệu ở các tốc độ tương ứng được trình bày theo bảng 4.

Bảng 4. Thông số thực nghiệm theo tốc độ động cơ

TT	Tốc độ động cơ (vòng/phút)	Thời gian 01 kim phun dùng tụ (s)	Năng lượng điện cảm cấp cho 01 kim (J)
1	750	156	1,14
2	1000	145	1,10
3	1500	138	9,7
4	2000	124	8,4
6	2500	115	8,2
7	3000	92	7,8
8	3500	78	6,7
9	4000	64	5,9

Điều chỉnh ở tốc độ động cơ ở mức ổn định tại các vòng quay khác nhau (trương tự bảng 5), thông số kết quả thử nghiệm thu được:

**Bảng 5.** Giá trị thu thập tại 750 vòng/phút

TT	Thông số	Giá trị
1	Số lần nhắc kim trên giây	9 lần
2	Thời gian 1 lần nhắc kim	1.4ms
3	Dòng điện 1 lần nhắc kim	0.3486A
4	Điện năng tiêu thụ 1 lần nhắc kim	0.00549W

Tại các tốc độ khác: trung bình điện năng tiêu hao trung bình một lần nhắc kim khoảng 0.00549W

Năng lượng trong thời gian xả tụ từ 14V đến 11V được tính:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 = \frac{1}{2} \cdot 58 \cdot (14 - 11)^2 = 261 \text{ (J)}$$

Năng lượng  $W = 261 \text{ (J)}$  của siêu tụ, có thể sử dụng để nhắc một kim khoảng 47541 lần và trong khoảng thời gian 5282 (s).

Quá trình nạp tụ diễn ra nhanh ở mức điện áp thấp và chậm dần về mức điện áp cao. Cần khoảng 4 phút để có thể nạp điện cho tụ từ 0V đến 12V và khoảng 5 phút để đến được mức 14V khi thu hồi điện cảm ở 04 bobine và tốc độ 2000 vòng/phút.

Quá trình xả tụ cho 04 kim phun diễn ra trong khoảng 30s, khi đó tụ còn khoảng 11V và tự động ngắt quá trình xả và nạp trở lại.

## 5. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã ứng dụng LabVIEW, ADQ NI 6009, Arduino và các linh kiện chuyên dụng trong đo lường và đã giải quyết được khó khăn trong quá trình thực nghiệm, đánh giá năng lượng điện cảm tái sinh trên ô tô. Sản phẩm chế tạo góp phần đo lường và kiểm soát tự động năng lượng điện cảm trên ô tô Bộ đo lường làm việc ổn định trong thời gian dài, thu thập dữ liệu chuẩn xác với sai số dòng điện là 0,1A, sai số điện áp là 0,05V, sai số năng lượng là 0,02J đảm bảo độ tin cậy các thông số thực nghiệm.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Khánh Tân, *Ứng dụng nền tảng Arduino và Labview trong thu thập dữ liệu động cơ*, Tạp Chí Khoa Học Giáo Dục Kỹ Thuật số 51, 2019.
- [2] Nguyễn Hải Trân, *Ứng dụng LabVIEW điều khiển phun xăng xe gắn máy*, 12-17, 2012.
- [3] Nguyễn Hoàng Luân, Nguyễn Quang Tấn, *Tạo pan động cơ ô tô điều khiển bằng máy tính*, Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Quốc gia lần thứ IX “Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR'9)”; Cần Thơ, 2016.
- [4] Nguyễn Thành Luân, Lê Thị Hồng Nhung, Lại Hoài Nam, *Đo lường và điều khiển tử sậy sử dụng LabVIEW*. Tạp Chí Khoa Học Giáo Dục Kỹ Thuật số 58, 2020.
- [5] Lili Tang, Wei Huang and Jie You, *The Design of the Intelligent Car Based on the Arduino UNO and LabVIEW*, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1288 012071 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1288/1/012071, 2019.
- [6] A El Hammoumi, S Motahhi, A Chalh, A El Ghzizal and A Derouich, *Real-time virtual instrumentation of Arduino and LabVIEW based PV panel characteristics*, International Conference on Renewable Energies and Energy Efficiency (REEE), 2017.
- [7] 1TR-FE wiring diagram
- [8] National Instruments NI-6009 User Manual
- [9] Aduino Nano datasheet

### Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Phan Nguyễn Quý Tâm

Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. HCM.

Email: tampnq@hcmute.edu.vn