

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐÁNH LỖI ĐIỆN TỬ CÁC CẢM BIẾN TRÊN ĐỘNG CƠ PHUN XĂNG TRỰC TIẾP (GDI) PHỤC VỤ CÔNG TÁC ĐÀO TẠO VÀ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

DESIGN OF ELECTRONIC ERROR CONTROLLER FOR SENSORS ON DIRECT INJECTION GASOLINE ENGINE (GDI) FOR TRAINING AND SCIENTIFIC RESEARCH

Phạm Anh Tuấn, Nguyễn Mạnh Hùng, Lê Văn Trung, Lại Việt Anh
Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Động cơ phun xăng trực tiếp (GDI) nổi bật với những ưu điểm về hiệu suất, tiết kiệm nhiên liệu và điều khiển động cơ hoạt động ở các chế độ thông qua hệ thống các cảm biến gửi tín hiệu liên tục về bộ điều khiển trung tâm ECU. Trên mô hình có thiết kế một bộ đánh lỗi động cơ bằng cơ khí, giúp cho học viên, sinh viên trực tiếp thông qua các dấu hiệu hoạt động bình thường hoặc bất thường của động cơ để chẩn đoán hư hỏng của động cơ, từ đó đề ra phương hướng, biện pháp khắc phục hư hỏng. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác bộ đánh lỗi cơ khí, một số vấn đề nảy sinh cũng như những nhược điểm đặt ra yêu cầu cần phải cải tiến hoặc thiết kế mới một bộ đánh lỗi khác khắc phục được những nhược điểm và vấn đề đó. Bài báo nghiên cứu thiết kế nhằm thay thế bộ đánh lỗi cơ khí thành bộ đánh lỗi điện tử các cảm biến trên động cơ phun xăng trực tiếp, đáp ứng yêu cầu phục vụ công tác đào tạo và nghiên cứu khoa học.

Từ khóa: Động cơ phun xăng trực tiếp GDI; Bộ đánh lỗi điện tử.

ABSTRACT

Direct Injection Gasoline Engine (GDI) stands out with advantages in performance, fuel efficiency, and engine control through the operation of modes via a system of sensors continuously sending signals to the central control unit (ECU). The model is designed with a mechanical engine fault simulator, allowing students to directly diagnose engine faults through normal or abnormal operating signs of the engine, thereby proposing solutions to rectify the faults. However, during the exploitation of the mechanical fault simulator, several issues arose, as well as disadvantages that necessitate improvement or the design of a new fault simulator that overcomes these drawbacks and problems. The research paper aims to design an electronic fault simulator to replace the mechanical fault simulator for sensors on the direct injection gasoline engine, meeting the training and scientific research requirements.

Keywords: Direct Injection Gasoline Engine (GDI); Electronic fault simulator.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các hãng sản xuất ô tô ngày càng sử dụng phổ biến loại động cơ kiểu GDI trên những sản phẩm của mình vì tính kinh tế cũng như khả năng điều khiển tối ưu của nó [1], [2]. Phục vụ yêu cầu, nhiệm vụ đào tạo, dạy học, các cơ sở đào tạo đã được trang bị một mô hình động cơ phun xăng trực tiếp. Tuy nhiên, trong quá trình khai thác bộ đánh lửa cơ khí, một số vấn đề nảy sinh cũng như những nhược điểm đặt ra yêu cầu cần phải cải tiến hoặc thiết kế mới một bộ đánh lửa khác khắc phục được những nhược điểm và vấn đề đó. Các vấn đề gặp phải trong quá trình khai thác bộ đánh lửa cơ khí đó là:

- Bộ đánh lửa sử dụng công tắc cơ khí, khi đóng hoặc ngắt tín hiệu cảm biến, dòng điện biến thiên đột ngột sinh ra từ trường gây nhiễu cho các thiết bị điện tử khác cũng như gây nhiễu cho chính các tín hiệu từ cảm biến gửi về, làm sai lệch, ảnh hưởng đến hoạt động của động cơ và các thiết bị điện tử trên xe.

- Với bộ đánh lửa cơ khí hiện tại, để đảm bảo yêu cầu này, giáo viên mỗi khi thực hiện thao tác đánh lửa cần đảm bảo học viên, sinh viên không thấy được hành động của mình hoặc phải yêu cầu học viên, sinh viên không được quan sát. Điều này là thực sự bất tiện.

Cùng với sự phát triển của khoa học, công nghệ, việc thực hiện các thao tác đơn giản như vậy nên được thay thế bằng giải pháp tự động hóa hoặc điều khiển thông qua máy tính, điện thoại hoặc các thiết bị điện tử thông minh, vừa thuận tiện, giảm bớt sức lực cũng như thời gian thực hiện, quá trình học tập, giảng dạy cũng từ đó mà trở nên khách quan, thú vị hơn.

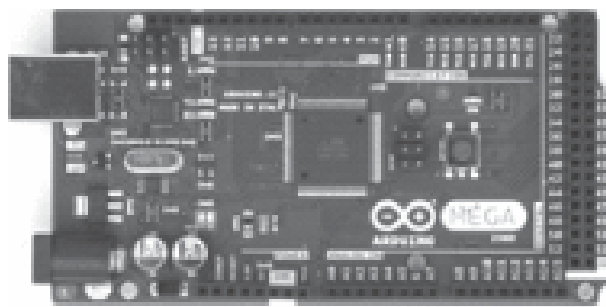
2. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐÁNH LỬA ĐIỆN TỬ CÁC CẢM BIẾN TRÊN ĐỘNG CƠ PHUN XĂNG TRỰC TIẾP

Bộ đánh lửa sử dụng vi điều khiển là khối điều khiển trung tâm, có khả năng kết nối và giao tiếp với máy tính, nhận lệnh từ máy tính để điều khiển các cơ cấu chấp hành là cụm những linh kiện với vai trò như những công tắc đóng ngắt cơ khí truyền thống. Qua nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình động cơ GDI, nhóm tác giả đã lựa chọn phương án sử dụng vi điều khiển Arduino để thiết kế bộ điều khiển đánh lửa điện tử các cảm biến trên động cơ phun xăng trực tiếp.

2.1. Tính toán thiết kế, lựa chọn các linh kiện, thành phần

a. Vi điều khiển Arduino

Sau quá trình nghiên cứu, tìm hiểu mô hình, nhóm tác giả lựa chọn vi điều khiển Arduino Mega 2560. Vi điều khiển này có ưu điểm nổi bật là có nhiều chân giao tiếp, điều khiển, đáp ứng được nhiệm vụ đóng ngắt tất cả các tín hiệu cảm biến trên mô hình động cơ [4].



Hình 1. Vi điều khiển Arduino Mega 2560

b. Tính chọn nhóm phần tử chấp hành

Để thực hiện nhiệm vụ đóng ngắt dòng điện, thông thường sử dụng các công tắc điện

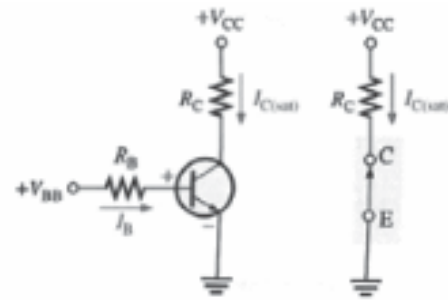
cơ khí. Tuy nhiên, việc sử dụng các công tắc này cho mô hình động cơ trên phòng trang bị nảy sinh một số vấn đề và bất tiện như đã nêu. Nhóm tác giả đã nghiên cứu thay thế các công tắc cơ khí đó bằng những “công tắc” điện tử. Trên thực tế, có nhiều linh kiện điện tử có thể đáp ứng được chức năng này, đồng thời, có thể điều khiển đóng ngắt bằng cách đặt một điện áp hoặc dòng điện vào nó.

Transistor, mosfet hay relay, mỗi loại linh kiện có những ưu và nhược điểm riêng. Tuy vậy, các linh kiện bán dẫn thường làm việc và chịu được những dòng điện có cường độ, điện áp thấp hoặc công suất không cao lắm. Trên ô tô, các thiết bị điện sử dụng nguồn điện từ ắc quy hoặc máy phát điện, điện áp có thể lên tới 24V và cường độ dòng điện lên tới vài ampe, biến động trong suốt quá trình sử dụng. Qua nghiên cứu và tìm hiểu, nhóm tác giả lựa chọn phương án sử dụng kết hợp cả transistor và relay trong cơ cấu chấp hành để đảm bảo vừa đáp ứng được yêu cầu đặt ra của bộ đánh lỗi.

2.2. Tính toán lựa chọn linh kiện, xây dựng nguyên lý hoạt động

a. Transistor

Transistor có thể hoạt động như một bộ khuếch đại hoặc một khóa điện. Để sử dụng như một khóa điện (chức năng đóng ngắt), ta phải tính toán, đưa transistor hoạt động trong vùng bão hòa. Với điều kiện này xem như cực thu và phát kín mạch và được ký hiệu bằng khóa điện tương đương kín mạch. Khi transistor đạt đến mức bão hòa, giá trị điện áp rơi trên transistor trong khoảng 0,3 V đến 0,5 V.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động của transistor ở chế độ đóng ngắt

Transistor cũng như các linh kiện điện tử khác đều có giới hạn trong phạm vi hoạt động. Các giới hạn này được xác định theo thông số định mức quy định bởi các nhà sản xuất và trình bày trong các tài liệu kỹ thuật. Theo tiêu chuẩn, giá trị tối đa cho phép của các thông số transistor bao gồm điện áp: V_{CB} , V_{CE} , V_{BE} , dòng I_C và công suất tiêu tán P_D [3].

Trong đó:

$$P_D = V_{CE} I_C \quad (1)$$

Tích số của V_{CE} và I_C không được vượt quá mức công suất tiêu tán cực đại cho phép P_{Dmax} và các giá trị V_{CE} và I_C không thể đạt giá trị tối đa cùng lúc.

Vì vậy, để transistor hoạt động tốt ở chế độ đóng ngắt, cần đảm bảo dòng điện điều khiển I_B lớn hơn giá trị đã tính toán. Thông thường, giá trị khuếch đại của transistor trong khoảng 100 đến 200, giá trị I_C là cường độ dòng điện cảm biến, có giá trị vài trăm mA cho đến vài A. Như vậy, giá trị dòng I_B lớn hơn 100 mA để đảm bảo transistor làm việc tốt ở chế độ đã chọn.

Giá trị cực đại của điện trở R_B , áp dụng phương trình cân bằng áp phía cực nền, ta có: 

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} \quad (3)$$

Trong đó:

- V_{in} là giá trị điện áp đầu vào;
- V_{BE} là giá trị điện áp cực nền – phát.

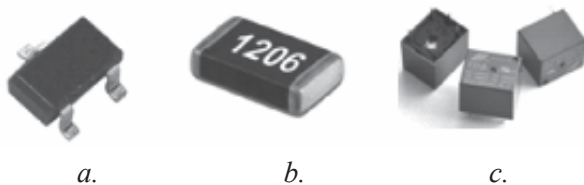
Với giá trị điện áp vào là điện áp ra cao của vi điều khiển, $V_{in} = 5V$, điện áp $V_{BE} = 0,7V$, thay vào công thức (3), ta được:

$$R_B = \frac{V_{in} - V_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{0,1} = 47[\Omega]$$

Ta chọn giá trị điện trở $R_B = 1k\Omega$, transistor loại NPN C1815 với giá trị điện áp và dòng điện tối đa chịu được là 50V, 150mA.

b. Relay

Relay được chọn là loại làm việc với điện áp 5V, cường độ dòng điện chịu được cỡ vài Ampe. Cụ thể, ta chọn relay 5V10A SRD-05VDC-SL-C.



Hình 3. Các linh kiện sử dụng trong mạch:

- a) Transistor NPN C1815, b) Điện trở 1kΩ-1206, c) Relay 5V10A

c. Thiết kế bảng mạch:

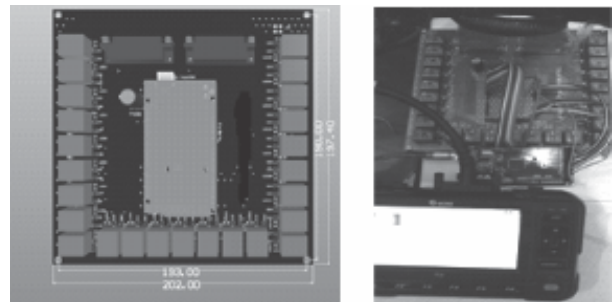
Bảng mạch được xây dựng bằng phần mềm Altium chuyên dùng cho thiết kế mạch điện tử với một số yêu cầu như sau [4]:

- Bố trí các linh kiện hợp lý, gọn gàng, khoa học, đảm bảo làm việc đúng nguyên lý;

- Dây đi gọn, không rối, kích thước dây đảm bảo chịu được dòng điện cao trong các cảm biến mà không bị cháy;

- Việc tháo lắp vi điều khiển Arduino dễ dàng;

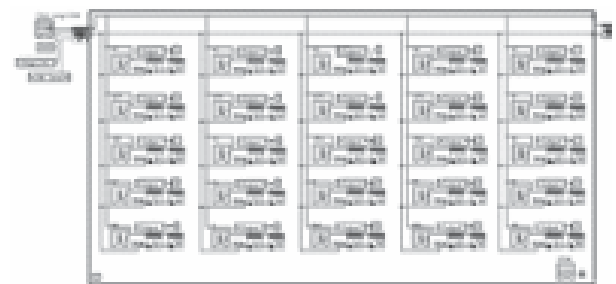
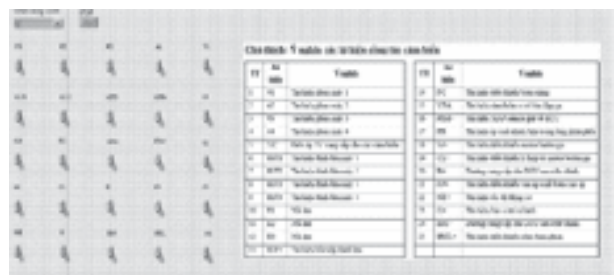
- Có giải pháp thiết kế phục vụ cho việc nối tắt của người học.



Hình 4. Mô hình khối bộ đánh lỗi điện tử

d. Thiết kế giao diện chương trình

Sử dụng phần mềm Labview thiết kế chương trình điều khiển bộ đánh lỗi điện tử, quá trình tạo lỗi thực hiện trên máy có giám sát.



Hình 5. Mô hình khối bộ đánh lỗi điện tử

3. KẾT LUẬN

Dựa trên cơ sở lý thuyết đo lường, bài báo đã thiết kế ra được một bộ điều khiển đánh lỗi các cảm biến trên mô hình động cơ phun xăng trực tiếp (GDI). Bộ điều khiển đã thay thế bộ đánh lỗi kiểu cơ khí với nhiều ưu điểm vượt trội hơn cũng như khắc phục được những nhược điểm mà bộ đánh lỗi kiểu cơ khí còn tồn tại. Sản phẩm đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật đặt ra và thuận tiện hơn trong quá trình giảng dạy, đào tạo. Bộ điều khiển đánh lỗi điện tử là công cụ có giá trị khoa học cho các nghiên cứu sâu hơn có liên quan đến chẩn đoán chuyên sâu trên động cơ phun xăng trực tiếp. ❖

Ngày nhận bài: 12/6/2024

Ngày phản biện: 30/7/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hà Quang Minh; “*Lý thuyết động cơ đốt trong*”, NXB. Quân đội Nhân dân, 2002.
- [2]. Lương Đình Thi, Vi Hữu Thành; “*Giáo trình kết cấu tính toán động cơ đốt trong*”, NXB. Quân đội Nhân dân, 2017.
- [3]. Nguyễn Văn Trà; “*Cơ sở đo lường và thử nghiệm phương tiện cơ giới*”, NXB. Quân đội Nhân dân, 2017.
- [4]. Phạm Minh Tuấn; “*Hướng dẫn lập trình Arduino cho người mới bắt đầu*”, 2020.
- [5]. Cẩm nang sửa chữa Toyota GDI/TCCS.