

CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA KẾT HỢP ĐIỆN DUNG VÀ ĐIỆN CẢM TRÊN XE GẮN MÁY

DESIGNEING AND PROTOTYPING A COMBINED
 IGNITION SYSTEM WHICH IS APPLIED IN MOTOBIKE

Lê Khánh Tân, Đỗ Văn Dũng, Đỗ Quốc Âm
 Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

TÓM TẮT

Trên động cơ đốt trong sử dụng nhiên liệu xăng, hỗn hợp được hình thành bên ngoài động cơ và được đốt cháy bằng tia lửa điện của bu-gi. Dựa vào cách tích lũy năng lượng, hệ thống đánh lửa trên ô tô được chia làm hai loại: Hệ thống đánh lửa điện dung (CDI) và hệ thống đánh lửa điện cảm (TI). Tuy có sự khác biệt về cách thức tích lũy năng lượng, hai hệ thống đánh lửa trên đều giống nhau về cách tạo ra điện thế cao áp.

Các công trình nghiên cứu từ trước đến nay đã cố gắng giải quyết các nhược điểm của từng loại hệ thống đánh lửa theo các cách khác nhau, nhưng hầu hết đều cải tiến trên một loại hệ thống đánh lửa duy nhất. Đề tài này sẽ nghiên cứu và thiết kế một hệ thống đánh lửa bao gồm 2 kiểu đánh lửa riêng biệt cho động cơ với một bộ điều khiển được lập trình sẵn, ở vùng làm việc nào mà kiểu đánh lửa điện cảm phát huy ưu điểm thì ta điều khiển cho nó hoạt động, và tương tự ở vùng nào mà kiểu đánh lửa điện dung phát huy ưu điểm thì ta điều khiển cho nó hoạt động.

Từ khoá : hệ thống đánh lửa điện dung, hệ thống đánh lửa điện cảm, năng lượng đánh lửa, hệ thống đánh lửa kết hợp.

ABSTRACT

In spark ignition engine (SI engine), the mixture of air and fuel is usually formed outside the engine. Based on the way of energy-accumulation, the ignition systems on SI engine are divided into two types: capacitor discharge ignition system (CDI) and transistorized ignition system (TI). Although the two types of ignition system are differentiated basing on the way of energy-accumulation, they have given out the same ways of producing high-voltage pulse.

The studies so far have tried to solve the drawbacks of each type of ignition system in different ways, but most of the improvements have only sorted out on a single type of ignition system. This paper will research and design a combined ignition system which consists of two distinct types of ignition system above with an available programmable controller. In what range of engine operation that the advantage of transistorized ignition system far outweigh the advantage of capacitor discharge ignition system, we will trigger it to work and vice versa.

Key words: capacitor discharge ignition system, transistorized ignition system, ignition energy, combined ignition system.

I. GIỚI THIỆU

Cho đến nay, trên những động cơ đốt cháy cưỡng bức vẫn chỉ có hai kiểu đánh lửa được

sử dụng phổ biến nhất là hệ thống đánh lửa điện dung và hệ thống đánh lửa điện cảm.

Lợi thế quan trọng nhất của hệ thống đánh

lửa điện cảm là thời gian tồn tại tia lửa điện khá dài^[1]. Điều này có được là vì lúc ban đầu, năng lượng đánh lửa chỉ cần cung cấp đủ để vượt qua khoảng cách khe hở bugi, phần còn lại sẽ được sử dụng để duy trì tia lửa. Tuy nhiên sự tăng trưởng dòng điện trên cuộn sơ cấp diễn ra tương đối chậm. Vì vậy, khi động cơ quay ở tốc độ cao, sẽ có nguy cơ dòng điện tăng trưởng chưa đến được giá trị cần thiết thì đã bị ngắt, dẫn đến năng lượng đánh lửa không cao. Trong khi đó, ở tốc độ thấp, dòng điện tồn tại khá lâu nên sẽ làm nóng cuộn sơ cấp và tiêu hao nhiều năng lượng.

Với lợi thế điện áp thứ cấp tạo ra cao^[1], tia lửa điện dung có thể dễ dàng bén cháy lượng hoà khí trong buồng đốt động cơ bị dư thừa dầu bôi trơn, hỗn hợp hoà khí quá giàu hoặc nhiệt độ buồng đốt còn thấp. Một ưu điểm quan trọng nữa là thời gian nạp xả của tụ điện rất ngắn, do đó nó vẫn đảm bảo được năng lượng đầu ra đủ cao khi động cơ hoạt động ở số vòng quay lớn^[3]. Điều này đặc biệt có lợi khi dùng cho động cơ cao tốc.

Tuy nhiên, vì sự phóng điện diễn ra quá nhanh, năng lượng trên tụ sẽ nhanh chóng cạn kiệt, thời gian tồn tại tia lửa điện sẽ ngắn. Do đó, nó sẽ khó lòng đốt cháy hoàn toàn lượng hoà khí trong một số trường hợp đặc biệt của động cơ. Ví dụ: hoà khí nghèo^[2].

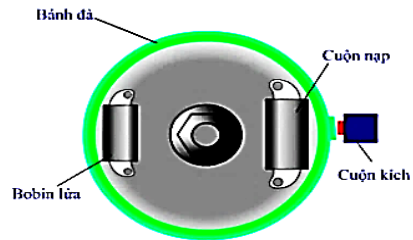
Ưu nhược điểm của một kiểu đánh lửa bất kỳ sẽ chỉ ảnh hưởng xấu đến một số miền làm việc nào đó của động cơ. Hơn thế nữa, đối với hai loại hệ thống đánh lửa điện cảm và điện dung thì ưu điểm của hệ thống này lại gần như là nhược điểm của hệ thống kia và ngược lại. Do đó, việc nghiên cứu một hệ thống đánh lửa kết hợp có thể tận dụng được ưu điểm của cả hai kiểu đánh lửa trên là hết sức quan trọng.

Nội dung nghiên cứu : Chế tạo thử nghiệm hệ thống đánh lửa kết hợp trên động cơ Honda Wave RS.

I. NỘI DUNG

1. Khảo sát mâm lửa động cơ xe gắn máy Honda Wave RS

Trên động cơ xe Honda Wave RS, có ba tín hiệu phát ra từ mâm lửa bao gồm: tín hiệu sạc (máy phát), tín hiệu điện áp cao để nạp tụ và tín hiệu xung kích ở 36⁰ BTDC.



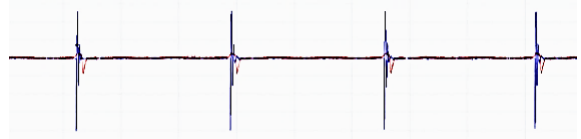
Hình 1: Bộ bánh đà và mâm lửa xe Honda Wave RS.



Hình 2: Tín hiệu phát ra của cảm biến vị trí trục khuỷu.

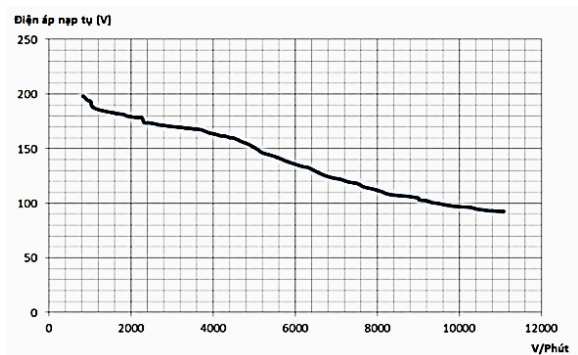
1.2. Khảo sát xung điện áp nạp tụ

Khảo sát điện áp nạp tụ trực tiếp từ dạng sóng của điện áp phóng qua cuộn sơ cấp bobin. Giá trị điện áp tại đỉnh xung cao nhất đầu tiên chính là giá trị điện áp tụ nạp được trước khi phóng qua cuộn sơ cấp bobin^[3].



Hình 3: Xung điện áp cao áp đo tụ phóng qua cuộn sơ cấp bobin.

Ta có thể vẽ được đồ thị thể hiện sự thay đổi của điện áp nạp tụ như sau:

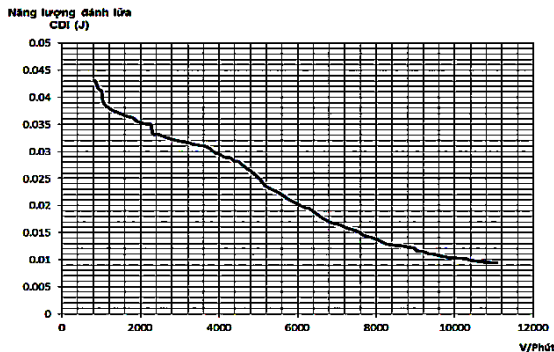


Hình 4: Đồ thị thể hiện điện áp nạp tụ thay đổi theo số vòng quay động cơ.

Khảo sát cấu tạo bên trong IC đánh lửa của hãng Honda, tụ điện dùng để tích năng lượng có thông số là 225K400. Tụ này có giá trị điện dung là $2.2\mu\text{F}$, điện áp là 400V.

Với công thức tính năng lượng đánh lửa:

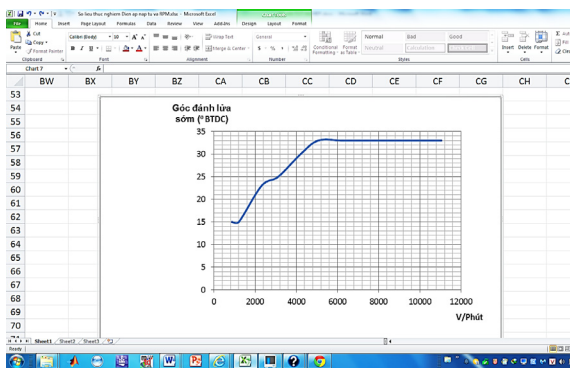
$$W = \frac{CU^2}{2}$$



Hình 5: Đồ thị năng lượng đánh lửa điện dung thay đổi theo số vòng quay động cơ.

1. Khảo sát góc đánh lửa sớm.

Trên xe gắn máy Honda Wave RS, tín hiệu này được thiết kế xuất hiện ở 36° trước điểm chết trên. Do đó, 36° chính là góc đánh lửa sớm cơ bản.



Hình 6: Đồ thị góc đánh lửa sớm theo tốc độ động cơ.

2. Khảo sát bobin đánh lửa trên xe Honda Wave RS

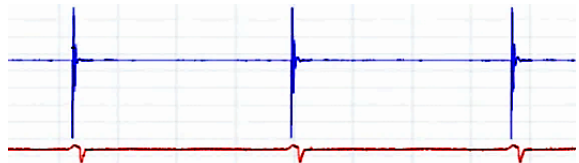
Các thông số của bobin đánh lửa trên xe Honda Wave RS.

$R_1 = 0.8 \Omega$, $R_2 = 12700 \Omega$, $L_1 = 2 \text{ mH}$, $L_2 = 16.5 \text{ H}$

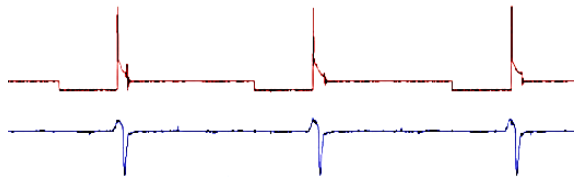
Mối quan hệ giữa tỉ số vòng quấn và hệ số tự cảm là:

$$\frac{N_2}{N_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \sqrt{\frac{16.5}{0.002}} \approx 91 \quad [9]$$

Dạng sóng sơ cấp của hệ thống đánh lửa điện dung:



Hình 7: Dạng sóng đánh lửa điện dung và cảm biến vị trí trục khuỷu.

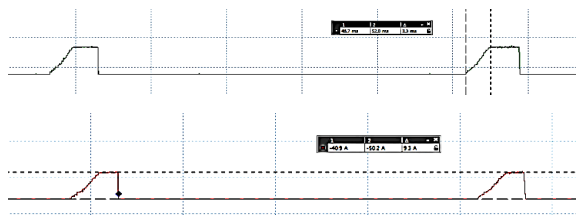


Hình 8: Dạng sóng đánh lửa điện cảm và cảm biến vị trí trục khuỷu.



Hình 9: Dạng sóng của dòng điện tăng trưởng qua cuộn sơ cấp bobine.

Ta tăng thời gian ngâm đến khi dòng điện tăng trưởng qua cuộn sơ cấp đạt giá trị bão hòa.



Hình 10: Dạng sóng của dòng điện tăng trưởng qua cuộn sơ cấp bobin khi đã dẫn bão hòa.

Từ số liệu đo được, ta có thời gian ngâm tối thiểu để dòng điện đạt cực đại 9.3A là:
 $T_{ng \text{ Emax}} = 3.3\text{ms}$.

Để đảm bảo cho transistor công suất trong IC đánh lửa điện cảm làm việc ổn định, không bị quá nhiệt, ta chọn tỉ lệ giữa thời gian ngậm tối đa và chu kỳ đánh lửa nhỏ nhất nằm trong khoảng $\frac{2}{3}$

$$\frac{T_{ng \max}}{T_{min}} = \frac{2}{3} \quad [3]$$

Thế $T_{ng \max} = T_{ng Emax}$ ta có chu kỳ đánh lửa nhỏ nhất (T_{min}) tương ứng với số vòng quay của động cơ cao nhất ($n_{e \max}$) mà lúc đó vẫn còn đủ thời gian để dòng tăng trưởng qua cuộn sơ cấp đạt giá trị cực đại là:

$$T_{min} = \frac{3 * T_{ng Emax}}{2} = \frac{3 * 3,3}{2} \approx 5 \text{ ms}$$

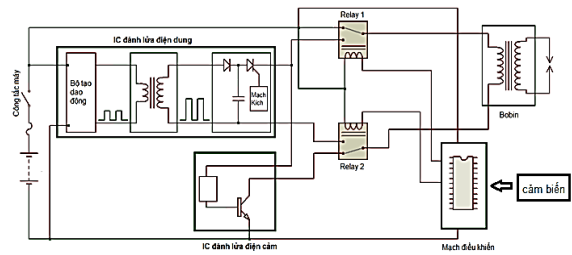
$$n_{e \max} = \frac{0}{T_{min}} = \frac{60 * 1000}{5} = 12000 \text{ vòng/phút}$$

Tốc độ cực đại mà ở đó vẫn còn đảm bảo cho hệ thống đánh lửa phát ra được năng lượng tối đa là 12000 vòng/phút.

Xe Honda Wave RS đạt công suất cực đại là 5.5 kW tại số vòng quay 8000 vòng/phút. Ta thấy nếu chuyển đổi hệ thống đánh lửa của xe máy này sang kiểu đánh lửa điện cảm thì vẫn không ảnh hưởng xấu đến khả năng phát huy công suất của xe.

Kết luận:

Ta sẽ thiết kế một hệ thống đánh lửa kết hợp, mà ở đó ta có thể điều khiển chuyển đổi kiểu đánh lửa tùy ý theo các chế độ làm việc của động cơ. Việc điều khiển chuyển mạch đánh lửa và điều khiển góc đánh lửa sớm đòi hỏi phải làm thực nghiệm rất nhiều và điều chỉnh các thông số liên tục mới có thể tìm ra được điểm tối ưu. Tuy nhiên, ta có thể căn cứ vào lý thuyết và tham khảo các thông số điều khiển của các động cơ khác, thiết kế ra một số mô hình điều khiển sơ bộ cho động cơ có thể hoạt động được. Sau đó qua thực nghiệm tiến hành điều chỉnh các thông số để tìm được giá trị thích hợp.



Hình 11: Sơ đồ nguyên lý hệ thống đánh lửa kết hợp lắp trên xe gắn máy Honda Wave RS.

I. LÝ LUẬN LỰA CHỌN THỜI ĐIỂM CHUYỂN MẠCH ĐÁNH LỬA

Theo [7], có 3 điểm mấu chốt sẽ quyết định tia lửa điện kiểu gì là phù hợp hơn cho chế độ làm việc của động cơ.

1. Áp suất nén trong lòng xy lanh

Nếu áp suất nén trong lòng xy lanh lớn thì đòi hỏi một điện áp đánh lửa cao hơn bình thường. Lúc này tương ứng là động cơ đang ở chế độ tải nặng hoặc đang tăng tốc. Với đặc tính có tốc độ tăng trưởng điện áp cao hơn so với tia lửa điện cảm, tia lửa điện dung sẽ phù hợp hơn cho động cơ lúc này.

2. Tỉ lệ hoà khí

Tỉ lệ hoà khí trong lòng xy lanh không phải là hằng số, nó sẽ thay đổi liên tục theo các chế độ tải của động cơ.

STT	Các chế độ làm việc	Tỉ lệ hoà khí phù hợp
1	Khởi động lạnh (0°C)	1 : 1
2	Khởi động (20°C)	5 : 1
3	Cầm chừng nhanh (hâm nóng)	10 : 1
4	Cầm chừng	11 : 1
5	Tải nhỏ	12-13 : 1
6	Tải trung bình	16-18 : 1
7	Toàn tải	12-13 : 1
8	Tăng tốc	8 : 1
9	Giảm tốc (Cắt tốc)	0

Bảng tỉ lệ hoà khí thông thường theo các chế độ tải trên động cơ đốt cháy nhiên liệu cưỡng bức^[2].

Khi hòa khí giàu ($A/F < 14.7$), các phân tử nhiên liệu và không khí sẽ nằm gần nhau nên chỉ cần một mồi lửa nhỏ trong thời gian ngắn là đã đủ để bén cháy lượng hoà khí này. Khi tỉ lệ hoà khí nghèo ($A/F > 14.7$), các phân tử không khí và nhiên liệu sẽ nằm cách xa nhau. Do đó, khả năng bén cháy sẽ khó hơn nên chúng cần mồi lửa lâu hơn mới cháy được.

Tia lửa điện dung với đặc điểm là thời gian tồn tại tia lửa điện ngắn nên sẽ phù hợp hơn cho các chế độ tải đó. Chế độ tải trung bình sẽ có tỉ lệ hoà khí tương đối nghèo. Với đặc điểm có xung điện áp thứ cấp tăng trưởng chậm và thời gian tồn tại tia lửa điện dài^[1], tia lửa điện cảm sẽ phù hợp hơn cho chế độ này.

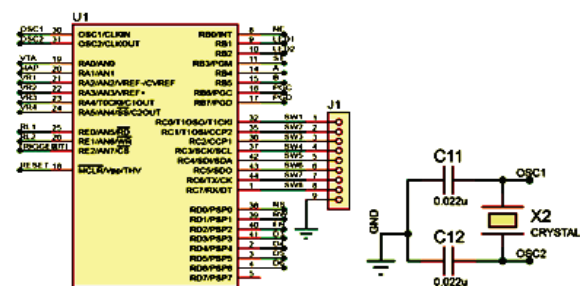
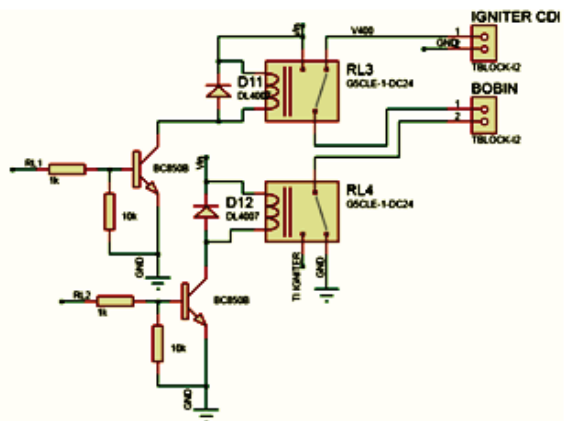
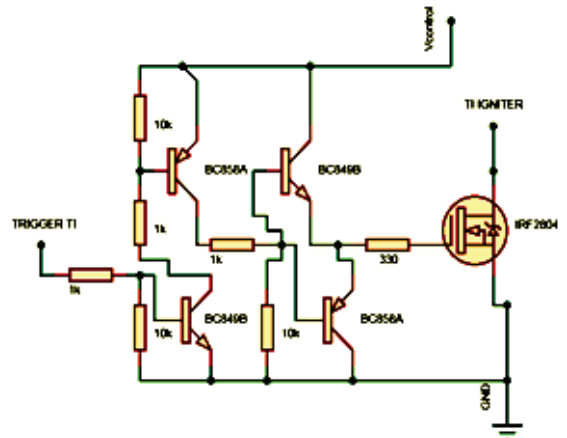
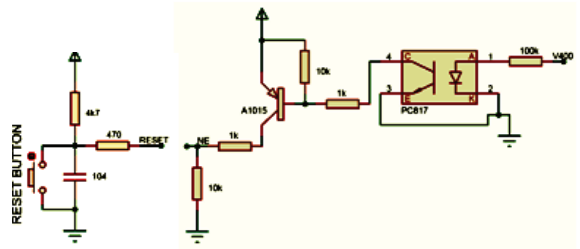
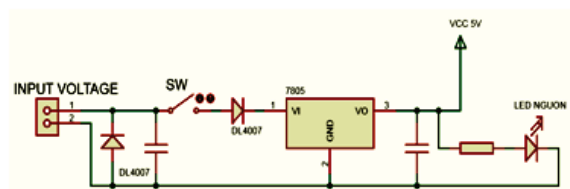
1. Tốc độ động cơ

Khi tốc độ động cơ cao, thời gian tuyệt đối cho một chu kỳ đánh lửa sẽ giảm xuống. Nếu ta sử dụng hệ thống đánh lửa điện cảm, thời gian ngậm cũng sẽ phải giảm theo^[8]. Do đó, sẽ có nguy cơ dòng điện tăng trưởng qua cuộn sơ chưa đạt đến giá trị cần thiết thì hệ thống sẽ bị mất lửa và công suất của động cơ sẽ giảm. Đối với hệ thống đánh lửa điện dung thì thời nạp và phóng điện của tụ rất nhanh nên kiểu đánh lửa điện dung sẽ phù hợp khi động cơ hoạt động ở số vòng quay cao.

II. THIẾT KẾ BOARD MẠCH ĐIỀU KHIỂN HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA KẾT HỢP

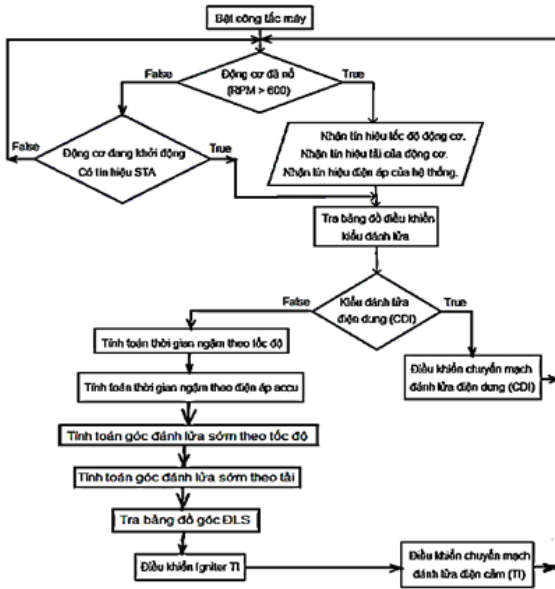
4.1 Sơ đồ nguyên lý

Mạch điều khiển hệ thống đánh lửa kết hợp gồm module chính như sau:



Hình 12: Các module chính của board mạch điều khiển hệ thống đánh lửa kết hợp

4.2 Lưu đồ thuật toán điều khiển chuyển mạch.



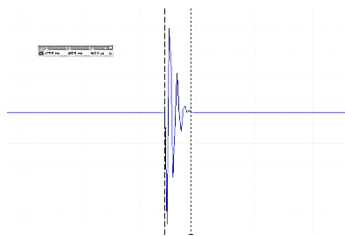
Hình 13: Thuật toán điều khiển chuyển mạch đánh lửa.



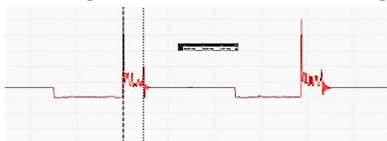
Hình 14: Board mạch hoàn thiện và lắp thử nghiệm trên xe.

V. THỬ NGHIỆM HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG.

5.1 Kiểm tra dạng sóng điện áp sơ cấp khi dùng kiểu đánh lửa điện dung và điện cảm.



Hình 15: Dạng sóng điện áp sơ cấp bobin khi dùng kiểu đánh lửa điện dung.



Hình 16: Dạng sóng điện áp sơ cấp bobin khi dùng kiểu đánh lửa điện cảm.

Dựa vào dạng sóng ta có thể xác định được thời gian tồn tại tia lửa điện là 641μs.

5.2 Kiểm tra dạng sóng sơ cấp khi chuyển mạch đánh lửa.



Hình 17: Dạng sóng điện áp sơ cấp của bobin tại thời điểm chuyển mạch.

Ta thấy thời điểm chuyển mạch luôn nằm sau một chu kỳ đánh lửa và không xảy ra các xung gai cao áp khi chuyển mạch.

1. Thử nghiệm đo lượng nhiên liệu tiêu thụ.

Thử nghiệm đo lượng nhiên liệu tiêu thụ tại phòng thí nghiệm động cơ đốt trong trường Đại học Bách Khoa Tp Hồ Chí Minh. Tại thời điểm đo, xe gắn máy Honda Wave RS sản xuất năm 2005 đã đi được khoảng 67000 km. Nhiên liệu dùng để thử nghiệm là xăng A95.

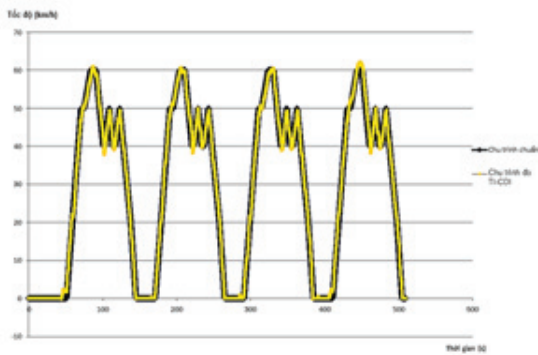


Hình 18: Xe gắn máy Honda Wave RS được lắp trên băng thử tạo tải để đo lượng nhiên liệu.

- Thông số đo khi sử dụng hệ thống đánh lửa kết hợp TI-CDI:

Date	: 3/1/2014	
Start time	: 10:43:11 AM	
End time	: 10:51:41 AM	
No. of driving errors	: 24	
Travel distance	: 4294m	
m1	806.5	g
m2	745	g
Fuel Consumption	61.5	g

Bảng thông số đo khi sử dụng hệ thống đánh lửa kết hợp TI-CDI.

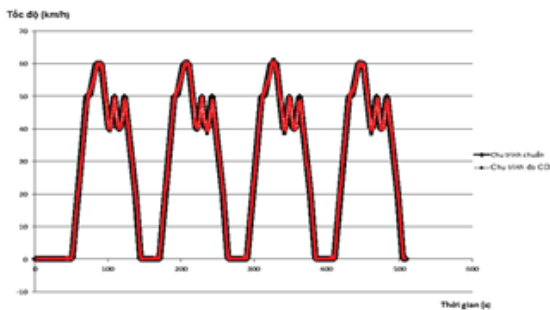


Hình 19: Đồ thị thể hiện sự tương quan giữa vận tốc thực và vận tốc chuẩn của chu trình khi sử dụng hệ thống đánh lửa kết hợp TI-CDI.

- Thông số đo khi sử dụng hệ thống đánh lửa truyền thống CDI:

Date	: 3/1/2014	
Start time	: 10:59:21 AM	
End time	: 11:07:51 AM	
No. of driving errors	: 9	
Travel distance	: 4102m	
m1	741.5	g
m2	680.5	g
Fuel Consumption	61	g

Bảng thông số đo khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy CDI.



Hình 20: Đồ thị thể hiện sự tương quan giữa vận tốc thực và vận tốc chuẩn của chu trình khi sử dụng hệ thống đánh lửa nguyên thủy CDI.

Nhận xét:

Mặc dù lượng nhiên liệu tiêu thụ đo được có phần cao hơn 0,5g nhưng quãng đường đi được cũng nhiều hơn (4294m so với 4102m) khi sử dụng kiểu đánh lửa truyền thống. Từ đây, ta tính được lượng nhiên liệu tiêu thụ trung bình trong 100km tương ứng

khi sử dụng hệ thống đánh lửa kết hợp và hệ thống đánh lửa nguyên thủy là 1432.23g và 1487.08g. Từ đó, ta có thể kết luận rằng lượng nhiên liệu tiêu hao khi sử dụng hệ thống đánh lửa kết hợp sẽ ít hơn 55g/100km so với khi sử dụng hệ thống đánh lửa truyền thống.

2. Kiểm tra nồng độ khí thải.

Thực nghiệm đo khí thải được thực hiện tại phòng xưởng động cơ xăng trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp Hồ Chí Minh. Dụng cụ đo nồng độ khí thải được sử dụng là thiết bị phân tích khí thải MEXA-324L của hãng Horiba. Thiết bị này có thể phân tích được 2 thành phần khí thải là CO và HC.



Hình 21: Thiết bị đo khí thải Horiba kết nối với đường ống thải xe gắn máy.



Hình 22: Thông số kết quả đo khí thải khi sử dụng kiểu đánh lửa TI-CDI và kiểu đánh lửa nguyên thủy CDI.

Nhận xét:

Dựa vào kết quả đo, ta thấy nồng độ CO và HC khi sử dụng kiểu đánh lửa điện cảm TI đều thấp hơn so với khi sử dụng kiểu đánh lửa điện dung CDI.

Đối với nồng độ CO, ta thấy gần như không có sự chênh lệch đáng kể khi ta thay đổi kiểu đánh lửa. Tuy nhiên, đối với nồng độ HC thì khi sử dụng kiểu đánh lửa TI thì thấp hơn rõ rệt so với khi dùng kiểu đánh lửa CDI. Điều này có được là do thời gian tồn

tại tia lửa điện cảm dài hơn so với thời gian tồn tại của tia lửa điện dung. Do đó, hoà khí sẽ cháy kiệt hơn và lượng HC thải ra do hoà khí chưa cháy hết sẽ giảm xuống.

VI. KẾT LUẬN

Việc sử dụng đúng kiểu đánh lửa sẽ mang lại nhiều hiệu quả cho động cơ và người sử dụng như tiết kiệm nhiên liệu, giảm ô nhiễm môi trường,...

Các kết quả đạt được của đề tài:

- Đã thiết kế thành công hệ thống đánh lửa kết hợp ứng dụng trên xe Honda Wave RS.

- Đã thử nghiệm so sánh hoạt động của xe trước và sau khi dùng hệ thống đánh lửa kết hợp.
- Các kết quả cho thấy board mạch điều khiển làm việc ổn định và có độ chính xác cao.

Đề tài đạt được một số kết quả nhất định đem lại nhiều ý nghĩa về mặt khoa học cũng như thực tiễn. Nội dung đề tài đã đưa ra một hướng nghiên cứu hoàn toàn mới và có tính thực tiễn cao khi đã được áp dụng trên phương tiện giao thông vận tải thực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] PGS-TS. Đỗ Văn Dũng, *Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại*, NXB Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh, 2004.
- [2] Đinh Ngọc Ân, *Trang bị điện trên ô tô máy kéo*, Nhà xuất bản đại học và trung học chuyên nghiệp Hà nội, 1980.

Tiếng Anh

- [3] Shingo Morita, Takafumi Narishige, Mitsuru Koiwa; *Capacitive ignition system with inductively extended discharge time*; USA Patent No 5220901, 1993.
- [4] Gianni Regazzi, Funo Di Argelato, Beniamino Baldoni Italy; *Inductive ignition system for internal combustion engine*, USA Patent No US 7028676 B2, 2006.
- [5] Kaushik H. Thakore; *High energy output inductive ignition*, USA Patent No : 3835350, 1974
- [6] Joseph M. Lepley, Girard; *Capacitive discharge ignition system with extended duration spark*, USA Patent No US 6701904 B2, 2004.

Website :

- [7] <http://www.gill.co.uk>
- [8] <http://www.daytona-twintec.com>
- [9] www.cranecams.com.