

NGHIÊN CỨU, CHẾ TẠO MẠCH ĐIỀU KHIỂN ĐÁNH LỬA TRÊN ĐỘNG CƠ THEO CHƯƠNG TRÌNH

Nguyễn Văn Long Giang

ABSTRACT

Most systems of engines are controlled by intelligent ICs. The performance of the ignition system affects critically on the output power, emission, fuel consumption, etc. The advance spark timing has been controlled accurately. It matches the operating conditions of engine. Basing on timing lookup table, dwell angle, we design and manufacture the electronic control unit (ECU) control the ignition system of the engine, the ECU are programmed by using Assembler language. The controlled objective is the engine Suzuki Cappuccino in which the experiments have been carried out.

TÓM TẮT

Các hệ thống trên động cơ ô tô hiện nay được điều khiển bằng các chip vi xử lý thông minh với các chương trình ngày càng hoàn thiện. Hệ thống đánh lửa có ảnh hưởng lớn đến công suất, tiêu hao nhiên liệu, sinh ra ô nhiễm. Góc đánh lửa sớm phải được điều khiển phù hợp với các chế độ hoạt động của động cơ. ECU điều khiển đánh lửa được thiết kế và chế tạo với các tham số thực nghiệm: bản đồ góc đánh lửa sớm, góc ngậm điện... Các chương trình điều khiển được viết bằng ngôn ngữ lập trình Assembler. Mạch điều khiển được thực nghiệm trên động cơ Suzuki Cappuccino.

Động cơ Suzuki được lắp trên xe Suzuki Cappuccino SX306 (1993 – 1996) với 2 chỗ ngồi, xe này sử dụng tại thị trường Châu Âu. Là một loại động cơ hiện đại 3 xilanh bố trí thẳng hàng có thứ tự công tác của các xilanh là: 1 – 3 – 2. Động cơ sử dụng hệ thống phun nhiên liệu thể hệ mới, phun theo thứ tự công tác của từng xilanh với một áp suất không đổi trên ống phân phối (không có van điều áp).

Hệ thống đánh lửa thì sử dụng hệ thống đánh lửa hiện đại nhất. Đó là hệ thống đánh lửa trực tiếp không có bộ chia điện, mỗi bobine đánh lửa dùng cho mỗi bugi của các xilanh. Hai quá trình điều khiển góc đánh lửa sớm và hiệu chỉnh lượng nhiên liệu phun theo các chế độ làm việc của động cơ đều do hệ thống ECU (Electronic Control Unit) điều khiển.

I. TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ CỦA HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA

1. Độ tự cảm L_1 của cuộn dây sơ cấp bobine

Căn cứ theo tín hiệu cường độ dòng điện I_{ng} đo được trên máy Scope chúng ta có thể tính độ tự cảm cuộn dây như sau:

Ta có:

$$i_1(t) = \frac{U}{R_1 + R_f} \times \left(1 - e^{-\frac{R_1 + R_f}{L_1} \times \Delta t}\right)$$

Xem điện trở dây dẫn bằng 0 và hệ thống không có sử dụng điện trở phụ.

$$\text{Với } R_{\Sigma} = R_1 + R_f \quad (R_f = 0)$$

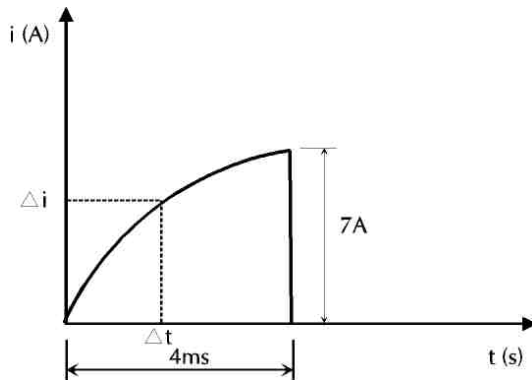
$$R_{\Sigma} = R_1$$

$$\Rightarrow L_1 = -\frac{R_1 \times \Delta t}{\ln\left(1 - \frac{IR_1}{U}\right)} = 4,6(mH)$$

Với các thông số: $R_1 = 1,4\Omega$; $I = 7A$

$\Delta t = 4ms = 0.004s$; $U = 12V$

$$L_1 = - \frac{1,40,004}{\ln\left(1 - \frac{7,1,4}{12}\right)} = 4,6(mH)$$



Hình 1: Sự tăng trưởng cường độ dòng điện trong cuộn sơ cấp bobine

2. Năng lượng dự trữ trên cuộn dây sơ cấp bobine

Năng lượng dự trữ W_{dt} là năng lượng tích lũy dưới dạng từ trường trong cuộn dây sơ cấp của bobine. Để đảm bảo tia lửa điện có đủ năng lượng để đốt cháy hoàn toàn hòa khí, hệ thống đánh lửa phải đảm bảo được năng lượng dự trữ trên cuộn sơ cấp của bobine ở một giá trị xác định:

$$W_{dt} = \frac{L_1 \times I_{ng}^2}{2} = 50 \div 150 mJ$$

Trong đó:

W_{dt} : Năng lượng dự trữ trên cuộn sơ cấp.

$L_1 = 4.6mH$ Độ tự cảm của cuộn sơ cấp của bobine.

$I_{ng} = 7A$ Cường độ dòng điện sơ cấp tại thời điểm transistor công suất ngắt.

$$\Rightarrow W_{dt} = \frac{4.6 \times 7^2}{2} = 112.7 mJ$$

Giá trị $W_{dt} = 112.7 mJ$ nằm trong giá trị cho phép $50 \div 150 mJ$

3. Tần số và chu kỳ đánh lửa

Đối với động cơ 4 thì, số tia lửa xảy ra trong một giây hay còn gọi là tần số đánh lửa được xác định bởi công thức:

$$f = \frac{nZ}{120} (Hz)$$

Trong đó:

f : Tần số đánh lửa.

n : Số vòng quay trục khuỷu động cơ (min^{-1}).

Z : Số xylanh động cơ.

Chu kỳ đánh lửa T : là thời gian giữa hai lần xuất hiện tia lửa.

$$T = 1/f = t_d + t_m$$

Trong đó:

t_d : Thời gian vít ngậm hay transistor công suất dẫn bão hòa.

t_m : Thời gian vít hở hay transistor công suất ngắt.

Thời gian tích lũy năng lượng t_d trên cuộn sơ cấp phụ thuộc vào vòng quay n của xylanh và số xylanh Z .

$$t_d = \frac{2}{3} \cdot \frac{120}{n \cdot Z}$$

Đối với động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa trực tiếp, máy tính (ECU) sẽ tính toán để cho giá trị dòng điện đi qua cuộn sơ cấp khoảng 6 – 7Amps. ECU sử dụng thông tin được ghi trong bộ nhớ (bảng đồ nhớ trị số thời gian ngậm điện), để từ đó có thể điều khiển thời gian ngậm điện dài hơn, hay ngắn hơn tùy theo giá trị điện áp accu thấp hay cao. Tuy nhiên, ECU không thể điều khiển quá 75% thời gian của một chu kỳ đánh lửa T . Vì vậy, thời gian ngậm điện của khoảng 4 ms. Giá trị này được chuyển đổi sang góc quay của trục khuỷu tùy theo tốc độ động cơ. Khi khởi động, ECU sẽ điều khiển đánh lửa cho đồng bộ với tín hiệu cảm biến tốc độ trục khuỷu, đó là thời điểm đánh lửa theo một giá trị không đổi là 10^0 trước điểm chết trên.

II. ĐIỀU KHIỂN GÓC ĐÁNH LỬA TRÊN ĐỘNG CƠ

Thời điểm đánh lửa sớm chính xác trong suốt quá trình hoạt động động cơ rất

quan trọng vì nó ảnh hưởng lớn đến mức tiêu thụ nhiên liệu cũng như độ ô nhiễm của khí thải.

Các yếu tố sau được sử dụng để điều khiển góc đánh lửa (tương tự điều khiển nhiên liệu):

- Áp suất đường ống nạp
- Lưu lượng khí nạp
- Tốc độ động cơ
- Độ mở bướm ga
- Tỷ số không khí – nhiên liệu
- Góc quay trục khuỷu và tín hiệu vị trí piston (TDC)
- Nhiệt độ môi trường
- Điện áp accu

Góc đánh lửa sớm thực tế khi động cơ hoạt động được xác định bằng công thức sau:

$$\theta = \theta_{bd} + \theta_{cb} + \theta_{hc}$$

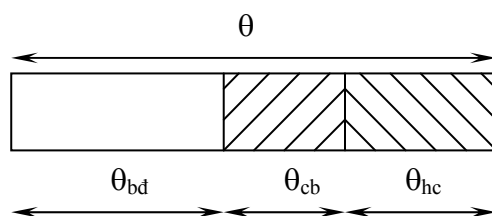
Trong đó:

θ - góc đánh lửa sớm thực tế

θ_{bd} - góc đánh lửa sớm ban đầu

θ_{cb} - góc đánh lửa sớm cơ bản

θ_{hc} - góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh



Góc đánh lửa sớm ban đầu (θ_{bd}) phụ thuộc vào vị trí của delco hoặc cảm biến vị trí cốt máy (tín hiệu G). Thông thường, trên các loại xe góc đánh lửa sớm ban đầu được hiệu chỉnh trong khoảng từ 5° đến 10° trước tử điểm thượng ở tốc độ cảm chừng.

Dựa vào tốc độ (tín hiệu NE) và tải của động cơ (từ tín hiệu áp suất trên đường ống nạp hoặc lưu lượng khí nạp), ECU sẽ đọc giá trị của góc đánh lửa sớm cơ bản (θ_{cb}) được lưu trữ trong bộ nhớ.

Góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh (θ_{hc}) là góc đánh lửa sớm được cộng thêm hoặc giảm bớt khi ECU nhận được các tín hiệu khác như nhiệt độ động cơ, nhiệt độ khí nạp, tín hiệu kích nổ, tín hiệu tốc độ xe... Vì vậy, góc đánh lửa sớm thực tế được tính bằng góc đánh lửa sớm ban đầu cộng với góc đánh lửa sớm cơ bản và góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh để đạt được góc đánh lửa sớm lý tưởng theo từng chế độ hoạt động của động cơ.

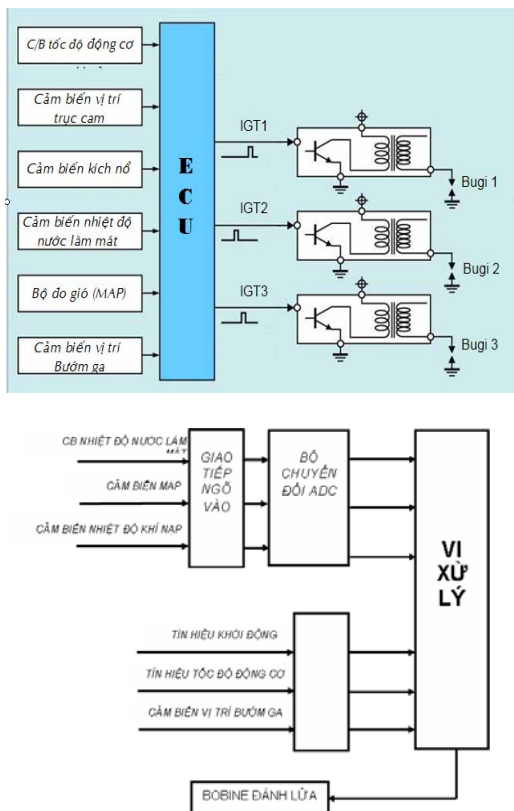
Góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh theo sự tăng hay giảm của tốc độ và tải của động cơ. Bản đồ góc đánh lửa được xác định bằng cách thực nghiệm khảo sát các góc đánh lửa tối ưu trên một vài loại động cơ của Toyota, Mitsubishi, Ford... Sau đó, thiết lập được bản đồ góc đánh lửa sớm của động cơ theo 2 thông số của động cơ là tốc độ và tải.

Bản đồ giá trị góc đánh lửa sớm																				
RPM x100	5	8	10	13	15	18	20	23	25	28	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
LO	15	15	15	20	26	29	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	44
	15	15	15	20	26	29	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	44
	15	15	15	20	26	29	31	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	44
	15	15	15	20	26	29	31	33	34	35	36	37	38	38	38	39	40	41	42	42
	16	16	18	24	26	27	29	30	31	32	32	32	33	34	34	35	36	37	38	38
L	14	14	18	20	23	24	26	27	28	29	29	29	30	30	30	32	34	35	36	36
O	12	12	18	18	23	24	23	24	25	26	26	26	26	26	26	30	32	35	35	35
A	9	9	16	18	23	24	21	22	24	25	26	27	26	26	26	28	30	35	35	35
D	4	4	14	17	23	24	25	25	27	30	31	27	24	24	26	28	30	35	35	35
	4	4	14	17	19	18	21	22	24	30	31	27	24	22	26	28	30	35	35	35
	2	2	12	15	17	18	18	19	19	21	28	25	21	21	26	28	30	35	35	35
	1	1	10	12	12	12	12	14	14	13	18	20	17	20	26	24	30	35	35	35
	0	0	8	10	10	11	11	12	12	10	16	17	14	16	24	24	30	33	33	33
	0	0	6	8	8	9	9	10	10	9	13	14	11	14	22	22	28	31	31	31
HI	0	0	6	8	8	9	9	10	10	9	13	14	11	16	24	22	28	31	31	31

Hình 2: Bản đồ giá trị góc đánh lửa sớm

III. THIẾT KẾ, CHẾ TẠO MẠCH ĐÁNH LỬA THEO CHƯƠNG TRÌNH

1. Sơ đồ khối mạch điều khiển hệ thống đánh lửa theo chương trình

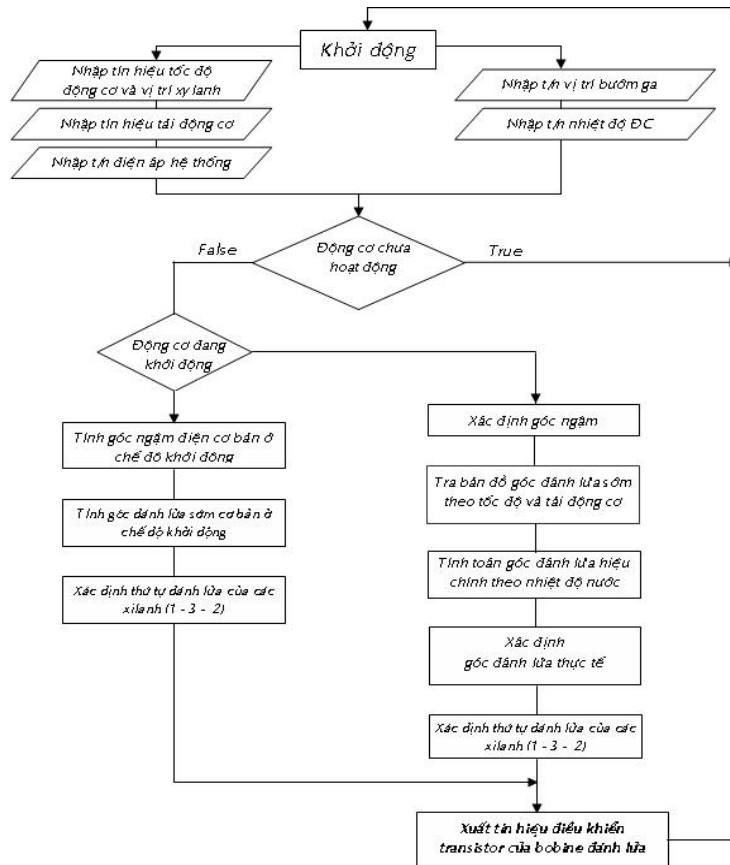


Hình 3: Sơ đồ khối mạch điều khiển hệ thống đánh lửa theo chương trình

Vi xử lý hoạt động trên cơ sở nhận các tín hiệu số từ các cảm biến bên ngoài. Vi xử lý sẽ lần lượt xử lý các tín hiệu và đọc dữ liệu góc đánh lửa sớm trong các bản đồ đã được nạp sẵn các bảng số liệu. Từ đó, tính ra góc đánh lửa sớm theo tốc độ động cơ, tải động cơ và các tín hiệu khác của các cảm biến để điều khiển góc đánh lửa sớm trên động cơ là tối ưu nhất.

Đối với những tín hiệu có dạng tương tự (tín hiệu điện áp) như cảm biến nhiệt độ nước làm mát, cảm biến MAP... thì phải qua bộ chuyển đổi ADC để chuyển đổi tín hiệu tương tự (tín hiệu điện áp) thành tín hiệu số. Quá trình chọn kênh biến đổi các tín hiệu này cũng được điều khiển bởi sự kết hợp giữa vi điều khiển AT89C52 với bộ chuyển đổi ADC. (Giả sử AT89C52 xuất các mã số nhị phân 000, 001, 010... ở cổng A, B và C của ADC). ADC sẽ tiến hành biến đổi tín hiệu tương tự từ cảm biến MAP, cảm biến nhiệt độ động cơ hay cảm biến nhiệt độ nước làm mát... sang tín hiệu số, từ đó mới được đưa vào vi điều khiển xử lý tìm góc đánh lửa sớm tương ứng đưa đến điều khiển các transistor công suất tạo ra tia lửa ở các bugi theo đúng thứ tự thì nổ của động cơ.

2. Sơ đồ thuật toán điều khiển đánh lửa theo chương trình



Trong khi mạch làm việc, hoạt động của tổ chức ngắt các bộ định thời nên việc đo điện áp của cảm biến áp suất chân không (MAP), cảm biến nhiệt độ nước làm mát, cảm biến nhiệt độ không khí nạp hầu như là song song với việc đo tốc độ động cơ.

Vi điều khiển sẽ nhận biết được tốc độ động cơ, từ đó tìm được giá trị góc đánh lửa sớm tương ứng trong các giá trị của bản đồ đã được nạp sẵn trong bộ nhớ của vi điều khiển.

Vi điều khiển tiếp tục nhận biết các tín hiệu điện áp cảm biến nhiệt độ nước, cảm biến nhiệt độ khí nạp, tín hiệu từ cảm biến vị trí bướm ga, tín hiệu khởi động để có sự lựa chọn tính toán góc ngậm cho các chế độ làm việc của động cơ cũng như việc xác định góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh. Góc đánh lửa thực tế bằng tổng góc đánh

lửa sớm cơ bản và góc đánh lửa hiệu chỉnh. Vi điều khiển lưu giá trị góc đánh lửa sớm thực tế và chờ đến thời điểm đúng thời điểm đánh lửa phun điều khiển transistor công suất ở bobine để tạo ra tia lửa để đốt cháy hỗn hợp hòa khí theo đúng thứ tự cộng tác của động cơ.

- Chốt cắm BR1 thông qua các điện trở và transistor để vào 4 port (P3.0, P3.1, P3.2, P3.3) của vi điều khiển để nhận tín hiệu tác động nguồn dương như tín hiệu khởi động STA, IG, A/C và cũng như là nhận tín hiệu xung Hall do cảm biến Hall đưa vào để xác định số vòng quay và thứ tự công tác của các xy lanh. Ngoài ra, 4 Port (P3.4, P3.5, P3.6, P3.7) được sử dụng làm các kênh ra để điều khiển van không tải (ISC).

- Chốt cắm BR2 thông qua các điện trở, transistor và nguồn VCC nối với vi điều khiển ở 4 port (P3.0, P3.1, P3.6, P3.7)

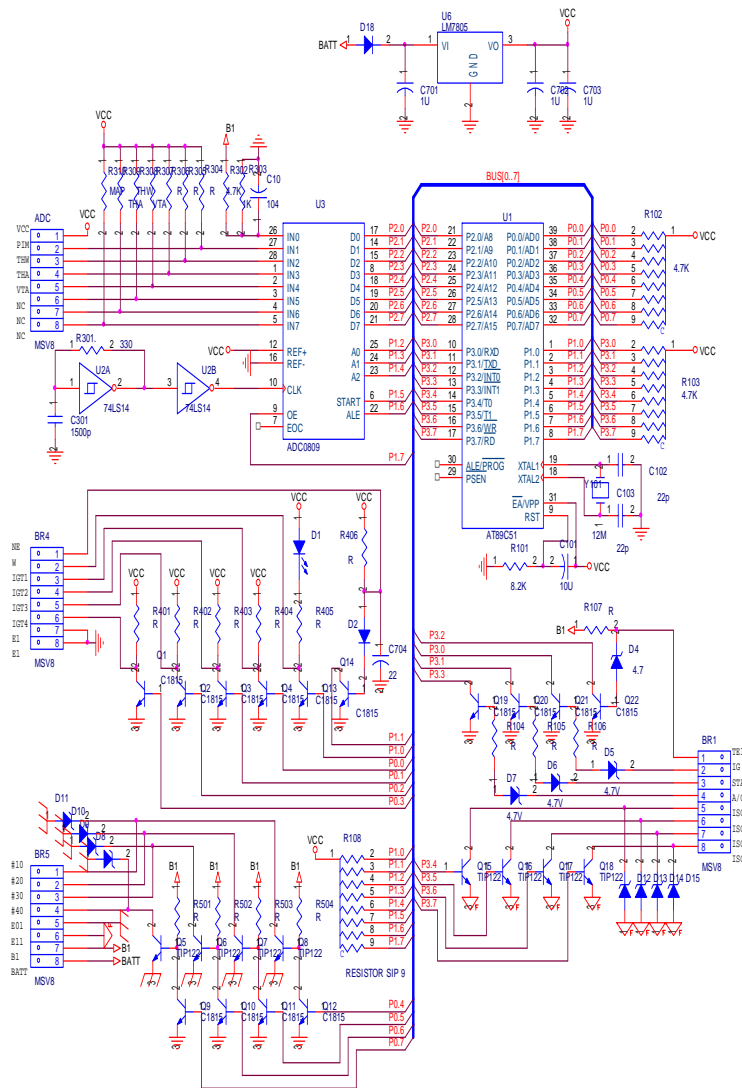
để nhận tín hiệu tác động bằng nguồn âm (mass) như tín hiệu cánh bướm ga.

- Chốt cắm ADC thông qua các điện trở và nguồn VCC nối với ADC ở các chân IN0, IN1, IN2, IN3, IN4, IN5, IN6, IN7 để nhận các tín hiệu tương tự từ các cảm biến như cảm biến nhiệt độ nước (THW), cảm biến độ chân không đường ống nạp (PIM), cảm biến nhiệt độ không khí nạp (THA) và cảm biến vị trí cánh bướm ga (VTA). Đồng thời còn có chân cung cấp nguồn $V_{cc} = 5V$ cho các cảm biến.
- Chốt cắm BR4 thông qua các điện trở, transistor, diot zener, công Not, nguồn

VCC... nối với vi điều khiển ở 4 port (P0.0, P0.1, P0.2, P0.3, P3.5) dùng để xuất tín hiệu đánh lửa (IGT) đến điều khiển các transistor công suất tại các bobine.

- Chốt cắm BR5 nối với transistor công suất, điện trở, diot zener... ở các port P0.4, P0.5, P0.6, P0.7 để điều khiển các kim phun. Ngoài ra, có các chân cung cấp điện áp 12V Accu (BATT), điện áp 12V từ công tắc máy (B1+) và 2 chân Mass cho vi điều khiển, Mass kim phun.

- Bộ nguồn ổn áp 5V dùng để cấp nguồn cho vi điều khiển và cho mạch hoạt động.

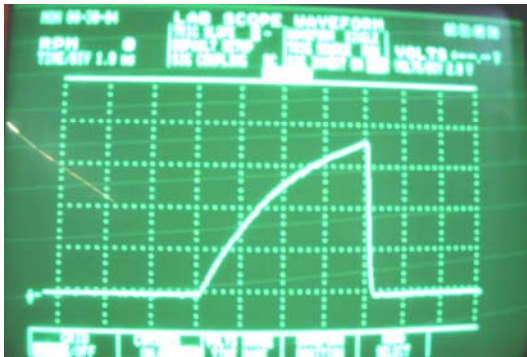


Hình 5: Sơ đồ mạch nguyên lý của hệ thống điều khiển đánh lửa theo chương trình

IV. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM CÁC TÍN HIỆU RA ĐIỀU KHIỂN CƠ CẤU CHẤP HÀNH CỦA HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA

1. Quá trình tăng trưởng cường độ dòng điện trong cuộn dây sơ cấp

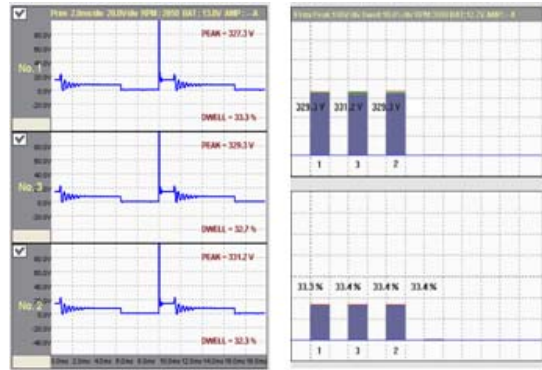
Sự tăng trưởng dòng điện ở hình 6.8 cho chúng ta thấy được thời gian ngậm điện của Bobine là 4ms và giá trị cường độ là khoảng 7A, (sử dụng thiết bị quy đổi từ Ampe thành Volt [$1A \approx 1V$]), theo như tính toán thì quá trình ngậm điện không vượt quá 4ms và cường độ thì không quá 7A thì lúc đó chúng ta sẽ có được tia lửa mạnh nhất và cũng không làm nóng bobine.



Hình 6: Sự tăng trưởng dòng điện trong cuộn dây sơ cấp (Máy Snap-on)

2. Xung mạch sơ cấp của hệ thống đánh lửa

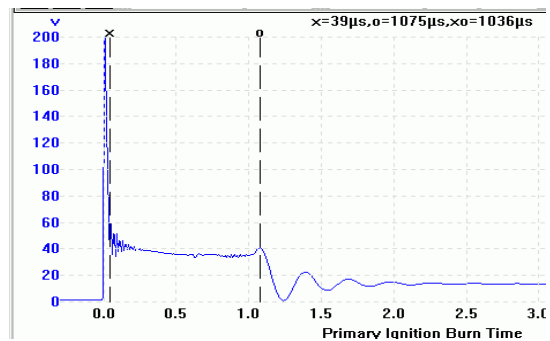
Từ các xung ở hình trên cho thấy thời gian ngậm điện của cuộn dây đánh lửa sơ cấp bobine của 3 xilanh là như nhau khoảng 3.8ms, thời gian ngậm điện có chênh lệch rất ít khoảng 0.1%, điều này cho thấy khả năng tích lũy năng lượng đánh lửa tại các bobine là như nhau, dẫn đến quá trình cháy giữa các xilanh làm cho sự dao động của số vòng quay động cơ là không đáng kể so với hệ thống đánh lửa thường sử dụng trên các ô tô trước đây.



Hình 7: Xung sơ cấp của các bobine - biểu đồ góc ngậm và biểu đồ sức điện động tự cảm cuộn sơ cấp

3. Xác định thời gian cháy

Thời gian cháy sơ cấp: 1036 μ s thông số này cho thấy thời gian cháy dài và năng lượng tích lũy lớn (Khe hở các điện cực bugi là 0.85mm).



Hình 8: Thời gian cháy sơ cấp

4. Các thông số khí thải của động cơ sử dụng hệ thống đánh lửa theo chương trình

Các giá trị khí thải đo được cho thấy thành phần HC trong khí thải còn khá cao so với yêu cầu, nguyên nhân có thể là lượng nhiên liệu tính toán chưa đúng theo tỉ lệ thích hợp hoặc góc đánh lửa sớm chưa thật chính xác dẫn đến quá trình cháy không hết làm cho lượng HC trong khí thải tăng lên, đồng thời chưa sử dụng cảm biến Oxi trong quá trình điều khiển

kín (Closed loop) để các khí thải độc hại sinh ra là thấp nhất.

Lượng CO₂ có trong khí thải là 0.64%, giá trị này có thể chấp nhận được nếu như sử dụng ở thị trường Châu Á và Việt Nam.

Lượng CO₂ chưa được cao là do quá trình cháy diễn ra trong điều kiện hỗn hợp giàu A/F = 13.1/1.

Giá trị $\lambda = 0.9$ cho thấy động cơ cháy giàu dẫn đến các trị số khí thải cao hơn quy định.

Do thời gian có hạn và thiết bị chưa đồng bộ nên việc xác định các thông số có thể chưa được chính xác hoàn toàn. Để có được kết quả chính xác thì phải kiểm tra bằng nhiều thiết bị đo khác nhau, để giá trị đo chính xác, từ đó sẽ hiệu chỉnh tối ưu các thông số của động cơ.



Hình 9: Các thông số khí thải đo khi động cơ chạy cầm chừng

V. KẾT LUẬN

▪ Từ những kết quả đạt được của đề tài nghiên cứu chế tạo mạch điều khiển đánh lửa theo chương trình cho thấy việc chế tạo ECU ở Việt Nam là hoàn toàn có khả năng hiện thực.

▪ Với những linh kiện điện tử và thiết bị thông dụng có ở thị trường Việt Nam đã chế tạo thành công ECU điều khiển hệ

thống đánh lửa cho động cơ. Từ đó, để mở rộng nghiên cứu chế tạo ECU cho bất kỳ loại động cơ nào có sử dụng hệ thống phun xăng và đánh lửa điều khiển từ ECU.

▪ Bước đầu tạo ra tiền đề cho việc nghiên cứu chế tạo các hệ thống điều khiển cho động cơ phun xăng trực tiếp GDI (Gasoline Direct Injection), động cơ Diesel, động cơ xe máy là những vấn đề đang được các hãng xe trên thế giới đặc biệt quan tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bosh – Automotive Microelectronics – 2002.
- [2] Bosh – Gasoline engine management basics and component – 2002.
- [3] Bosh – Motronic engine management – 2002.
- [4] Bosh – Autoelektrik Autoelektronik am Ottomotor.
- [5] Bosh – Sensor electronics – 2002.
- [6] PGS TS. Đỗ Văn Dũng – Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại – NXB ĐH Quốc Gia TPHCM – Năm 2004.
- [7] Jeff Lucius – The ignition system in the DOHC Mitsubishi 3000GT and Dodge Stealth – Internet.
- [8] Huỳnh Đức Thắng – Kỹ thuật số thực hành – NXB Khoa học và Kỹ thuật – Hà Nội 1995.
- [9] TCCS Ignition system - www.autoshop101.com.
- [10] Technical Data 2002 – Autodata.
- [11] Toyota – Hệ thống phun xăng và đánh lửa điều khiển bằng máy tính.
- [12] Tống Văn On, Hoàng Đức Hải – Họ vi điều khiển 8051 – NXB Lao động – Xã hội – Hà Nội, 2001.