

# NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHUN XĂNG VÀ ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP HIỆU CHỈNH TỈ LỆ HÒA KHÍ

Trần Thanh Thương

## ABSTRACT

This paper introduces methods to correct air-fuel ratio of gasoline injected engine based on the operation of electronic fuel injection control system and structural analysis of electronic control unit.

## I. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ

Để xác định lượng nhiên liệu cần phun, ta cần phải biết lưu lượng không khí đi vào động cơ:

$$F_m = \frac{A_m}{\text{Ty so khongkhi / nhienlieu can thiet}}$$

Trong đó:

$F_m$ : lượng nhiên liệu;

$A_m$ : lưu lượng không khí,  $A_m = A_v \cdot A_d$ ;

$A_v$ : lưu lượng khí nạp tính bằng thể tích

$A_d$ : khối lượng riêng của không khí.

Lưu lượng thể tích không khí đi vào động cơ có thể được xác định theo biểu thức:

$$A_{RPM} = \frac{RPM}{60} \times \frac{D}{2} \times V_E$$

Trong đó:

RPM: tốc độ động cơ; D: khoảng chạy piston;  $V_E$ : thể tích hiệu dụng.

Nếu động cơ có hệ thống lưu hồi khí thải (exhaust gas recirculation - EGR), lưu lượng thể tích khí luân hồi phải được trừ khỏi lưu lượng thể tích tính toán:

$$A_v = A_{RPM} - A_{EGR}$$

Thông thường lượng nhiên liệu thực tế  $G_{nl}$  tại chế độ vận hành bình thường được tính thông qua công thức:

$$G_{nl} = G_{fcb} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

Trong đó:

$G_{fcb}$ : lượng nhiên liệu cơ bản phụ thuộc số vòng quay n và lượng khí nạp  $G_k$ ;  $k_1$ ,  $k_2$ ,

$k_3$  lần lượt là hệ số phụ thuộc nhiệt độ động cơ, nhiệt độ nạp khí, vị trí mở bướm ga.

## 1. Tính toán độ rộng xung phun cơ bản

Độ rộng xung phun cơ bản được xác định từ lưu lượng nhiên liệu  $F_m$  cần thiết và được điều chỉnh theo các hệ số điều chỉnh tùy thuộc vào các điều kiện vận hành của động cơ. Để tạo được số liệu về lượng nhiên liệu cơ bản, thông thường các hãng ô tô xuất phát từ tính toán lý thuyết. Sau khi xem xét các yếu tố ảnh hưởng và số liệu này sẽ được tối ưu hóa nhờ thực nghiệm. Giá trị lượng nhiên liệu cơ bản phụ thuộc vào lượng khí nạp vào và tốc độ của động cơ:

$$\text{Ta có: } G_{nl} = f(n, G_k)$$

Trước tiên ta xét đến quan hệ giữa  $G_k$  và  $G_{nl}$ .

Hệ số dư lượng không khí được tính theo công thức sau:

$$\lambda = \frac{G_k}{G_{nl} L_0}$$

$G_k$ ,  $G_{nl}$ : Lưu lượng không khí đi qua bướm ga và lượng nhiên liệu được phun trên đường ống nạp cho một chu trình (kg/chu trình).

$L_0$ : Lượng không khí lý thuyết dùng để đốt cháy hoàn toàn 1 kg nhiên liệu (kg không khí/kg nhiên liệu);  $L_0 = 14.7$  đối với động cơ xăng.

Giá trị  $G_k$  một chu trình được tính theo công thức:

$$G_k = \frac{V_k n_v p_k}{0,1 R_d T_k} \quad (\text{kg/chu trình})$$

Với  $V_k$ : thể tích công tác của 1 xi lanh ( $m^3$ ),  $R_a$ : Hằng số chất khí của không khí,  $T_k$ : Nhiệt độ môi trường ( $T_k=297^0K$ ),  $P_k$ : Áp suất đường ống nạp (Pa),  $n_v$ : Hiệu suất nạp của động cơ là hàm của tốc độ động cơ, độ mở bướm ga, nhiệt độ động cơ. Ngoài ra nó còn phụ thuộc vào kết cấu, chiều dài đường ống nạp.

## 2. Hệ số làm đậm trong quá trình sấy nóng động cơ

Quá trình sấy nóng động cơ bắt đầu sau khi khởi động. Trong suốt quá trình sấy nóng động cơ cần thêm một lượng nhiên liệu để bù vào phần nhiên liệu đọng trên thành vách xy lanh vì xy lanh vẫn còn lạnh. Lượng nhiên liệu thêm vào được lấy từ lượng phun cơ bản và nhân với hệ số gọi là hệ số làm đậm. Hệ số này sẽ giảm dần khi nhiệt độ động cơ tăng và bằng 1 khi nhiệt độ động cơ đạt đến nhiệt độ làm việc.

## 3. Hệ số làm đậm theo nhiệt độ khí nạp

Khi nhiệt độ khí nạp thấp, khối lượng riêng của khí nạp sẽ tăng. Nếu không phun thêm nhiên liệu sẽ làm cho hỗn hợp nghèo vì khi  $\lambda > 1$  công suất động cơ giảm. Vì thế, lượng phun thực tế cần phải được hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp. Việc hiệu chỉnh cũng giống như đối với hiệu chỉnh theo nhiệt độ động cơ với hệ số  $k_2$ .

## 4. Hệ số làm đậm phụ thuộc độ mở bướm ga

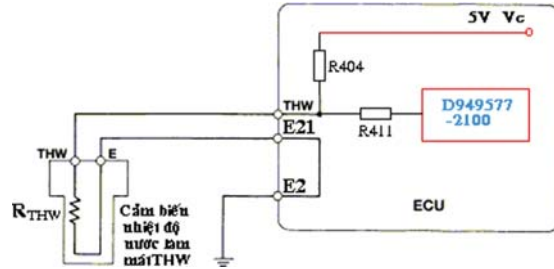
Đối với động cơ xăng sử dụng bộ xúc tác 3 thành phần (three way catalyst), bắt buộc phải làm việc tại vùng  $\lambda = 1$  để bộ xúc tác hoạt động hiệu quả nhất. Thông thường, khi xe chạy trong thành phố là lúc cần lượng khí xả độc hại là ít nhất còn khi xe ở chế độ tải lớn, động cơ cần đạt công suất cực đại nên hòa khí phải hơi giàu. Do đó từ vị trí 75% bướm ga thì ECU bắt đầu làm đậm hỗn hợp.

$$G_{\text{làm đậm}} = 1,11 \cdot G_{\text{cơ bản}}$$

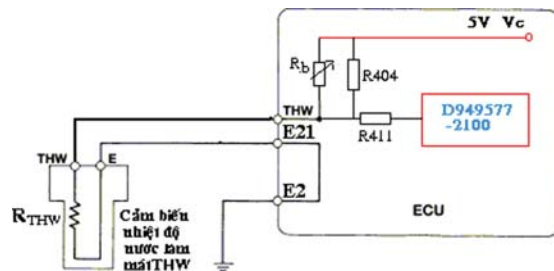
$G_{\text{làm đậm}}$ : Lượng nhiên liệu làm đậm tại 90% độ mở bướm ga.

$G_{\text{cơ bản}}$ : Lượng nhiên liệu phun cơ bản phụ thuộc  $n$  và  $G_k$ .

## II. KHẢO SÁT MẠCH THỰC TẾ ECU LOẠI L - JETRONIC TRANG BỊ TRÊN XE TOYOTA CAMRY, ĐỘNG CƠ 3S-FE VÀ ĐỀ XUẤT PHƯƠNG ÁN HIỆU CHỈNH TỶ LỆ HÒA KHÍ



Hình 1: Sơ đồ mạch hiệu chỉnh cảm biến nhiệt độ nước làm mát mức nối tiếp với ECU



Hình 2: Sơ đồ mạch hiệu chỉnh cảm biến nhiệt độ nước làm mát mức biến trở song song với ECU

Sau khi nghiên cứu mạch thực tế trong hộp ECU, sơ đồ mạch tổng thể được trình bày trên hình 3.

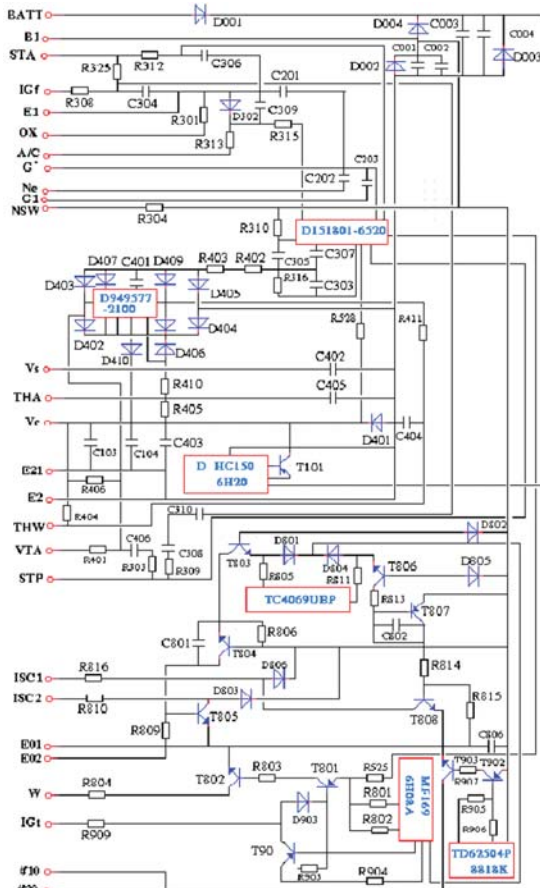
Có nhiều phương án hiệu chỉnh tỷ lệ hòa khí, nhưng trong bài báo này, người nghiên cứu chọn phương án hiệu chỉnh tín hiệu cảm biến nhiệt độ nước làm mát, tức thay đổi hệ số  $k_1$ . Trên hình 1, trình bày sơ đồ mạch cảm biến nhiệt độ nước làm mát trích ra từ sơ đồ mạch tổng thể ở trong hình 3 của ECU.

Để hiệu chỉnh điện áp trên ngõ THW ta dùng một biến trở  $R_b$  mắc song song hoặc nối tiếp vào mạch, (trong trường hợp này chọn mắc song song). Sơ đồ mạch điện khi  $R_b$  mắc song song như trên hình 2.

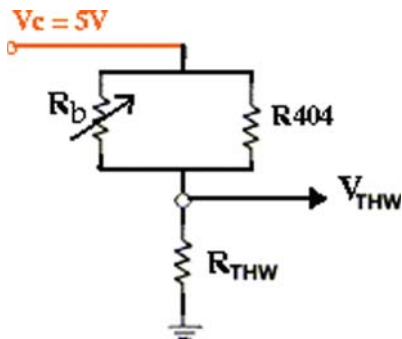
Như vậy trong mạch tín hiệu nhiệt độ nước làm mát (hình 2), bỏ qua điện trở nội trong ECU ta có thể thấy  $R_{404}$  và  $R_b + R_{THW}$  tạo thành cầu phân áp như hình 4.

Dòng điện  $I$  chạy trong mạch là:

$$I = \frac{V_c}{R_{THW} + \frac{R_b \cdot R_{404}}{R_b + R_{404}}}$$



Hình 3: Sơ đồ mạch tổng thể ECU loại L-Jetronic



Hình 4: Sơ đồ tính toán và cầu phân áp  
( $R_b$  mắc song song)

Hiệu điện thế đo được ở đầu THW:

$$V_{THW} = I \cdot R_{THW} = \frac{V_c}{R_{THW} + \frac{R_b \cdot R_{404}}{R_b + R_{404}}} R_{THW}$$

Chia 2 vế cho  $R_{THW}$  ta được:

$$V_{THW} = \frac{V_c}{1 + \frac{R_{404} \cdot R_b}{(R_b + R_{404}) \cdot R_{THW}}}$$

Do  $R_{404}$  và  $V_c$  là các hằng số ( $R_{404} = 2700\Omega$ ,  $V_c = 5V$ ) nên điện áp tại đầu THW sẽ phụ thuộc chủ yếu vào  $R_b$  và  $R_{THW}$ .

Trong trường hợp nhiệt độ nước làm mát cố định ở nhiệt độ  $80^\circ C$  thì  $R_{THW} \approx 300\Omega = \text{const.}$

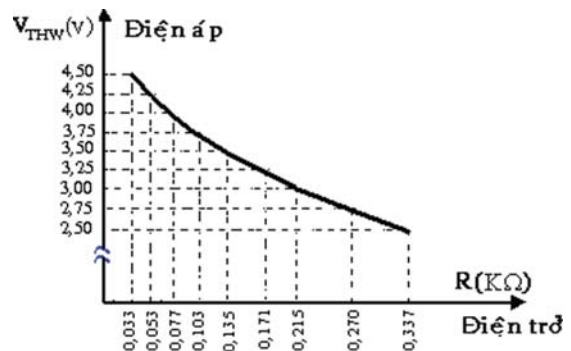
Điện trở $R_b$ (k $\Omega$ )	$V_{THW}$ (V)
0,033	4,50
0,053	4,25
0,077	4,00
0,103	3,75
0,135	3,50
0,171	3,25
0,215	3,00
0,270	2,75
0,337	2,50

Bảng 1: Biến thiên điện áp ở đầu THW khi  $R_b$  mắc song song

Đồ thị biểu diễn  $V_{THW} = f(R_b)$  ở hình 5.

Nhận xét: Đồ thị trên hình 5 cho thấy khi điện trở  $R_b$  tăng thì điện áp ở đầu THW giảm và ngược lại, nghĩa là thời gian nhấc kim thay đổi theo. Do đó muốn thay đổi thời gian nhấc kim tức tăng hay giảm tỷ lệ hoà khí thì chỉ cần thay đổi giá trị điện trở  $R_b$  từ đó nhiên liệu phun sẽ tăng hoặc giảm.

Đối với các mạch khác cũng khảo sát tương tự như mạch cảm biến nhiệt độ nước làm mát.



Hình 5: Biến thiên điện áp đầu THW khi thay đổi giá trị biến trở (mắc song song)

### III. THỰC NGHIỆM HIỆU CHỈNH TRÊN ĐỘNG CƠ

Tiến trình thực nghiệm được thực hiện qua các bước sau:

1. Giao tiếp giữa động cơ và máy chẩn đoán động cơ Snap-on.
2. Điều chỉnh tốc độ động cơ ổn định ở số vòng quay 3000 rpm.
3. Thay đổi giá trị biến trở, ứng với mỗi giá trị điện trở đo thời gian nhắc kim bằng máy chẩn đoán động cơ.

Kết quả đo được trình bày trên bảng 3. Khi chưa tác động biến trở  $R_b$  vào mạch, dạng xung của vòi phun có dạng như hình 6 (chụp từ dao động ký).



Hình 6: Dạng xung vòi phun mạch L-Jetronic khi chưa tác động điện trở  $R_b$

Điện trở R (kΩ)	Thời gian nhắc kim $t_i$ (ms)
0,033	2,23
0,053	2,21
0,077	2,18
0,103	2,15
0,135	2,12
0,171	2,10
0,215	2,07
0,270	2,04
0,337	2,01

Bảng 2: Thời gian nhắc kim biến thiên theo  $R_b$  mức song song

Đường đặc tuyến như trên hình 6.

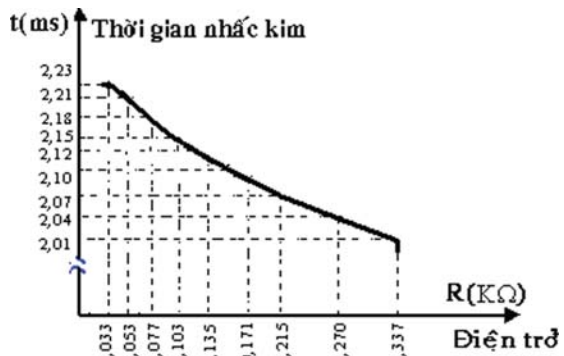
Dạng xung của vòi phun khi hiệu chỉnh có dạng như trên hình 7. (chụp từ dao động ký).

### IV. KẾT LUẬN

Như vậy, đường đặc tuyến hiệu chỉnh giữa thí nghiệm thực tế và theo tính toán lý thuyết gần như không có sự khác biệt, khẳng định tính đúng đắn của phương pháp đã đề xuất. Muốn hiệu chỉnh thời gian mở vòi phun hay tỷ lệ hoà khí ta chỉ cần mắc song song (hoặc nối tiếp) một điện trở phù hợp vào mạch bằng phương pháp tính toán đã nêu.



Hình 7: Dạng xung vòi phun khi hiệu chỉnh cực THW (mạch L-Jetronic) bằng cách mắc song song điện trở  $R_b=0.337$  kΩ



Hình 8: Đường đặc tuyến cảm biến THW khi mắc biến trở song song

### V. TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aldefeld. B, Numerical Calculation of Electromagnetic acutators, Archiv fur electro-technik, Bd.61, 1979, pp.347-352.
2. Budd. John W, A look at Pressure Transducers Sensors, July 1990, pp. 10-15.
3. Đỗ Văn Dũng, Trang bị điện và điện tử ô tô hiện đại, NXB ĐHQG TPHCM, 2004.
4. Doebelin, Ernest O., Measurement Systems Application and Design, McGraw-Hill, New York, 1975.

5. Gregory's, EFI and Engine Management (Volume 4), a Division of Universal Press Pty Ltd, Sydney.
6. Pokrovski A Electronic Control Of Automotive Engines, Moscow, 1994.
7. Henry P.Baltes. Nad popovic, Radivoje S, Integrated magnetic field sensors, Proceedings of the IEEE vol. 74, no. 8, Aug.1986, pp.1107-1132.
8. John B.Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals.
9. Lynch, Terrence, Integrated Valve Meters EGR and Idle Air", Design News, Feb.22.1993, pp159-160.
10. Norton, Harry N, Transducers and Sensors. Electronic Handbook, McGraw-Hill, New York.
11. Hammond P., Electromagnetism for Engineers, Pergamon PressLtd, Oxford, England, 1965.
12. Robert Bosch GmbH, Automotive Handbook, 3d ed, 1993.
13. Ronald K.Jurgen, Automotive Electronic Handbook.
14. Stone, C.R and Green-Armytage, D.I. Comparison of methods for the calculation of mass fraction burnt from engine pressure, Proc. I.Mech.E, 201 (D1). 1987.