

# XÁC ĐỊNH LƯỢNG NHIÊN LIỆU CUNG CẤP TRONG HỆ THỐNG PHUN LPG TRÊN XE GẮN MÁY

Phan Tấn Tài \*

## Tóm tắt

Bài báo giới thiệu phương pháp xác định lượng nhiên liệu cơ bản cung cấp trong hệ thống phun LPG trên xe gắn máy. Từ kết quả tính toán trên, chúng tôi đánh giá tính kinh tế nhiên liệu của động cơ phun LPG và so sánh với động cơ sử dụng nhiên liệu xăng truyền thống. Kết quả đánh giá này làm cơ sở cho việc lựa chọn nguồn năng lượng phù hợp sử dụng cho động cơ xe gắn máy nhằm giảm thiểu nồng độ khí thải gây ô nhiễm môi trường, đảm bảo hiệu quả hoạt động của động cơ, đồng thời nâng cao tuổi thọ các chi tiết trong động cơ.

Từ khóa: Phun LPG, tính toán lượng nhiên liệu, xe gắn máy, xác định nhiên liệu.

## Abstract

This article introduces the method of determining the basic amount of fuel supplied for the LPG injection system on motorcycle. From the method above, the economical aspect when using fuel for LPG injection engine is evaluated and compared with the one for traditional engine. The evaluation are considered as the basis for choosing appropriate energy sources used for motorcycle engines to reduce pollutants, to ensure their operating effect, and to enhance the longevity of their parts.

Keywords: LPG injection system, calculating the amount of fuel, motorcycle, determine the amount of fuel.

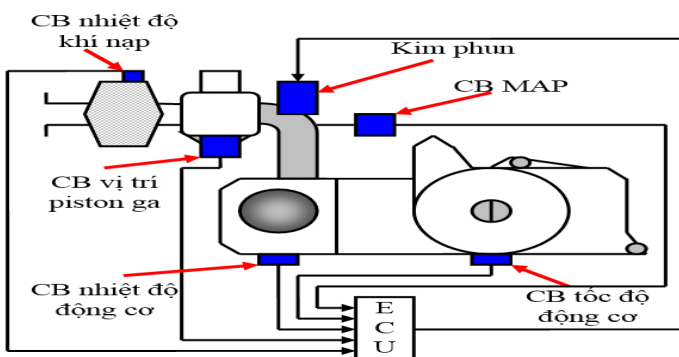
## 1. Giới thiệu

Ưu điểm nổi bật của xe gắn máy chạy bằng LPG (Liquefied Petroleum Gas – Khí dầu mỏ hóa lỏng) là có thể tận dụng được đồng thời ưu điểm của LPG về giảm ô nhiễm môi trường và động cơ làm việc với hỗn hợp nghèo về hiệu suất sử dụng nhiệt. Nhờ ở thể khí trong điều kiện môi trường bình thường nên LPG dễ dàng hòa trộn đồng đều với không khí để đạt độ đồng nhất cao, cho phép động cơ làm việc ổn định với hỗn hợp có nồng độ rất thấp.

Sử dụng kim phun phun LPG vào động cơ trong quá trình hoạt động với sự kiểm soát của bộ điều khiển điện tử ECU (Electronic control unit) có nhiều ưu điểm như nâng cao hiệu suất, giảm lượng khí thải gây ô nhiễm môi trường, giảm tiêu hao nhiên liệu và tiếng ồn cho động cơ.

Việc thiết kế hệ thống cung cấp LPG cho động cơ xe gắn máy bao gồm: tính toán, chế tạo, lắp đặt và khảo sát đặc tính làm việc của cảm biến tốc độ loại điện từ, cảm biến đo gió loại MAP (Manifold Absolute Pressure sensor), cảm biến nhiệt độ động cơ, nhiệt độ khí nạp, xây dựng thuật toán điều khiển, thiết kế bộ điều khiển với phần tử trung tâm là vi điều khiển AVR, lập trình bằng ngôn ngữ Assembly cho vi điều khiển và lập bản đồ nhiên liệu cho động cơ... Trong tính toán, việc xác định lượng LPG cung cấp cho quá trình phun là hết sức cần thiết và quan trọng giúp động cơ hoạt động được ổn định và đạt hiệu quả cao.

Sơ đồ nguyên lý và bố trí thực tế các cảm biến, bộ điều khiển và cơ cấu chấp hành được trình bày trên Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý và bố trí các bộ phận trên xe

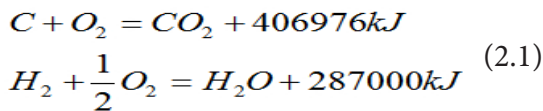


Nhiên liệu từ bình chứa được cấp trực tiếp tới kim phun LPG. Bộ điều khiển ECU tính toán thời gian nhắc kim dựa vào các tín hiệu đầu vào là cảm biến MAP, cảm biến nhiệt độ động cơ, cảm biến nhiệt độ khí nạp, cảm biến vị trí piston ga và cảm biến tốc độ động cơ. Kim phun LPG được gắn cố định trên co nạp, cảm biến MAP được gắn với co nạp thông qua đường ống dẫn chân không bằng cao su; cảm biến nhiệt độ khí nạp được gắn trên thân bộ lọc gió; cảm biến nhiệt độ động cơ được gắn cố định trên thân nắp quy lát; cảm biến vị trí piston ga được bố trí ngay trên piston ga; còn cảm biến tốc độ động cơ sẽ lấy tín hiệu từ cảm biến điện từ bố trí bên ngoài vô lăng động cơ. Tất cả các cảm biến sẽ cảm nhận tín hiệu và báo về cho ECU xử lý rồi đưa ra bộ chấp hành điều khiển thời điểm mở kim phun để cung cấp lượng LPG phun vào trong quá trình nạp của động cơ giúp động cơ hoạt động phù hợp ở mọi chế độ.

## 2. Tính toán lượng nhiên liệu LPG cung cấp

### 2.1. Lượng không khí cần thiết để đốt cháy 1kg nhiên liệu

Khi đốt cháy 1kg nhiên liệu, các thành phần c của C, h của H<sub>2</sub> sẽ chuyển thành CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>O theo các phương trình phản ứng sau:



Giả sử 1kg nhiên liệu lỏng gồm có: c kg C, h kg H<sub>2</sub> và O<sub>nl</sub> kg O<sub>2</sub>, ta có thể viết:

$$12\text{kg C} + 32\text{kg O}_2 = 44\text{kg CO}_2$$

$$2\text{kg H}_2 + 16\text{kg O}_2 = 18\text{kg H}_2\text{O}$$

Từ đó ta có:

$$\begin{aligned} c\text{kgC} + \frac{8}{3}c\text{kgO}_2 &= \frac{1}{3}c\text{kgCO}_2 \\ h\text{kgH}_2 + 8h\text{kgO}_2 &= 9h\text{kgH}_2\text{O} \end{aligned} \quad (2.2)$$

Nếu gọi O'<sub>o</sub> (kg/kg nhiên liệu) là lượng O<sub>2</sub> lý thuyết cần thiết đốt cháy 1kg nhiên liệu, ta có:

$$O'_o = \frac{8}{3}c + 8h - O_{nl} \quad (\text{kg/kg nhiên liệu}) \quad (2.3)$$

Lượng O<sub>2</sub> dùng để đốt nhiên liệu trong buồng cháy động cơ là lượng O<sub>2</sub> trong không khí. Không khí gồm hai thành phần chính là: O<sub>2</sub> và N<sub>2</sub>. Tính theo thành phần khối lượng không khí khô: O<sub>2</sub> chiếm 0,232 (23,2%), còn N<sub>2</sub> chiếm ≈ 76,8%. Do đó, lượng không khí lý thuyết cần để đốt cháy 1kg nhiên liệu là L<sub>o</sub> (kg không khí/kg nhiên liệu) sẽ là:

$$L_o = \frac{O'_o}{0,232} = \frac{1}{0,232} \left( \frac{8}{3}c + 8h - O_{nl} \right) \quad (\text{kg không khí/kg nhiên liệu}) \quad (2.4)$$

### 2.2. Tính toán cho động cơ phun LPG

Lượng cung cấp LPG vào động cơ được quyết định bởi thời gian nhắc kim phun.

Nhiên liệu LPG gồm có 50% Propane (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) và 50% Butane (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) nên thành phần khối lượng của C và H là: 0,823 C và 0,177 H, không có thành phần Oxy trong nhiên liệu nên O<sub>nl</sub> = 0.

Thay vào công thức (2.4) ta được:

$$L_o = \frac{1}{0,232} \left( \frac{8}{3} \cdot 0,823 + 8 \cdot 0,177 - 0 \right) = 15,56 \quad (\text{kg không khí/kg nhiên liệu})$$

Nếu lượng không khí thực tế đưa vào động cơ để đốt 1kg nhiên liệu là L (kg không khí/kg nhiên liệu) và gọi λ là hệ số dư lượng không khí, thì:

$$\lambda = \frac{L}{L_o}$$

Gọi m<sub>aLPG</sub> là khối lượng không khí nạp vào trong xylanh dùng để đốt cháy LPG, m<sub>LPG</sub> là khối lượng nhiên liệu LPG cung cấp vào xylanh. Khi đó, để phản ứng đốt cháy nhiên liệu xảy ra hoàn toàn theo lý thuyết thì:

$$m_{LPG} = \frac{m_{aLPG}}{15,56} \quad (\text{kg nhiên liệu}) \quad (2.5)$$

Một yếu tố quan trọng trong điều khiển phun LPG là phải xác định được khối lượng không khí đi vào xylanh. Lượng LPG tương ứng sẽ được tính toán để bảo đảm tỷ lệ hòa khí mong muốn. Trên thực tế, chúng ta không thể đo chính xác khối lượng không khí đi vào từng xylanh. Vì vậy, khi điều khiển động cơ phun LPG, người ta thường dựa trên lưu lượng không khí đi qua đường ống nạp tính bằng khối lượng.

Có 2 phương pháp để xác định khối lượng không khí. Trong phương pháp trực tiếp, *khối lượng không khí* được đo bằng cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt (airmass sensor). Trong phương pháp gián tiếp, người ta sử dụng cảm biến đo thể tích không khí (dùng cảm biến đo gió loại cánh trượt, cảm biến Karman...) hoặc cảm biến đo áp suất trên đường ống nạp (MAP sensor), sau đó phối hợp với cảm biến đo nhiệt độ khí nạp và cảm biến đo tốc độ động cơ để tính toán khối lượng không khí. Phần tính toán được cài sẵn trong EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). “Phương pháp này còn được gọi là *phương pháp tốc độ - tỉ trọng*”<sup>1</sup>.

Đối với một thể tích không khí  $V$  ở điều kiện nhiệt độ  $T$  và áp suất  $P$ , tỉ trọng của không khí được xác định bởi:

$$d_a = \frac{M_a}{V}$$

Trong đó:  $M_a$  là khối lượng không khí của thể tích  $V$ .

Hay:

$$M_a = d_a V$$

Như vậy, lưu lượng không khí tính bằng khối lượng  $R_m$  có thể suy ra từ lưu lượng không khí tính bằng thể tích  $R_v$

$$R_m = R_v d_a$$

Phối hợp cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp và nhiệt độ khí nạp, máy tính có thể xác định tỉ trọng  $d_a$  theo công thức:

$$d_a = d_o \frac{p T_o}{p_o T}$$

Trong đó:

$d_o$  là tỉ trọng của không khí ở điều kiện áp suất khí quyển ở mực nước biển,  $p_o = 1 \text{ atm}$  và nhiệt độ trong phòng  $T_o = 293^\circ \text{K}$ <sup>2</sup>.

Lưu lượng không khí tính bằng thể tích đi qua piston ga thường được dựa vào cảm biến tốc độ động cơ:

$$R_v = \frac{n}{60} \frac{D}{2} \eta_v$$

Trong đó:

$D$ : dung tích xylanh.

$\eta_v$ : hiệu suất nạp tính bằng thể tích.

$\eta_v$  có giá trị thay đổi từ 0 đến 1, phụ thuộc vào áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp và tốc độ động cơ, thông thường được xác định bằng thực nghiệm (khoảng 0,7 – 0,9) và được ghi vào EEPROM.

Vì vậy, lưu lượng không khí tính bằng khối lượng lúc này sẽ là:

$$R_m = \frac{n}{60} \frac{D}{2} \eta_v \times d_o \times \frac{p}{p_o} \times \frac{T_o}{T}$$

Như vậy, trong quá trình làm việc của động cơ với hệ thống phun LPG loại  $D$  -Jetronic (sử dụng MAP sensor), lưu lượng không khí tính bằng khối lượng đi qua piston ga được xác định chủ yếu bởi các cảm biến: tốc độ động cơ, áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp và nhiệt độ khí nạp.

Từ đó, lượng nhiên liệu cần phun vào một xylanh:

$$m_{LPG} = \frac{R_m}{(A/F)_d} = \frac{m_{aLPG}}{15,56}$$

Với  $(A/F)_d$ : là tỉ lệ hòa khí mong muốn,  $(A/F)_d = 15.56$

$R_m = m_{aLPG}$ : Khối lượng không khí đi qua piston ga.

Thời gian mở kim phun  $t_b$  căn bản phụ thuộc vào lưu lượng của kim phun  $R_{inj}$ :

$$t_b = \frac{m_{LPG}}{R_{inj}}$$

Nếu bộ điều áp (pressure regulator) được sử dụng, lưu lượng kim phun  $R_{inj}$  sẽ gần như là một hằng số nhờ sự chênh lệch áp suất trên ống dẫn xăng đến đầu kim phun và đuôi kim phun (áp suất trên đường ống nạp) không đổi. Trên một số xe không sử dụng điều áp, bản đồ sự phụ thuộc của lưu lượng kim phun vào áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp phải được ghi vào EEPROM.

Như vậy, để xác định thời gian phun căn bản, EEPROM trong ECU dùng với cảm biến MAP,

ngoài giá trị  $\eta_v$ , còn phải nhớ các biểu thức để tính toán dựa trên các cảm biến đã nêu. Sau 2 vòng quay của trục khuỷu động cơ ECU sẽ lặp lại các phép tính nêu trên.

Lượng nhiên liệu cung cấp được điều khiển bằng thời gian phun  $t_{inj}$ , trong suốt thời gian đó van kim phun mở ra. Như vậy, lượng nhiên liệu phun vào một xylanh phụ thuộc vào lượng không khí:

$$m_{LPG} = \frac{m_{aLPG}}{L_{st}\lambda} = \frac{1}{L_{st}\lambda} \frac{2R_v}{n} = \frac{1}{L_{st}\lambda} \frac{D}{60} \eta_v$$

Trong đó,  $L_{st}$  là khối lượng không khí tại điểm hòa khí lý tưởng,  $L_{st}=L_0=15,56$ .

Lượng nhiên liệu phun ra  $m_{LPG}$  tỉ lệ thuận với thời gian phun  $t_{inj}$  và độ chênh lệch áp suất  $\Delta p$  trên kim và dưới kim (áp suất đường ống nạp). Tỉ trọng của nhiên liệu  $\rho_{LPG}$  và diện tích mở có ích của van kim phun  $A_{eff}$  được xem như hằng số:

$$m_{LPG} \approx \rho_{LPG} \cdot A_{eff} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_{LPG}}} \cdot t_{inj} \quad (2.6)$$

Nên thời gian phun được tính là:

$$t_{inj} = \frac{m_{LPG}}{\rho_{LPG} \cdot A_{eff} \cdot \sqrt{2 \frac{\Delta p}{\rho_{LPG}}}}$$

Áp dụng công thức (2.6), ta có khối lượng nhiên liệu tính theo thời gian nhắc kim (Bảng 2.7). Trong đó, đối với nhiên liệu LPG:

$$\rho_{LPG} = \frac{\rho_{propane} + \rho_{butan}}{2} = 2,354 (kg/m^3)$$

$$\Delta p = 6 kg/cm^2 = 5,346 \cdot 10^5 MPa$$

$$A_{eff} = \pi(R^2 - r^2) = 3,14(5^2 - 2^2) = 65,94 \text{ mm}^2$$

**Bảng 2.7: Khối lượng LPG ứng với thời gian nhắc kim phun**

$t_{inj}(ms)$	$m_{LPG}(x10^{-5}g)$	$t_{inj}(ms)$	$m_{LPG}(x10^{-5}g)$
1	10,4612	6	62,7672
2	20,9224	7	73,2284
3	31,3836	8	83,6896
4	41,8448	9	94,1508
5	52,3060	10	100,4612

\* Nguồn: Báo cáo tổng kết đề tài khoa học “Nghiên cứu chế tạo hệ thống phun LPG trên xe gắn máy”, ThS. Phan Tấn Tài, tháng 4/2011

Đối với động cơ xăng, tính toán theo phương pháp này thì lượng không khí lý thuyết cần để đốt cháy 1kg nhiên liệu là “ $L_0 = 14,66$  (kg không khí/kg nhiên liệu)”<sup>3</sup>.

Gọi  $m_{aXang}$  là khối lượng không khí nạp vào trong xylanh dùng để đốt cháy xăng,  $m_{Xang}$  là khối lượng nhiên liệu xăng cung cấp vào xylanh. Khi đó, để phản ứng đốt cháy nhiên liệu xảy ra hoàn toàn theo lý thuyết thì:

$$m_{Xang} = \frac{m_{aXang}}{14,66} \quad (\text{kg nhiên liệu}) \quad (2.8)$$

Từ công thức (2.5) và (2.8), ta thấy lượng nhiên liệu cung cấp vào xi lanh của động cơ xăng lớn hơn so với động cơ sử dụng nhiên liệu LPG nên làm tiêu phí nhiên liệu của động cơ xăng tăng hơn nhiều so với động cơ LPG.

### 3. Kết luận

Từ kết quả tính toán trên, ta thấy rằng lượng nhiên liệu LPG cần thiết cung cấp cho động cơ phụ thuộc vào khối lượng không khí nạp vào xylanh. Lượng không khí nạp này được xác định bởi tín hiệu từ các cảm biến gửi về ECU. ECU sẽ xử lý bằng các công thức tính toán ở trên mà ta đã cài đặt sẵn trong EEPROM để điều khiển kim phun mở trong khoảng thời gian nhất định nhằm ấn định lượng nhiên liệu cung cấp phù hợp với từng chế độ hoạt động của động cơ. Trong phương pháp tính toán này, ta cần chú ý đến các yếu tố sau:

- Thành phần và tỷ lệ các chất khí trong nhiên liệu LPG.
- Độ chính xác của các cảm biến tín hiệu đầu vào trong hệ thống.
- Loại kim phun nhiên liệu được sử dụng.

- Áp lực nhiên liệu LPG cung cấp.

Đây là cách xác định lượng nhiên liệu dựa vào *phương pháp tốc độ - tỷ trọng* trong hệ thống phun nhiên liệu. Nó làm cơ sở cho việc tính toán các nguồn năng lượng khác thân thiện với môi trường, cung cấp cho hệ thống điều khiển động cơ. Phương pháp này rất thuận lợi để lựa chọn, thiết kế và lắp đặt các thiết bị trong hệ thống điều khiển động cơ, đồng thời nó còn giúp cho việc bảo trì và sửa chữa hệ thống điều khiển phun nhiên liệu trên động cơ được dễ dàng.

### Chú thích

1. Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại – Hệ thống điện động cơ, NXB ĐHQG TP. HCM, 2004, tr182.
2. Understanding Automotive Electronics, fifth edition, U.S.A. page 179.
3. Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại – Hệ thống điện động cơ, NXB ĐHQG TP. HCM, 2004, tr180.

### Tài liệu tham khảo

- Bùi Văn Ga. 2002. *Sử dụng LPG trên xe gắn máy và xe buýt nhỏ*. Trung tâm Nghiên cứu Bảo vệ Môi trường - Đại học Đà Nẵng.
- Denton T. 2000. *Automotive Electrical and Electronic Systems*. UK.
- Đỗ Văn Dũng. 2004. *Trang bị điện và điện tử trên ô tô hiện đại*. NXB Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh.
- Hsiao-Chung Wu and Sze-Ming Chang, National Central University - Aaron Wang and Hsin-Chung Kao. 1998. *Emission control technologies for 50 and 125 cc motorcycles in Taiwan*. Sengton Transportation Implements Co. Ltd. Pp.980-983.
- Kiencke U. 2000. *Automotive control systems for engine, Driveline and Vehicle*, Springer. Berlin.
- Phan Tấn Tài. 2011. *Nghiên cứu chế tạo hệ thống phun LPG trên xe gắn máy*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Trà Vinh. số 01. Trang.13-16.
- William B. Ribbens. 1998. *Understanding Automotive Electronics*. fifth edition. U.S.A.
- William H. Crouse and Donald L. Anglin. 2007. *Automotive Mechanics*. McGraw-Hill. India.