

CHƯƠNG 5

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN LẬP TRÌNH CHO ĐỘNG CƠ

5.1 Khái quát về hệ thống điều khiển lập trình cho động cơ

5.1.1 Lịch sử phát triển

Vào thế kỷ 19, một kỹ sư người Pháp - ông Stevan - đã nghĩ ra cách phun nhiên liệu cho một máy nén khí. Sau đó một thời gian, một người Đức đã cho phun nhiên liệu vào buồng cháy nhưng không mang lại hiệu quả. Đầu thế kỷ 20, người Đức áp dụng hệ thống phun nhiên liệu trong động cơ 4 thì tĩnh tại (nhiên liệu dùng trên động cơ này là dầu hỏa nên hay bị kích nổ và hiệu suất rất thấp). Tuy nhiên, sau đó sáng kiến này đã được ứng dụng thành công trong việc chế tạo hệ thống cung cấp nhiên liệu cho máy bay ở Đức. Đến năm 1966, hãng BOSCH đã thành công trong việc chế tạo hệ thống phun xăng kiểu cơ khí. Trong hệ thống phun xăng này, nhiên liệu được phun liên tục vào trước supap hút nên có tên gọi là *K-Jetronic* (*K* - *Konstant* - liên tục, *Jetronic* - phun). *K-Jetronic* được đưa vào sản xuất và ứng dụng trên các xe của hãng Mercedes và một số xe khác, là nền tảng cho việc phát triển hệ thống phun xăng thế hệ sau như *KE-Jetronic*, *Mono-Jetronic*, *L-Jetronic*, *Motronic*...

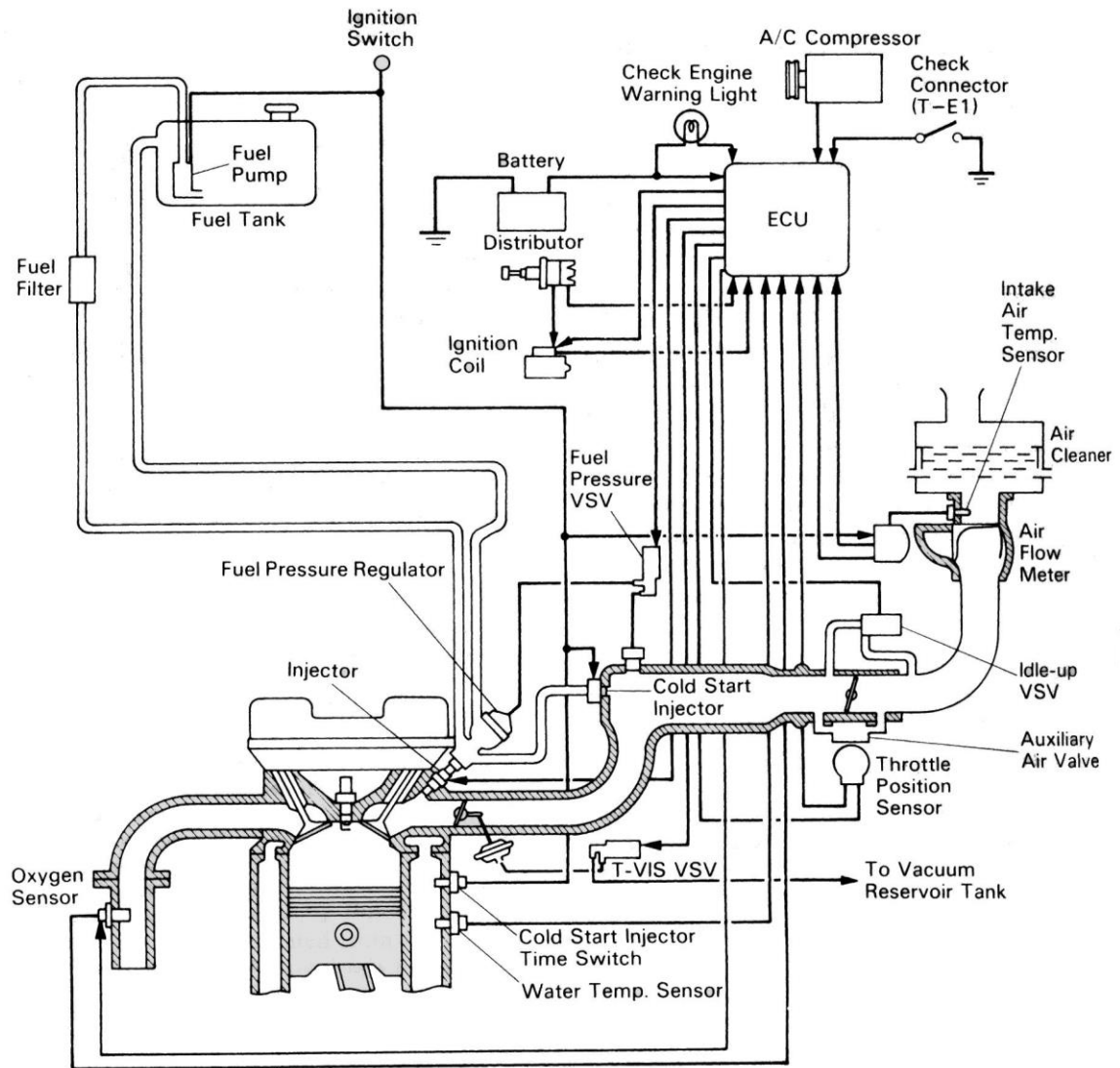
Tên tiếng Anh của *K-Jetronic* là *CIS* (*continuous injection system*) đặc trưng cho các hãng xe Châu Âu và có 4 loại cơ bản cho CIS là: *K-Jetronic*, *K-Jetronic* - với cảm biến oxy và *KE-Jetronic* (có kết hợp điều khiển bằng điện tử) hoặc *KE-Motronic* (kèm điều khiển góc đánh lửa sớm). Do hệ thống phun cơ khí còn nhiều nhược điểm nên đầu những năm 80, BOSCH đã cho ra đời hệ thống phun sử dụng kim phun điều khiển bằng điện. Có hai loại: hệ thống *L-Jetronic* (lượng nhiên liệu được xác định nhờ cảm biến đo lưu lượng khí nạp) và *D-Jetronic* (lượng nhiên liệu được xác định dựa vào áp suất trên đường ống nạp).

Đến năm 1984, người Nhật (mua bản quyền của BOSCH) đã ứng dụng hệ thống phun xăng *L-Jetronic* và *D-Jetronic* trên các xe của hãng Toyota (dùng với động cơ 4A - ELU). Đến năm 1987, hãng Nissan dùng *L-Jetronic* thay cho bộ chế hòa khí của xe Nissan Sunny.

Song song, với sự phát triển của hệ thống phun xăng, hệ thống điều khiển đánh lửa theo chương trình (*ESA - electronic spark advance*) cũng được đưa vào sử dụng vào những năm đầu thập kỷ 80. Sau đó, vào đầu những năm 90, hệ thống đánh lửa trực tiếp (*DIS - direct ignition system*) ra đời, cho phép không sử dụng delco và hệ thống này đã có mặt trên hầu hết các xe thế hệ mới.

Ngày nay, gần như tất cả các ô tô đều được trang bị hệ thống điều khiển động cơ cả xăng và diesel theo chương trình, giúp động cơ đáp ứng được các yêu cầu gắt gao về khí xả và tính tiết kiệm nhiên liệu. Thêm vào đó, công suất động cơ cũng được cải thiện rõ rệt.

Những năm gần đây, một thế hệ mới của động cơ phun xăng đã ra đời. Đó là động cơ phun trực tiếp: *GDI* (*gasoline direct injection*). Trong tương lai gần, chắc chắn *GDI* sẽ được sử dụng rộng rãi.



Toyota computer control system (TCCS)

Hình 5.1: Sơ đồ hệ thống điều khiển động cơ

5.1.2 Phân loại và ưu nhược điểm

1. Phân loại

Hệ thống phun nhiên liệu có thể được phân loại theo nhiều kiểu. Nếu phân biệt theo cấu tạo kim phun, ta có 2 loại:

a. Loại CIS (continuous injection system)

Đây là kiểu sử dụng *kim phun cơ khí*, gồm 4 loại cơ bản:

- Hệ thống *K – Jetronic*: việc phun nhiên liệu được điều khiển hoàn toàn bằng cơ khí.
- Hệ thống *K – Jetronic* có cảm biến khí thải: có thêm một cảm biến oxy.
- Hệ thống *KE – Jetronic*: hệ thống *K-Jetronic* với mạch điều chỉnh áp lực phun bằng điện tử.
- Hệ thống *KE – Motronic*: kết hợp với việc điều khiển đánh lửa bằng điện tử.

Các hệ thống vừa nêu sử dụng trên các xe châu Âu model trước 1987. Do chúng đã lỗi thời nên quyển sách này sẽ không đề cập đến.

b. Loại AFC (air flow controlled fuel injection)

Sử dụng kim phun điều khiển *bằng điện*. Hệ thống phun xăng với kim phun điện có thể chia làm 2 loại chính:

D-Jetronic (xuất phát từ chữ *Druck* trong tiếng Đức là *áp suất*): với lượng xăng phun được xác định bởi áp suất sau cánh bướm ga bằng cảm biến MAP (manifold absolute pressure sensor).

L-Jetronic (xuất phát từ chữ *Luft* trong tiếng Đức là *không khí*): với lượng xăng phun được tính toán dựa vào lưu lượng khí nạp lấy từ cảm biến đo gió loại cánh trượt. Sau đó có các phiên bản: *LH – Jetronic* với cảm biến đo gió dây nhiệt, *LU – Jetronic* với cảm biến gió kiểu siêu âm...

Nếu phân biệt theo *vị trí lắp đặt kim phun*, hệ thống phun xăng AFC được chia làm 2 loại:

c. Loại TBI (Throttle Body Injection) - phun đơn điểm

Hệ thống này còn có các tên gọi khác như: *SPI (single point injection)*, *CI (central injection)*, *Mono – Jetronic*. Đây là loại phun trung tâm. Kim phun được bố trí phía trên cánh bướm ga và nhiên liệu được phun bằng một hay hai kim phun. Nhược điểm của hệ thống này là tốc độ dịch chuyển của hòa khí tương đối thấp do nhiên liệu được phun ở vị trí xa supap hút và khả năng thất thoát trên đường ống nạp.

d. Loại MPI (Multi Point Fuel Injection) - phun đa điểm

Đây là hệ thống phun nhiên liệu đa điểm, với mỗi kim phun cho từng xy lanh được bố trí gần supap hút (cách khoảng 10 – 15 mm). Ống góp hút được thiết kế sao cho đường đi của không khí từ bướm ga đến xy lanh khá dài, nhờ vậy, nhiên liệu phun ra được hòa trộn tốt với không khí nhờ xoáy lốc. Nhiên liệu cũng không còn thất thoát trên đường ống nạp. Hệ thống phun xăng đa điểm ra đời đã khắc phục được các nhược điểm cơ bản của hệ thống phun xăng đơn điểm. Tùy theo cách điều khiển kim phun, hệ thống này có thể chia làm 3 loại chính: phun độc lập hay phun từng kim (independent injection), phun nhóm (group injection) hoặc phun đồng loạt (simultaneous injection).

Nếu căn cứ vào đối tượng điều khiển theo chương trình, người ta chia hệ thống điều khiển động cơ ra 3 loại chính: **chỉ điều khiển phun xăng** (*EFI -lectronic fuel injection* theo tiếng Anh hoặc *Jetronic* theo tiếng Đức), **chỉ điều khiển đánh lửa** (*ESA - electronic spark advance*) và **loại tích hợp** tức điều khiển cả phun xăng và đánh lửa (hệ thống này có nhiều tên gọi khác nhau: Bosch đặt tên là *Motronic*, Toyota có tên (*TCCS - Toyota Computer*

Control System), Nissan gọi tên là (*ECCS - Electronic Concentrated Control System...*) Nhờ tốc độ xử lý của CPU khá cao, các hộp điều khiển động cơ đốt trong ngày nay thường gồm cả chức năng điều khiển hộp số tự động và quạt làm mát động cơ. Nếu phân biệt theo kỹ thuật điều khiển ta có thể chia hệ thống điều khiển động cơ làm 2 loại: **analog** và **digital**.

Ở những thế hệ đầu tiên xuất hiện từ 1979 đến 1986, kỹ thuật điều khiển chủ yếu dựa trên các mạch tương tự (*analog*). Ở các hệ thống này, tín hiệu đánh lửa lấy từ âm bobine được đưa về hộp điều khiển để, từ đó, hình thành xung điều khiển kim phun. Sau đó, đa số các hệ thống điều khiển động cơ đều được thiết kế, chế tạo trên nền tảng của các bộ vi xử lý (*digital*).

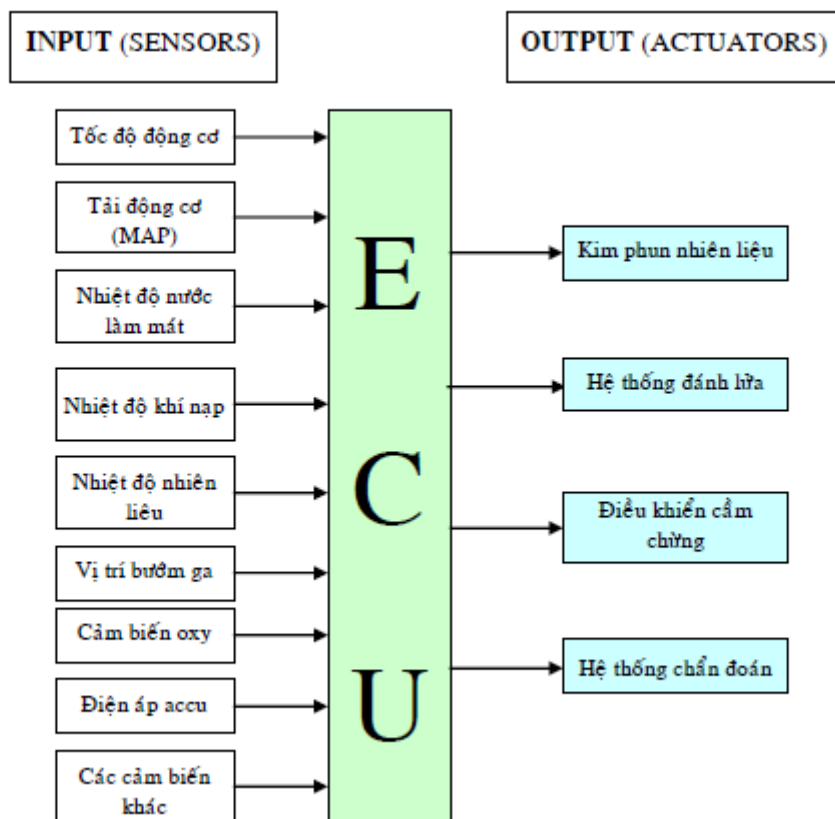
e. Ưu điểm của hệ thống phun xăng

- Có thể cấp hỗn hợp khí nhiên liệu đồng đều đến từng xy lanh.
- Có thể đạt được tỉ lệ khí nhiên liệu chính xác với tất cả các dải tốc độ động cơ.
- Đáp ứng kịp thời với sự thay đổi góc mở bướm ga.
- Khả năng hiệu chỉnh hỗn hợp khí nhiên liệu dễ dàng: có thể làm đậm hỗn hợp khi nhiệt độ thấp hoặc cắt nhiên liệu khi giảm tốc.
- Hiệu suất nạp hỗn hợp không khí – nhiên liệu cao.
- Do kim phun được bố trí gần supap hút nên dòng khí nạp trên ống góp hút có khối lượng thấp (chưa trộn với nhiên liệu) sẽ đạt tốc độ xoáy lốc cao, nhờ vậy, nhiên liệu sẽ không còn thất thoát trên đường ống nạp và hòa khí sẽ được trộn tốt hơn.

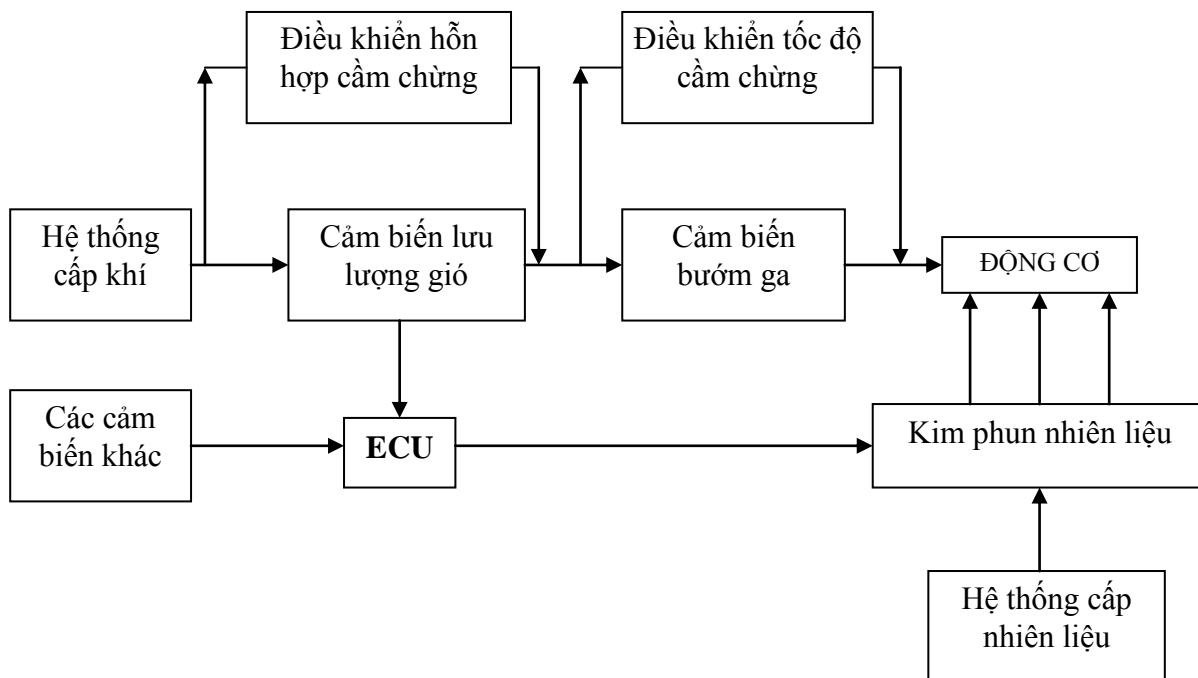
5.2 Cấu trúc hệ thống điều khiển lập trình và thuật toán điều khiển

5.2.1 Sơ đồ cấu trúc và các khối chức năng

Sơ đồ cấu trúc và các khối chức năng của hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình được mô tả trên hình 5.2 và 5.3. Hệ thống điều khiển bao gồm: ngõ vào (*inputs*) với chủ yếu là các cảm biến; hộp *ECU (electronic control unit)* là bộ não của hệ thống có thể có hoặc không có bộ vi xử lý; ngõ ra (*outputs*) là các cơ cấu chấp hành (*actuators*) như kim phun, bobine, van điều khiển cầm chừng...



Hình 5.2: Sơ đồ cấu trúc của hệ thống điều khiển lập trình cho động cơ



Hình 5.3: Sơ đồ các khối chức năng của hệ thống điều khiển phun xăng

5.3 Các loại cảm biến và tín hiệu ngõ vào

5.3.1 Cảm biến đo lưu lượng khí nạp

Để xác định lượng khí nạp (lượng gió) đi vào xylanh trong *L-Jetronic*, người ta sử dụng các loại cảm biến khác nhau, nhưng ta có thể phân làm 2 kiểu: đo lưu lượng với thể tích dòng khí (cánh trượt, Karman ...) và đo lưu lượng bằng khối lượng dòng khí (dây nhiệt).

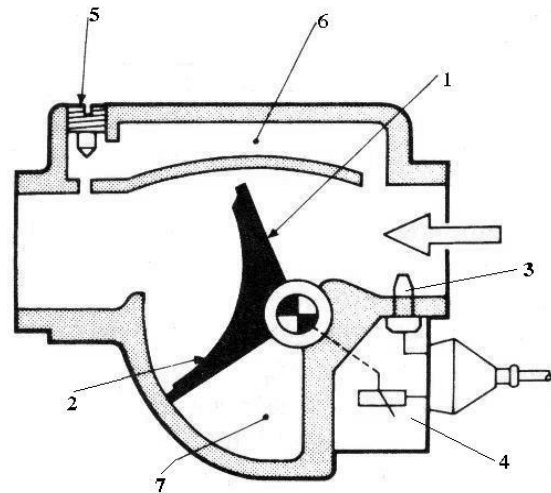
A. Cảm biến đo gió kiểu cánh trượt (đời 80 đến 95)

Cảm biến đo gió kiểu cánh trượt được sử dụng trên hệ thống *L-Jetronic* để nhận biết thể tích gió nạp đi vào xylanh động cơ. Nó là một trong những cảm biến quan trọng nhất. Tín hiệu thể tích gió được sử dụng để tính toán lượng xăng phun cơ bản và góc đánh lửa sớm cơ bản. Hoạt động của nó dựa vào nguyên lý dùng điện áp kế có điện trở thay đổi kiểu trượt.

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Bộ đo gió kiểu trượt bao gồm cánh đo gió được giữ bằng một lò xo hoàn lực, cánh giảm chấn, buồng giảm chấn, cảm biến không khí nạp, vít chỉnh cảm chùng, mạch rẽ phụ, điện áp kế kiểu trượt được gắn đồng trục với cánh đo gió và một công tắc bơm xăng.

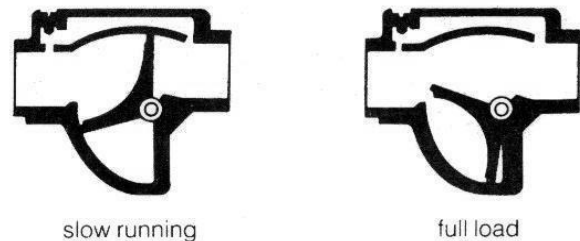
1. Cánh đo
2. Cánh giảm chấn
3. Cảm biến nhiệt độ khí nạp
4. Điện áp kế kiểu trượt
5. Vít chỉnh CO
6. Mạch rẽ
7. Buồng giảm chấn



Hình 5.5: Bộ đo gió kiểu trượt

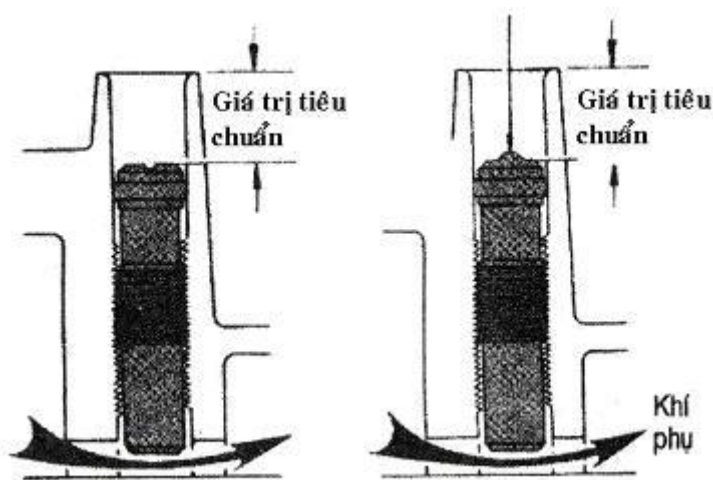
Lượng gió vào động cơ nhiều hay ít tùy thuộc vào vị trí cánh bướm ga và tốc độ động cơ. Khi gió nạp đi qua bộ đo gió từ lọc gió nó sẽ mở dần cánh đo. Khi lực tác động lên cánh đo cân bằng với lực lò xo thì cánh đo sẽ đứng yên.

Cánh đo và điện áp kế được thiết kế đồng trục nhằm mục đích chuyển góc mở cánh đo gió thành tín hiệu điện áp nhờ điện áp kế.



b. Vít chỉnh hỗn hợp cầm chừng (vít chỉnh CO)

Bộ đo gió có hai mạch gió: mạch gió chính đi qua cánh đo gió và mạch gió rẽ đi qua vít chỉnh CO. Lượng gió qua mạch rẽ tăng sẽ làm giảm lượng gió qua cánh đo gió, vì thế, góc mở của cánh đo gió sẽ nhỏ lại và ngược lại.

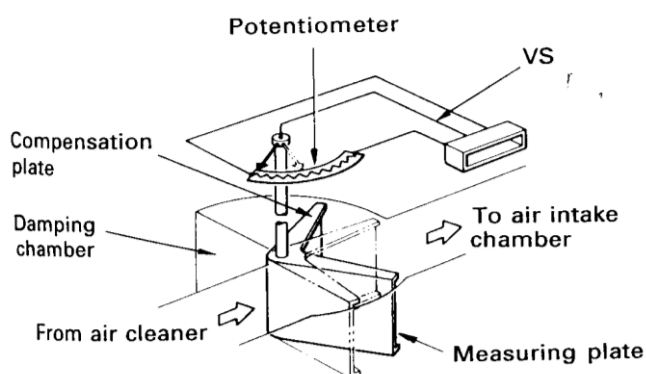


Hình 5.6: Vít chỉnh hỗn hợp cầm chừng

Vì lượng xăng phun cơ bản phụ thuộc vào góc mở cánh đo gió, nên tỉ lệ xăng gió có thể thay đổi bằng cách điều chỉnh lượng gió qua mạch rẽ. Nhờ chỉnh tỉ lệ hỗn hợp ở mức cầm chừng thông qua vít CO nên thành phần % CO trong khí thải sẽ được điều chỉnh. Tuy nhiên, điều này chỉ thực hiện được ở tốc độ cầm chừng vì khi cánh đo gió đã mở lớn, lượng gió qua mạch rẽ ảnh hưởng rất ít đến lượng gió qua mạch chính. Trên thực tế, người ta còn có thể điều chỉnh hỗn hợp bằng cách thay đổi sức căng của lò xo.

c. Buồng giảm chấn và cánh giảm chấn

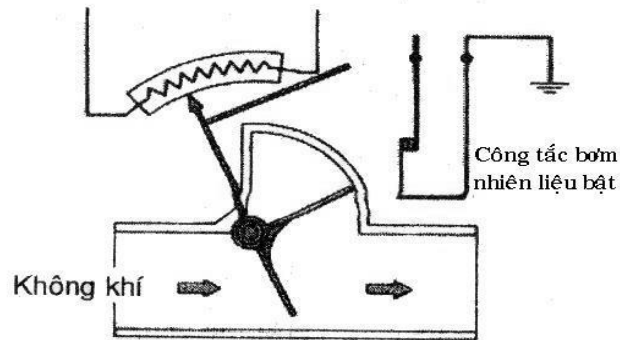
Buồng giảm chấn và cánh giảm chấn có công dụng ổn định chuyển động của cánh đo gió. Do áp lực gió thay đổi, cánh đo gió sẽ bị rung, gây ảnh hưởng đến độ chính xác. Để ngăn ngừa dao động cánh đo gió, người ta thiết kế một cánh giảm chấn liền với cánh đo để dập tắt độ rung.



Hình 5.7: Cánh giảm chấn và buồng giảm chấn

d. Công tắc bơm nhiên liệu (chỉ có trên xe Toyota)

Công tắc bơm nhiên liệu được bố trí chung với điện áp kế. Khi động cơ chạy, gió được hút vào nâng cánh đo gió lên làm công tắc đóng. Khi động cơ ngừng, do không có lực gió tác động lên cánh đo làm cánh đo quay về vị trí ban đầu khiến công tắc hở khiến bơm xăng không hoạt động dù công tắc máy đang ở vị trí ON. Các loại xe khác không mắc công tắc điều khiển bơm trên bộ đo gió kiểu trượt.



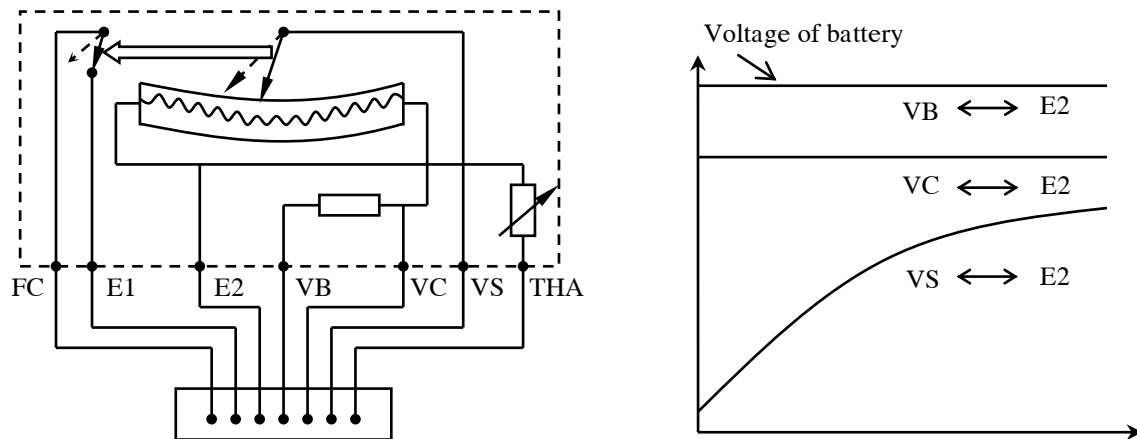
ĐỘNG CƠ ĐANG CHẠY

Hình 5.8: Công tắc bơm xăng trong bộ đo gió kiểu trượt

e. Mạch điện

Có hai loại cảm biến đo gió cánh trượt chỉ khác nhau về bản chất mạch điện.

Loại 1: Điện áp VS tăng khi lượng khí nạp tăng chủ yếu dùng cho *L-Jetronic* đời cũ. Loại này được cung cấp điện áp accu $12V$ tại đầu VB . VC có điện áp không đổi nhưng nhỏ hơn. Điện áp ở đầu VS tăng theo góc mở của cánh đo gió.



Hình 5.9: Mạch điện và đường đặc tuyến cảm biến đo gió loại điện áp tăng

ECU so sánh điện áp accu (VB) với độ chênh điện áp giữa VC và VS để xác định lượng gió nạp theo công thức:

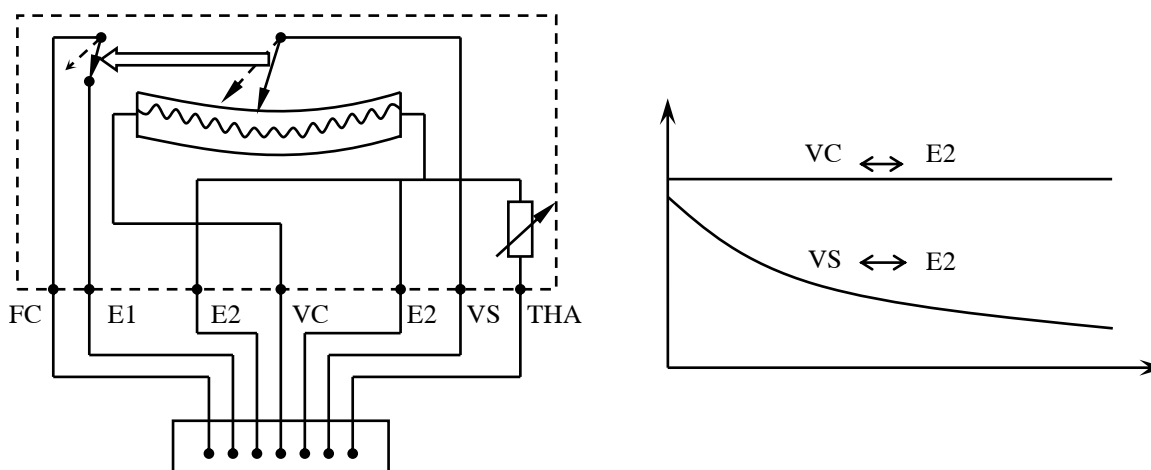
$$G = \frac{V_B - V_{E2}}{V_C - V_S}$$

G : lượng gió nạp

Nếu cực VC bị đoản mạch, lúc đó G tăng, ECU sẽ điều khiển lượng nhiên liệu phun cực đại, bất chấp sự thay đổi ở tín hiệu VS. Điều này có nghĩa là: khi động cơ ở cầm chừng, nhiên liệu được phun quá nhiều và động cơ sẽ bị ngập xăng dẫn tới ngưng hoạt động.

Nếu cực VS bị đoản mạch, VC sẽ luôn ở mức cực đại làm cho G giảm, lúc này ECU sẽ điều khiển lượng phun nhiên liệu giảm đi mặc dù có sự thay đổi ở tín hiệu VS.

Loại 2: Điện áp VS giảm khi lượng khí nạp tăng. Loại này ECU sẽ cung cấp điện áp 5V đến cực VC. Điện áp ra VS thay đổi và giảm theo góc mở của cánh đo.



Hình 5.10: Mạch điện và đường đặc tuyến cảm biến đo gió loại điện áp giảm

B. Cảm biến đo gió dạng xoáy lốc (Karman):

a. Nguyên lý làm việc:

* Các cảm biến loại này dựa trên hiện tượng vật lý sau:

Khi cho dòng khí đi qua một vật thể cố định khó chảy vòng (thanh tạo xoáy - Karman Vortex) thì phía sau nó sẽ xuất hiện sự xoáy lốc thay đổi tuần hoàn được gọi là sự xoáy lốc Karman. Đối với một ống dài vô tận có đường kính d , quan hệ giữa tần số xoáy lốc f và vận tốc dòng chảy V được xác định bởi số Struhall:

$$S = \frac{f \cdot d}{V}$$

Trong hiện tượng Karman nêu trên, số Struhall không đổi trong dải rộng của các số Reynolds, nên vận tốc dòng chảy hay lưu lượng khí đi qua tỉ lệ thuận với tần số xoáy lốc f và có thể xác định V bằng cách đo f .

$$V = \frac{f \cdot d}{S}$$

Lý thuyết về sự xoáy lốc khi dòng khí đi ngang qua vật cản đã được đưa ra bởi Struhall từ năm 1878. Nhưng mãi đến năm 1934, dụng cụ đo đầu tiên dựa trên lý thuyết này mới được chế tạo.

Ngày nay có rất nhiều sáng chế trong lĩnh vực này được ứng dụng để đo lưu lượng khí nạp trong hệ thống điều khiển phun xăng, nhưng trong khuôn khổ giáo trình này chỉ khảo sát hai loại chính: loại Karman quang và loại Karman siêu âm.

* **Karman kiểu quang**

Là loại cảm biến đo lưu lượng gió kiểu quang đo trực tiếp thể tích khí nạp. So với kiểu trượt, nó có ưu điểm là nhỏ gọn và nhẹ hơn. Ngoài ra, cấu trúc đường ống đơn giản sẽ giảm trở lực trên đường ống nạp.

b. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

Cảm biến Karman quang có cấu tạo như trình bày trên hình 5.11, bao gồm một trụ đứng đóng vai trò của bộ tạo dòng xoáy, được đặt ở giữa dòng khí nạp. Khi dòng khí đi qua, sự xoáy lốc sẽ được hình thành phía sau bộ tạo xoáy còn gọi là các dòng xoáy Karman.

Các dòng xoáy Karman đi theo rãnh hướng làm rung một gương mỏng được phủ nhôm làm thay đổi hướng phản chiếu từ đèn LED đến photo - transistor. Như vậy, tần số đóng mở của transistor này sẽ thay đổi theo lưu lượng khí nạp. Tần số f được xác định theo công thức sau:

$$f = S \cdot \frac{V}{d}$$

Trong đó:

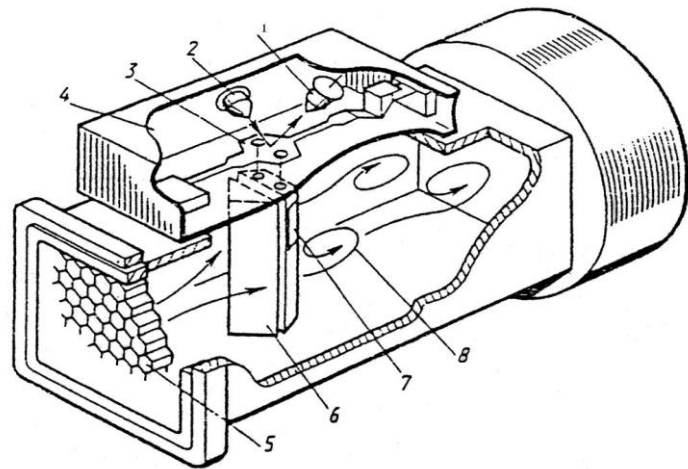
V: vận tốc dòng khí

d: đường kính trụ đứng

S: số Struhall ($S = 0,2$ đối với cảm biến này)

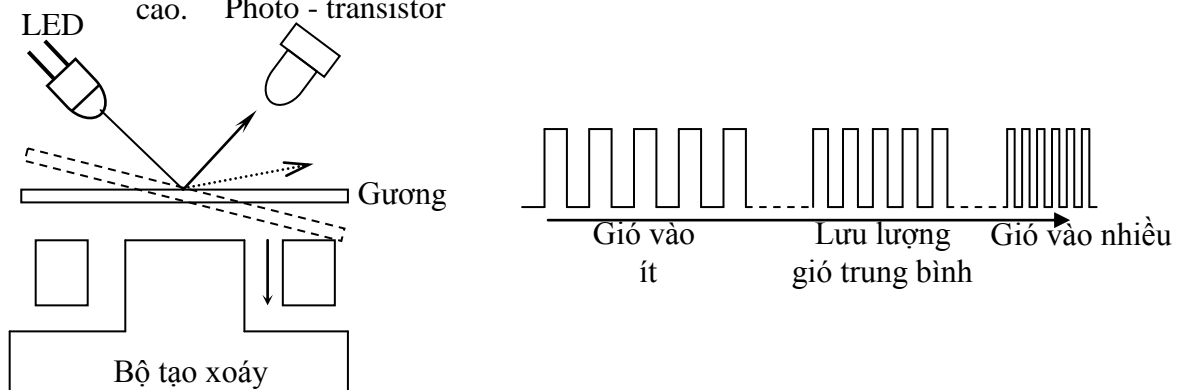
Căn cứ vào tần số f , ECU sẽ xác định thể tích tương ứng của không khí đi vào các xylanh, từ đó tính ra lượng xăng phun cần thiết.

1. Photo - transistor
2. Đèn led
3. Gương (được tráng nhôm)
4. Mạch đếm dòng xoáy
5. Lưới ổn định
6. Vật tạo xoáy
7. Cảm biến áp suất khí trời.
8. Dòng xoáy.

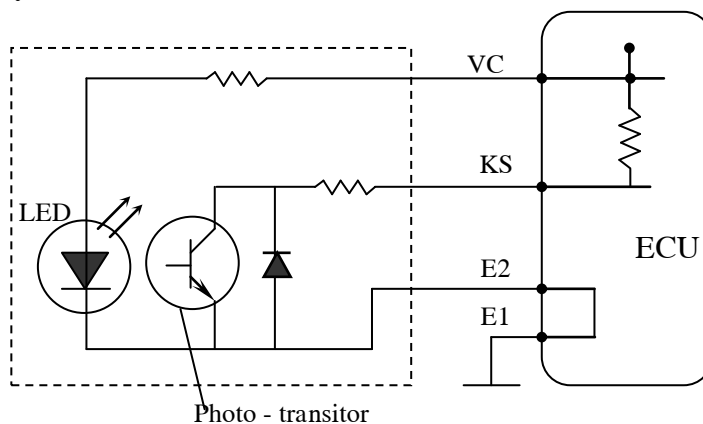


Hình 5.11: Bộ đo gió kiểu Karman quang

Khi lượng gió vào ít, tấm gương rung ít và photo - transistor sẽ đóng mở ở tần số f thấp. Ngược lại, khi lượng gió vào nhiều, gương rung nhanh và tần số f cao. Photo - transistor



Hình 5.12: **Cấu tạo và dạng xung loại Karman Mạch điện**



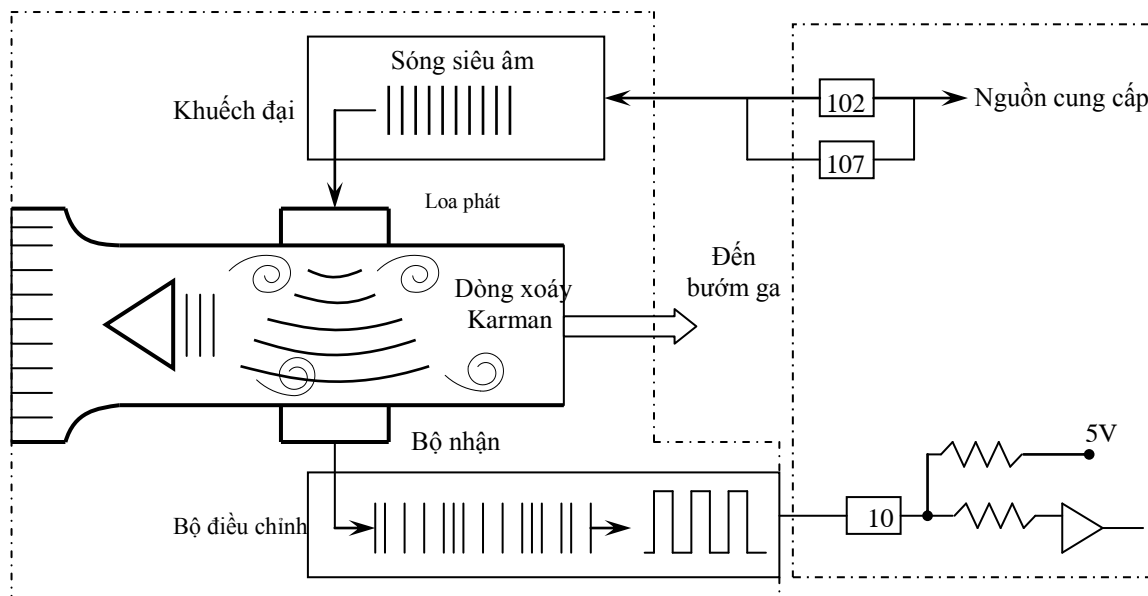
Hình 5.13: **Mạch điện đo gió kiểu Karman quang**

* **Bộ đo gió Karman kiểu siêu âm (ultrasonic)**

Cấu tạo

Bộ đo gió Karman kiểu siêu âm được sử dụng trong hệ thống *LU-Jetronic* (*Misubishi, Hyundai*) có cấu trúc tạo xoáy tương tự như kiểu quang nhưng việc đo tần số xoáy lốc được thực hiện thông qua sóng siêu âm. Nó bao gồm các bộ phận sau:

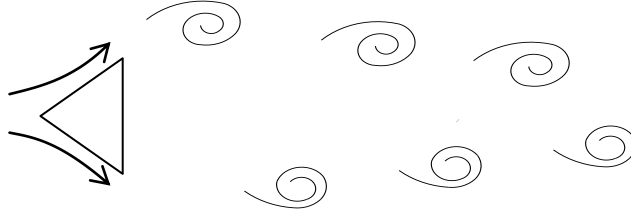
- Lỗ định hướng: phân bố dòng khí đi vào.
- Cục tạo xoáy : tạo các dòng xoáy lốc Karman.
- Bộ khuếch đại : tạo ra sóng siêu âm.
- Bộ phát sóng : phát các sóng siêu âm.
- Bộ nhận sóng : nhận các sóng siêu âm.
- Bộ điều chỉnh xung : chuyển đổi các sóng siêu âm đã nhận được thành các xung điện dạng số.



Hình 5.14: **Cấu tạo cảm biến đo gió Karman kiểu siêu âm**

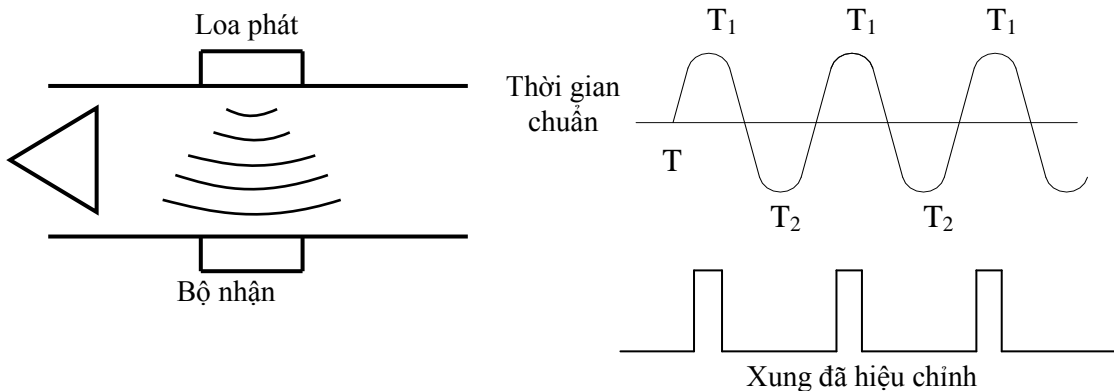
Phương pháp đo gió

Khi dòng khí đi qua cục tạo xoáy dạng cột với mặt cắt hình tam giác, nó sẽ tạo ra 2 dòng xoáy ngược chiều nhau: một dòng theo chiều kim đồng hồ và dòng kia ngược chiều kim đồng hồ (dòng xoáy Karman). Tần số xuất hiện dòng xoáy tỉ lệ thuận với lưu lượng khí nạp tức phụ thuộc vào độ mở của cánh bướm ga.



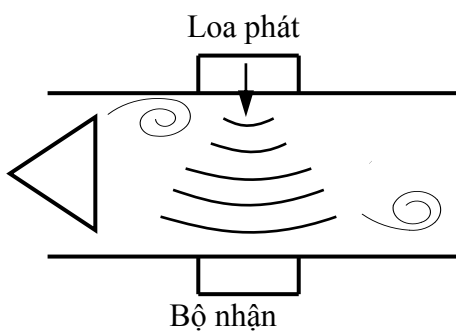
Hình 5.15: *Cách tạo xoáy lốc*

Khi không có dòng khí đi qua thì cục tạo xoáy không thể phát ra dòng xoáy Karman, vì thế sóng siêu âm được lan từ bộ phận phát sóng (loa) đến bộ nhận sóng (micro) trong một thời gian cố định T được dùng làm thời gian chuẩn để so. (xem hình 5.16).

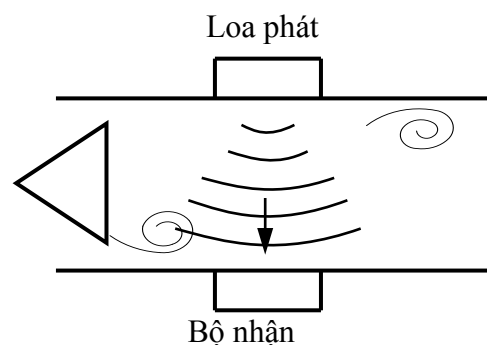


Hình 5.16: *Bộ phát sóng và dạng xung*

Sóng siêu âm khi gặp dòng xoáy theo chiều kim đồng hồ đi qua sẽ truyền đến bộ nhận nhanh hơn tức thời gian để sóng siêu âm đi qua đường kính d của ống nạp T_1 ngắn hơn thời gian chuẩn T .



Hình 5.17: *Dòng khí xoáy cùng chiều sóng siêu âm*

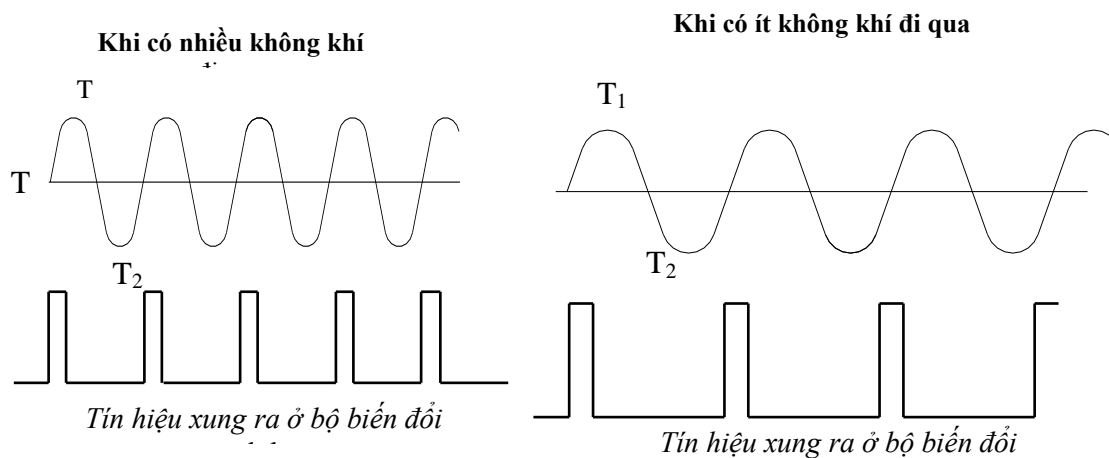


Hình 5.18: *Dòng khí ngược chiều sóng siêu âm*

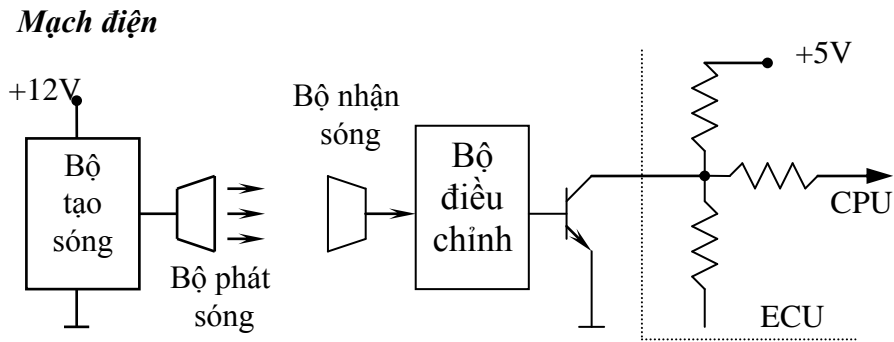
Trong trường hợp sóng siêu âm gặp dòng xoáy ngược chiều kim đồng hồ, thời gian để bộ nhận sóng nhận được tín hiệu từ bộ phát là T_2 lớn hơn thời gian chuẩn T (Hình 5.18).

Như vậy, khi không khí đi vào xylanh, do các dòng xoáy thuận và nghịch chiều kim đồng hồ liên tục đi qua giữa bộ phát và bộ nhận nên thời gian đo được sẽ thay đổi. Cứ mỗi lần thời gian sóng truyền thay đổi từ T_2 đến T , bộ chuyển đổi sẽ phát ra 1 xung vuông.

Khi gió vào nhiều, sự thay đổi về thời gian sẽ nhiều hơn và bộ điều chỉnh phát xung sẽ phát ra xung vuông với tần số lớn hơn. Ngược lại, khi gió vào ít, ECU sẽ nhận được các xung vuông có mật độ thưa hơn. Như vậy thể tích gió đi vào đường ống nạp tỉ lệ thuận với tần số phát xung của bộ điều chỉnh.



Hình 5.19: Xung ra của bộ đo gió Karman siêu âm thay đổi theo lưu lượng khí nạp



Hình 5.20: **Mạch điện cảm biến đo gió Karman siêu âm**

C. Cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt (trong LH - Jetronic).

Nguyên lý của bộ đo gió kiểu nhiệt dựa trên sự phụ thuộc của năng lượng nhiệt W thoát ra từ một linh kiện được nung nóng bằng điện (phần tử nhiệt) như : dây nhiệt, màng nhiệt hoặc điện trở nhiệt (thermistor) được đặt trong dòng khí nạp vào khối lượng gió G đi qua và được tính theo công thức sau:

$$W = K.\Delta t.G^n$$

Trong đó:

K : hằng số tỉ lệ

Δt : chênh lệch nhiệt độ giữa phần tử nhiệt và dòng khí.

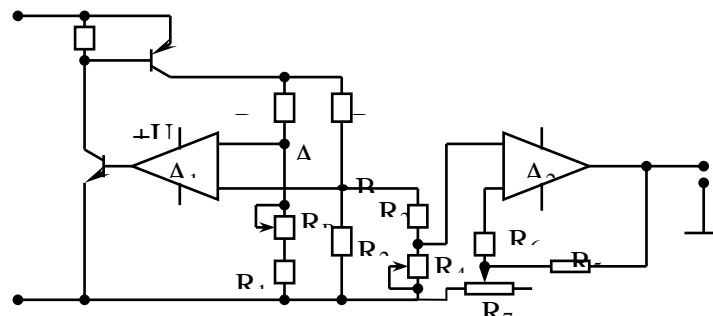
n : hệ số phụ thuộc vào đặc tính trao đổi nhiệt giữa phần tử nhiệt và môi trường.

Sơ đồ cảm biến đo gió dây nhiệt loại nhiệt độ không đổi được trình bày trên hình 5.21.

Điện trở R_H (được nung nóng) và điện trở bù nhiệt R_K (làm bằng platin) được mắc vào hai nhánh của cầu *Wheatstone*. Cả hai điện trở này đều được đặt trên đường ống nạp.

Khi nối các ngõ vào của khuếch đại thuật toán 1 (OP AMP) với đường chéo của cầu, OP AMP1 sẽ giữ cho cầu luôn được cân bằng (có nghĩa là $V_A - V_B = 0$) bằng cách điều khiển transistor T_1 và T_2 , làm thay đổi cường độ dòng điện chảy qua cầu.

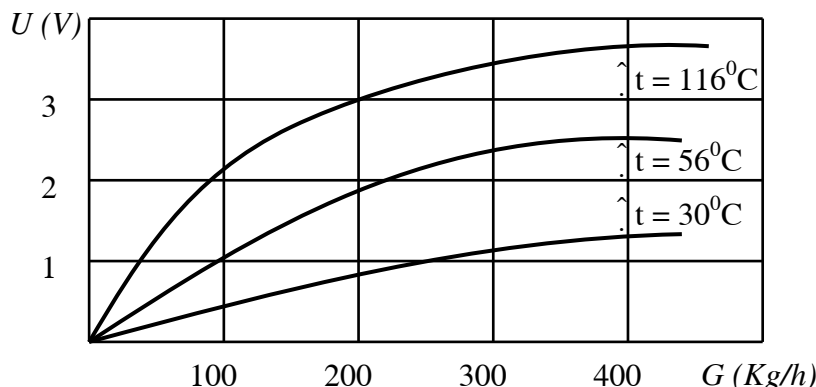
Như vậy, khi có sự thay đổi lượng không khí đi qua, giá trị điện trở đo R_H thay đổi làm cho cầu mất cân bằng, OP AMP1 điều chỉnh dòng qua cầu giữ cho giá trị R_H không đổi và cầu sẽ cân bằng với bất cứ vận tốc vào của dòng không khí. Tín hiệu điện thế ra của mạch đo được lấy từ R_2 có hệ số nhiệt điện trở rất nhỏ, do đó tỉ lệ thuận với dòng điện đi qua nó. Tín hiệu này sau khi đi qua cầu phân thế gồm R_3 và R_4 được đưa đến OP AMP2 giữ chức năng chuyển phát. Điện trở R_4 dùng để điều chỉnh điện thế ở ngõ ra.



Hình 5.21: **Mạch điện cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt**

Việc xác lập khoảng chênh lệch nhiệt độ Δt giữa phần tử nhiệt R_H và nhiệt độ dòng khí được điều chỉnh bởi R_P .

Nếu Δt càng lớn thì độ nhạy của cảm biến càng tăng.



Hình 5.22: Sự phụ thuộc của hiệu điện thế ngõ ra vào khối lượng khí nạp ở các mức chênh lệch nhiệt độ khác nhau.

Khi nhiệt độ không khí nạp thay đổi sẽ dẫn tới sự thay đổi Δt . Vì vậy, vấn đề cân bằng nhiệt được thực hiện bởi R_K mắc ở một nhánh khác của cầu Wheatstone. Thông thường trong các mạch tỉ lệ $R_H : R_K = 1 : 10$.

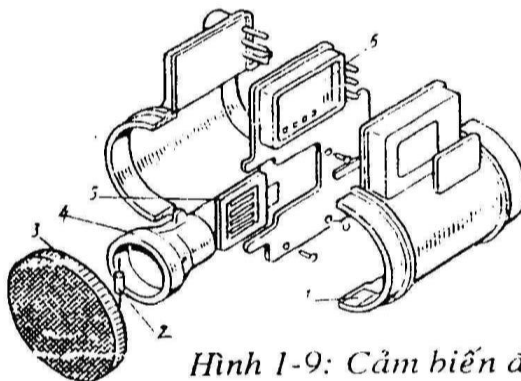
Trong quá trình làm việc, mạch điện tử luôn giữ cho sự chênh lệch nhiệt độ Δt giữa dây nhiệt và dòng không khí vào khoảng 150°C (air mass sensor BOSCH).

Để làm sạch điện trở nhiệt (bị dơ vì bị bám bụi, dầu...), trong một số ECU dùng cho động cơ có phân khối lớn, với số xylanh $Z \geq 6$ còn có mạch nung dây nhiệt trong vòng một giây, đưa nhiệt độ từ 150°C lên 1000°C sau khi tắt công tắc máy, trong trường hợp động cơ đã chạy trên 1500 vòng/phút, tốc độ xe trên 20km/h và nhiệt độ nước dưới 150°C (air mass sensor NISSAN). Theo số liệu của một số hãng, độ ẩm của không khí gần như không ảnh hưởng đến độ chính xác của cảm biến.

Trên cảm biến hãng HITACHI, cảm biến đo gió loại dây nhiệt thường được đặt trên mạch gió rẽ, song song với đường gió chính. Nhờ vậy mà hoạt động của cảm biến ít phụ thuộc vào sự rung động của dòng khí.

Thang đo của cảm biến từ $9 \div 360 \text{ kg/h}$ sai số $5 \div 7\%$ và có độ nhạy cao nhờ hằng số thời gian của mạch chỉ vào khoảng 20ms .

Đối với các xe MỸ (GM, FORD...) thay vì dây nhiệt, người ta sử dụng màng nhiệt. Cảm biến đo gió loại màng nhiệt khắc phục được nhược điểm chủ yếu của loại dây nhiệt là độ bền cơ học của cảm biến được tăng lên.



Hình 1-9: Cảm biến đo

Hình 5.23: *Cảm biến đo gió loại màng nhiệt*

1. Thân; 2. Cảm biến nhiệt độ không khí; 3. Lưới ổn định;
4. Kênh đo; 5. Màng nhiệt; 5. Mạch điện tử

Hình 5.23 trình bày cấu tạo cảm biến đo gió loại màng nhiệt của hãng GENERAL MOTORS. Màng 5 gồm hai điện trở: điện trở đo R_H và điện trở bù nhiệt R_K được phủ trên một đế làm bằng chất dẻo. Sự chênh lệch nhiệt độ của R_H với dòng không khí được giữ ở $70^\circ C$ nhờ mạch tương tự như hình 5.21. Thang đo của cảm biến trong khoảng $15 \div 470 \text{ kg/h}$.

Khi thiết kế cảm biến đo gió kiểu dây nhiệt, đặt trên đường ống nạp của động cơ cần lưu ý những đặc điểm sau:

1. Cảm biến bị tác động bởi dòng khí trong đường ống nạp, bất kỳ từ hướng nào nên có thể tăng độ sai số khi có sự xung động của dòng khí.
2. Trên các chế độ chuyển tiếp của động cơ, (tăng tốc, giảm tốc...) do cảm biến có độ nhạy cao nên có thể xảy ra trường hợp không ăn khớp giữa tín hiệu báo về ECU và lượng không khí thực tế đi vào buồng đốt. Điều đó sẽ xảy ra nếu không tính đến vị trí lắp đặt của cảm biến và các quá trình khí động học trên đường ống nạp, sẽ làm trễ dòng khí khi tăng tốc độ đột ngột.
3. Cảm biến đo gió kiểu nhiệt đo trực tiếp khối lượng không khí nên ECU không cần mạch hiệu chỉnh hòa khí theo áp suất khí trời cho trường hợp xe chạy ở vùng núi cao.
4. Vít chỉnh CO trên cảm biến không nằm trên đường bypass mà là biến trở gắn trên mạch điện tử.
5. Trên một số xe, cảm biến đo gió kiểu nhiệt được kết hợp với kiểu xoáy Karman. Khi dòng không khí đi qua vật tạo xoáy, sự xoáy lốc của không khí sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ dây nhiệt theo tần số xoáy lốc. Tần số này tỉ lệ thuận với lượng không khí và được đưa về ECU xử lý để tính lượng xăng tương ứng.

Cảm biến kiểu nhiệt trước đây thường gặp trên các động cơ phun xăng có tăng áp (Turbo charger), vì áp lực lớn trên đường ống nạp nên không thể sử dụng MAP sensor hoặc cảm biến đo gió loại cánh trượt.

Nhờ có quán tính thấp, kết cấu gọn, nhẹ, không có phần tử di động và ít cản gió, nên cảm biến đo gió kiểu nhiệt đã được ứng dụng rộng rãi trong hệ thống điều khiển phun xăng hiện nay.

D. Cảm biến áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp (MAP - Manifold Absolute Pressure sensor)

Khác với L-Jetronic, trên hệ thống phun xăng loại *D-Jetronic* lượng khí nạp đi vào xy lanh được xác định gián tiếp (phải tính lại) thông qua cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp. Khi tải thay đổi, áp suất tuyệt đối trong đường ống nạp sẽ thay đổi và MAP sensor sẽ chuyển thành tín hiệu điện thế báo về ECU để tính ra lượng không khí đi vào xy lanh. Sau đó, dựa vào giá trị này ECU sẽ điều khiển thời gian mở kim phun và thời điểm đánh lửa.

Có ba loại:

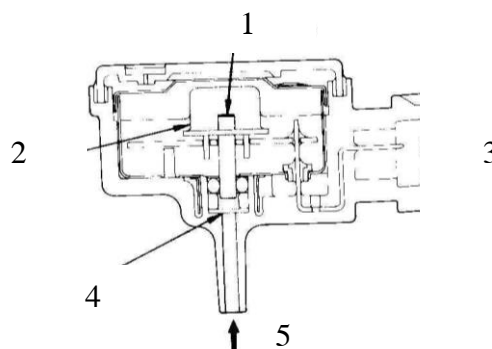
- **Loại áp điện kế**

- a. **Cấu tạo và nguyên lý hoạt động**

Loại cảm biến này dựa trên nguyên lý cầu *Wheatstone*. Mạch cầu *Wheatstone* được sử dụng trong thiết bị nhằm tạo ra một điện thế phù hợp với sự thay đổi điện trở.

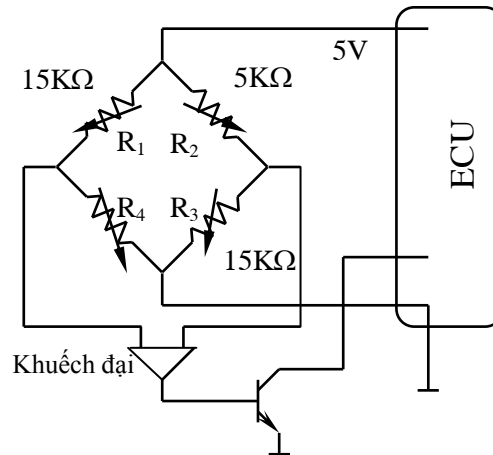
Cảm biến bao gồm một tấm silicon nhỏ (hay gọi là màng ngăn) dày hơn ở hai mép ngoài (khoảng $0,25\text{ mm}$) và mỏng ở giữa (khoảng $0,025\text{ mm}$). Hai mép được làm kín cùng với mặt trong của tấm silicon tạo thành buồng chân không trong cảm biến. Mặt ngoài tấm silicon tiếp xúc với áp suất đường ống nạp. Hai mặt của tấm silicon được phủ thạch anh để tạo thành điện trở áp điện (Piezoresistor).

1. Mạch bán dẫn
2. Buồng chân không
3. Giác cắm
4. Lọc khí
5. Đường ống nạp



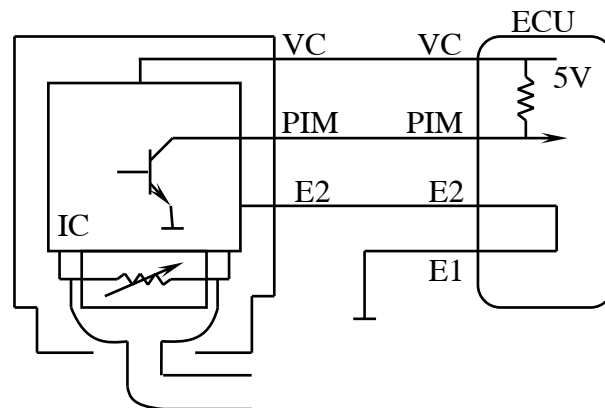
Hình 5.24: **Cảm biến áp suất đường ống nạp**

Khi áp suất đường ống nạp thay đổi, giá trị của điện trở áp điện sẽ thay đổi. Các điện trở áp điện được nối thành cầu *Wheatstone*. Khi màng ngăn không bị biến dạng (tương ứng với trường hợp động cơ chưa hoạt động hoặc tải lớn), tất cả bốn điện trở áp điện đều có giá trị bằng nhau và lúc đó không có sự chênh lệch điện áp giữa 2 đầu cầu. Khi áp suất đường ống nạp giảm, màng silicon bị biến dạng dẫn đến giá trị điện trở áp điện cũng bị thay đổi và làm mất cân bằng cầu *Wheatstone*. Kết quả là giữa 2 đầu cầu sẽ có sự chênh lệch điện áp và tín hiệu này được khuếch đại để điều khiển mở transistor ở ngõ ra của cảm biến có cực C treo. Độ mở của transistor phụ thuộc vào áp suất đường ống nạp dẫn tới sự thay đổi điện áp báo về ECU.



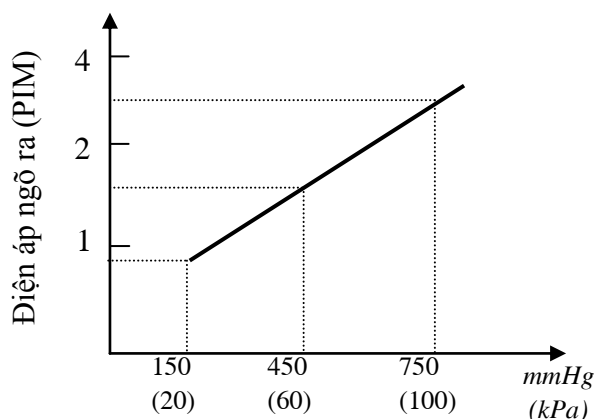
Hình 5.25: Sơ đồ nguyên lý cảm biến áp suất đường ống nạp

b. Mạch điện



Hình 5.26: Mạch điện cảm biến áp suất đường ống nạp

c. Đường đặc tuyến

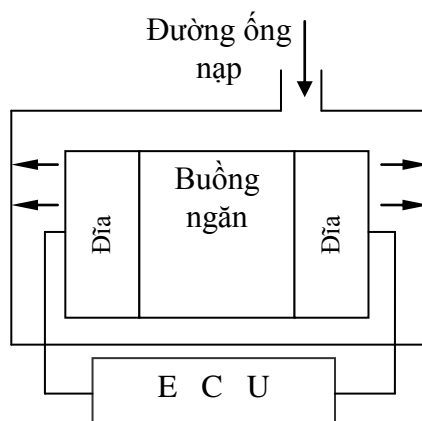


Hình 5.27: Đường đặc tuyến của MAP sensor

Hiện nay trên các ô tô, tồn tại 2 loại cảm biến đo áp suất tuyệt đối trên đường ống nạp khác nhau về tín hiệu đầu ra: điện thế (TOYOTA, HONDA, DAEWOO, GM, CHRYSLER...) và tần số (FORD). Ở loại MAP điện thế, giá trị điện thế thấp nhất (lúc cánh bướm ga đóng hoàn toàn) và giá trị cao nhất (lúc toàn tải) cũng phụ thuộc vào loại xe, gây khó khăn cho việc lắp lẫn.

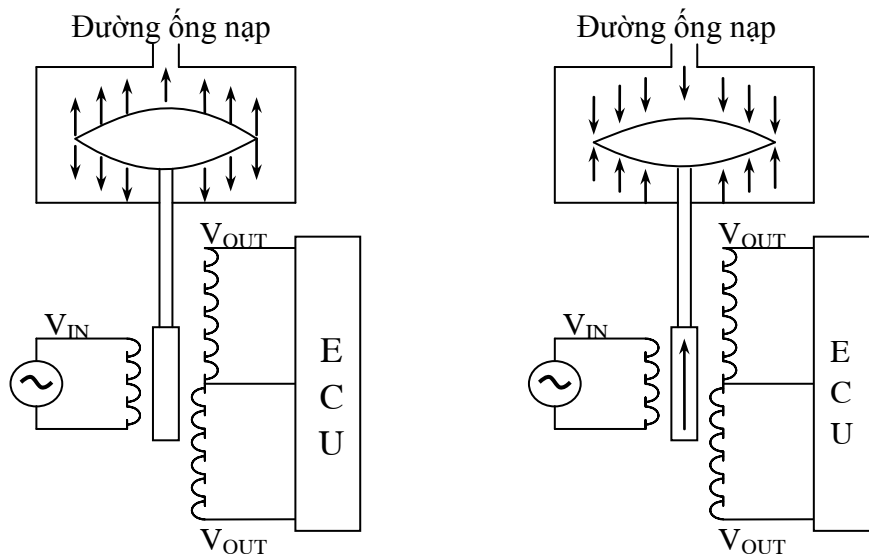
- **Loại điện dung**

Cảm biến này dựa trên nguyên lý thay đổi điện dung tụ điện. Cảm biến bao gồm hai đĩa silicon đặt cách nhau tạo thành buồng kín ở giữa. Trên mỗi đĩa có điện cực nối hai tấm silicon với nhau. Áp suất đường ống nạp thay đổi sẽ làm cong hai đĩa vào hướng bên trong, làm khoảng cách giữa hai đĩa giảm khiến tăng điện dung tụ điện. Sự thay đổi điện dung tụ điện sinh tín hiệu điện áp gửi về ECU để nhận biết áp suất trên đường ống nạp.



Hình 5.28: Sơ đồ cấu tạo cảm biến MAP loại điện dung

- **Loại sai lệch từ tuyến tính**



Hình 5.29: **Sơ đồ nguyên lý MAP sensor loại sai lệch từ tuyến tính**

Cảm biến này bao gồm một cuộn dây sơ cấp, hai cuộn dây thứ cấp quấn ngược chiều nhau và một lõi sắt di chuyển. Một nguồn điện áp xoay chiều được cung cấp cho cuộn sơ cấp. Khi lõi ở vị trí giữa, chênh lệch điện thế giữa hai cuộn thứ cấp bằng không. Khi áp suất đường ống nạp thay đổi, buồng khí áp sẽ hút lõi thép di chuyển phù hợp với tải động cơ, lúc này từ thông qua hai cuộn thứ cấp sẽ khác biệt gây nên sự chênh lệch điện thế. Tín hiệu điện thế từ các cuộn thứ cấp được gửi về ECU nhận biết tình trạng áp suất trên đường ống nạp.

5.3.2 Cảm biến tốc độ động cơ và vị trí piston

Cảm biến vị trí piston (*TDC sensor* hay còn gọi là cảm biến G) báo cho ECU biết vị trí tử điểm thượng hoặc trước tử điểm thượng của piston. Trong một số trường hợp, chỉ có vị trí của piston xylanh số 1 (hoặc số 6) được báo về ECU, còn vị trí các xylanh còn lại sẽ được tính toán. Công dụng của cảm biến này là để ECU xác định thời điểm đánh lửa và cả thời điểm phun. Vì vậy, trong nhiều hệ thống điều khiển động cơ, số xung phát ra từ cảm biến phụ thuộc vào kiểu phun (độc lập, nhóm hay đồng loạt) và thường bằng số lần phun trong một chu kỳ. Trên một số xe, tín hiệu vị trí piston xylanh số 01 còn dùng làm xung reset để ECU tính toán và nhập giá trị mới trên RAM sau mỗi chu kỳ (2 vòng quay trục khuỷu).

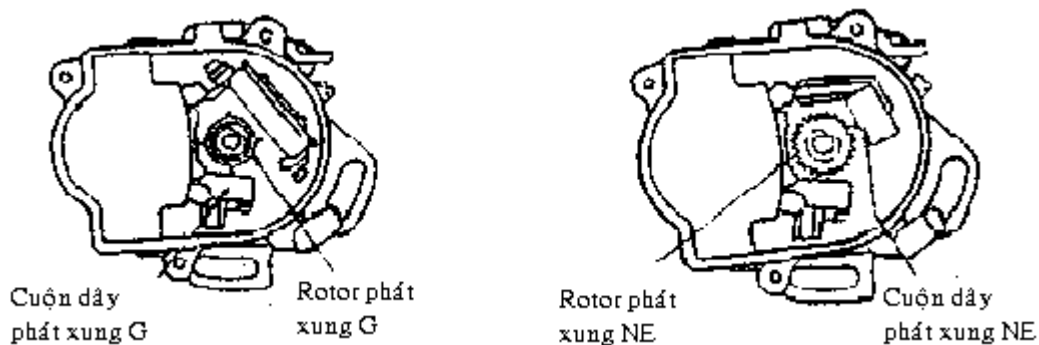
Cảm biến tốc độ động cơ (*Engine speed ; crankshaft angle sensor* hay còn gọi là tín hiệu *NE*) dùng để báo tốc độ động cơ để tính toán hoặc tìm góc đánh lửa tối ưu và lượng nhiên liệu sẽ phun cho từng xylanh. Cảm biến này cũng được dùng vào mục đích điều khiển tốc độ cảm chừng hoặc cắt nhiên liệu ở chế độ cảm chừng cưỡng bức.

Có nhiều cách bố trí cảm biến *G* và *NE* trên động cơ: trong delco, trên bánh đà, hoặc trên bánh răng cốt cam. Đôi khi ECU chỉ dựa vào một xung lấy từ cảm biến hoặc IC đánh lửa để xác định vị trí piston lẫn tốc độ trục khuỷu.

Cảm biến vị trí xylanh và cảm biến tốc độ động cơ có nhiều dạng khác nhau như: cảm biến điện từ loại nam châm quay hoặc đứng yên, cảm biến quang, cảm biến Hall...

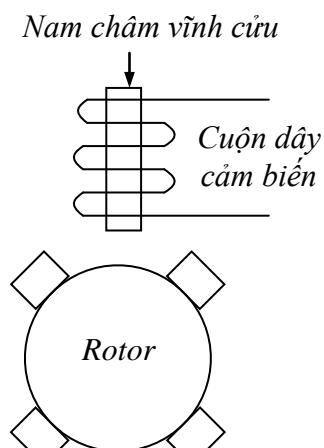
A. Loại dùng cảm biến điện từ

a. Cấu tạo



Hình 5.30: *Sơ đồ bố trí cảm biến G và NE trên xe TOYOTA*

Trên hình 5.30 trình bày sơ đồ bố trí của cảm biến vị trí xylanh và tốc độ động cơ dạng điện từ trên xe Toyota loại nam châm đứng yên. Mỗi cảm biến gồm có rotor để khép mạch từ và cuộn dây cảm ứng mà lõi gắn với một nam châm vĩnh cửu đứng yên. Số răng trên rotor và số cuộn dây cảm ứng thay đổi tùy thuộc vào loại động cơ. Phần tử phát xung *G* có thể có 1; 2; 4 hoặc 6, còn phần tử phát xung *NE* có thể có 4; 24 hoặc sử dụng số răng của bánh đà. Ở đây ta xem xét cấu tạo và hoạt động của bộ tạo tín hiệu *G* và *NE* loại một cuộn cảm ứng – một rotor *4 răng* cho tín hiệu *G* và một cuộn cảm ứng - một rotor *24 răng* cho tín hiệu *NE*. Hai rotor này gắn đồng trục với bộ chia điện, bánh răng tín hiệu *G* nằm trên, còn bánh răng phát tín hiệu *NE* phía dưới.



Hình 5.31: *Sơ đồ nguyên lý của loại dùng cảm biến điện từ*

b. Nguyên lý hoạt động (xem hình 5.31)

Bộ phận chính của cảm biến là một cuộn cảm ứng, một nam châm vĩnh cửu và một rotor dùng để khép mạch từ có số răng tùy loại động cơ. Khi cực răng của rotor không nằm đối diện cực từ, thì từ thông đi qua cuộn dây cảm ứng sẽ có giá trị thấp vì khe hở không khí lớn nên có từ trở cao. Khi một cực răng đến gần cực từ của cuộn dây, khe hở không khí giảm dần khiến từ thông tăng nhanh. Như vậy, nhờ sự biến thiên từ thông, trên cuộn dây sẽ xuất hiện một sức điện động cảm ứng. Khi cực răng rotor đối diện với cực từ của cuộn dây, từ thông đạt giá trị cực đại nhưng điện áp ở hai đầu cuộn dây bằng không. Khi cực răng rotor di chuyển ra khỏi cực từ, thì khe hở không khí tăng dần làm từ thông giảm sinh ra một sức điện động theo chiều ngược lại.

- **Tín hiệu G**

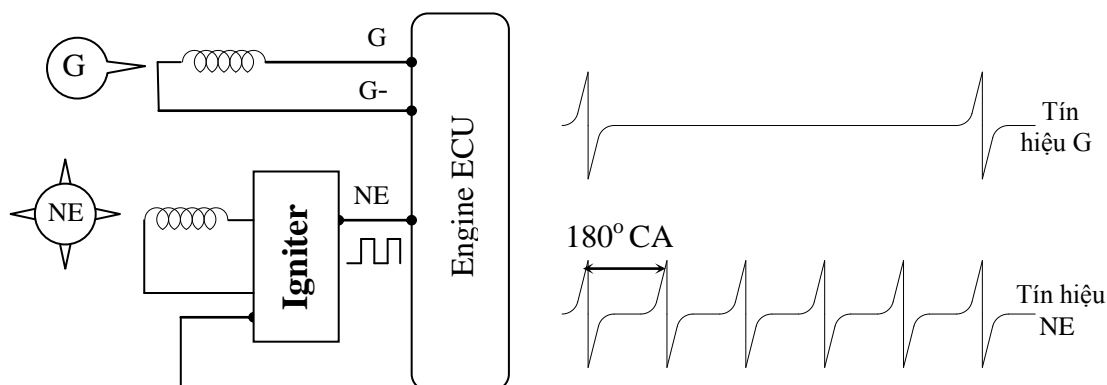
Cuộn cảm nhận tín hiệu *G*, gắn trên thân của bộ chia điện. Rotor tín hiệu *G* có 4 răng sẽ cho 4 xung dạng sin cho mỗi vòng quay của trục cam. Xem hình 5.32.

- **Tín hiệu NE**

Tín hiệu *NE* được tạo ra trong cuộn cảm cùng nguyên lý như tín hiệu *G*. Điều khác nhau duy nhất là rotor của tín hiệu *NE* có 24 răng. Cuộn dây cảm biến sẽ phát 24 xung trong mỗi vòng quay của delco.

Mạch điện và dạng xung

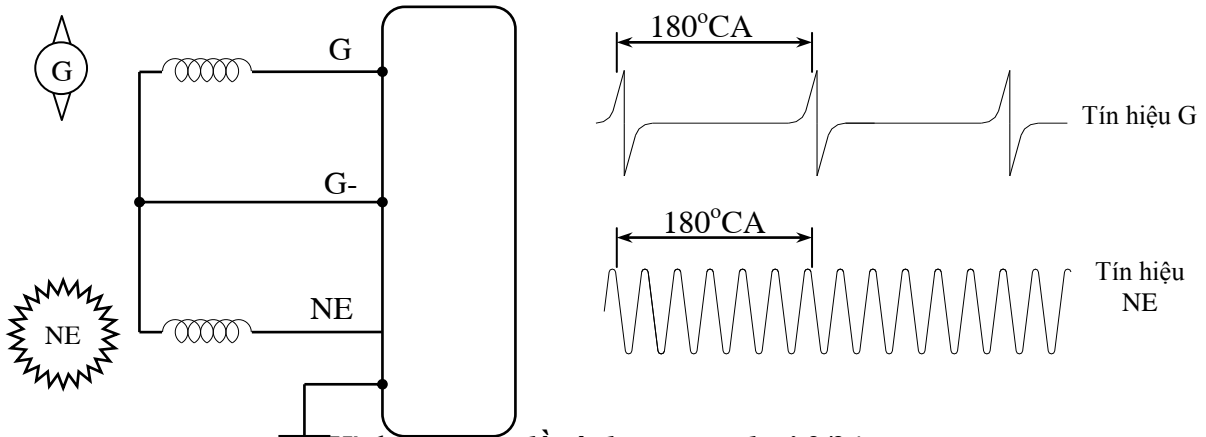
1. Tín hiệu *G* (1 cuộn kích 4 răng)
Tín hiệu *NE* (1 cuộn kích 24 răng).



Hình 5.32: Sơ đồ mạch điện và dạng tín hiệu xung *G* và *NE*.

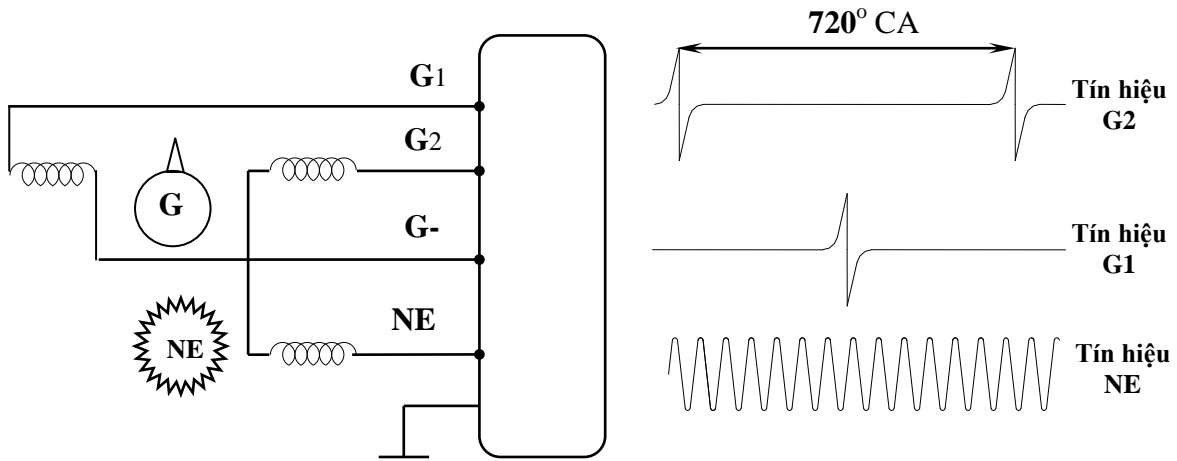
Một số mạch điện và dạng xung của tín hiệu G và NE với số răng khác nhau trên TOYOTA

2. Tín hiệu *G* (1 cuộn kích, 2 răng).
Tín hiệu *NE* (1 cuộn kích, 24 răng).



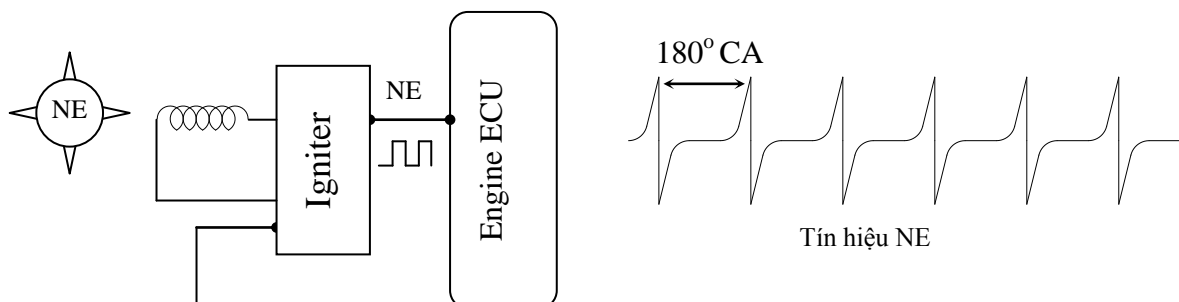
Hình 5.33: Sơ đồ và dạng xung loại 2/24

3. Tín hiệu G_1 và G_2 (2 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 24 răng).



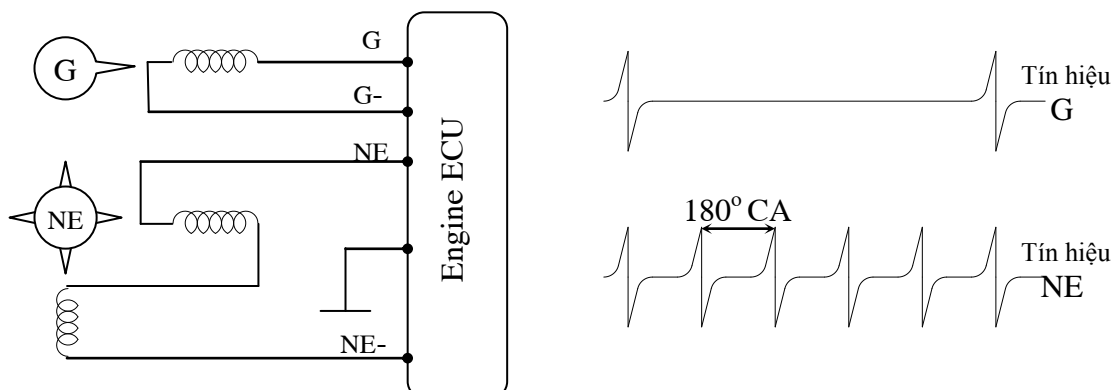
Hình 5.34: Sơ đồ và dạng xung loại 1/24

4. Tín hiệu NE (1 cuộn kích, 4 răng).



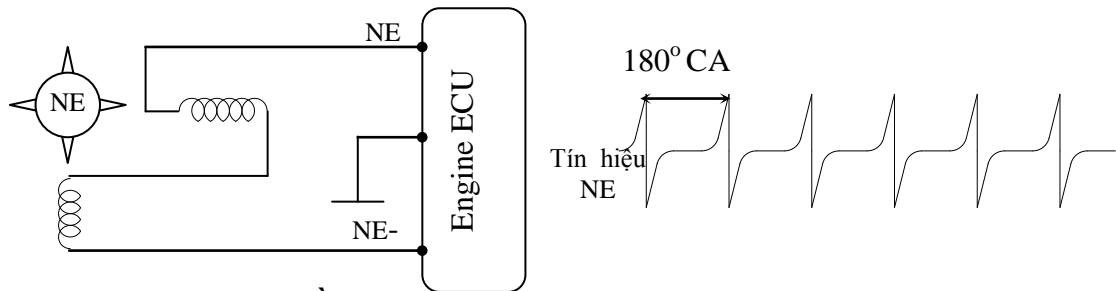
Hình 5.35: Sơ đồ và dạng xung loại 1 cuộn dây chung cho G và NE kết hợp với IC đánh lửa

5. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu Ne (2 cuộn kích, 4 răng).



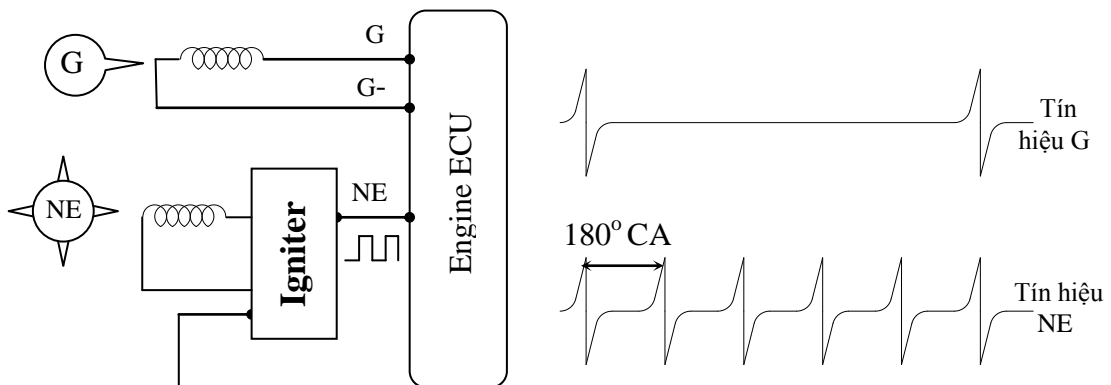
Hình 5.36: Sơ đồ và dạng xung loại 1/4

5. Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng)



Hình 5.37: Sơ đồ và dạng xung loại 2 cuộn aay chung cho G và NE

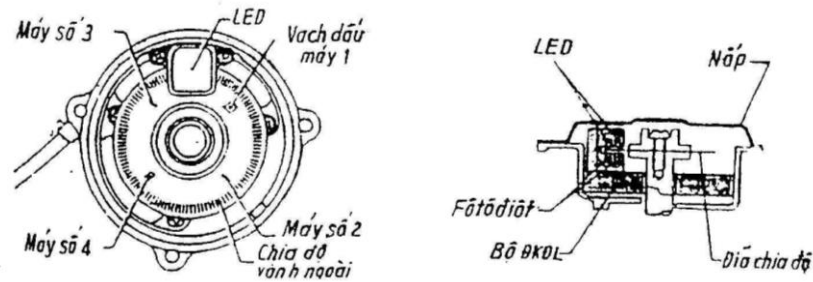
7. Tín hiệu G (1 cuộn kích, 1 răng).
Tín hiệu NE (2 cuộn kích, 4 răng).



Hình 5.38: Sơ đồ và dạng xung của loại 4/4 kết hợp IC đánh lửa

B. Loại dùng cảm biến quang

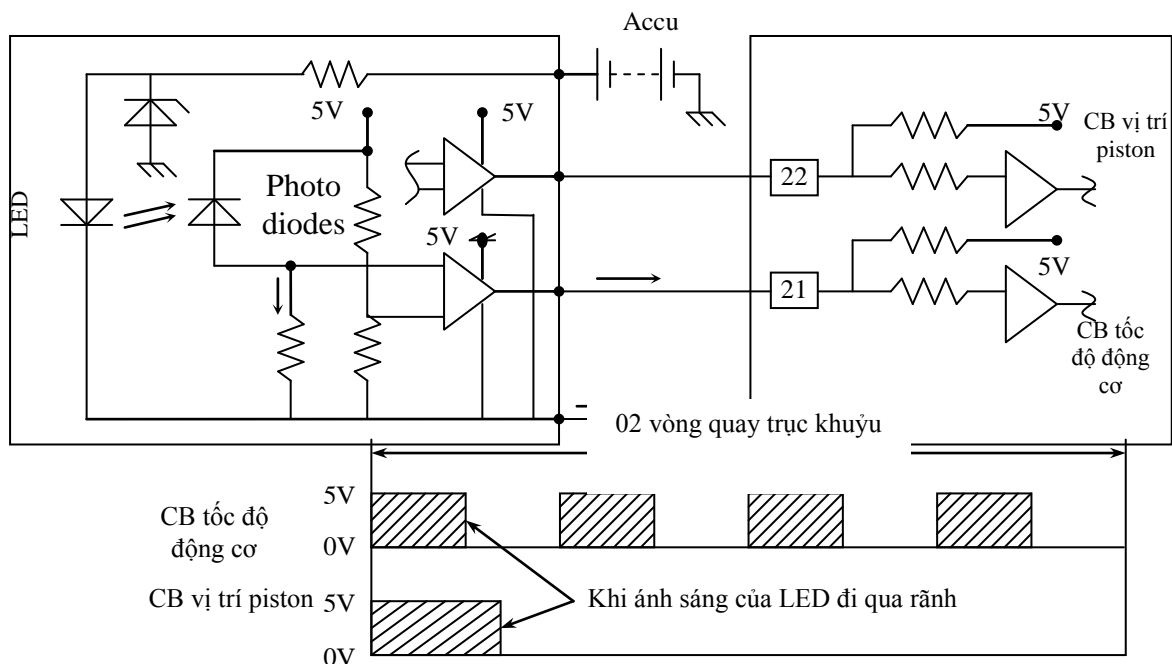
a. Cấu tạo



Hình 5.39: **Cấu tạo cảm biến quang**

Rotor của cảm biến (được lắp với trục delco) là một đĩa nhôm mỏng khắc vạch. Vành trong có số rãnh tương ứng với số xylanh trong đó có một rãnh rộng hơn đánh dấu vị trí piston máy số 1. Nhóm các rãnh này kết hợp với cặp diode phát quang (*LED*) và diode cảm quang (*photodiode*) còn gọi là *photocouple* thứ nhất là bộ phận để phát xung *G*. Vành ngoài của đĩa có khắc 360 rãnh nhỏ, mỗi rãnh đều ứng với 2° góc quay của trục khuỷu. Diode phát quang và diode cảm quang thứ hai đặt trên quỹ đạo của rãnh nhỏ tạo thành bộ phận phát xung *NE*.

b. Mạch điện



Hình 5.40: **Mạch điện cảm biến quang và dạng xung ra**

Khi đĩa quay, các rãnh lần lượt đi qua photo-couple. Lúc này, ánh sáng từ đèn LED chiếu tới photodiode chúng trở nên dẫn điện. Khi đó điện áp ở ngõ vào (+) của OP AMP sẽ lớn hơn điện áp ở ngõ vào (-), vì thế, ở ngõ ra OP AMP điện áp sẽ ở mức cao. Khi rãnh ra khỏi photo-couple, photo-diode không nhận được ánh sáng từ đèn LED, dòng điện bị ngắt đột ngột nên điện áp ở ngõ vào (+) của OP AMP bằng 0. Kết quả là điện áp ở ngõ ra của OP AMP xuống mức thấp. Các xung *G* và *NE* ở đây đều là dạng xung vuông có giá trị cao nhất là 5V, thấp nhất là 0V.

5.3.3 Cảm biến bướm ga (throttle position sensor)

Cảm biến vị trí cánh bướm ga được lắp ở trên trục cánh bướm ga. Cảm biến này đóng vai trò chuyển vị trí góc mở cánh bướm ga thành tín hiệu điện thể gửi đến ECU.

Tín hiệu cảm chừng (*IDL*) dùng để điều khiển phun nhiên liệu khi tăng tốc và giảm tốc cũng như hiệu chỉnh thời điểm đánh lửa. Trên một số xe, cảm biến vị trí bướm ga còn giúp ECU điều khiển hộp số tự động.

Tín hiệu toàn tải (*PSW*) dùng để tăng lượng xăng phun ở chế độ toàn tải để tăng công suất động cơ.

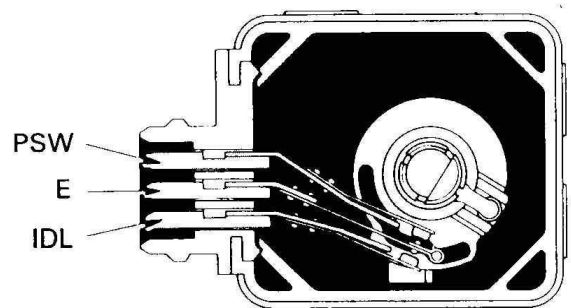
Có nhiều loại cảm biến vị trí cánh bướm ga, tùy theo yêu cầu và thiết kế trên các đời xe ta thường có các loại:

a. Loại công tắc

- **Cấu tạo**

- Một cần xoay đồng trục với cánh bướm ga.
- Cam dẫn hướng xoay theo cần.
- Tiếp điểm di động di chuyển dọc theo rãnh của cam dẫn hướng.
- Tiếp điểm cảm chừng.
- Tiếp điểm toàn tải.

(1) 2-contact type



Hình 5.41: *Cảm biến cánh bướm ga loại công tắc*

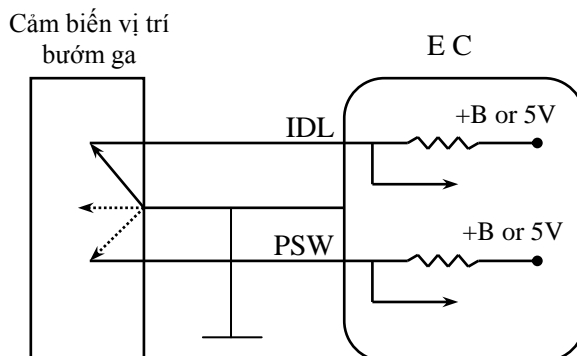
- **Hoạt động**

- Ở chế độ cảm chừng: Khi cánh bướm ga đóng (góc mở $< 5^\circ$) thì tiếp điểm di động sẽ tiếp xúc với tiếp điểm cảm chừng và gửi tín hiệu điện thể thông báo cho ECU biết động cơ đang hoạt động ở mức cảm chừng.
- Tín hiệu này cũng dùng để cắt nhiên liệu khi động cơ giảm tốc đột ngột (chế độ cảm chừng cưỡng bức). Ví dụ, khi xe đang chạy ở tốc độ cao mà ta muốn giảm tốc độ, ta nhả chân bàn đạp ga thì tiếp điểm cảm chừng trong công tắc cánh bướm ga đóng, báo cho ECU biết động cơ đang giảm tốc. Nếu tốc độ động cơ vượt quá giá trị nhất định tùy theo từng loại động cơ thì ECU sẽ điều khiển cắt nhiên liệu cho đến khi tốc độ động cơ đạt tốc độ cảm chừng ổn định.
- Ở chế độ tải lớn: Khi cánh bướm ga mở khoảng $50^\circ - 70^\circ$ (tùy từng loại động cơ) so với vị trí đóng hoàn toàn, tiếp điểm di động tiếp xúc với tiếp

điểm toàn tải và gửi tín hiệu điện thế để báo cho ECU biết tình trạng tải lớn của động cơ.

- **Mạch điện:** Có hai loại:

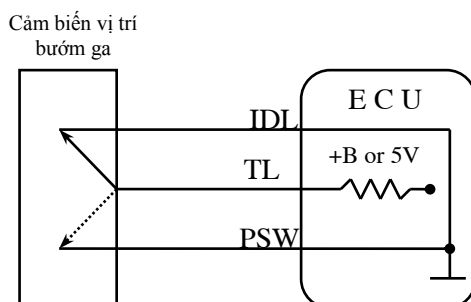
- * **Loại âm chò**



Hình 5.42: **Mạch điện cảm biến vị trí cánh bướm ga loại âm chò**

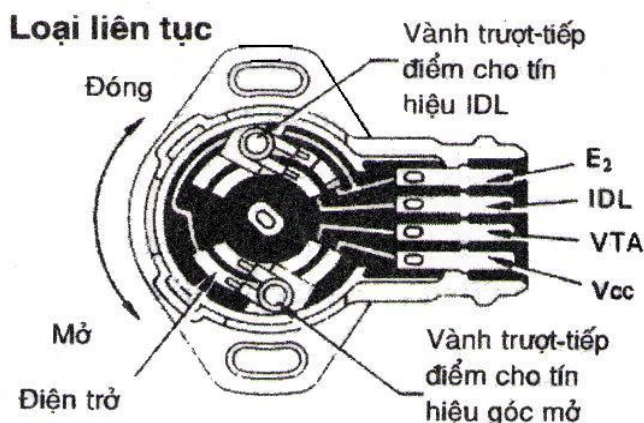
Điện áp 5V đi qua một điện trở trong ECU đưa đến cực IDL và cực PSW. Ở vị trí cảm chừng điện áp từ cực IDL qua công tắc tiếp xúc IDL về mass. Ở vị trí toàn tải điện áp từ cực PSW qua công tắc tiếp xúc PSW về mass.

- * **Loại dương chò**



Hình 5.43: **Mạch điện cảm biến vị trí bướm ga loại dương chò**

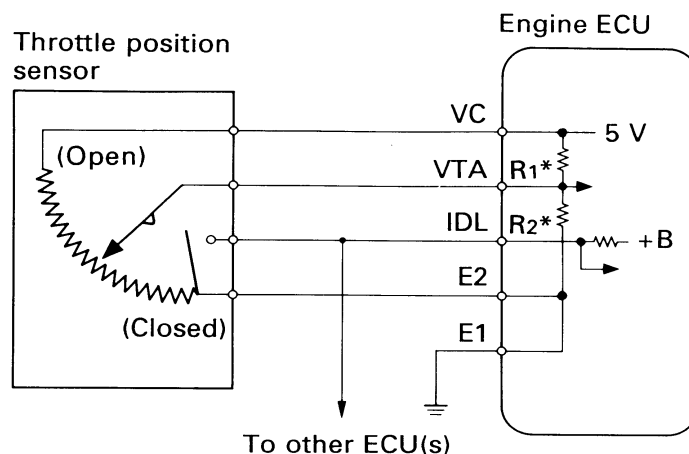
b. Cảm biến vị trí cánh bướm ga loại biến trở



Hình 5.44: **Cảm biến cánh bướm ga loại biến trở**

Loại này có cấu tạo gồm hai con trượt, ở đầu mỗi con trượt được thiết kế có các tiếp điểm cho tín hiệu cảm chừng và tín hiệu góc mở cánh bướm ga, có cấu tạo như hình 5.44.

Mạch điện



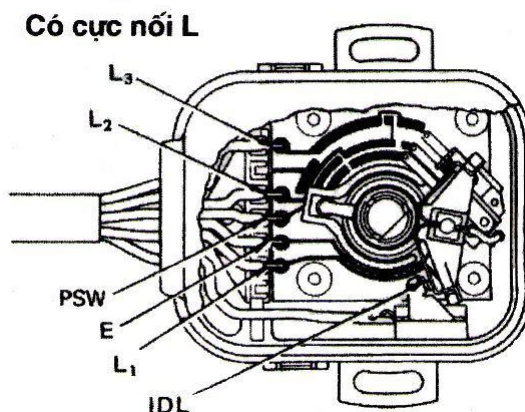
Hình 5.45: *Mạch điện cảm biến vị trí cánh bướm ga loại biến trở*

Một điện áp không đổi 5V từ ECU cung cấp đến cực VC. Khi cánh bướm ga mở, con trượt trượt dọc theo điện trở và tạo ra điện áp tăng dần ở cực VTA tương ứng với góc mở cánh bướm ga. Khi cánh bướm ga đóng hoàn toàn, tiếp điểm cảm chùng nối cực IDL với cực E2. Trên đa số các xe, trừ Toyota, cảm biến bướm ga loại biến trở chỉ có 3 dây VC, VTA và E2 mà không có dây IDL.

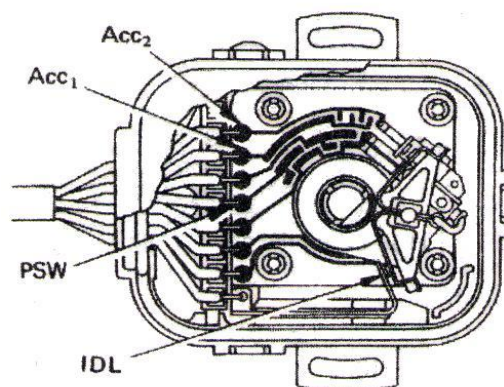
c. Một số loại cảm biến vị trí cánh bướm ga có thêm các giác phụ

Trên xe có trang bị hộp số tự động, khi sang số cảm biến vị trí cánh bướm ga sẽ đồng thời bật sang vị trí L1, L2, L3 tương ứng với các vị trí tay số. Tín hiệu này được gửi về ECU để điều chỉnh lượng xăng phun phù hợp với chế độ tải.

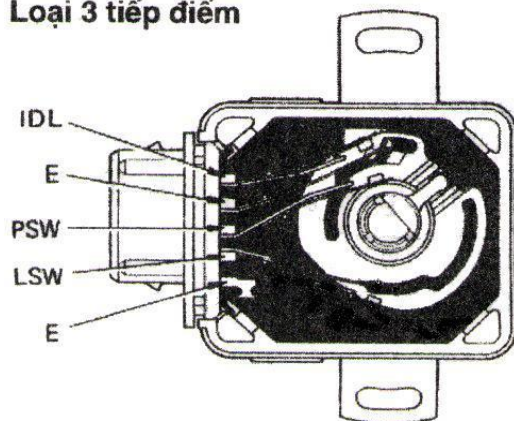
Hình 5.46: *Cảm biến cánh bướm ga có thêm vị trí tay số*



Đối với loại cảm biến có công tắc ACC1 và ACC2. Khi động cơ tăng tốc ở các chế độ khác nhau, tín hiệu từ hai vị trí công tắc này được gửi về ECU điều khiển tăng lượng xăng phun đáp ứng được quá trình tăng tốc động cơ.

Có cực nối Acc

Hình 5.47: *Cảm biến có công tắc ACC1 và ACC2*
Một số cảm biến có thêm công tắc cháy nghèo (*lean burn*).

Loại 3 tiếp điểm

Hình 5.48: *Cảm biến bướm ga có thêm công tắc cháy nghèo (LSW)*

5.3.4 Cảm biến nước làm mát và cảm biến nhiệt độ khí nạp

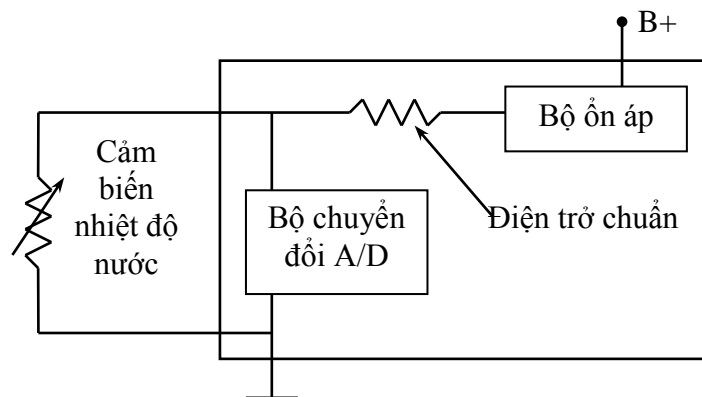
a. Cảm biến nhiệt độ nước làm mát (Coolant water temperature sensor)

Công dụng

Dùng để xác định nhiệt độ động cơ, có cấu tạo là một điện trở nhiệt (*thermistor*) hay là một diode.

* **Nguyên lý**

Điện trở nhiệt là một phân tử cảm nhận thay đổi điện trở theo nhiệt độ. Nó được làm bằng vật liệu bán dẫn nên có hệ số nhiệt điện trở âm (*NTC – negative temperature co-efficient*). Khi nhiệt độ tăng điện trở giảm và ngược lại. Các loại cảm biến nhiệt độ hoạt động cùng nguyên lý nhưng mức hoạt động và sự thay đổi điện trở theo nhiệt độ có khác nhau. Sự thay đổi giá trị điện trở sẽ làm thay đổi giá trị điện áp được gửi đến ECU trên nền tảng cầu phân áp.



Hình 5.49: **Mạch điện của cảm biến nhiệt độ nước làm mát**

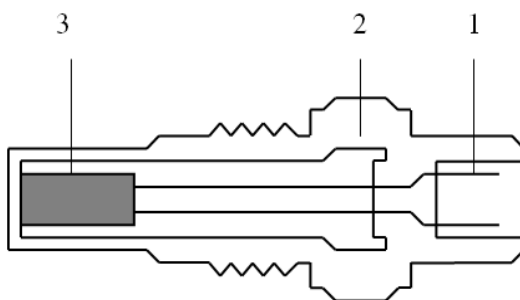
Trên sơ đồ hình 5.49 ta có:

Điện áp 5V qua điện trở chuẩn (điện trở này có giá trị không đổi theo nhiệt độ) tới cảm biến rồi trở về ECU về mass. Như vậy điện trở chuẩn và nhiệt điện trở trong cảm biến tạo thành một cầu phân áp. Điện áp điểm giữa cầu được đưa đến bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự - số (bộ chuyển đổi *ADC – analog to digital converter*).

Khi nhiệt độ động cơ thấp, giá trị điện trở cảm biến cao và điện áp gửi đến bộ biến đổi *ADC* lớn. Tín hiệu điện áp được chuyển đổi thành một dãy xung vuông và được giải mã nhờ bộ vi xử lý để thông báo cho ECU biết động cơ đang lạnh. Khi động cơ nóng, giá trị điện trở cảm biến giảm kéo theo điện áp đặt giảm, báo cho ECU biết là động cơ đang nóng.

* **Cấu tạo**

Thường là trụ rỗng có ren ngoài, bên trong có gắn một điện trở dạng bán dẫn có hệ số nhiệt điện trở âm.

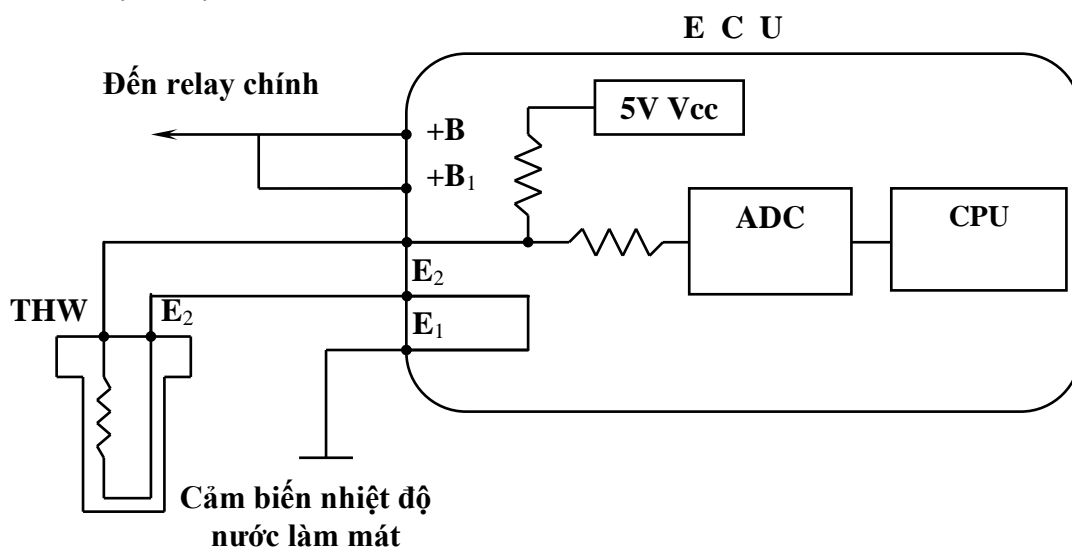


Hình 5.50: **Cảm biến nhiệt độ nước làm mát**

1. Đầu ghim; 2. Vỏ; 3. Điện trở (NTC)

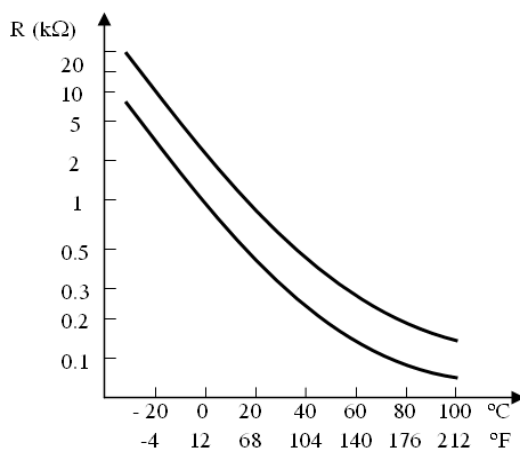
Ở động cơ làm mát bằng nước, cảm biến được gắn ở thân máy, gần bông nước làm mát. Trong một số trường hợp, cảm biến được lắp trên nắp máy.

Mạch điện



Hình 5.51: **Mạch điện cảm biến nước làm mát**

Đường đặc tuyến



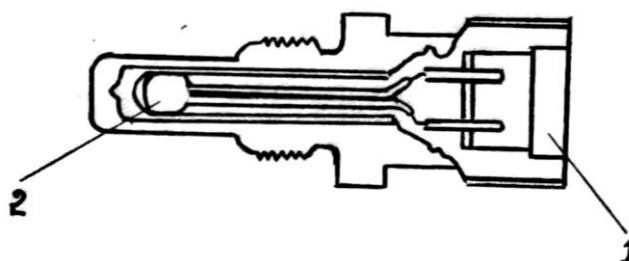
Hình 5.52: Đường đặc tuyến của cảm biến nước làm mát

B. Cảm biến nhiệt độ khí nạp (intake air temperature hay manifold air temperature sensor)

Cảm biến nhiệt độ khí nạp dùng để xác định nhiệt độ khí nạp. Cũng giống như cảm biến nhiệt độ nước, nó gồm có một điện trở được gắn trong bộ đo gió hoặc trên đường ống nạp.

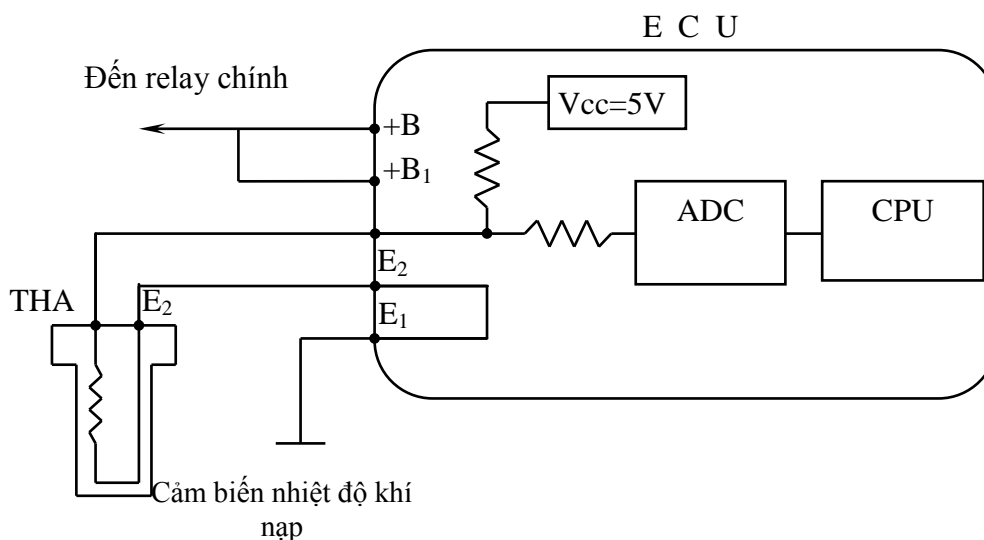
Tỉ trọng của không khí thay đổi theo nhiệt độ. Nếu nhiệt độ không khí cao, hàm lượng oxy trong không khí thấp. Khi nhiệt độ không khí thấp, hàm lượng oxy trong không khí tăng. Trong các hệ thống điều khiển phun xăng (trừ loại LH-Jetronic với cảm biến đo gió loại dây nhiệt) lưu lượng không khí được đo bởi các bộ đo gió khác nhau chủ yếu được tính bằng thể tích. Vì vậy, khối lượng không khí sẽ phụ thuộc vào nhiệt độ của khí nạp. Đối với các hệ thống phun xăng nêu trên (đo lưu lượng bằng thể tích), ECU xem nhiệt độ 20°C là mức chuẩn, nếu nhiệt độ khí nạp lớn hơn 20°C thì ECU sẽ điều khiển giảm lượng xăng phun; nếu nhiệt độ khí nạp nhỏ hơn 20°C thì ECU sẽ điều khiển tăng lượng xăng phun. Với phương pháp này, tỉ lệ hỗn hợp sẽ được đảm bảo theo nhiệt độ môi trường.

1. Đầu ghim.
2. Điện trở NTC



Hình 5.53: Cảm biến nhiệt độ khí nạp

Mạch điện



Hình 5.54: Mạch điện của cảm biến nhiệt độ khí nạp

5.3.5 Cảm biến khí thải (Exhaust gas sensor) hay cảm biến oxy (Oxygen sensor)

Để chống ô nhiễm, trên các xe được trang bị bộ hóa khử (TWC - *three way catalyst*). Bộ hóa khử sẽ hoạt động với hiệu suất cao nhất ở tỉ lệ hòa khí lý tưởng tức $\lambda = 1$.

Cảm biến oxy được dùng để xác định thành phần hòa khí tức thời của động cơ đang hoạt động. Nó phát ra một tín hiệu điện thể gửi về ECU để điều chỉnh tỉ lệ hòa khí thích hợp trong một điều kiện làm việc nhất định (chế độ điều khiển kín - *closed loop control*).

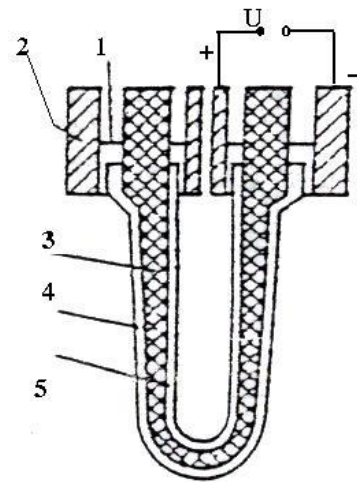
Cảm biến oxy được gắn ở đường ống thải. Có hai loại cảm biến oxy, khác nhau chủ yếu ở vật liệu chế tạo:

- Chế tạo từ dioxide zirconium (ZrO_2).
- Chế tạo từ dioxide titanium (TiO_2)

A. Cảm biến oxy với thành phần Zirconium

a. Nguyên lý hoạt động

1. Đệm dẫn điện
2. Thân
3. Chất điện phân khô
- 4,5. Điện cực ngoài và trong



Hình 5.55: **Cảm biến với thành phần zirconium**

Loại này được chế tạo chủ yếu từ chất zirconium dioxide (ZrO_2) có tính chất hấp thụ những ion oxy âm tính. Thực chất, cảm biến oxy loại này là một pin điện có sức điện động phụ thuộc vào nồng độ oxy trong khí thải với ZrO_2 là chất điện phân. Mặt trong ZrO_2 tiếp xúc với không khí, mặt ngoài tiếp xúc với oxy trong khí thải. Ở mỗi mặt của ZrO_2 được phủ một lớp điện cực bằng platin để dẫn điện. Lớp platin này rất mỏng và xốp để oxy dễ khuếch tán vào. Khi khí thải chứa lượng oxy ít do hỗn hợp giàu nhiên liệu thì số ion oxy tập trung ở điện cực tiếp xúc khí thải ít hơn số ion oxy tập trung ở điện cực tiếp xúc không khí. Sự chênh lệch số ion này sẽ tạo một tín hiệu điện áp khoảng 600-900 mV. Ngược lại, khi độ chênh lệch số ion ở hai điện cực nhỏ trong trường hợp nghèo xăng, pin oxy sẽ phát ra tín hiệu điện áp thấp khoảng 100-400 mV.

Sức điện động mà cảm biến oxy sinh ra được tính theo công thức *Nerst*:

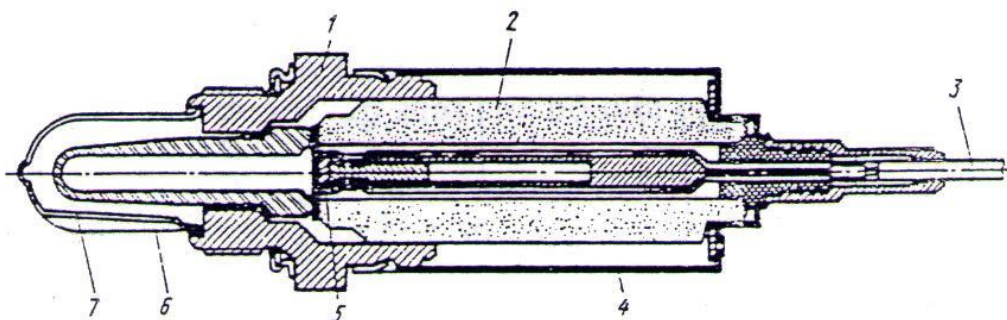
$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \left[\frac{Po_{2kt}}{Po_{2kk}} \right]$$

- Trong đó: R : hằng số
 T : nhiệt độ điện cực bằng platin
 F : hằng số Faraday
 Z : điện tích của $Zr = 4$

P_{O_2kt} : áp suất cục bộ của oxy trong khí thải.

P_{O_2kk} : áp suất cục bộ của oxy trong không khí.

b. Cấu tạo



Hình 5.56: **Cấu tạo cảm biến oxy loại Zirconium**

1. Thân ; 2. Đệm ; 3. Dây nối ; 4. Vỏ ; 5. Thanh tiếp xúc;

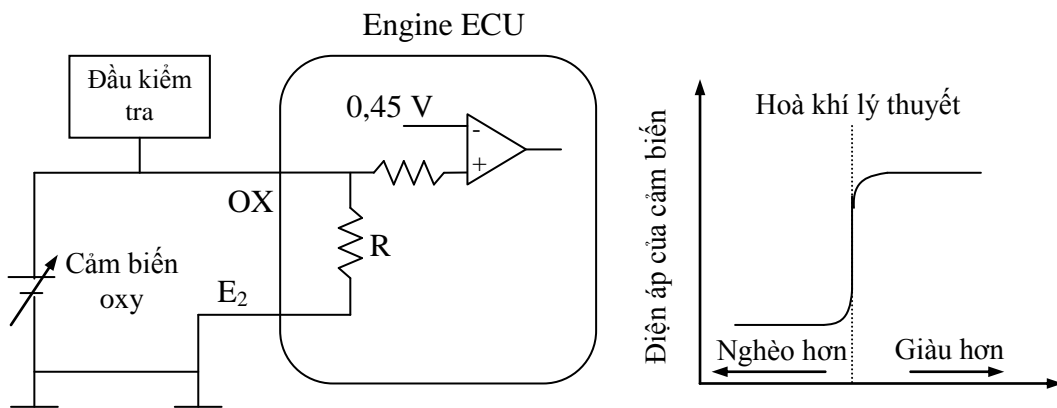
5. Gốm ZrO_2 ; 7. Màng bảo vệ

Thân cảm biến được giữ trong một chân có ren, bao ngoài một ống bảo vệ và được nối với các đầu dây điện.

Bề mặt của chất ZrO_2 được phủ một lớp platin mỏng cả mặt trong lẫn mặt ngoài. Ngoài lớp platin là một lớp gốm ZrO_2 rất xốp và kết dính, có nhiệm vụ bảo vệ lớp platin không bị hỏng do va chạm các phân tử rắn có trong khí thải. Một ống kim loại bảo vệ bao ngoài cảm biến tại đầu mỗi điện uốn kép giữ liền với vỏ ống này có một lỗ để bù trừ áp suất trong cảm biến và để đỡ lò xo đĩa. Để giữ cho muội than không đóng vào lớp gốm ZrO_2 , đầu tiếp xúc khí thải của cảm biến có một ống đặc biệt có cấu tạo dạng rãnh để khí thải và phân tử khí cháy đi vào sẽ bị giữ và không tiếp xúc trực tiếp với thân gốm ZrO_2 .

Đặc điểm của pin oxy với ZrO_2 là nhiệt độ làm việc phải trên $300^\circ C$. Do đó, để giảm thời gian chờ, người ta dùng loại cảm biến có điện trở tự nung bên trong. Điện trở dây nung được lắp trong cảm biến và được cung cấp điện từ accu.

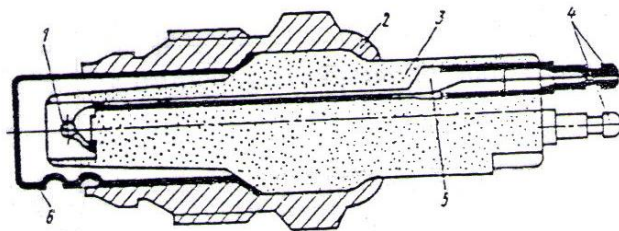
c. Mạch điện



Hình 5.57: *Mạch điện của cảm biến oxy loại zirconium*

B. Cảm biến oxy với thành phần titanium

a. Cấu tạo



Hình 5.58: *Cảm biến oxy loại titanium*

Cảm biến này có cấu tạo tương tự như loại zirconium nhưng thành phần nhận biết oxy trong khí thải được làm từ titanium dioxide (TiO_2). Đặc tính của chất này là sự thay đổi điện trở theo nồng độ oxy còn trong khí thải.

Khi khí thải chứa lượng oxy ít do hỗn hợp giàu nhiên liệu, phản ứng tách oxy khỏi TiO_2 dễ xảy ra. Do đó điện trở của TiO_2 có giá trị thấp làm dòng qua điện trở tăng lên. Nhờ vậy điện áp đặt vào cổng so của OP AMP qua cầu phân áp đạt giá trị $600-900\text{ mV}$. Khi khí thải chứa lượng oxy nhiều do hỗn hợp nghèo, phản ứng tách oxy ra khỏi TiO_2 khó xảy ra, do đó điện trở của TiO_2 có giá trị cao làm dòng qua điện trở giảm, điện thế ở cổng sẽ giảm xuống khoảng $100-400\text{ mV}$.

Điện trở suất của chất TiO_2 :

$$\rho = A \cdot P_{\text{o}_2}^n \cdot e^{\frac{E_0}{K \cdot T}}$$

Trong đó: A: hằng số

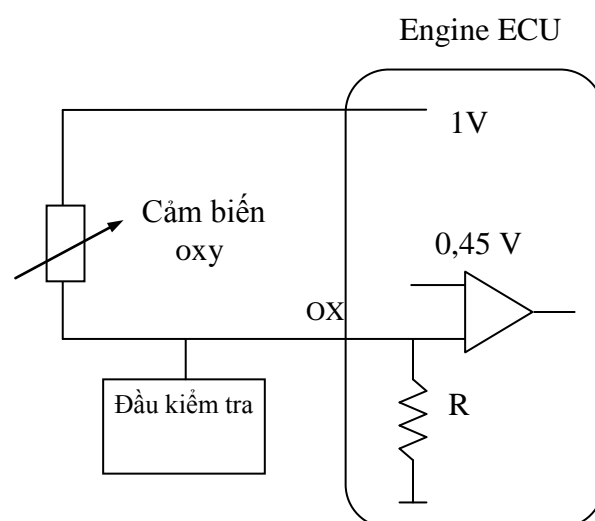
P: áp suất cục bộ của oxy trong khí thải $n = 4$

E_0 : năng lượng kích thích

K: hằng số

T: nhiệt độ của chất TiO_2

b. Mạch điện



Hình 5.59: *Mạch điện của cảm biến oxy loại titania*

5.3.6 Cảm biến tốc độ xe (vehicle speed sensor)

Cảm biến này nhận biết tốc độ xe đang chạy sau đó gửi tín hiệu về ECU để điều khiển tốc độ cảm chừng và tỉ lệ hòa khí phù hợp khi tăng tốc hoặc khi giảm tốc.

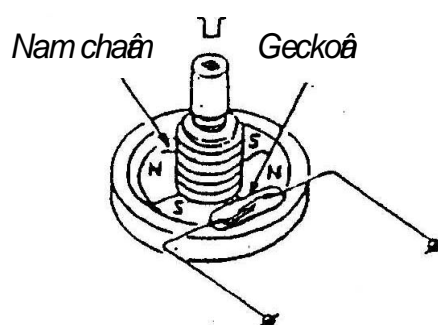
Có bốn loại cảm biến tốc độ:

- Loại công tắc từ
- Loại cảm biến Hall
- Loại cảm biến từ trở
- Loại cảm biến quang

Trong quyển sách này chỉ trình bày loại cảm biến công tắc từ vì các loại khác tương tự như các cảm biến đánh lửa.

• Cảm biến tốc độ xe loại công tắc từ

* Cấu tạo



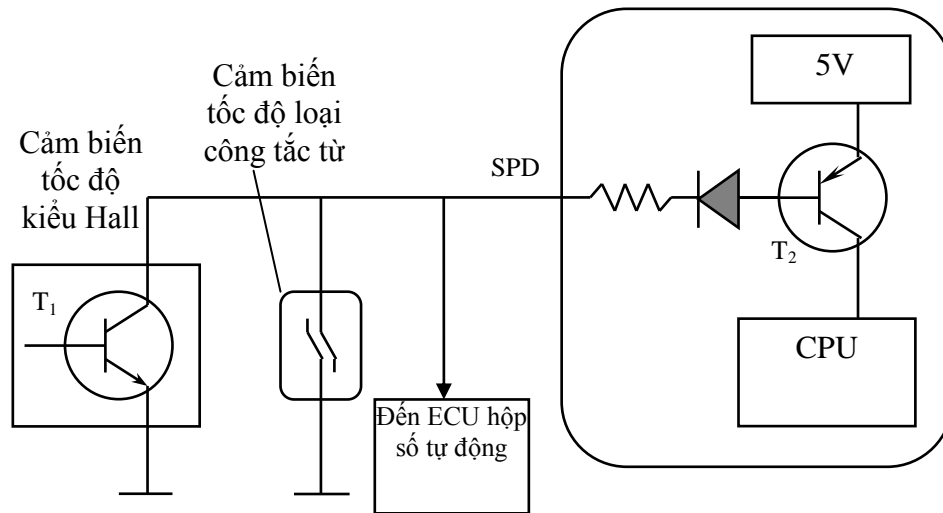
Hình 5. 60: *Cảm biến tốc độ xe*

Cảm biến bao gồm một nam châm được gắn với dây nối với đồng hồ tốc độ xe và quay theo dây. Một công tắc được đặt đối diện với nam châm. Khi nam châm quay theo dây đồng hồ tốc độ, công tắc sẽ đóng mở theo chiều của lực từ.

Khi nam châm quay ở vị trí song song với công tắc, chiều của lực từ sẽ cảm ứng trên công tắc thành hai nam châm cùng cực làm chúng đẩy nhau, công tắc ở vị trí mở.

Các tín hiệu từ vị trí đóng mở của công tắc sẽ được đưa trực tiếp tới ECU mà không qua bộ chuyển đổi xung nhờ tín hiệu sóng vuông. Tại đây ECU sẽ điều khiển tỉ lệ hòa khí phù hợp khi tăng tốc hoặc giảm tốc.

* **Mạch điện**

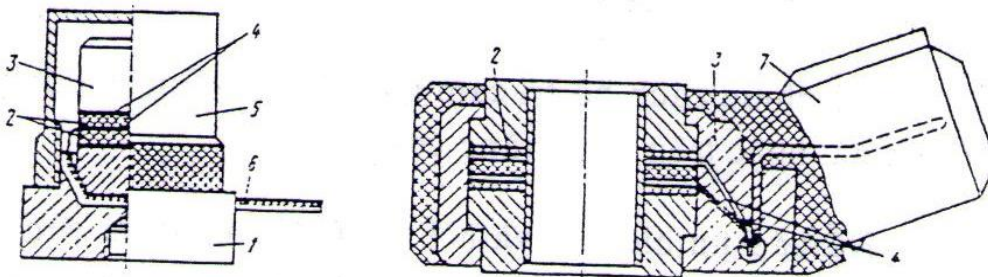


Hình 5.61: Sơ đồ mạch cảm biến tốc độ xe

5.3.7 Cảm biến kích nổ (knock or detonation sensor)

Cảm biến kích nổ thường được chế tạo bằng vật liệu áp điện. Nó được gắn trên thân xy lanh hoặc nắp máy để cảm nhận xung kích nổ phát sinh trong động cơ và gửi tín hiệu này tới ECU làm trễ thời điểm đánh lửa nhằm ngăn chặn hiện tượng kích nổ.

a. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động

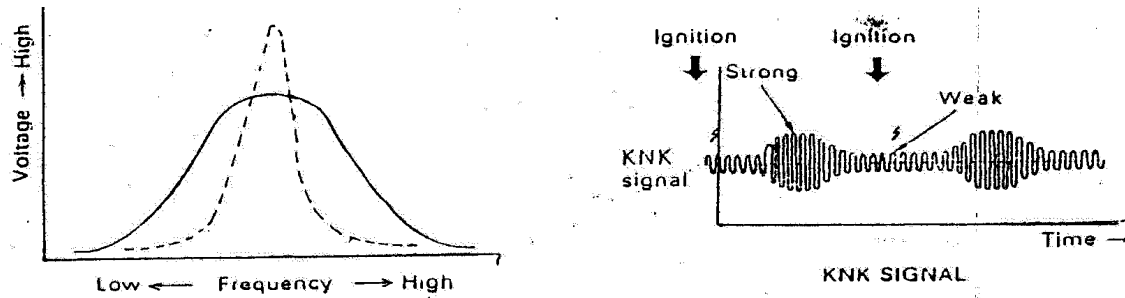


Hình 5.62: Cấu tạo cảm biến kích nổ

1. Đầu cảm biến; 2. Tinh thể thạch anh;

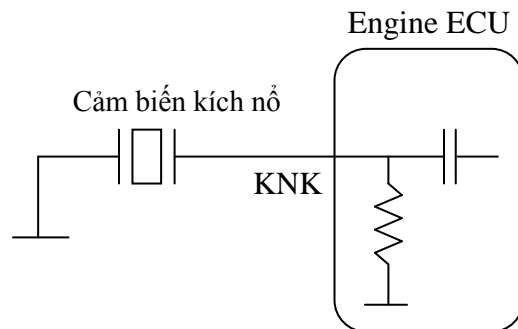
3. Khối lượng quán tính; 5. Nắp; 5. Dây dẫn; 7. Đầu cảm biến

Thành phần áp điện trong cảm biến kích nổ được chế tạo bằng tinh thể thạch anh là những vật liệu khi có áp lực sẽ sinh ra điện áp (piezoelement). Phần tử áp điện được thiết kế có kích thước với tần số riêng trùng với tần số rung của động cơ khi có hiện tượng kích nổ để xảy ra hiệu ứng cộng hưởng ($f = 7kHz$). Như vậy, khi có kích nổ, tinh thể thạch anh sẽ chịu áp lực lớn nhất và sinh ra một điện áp. Tín hiệu điện áp này có giá trị nhỏ hơn 2,4 V. Nhờ tín hiệu này, ECU nhận biết hiện tượng kích nổ và điều chỉnh giảm góc đánh lửa cho đến khi không còn kích nổ. ECU sau đó có thể chỉnh thời điểm đánh lửa sớm trở lại.



Hình 5.63: Đồ thị biểu diễn tần số kích nổ

b. Mạch điện



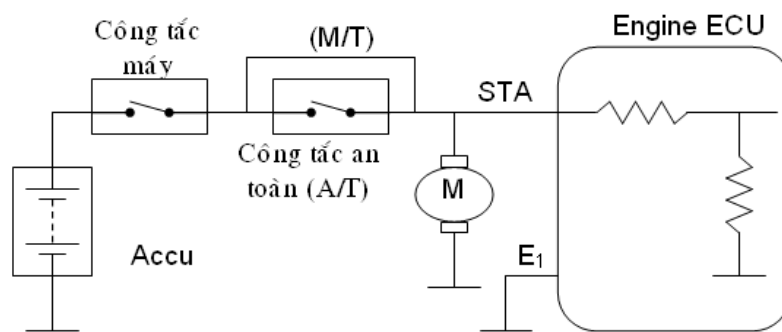
Hình 5.64: Mạch điện cảm biến kích nổ

5.3.8 Một số tín hiệu khác

• Tín hiệu khởi động

Khi khởi động động cơ, một tín hiệu từ máy khởi động được gửi về ECU để tăng thêm lượng xăng phun trong suốt quá trình khởi động.

Mạch điện

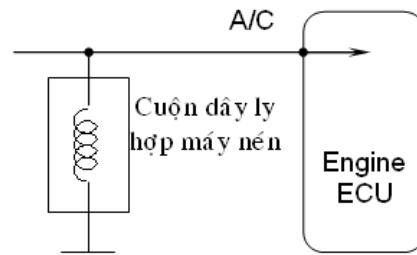


Hình 6.65: Mạch điện khởi động

• Tín hiệu công tắc máy lạnh

Khi bật công tắc máy lạnh, để tốc độ cảm chùng ổn định phải gửi tín hiệu báo về ECU nhằm điều khiển thời điểm đánh lửa và tốc độ cảm chùng (Van ISCV):

Mạch điện



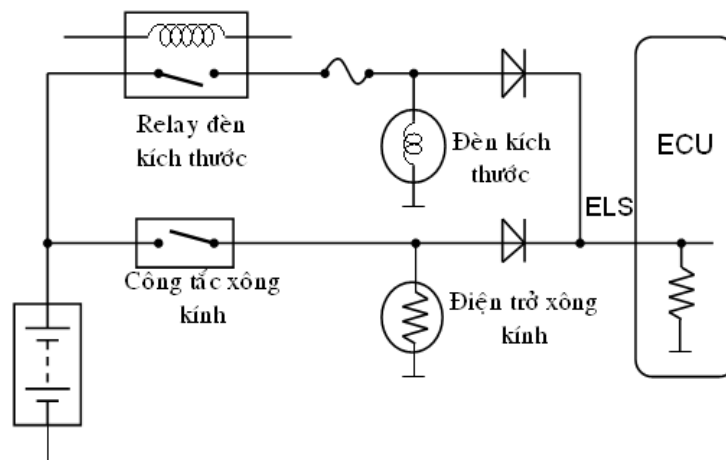
Hình 6.66: Mạch điện công tắc máy lạnh

Hình 5.66: Mạch điện công tắc máy lạnh

- **Tín hiệu phụ tải điện**

Khi bật các hệ thống điện công suất lớn trên xe, máy phát sẽ phát công suất lớn hơn và tốc độ cảm chùng giảm do tăng tải trên máy phát. Hậu quả là tốc độ cảm chùng giảm làm động cơ rung hoặc hoạt động không ổn định. Vì vậy, cần phải báo cho ECU biết tín hiệu tải điện để điều khiển tốc độ cảm chùng. Có nhiều cách để báo cho ECU biết tín hiệu này. Trên xe Toyota đầu các phụ tải điện có công suất lớn được đưa đến ECU qua đường ELS (Electrical Load Signal). Trên Honda, tín hiệu này được lấy từ transistor công suất của tiết chế vi mạch.

Mạch điện

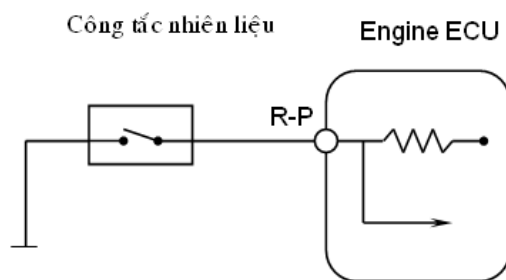


Hình 5.67: Mạch điện tín hiệu các phụ tải điện trên Toyota

- **Tín hiệu từ công tắc nhiên liệu (fuel control switch)**

Trên một số hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình, người ta thiết kế để xe có thể hoạt động với các loại xăng có chỉ số octane khác nhau. Trong trường hợp này phải báo cho ECU biết loại nhiên liệu đang sử dụng qua công tắc nhiên liệu.

Mạch điện



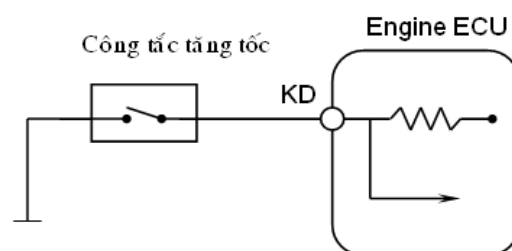
Hình 6.68: Mạch tín hiệu nhiên liệu

Hình 5.68: Mạch tín hiệu nhiên liệu

- **Công tắc tăng tốc (kick – down switch)**

Công tắc tăng tốc được gắn trên sàn xe ngay dưới bàn đạp ga. Trước khi cánh bướm ga mở hoàn toàn, công tắc tăng tốc được tiếp xúc với bàn đạp và chuyển sang vị trí đóng, đồng thời gọi tín hiệu về ECU điều khiển phun thêm xăng.

Mạch điện

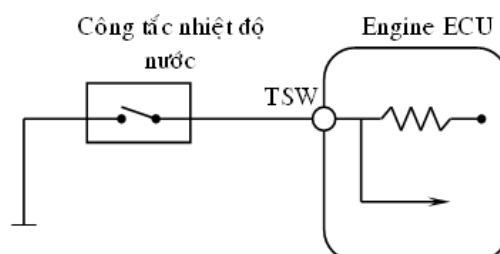


Hình 5.69: Mạch điều khiển tăng tốc

- **Công tắc nhiệt độ nước (water temperature switch)**

Khi động cơ quá nóng ($>110^{\circ}\text{C}$), công tắc này sẽ chuyển từ trạng thái mở sang trạng thái đóng và gọi tín hiệu về ECU điều khiển giảm lượng xăng phun, giảm góc đánh lửa sớm đồng thời điều khiển tắt máy lạnh để giảm nhiệt độ động cơ.

Mạch điện

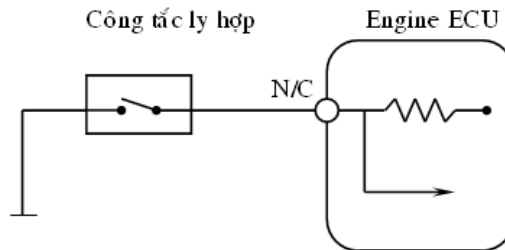


Hình 5.70: Mạch điện công tắc nhiệt độ nước

- **Công tắc ly hợp (clutch switch)**

Công tắc ly hợp được đặt dưới bàn đạp ly hợp. Khi gài số nhấn bàn đạp ly hợp, lúc này công tắc ly hợp được tiếp xúc với bàn đạp ly hợp và chuyển sang vị trí đóng đồng thời gửi tín hiệu về ECU điều khiển cắt nhiên liệu và giảm tốc độ động cơ để ly hợp được đóng mở dễ dàng.

Mạch điện

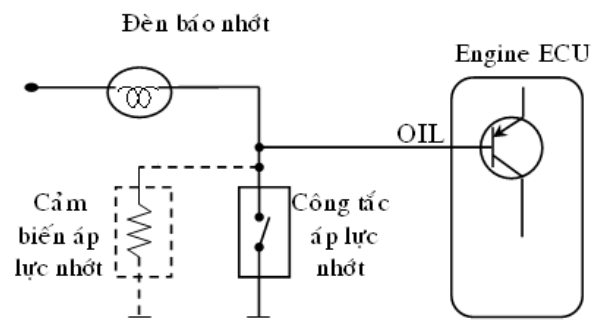


Hình 5.71: **Mạch điện công tắc ly hợp**

- **Công tắc áp suất dầu (oil pressure switch)**

Khi áp suất dầu bôi trơn quá thấp, công tắc ở vị trí đóng đồng thời gửi tín hiệu về ECU để điều khiển ngưng hoạt động của động cơ.

Mạch điện

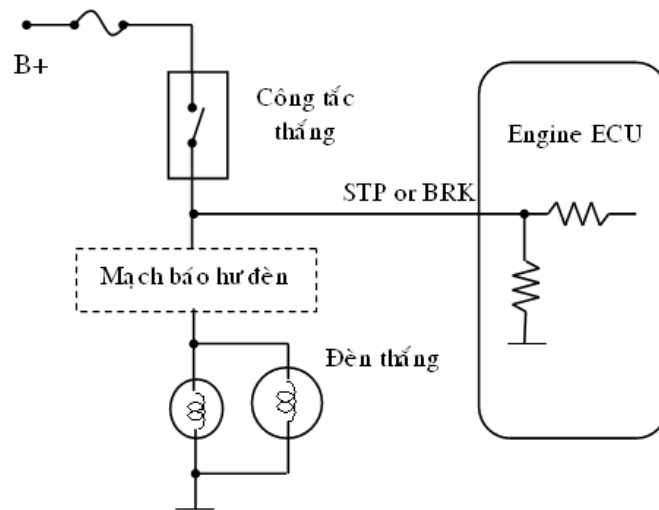


Hình 5.72: Mạch điện công tắc áp suất dầu

- **Công tắc đèn thắng (stop lamp switch)**

Khi đạp thắng, công tắc đèn thắng ở vị trí ON đồng thời gửi tín hiệu điện về ECU để điều khiển ngừng phun nhiên liệu, giảm tốc độ động cơ khi xe đang phanh.

Mạch điện



Hình 5.73: Mạch điện công tắc đèn thắng

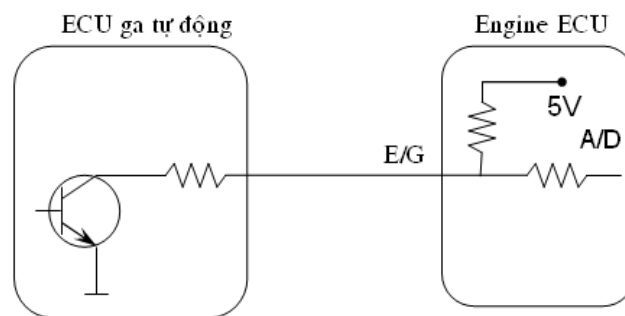
TÍN HIỆU THÔNG TIN GIỮA CÁC ECU TRÊN XE

Giữa các ECU của các hệ thống trên xe thường có sự giao tiếp để phối hợp điều khiển hoạt động.

- **Tín hiệu ECU hệ thống điều khiển ga tự động (cruise control)**

Khi nhấn công tắc bật chế độ điều khiển chạy ga tự động, ECU điều khiển ga tự động sẽ nhận được tín hiệu này, sau đó gọi về ECU động cơ để điều khiển thời điểm đánh lửa và giữ cho tốc độ xe không đổi.

Mạch điện

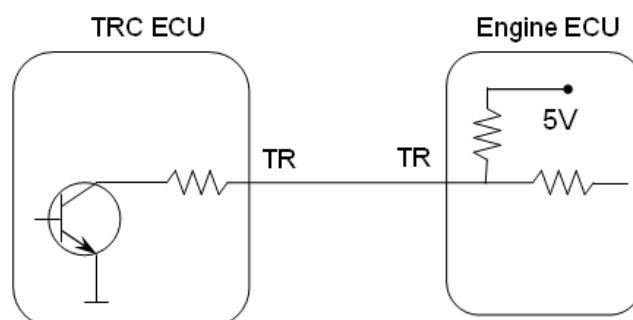


Hình 5.74: Mạch điện điều khiển ga tự động

- **Tín hiệu từ ECU hệ thống kiểm soát lực kéo (TRC- traction control)**

Khi hệ thống kiểm soát lực kéo của xe đang hoạt động, ECU TRC gửi tín hiệu về ECU động cơ để thực hiện một số hiệu chỉnh như giảm góc đánh lửa sớm nhằm giảm lực kéo.

Mạch điện

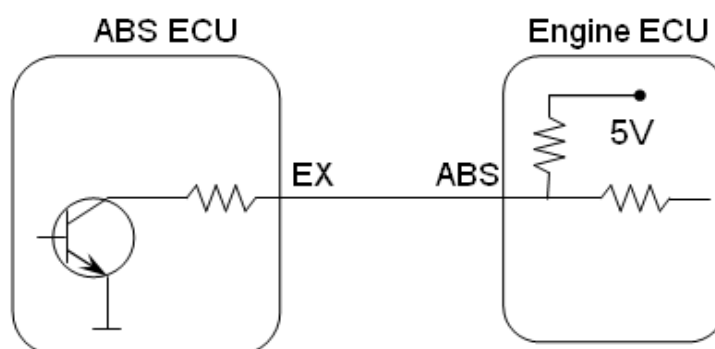


Hình 5.75: *Mạch điện kiểm soát lực kéo*

- **Tín hiệu từ ECU hệ thống phanh chống hãm cứng (ABS - antilock brake system)**

Hệ thống chống hãm cứng của xe đang hoạt động, ECU ABS gửi tín hiệu về ECU động cơ điều khiển ngừng phun nhiên liệu để giảm tốc độ động cơ.

Mạch điện

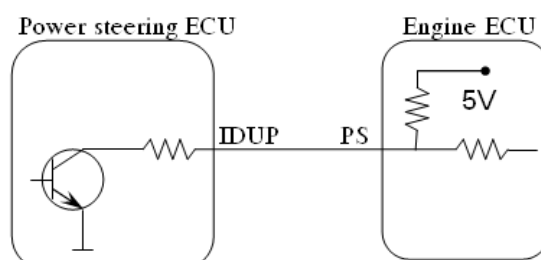


Hình 5.76: *Mạch điện điều khiển hệ thống phanh ABS*

- **Tín hiệu từ ECU điều khiển hệ thống trợ lực lái (power steering)**

Khi quay tay lái, tải trên bơm trợ lực lái sẽ tăng làm giảm tốc độ cảm chùng của động cơ. ECU trợ lực lái sẽ gửi tín hiệu về ECU động cơ để điều khiển van ISCV tăng tốc độ cảm chùng.

Mạch điện

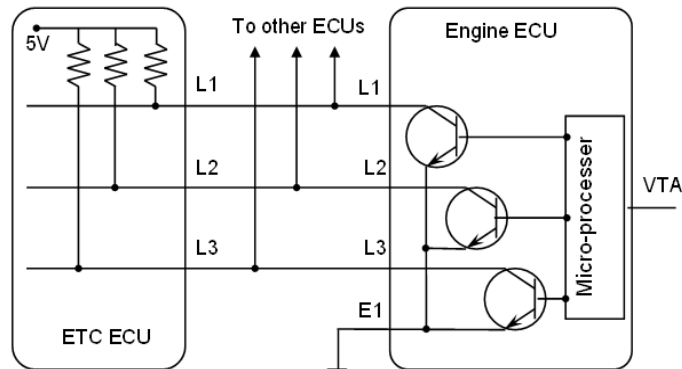


Hình 5.77: *Mạch điện hệ thống trợ lực lái*

- **Tín hiệu từ ECU điều khiển hộp số tự động (ETC- electronically transmission control)**

Trên xe có trang bị hộp số tự động điều khiển bằng điện, khi sang số, sẽ xuất hiện tín hiệu điều khiển ở đầu *L1*, *L2* hay *L3* trong ECU điều khiển hộp số tự động. Tín hiệu góc này được trao đổi với ECU động cơ để điều khiển lượng xăng phun phù hợp.

Mạch điện



Hình 5.78: **Mạch điện điều khiển hộp số tự động**

5.4 Bộ điều khiển điện tử (ECU – electronic control unit)

5.4.1 Tổng quan

Hệ thống điều khiển động cơ theo chương trình bao gồm các cảm biến kiểm soát liên tục tình trạng hoạt động của động cơ, một bộ ECU tiếp nhận tín hiệu từ cảm biến, xử lý tín hiệu và đưa ra tín hiệu điều khiển đến cơ cấu chấp hành. Cơ cấu chấp hành luôn bảo đảm thừa lệnh ECU và đáp ứng các tín hiệu phản hồi từ các cảm biến. Hoạt động của hệ thống điều khiển động cơ đem lại sự chính xác và thích ứng cần thiết để giảm tối đa chất độc hại trong khí thải cũng như lượng tiêu hao nhiên liệu. ECU cũng đảm bảo công suất tối đa ở các chế độ hoạt động của động cơ và giúp chẩn đoán động cơ khi có sự cố xảy ra.

Điều khiển động cơ bao gồm hệ thống điều khiển xăng, lửa, tốc độ cảm chùng, quạt làm mát, góc phối cam, ga tự động (cruise control). Ngoài ra, trên các động cơ diesel ngày nay thường sử dụng hệ thống nhiên liệu bằng điện tử (*EDC – electronic diesel control hoặc CRI – common rail injection*).

Bộ điều khiển, máy tính, ECU hay hộp đen là những tên gọi khác nhau của mạch điều khiển điện tử. Nhìn chung, đó là bộ tổ hợp vi mạch và bộ phận phụ dùng để

nhận biết tín hiệu, trữ thông tin, tính toán, quyết định chức năng hoạt động và gửi đi các tín hiệu điều khiển thích hợp.

ECU được đặt trong một vỏ kim loại để giải nhiệt tốt và được bố trí ở nơi ít bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và độ ẩm.

Các linh kiện điện tử của ECU được sắp xếp trong một mạch in. Các linh kiện công suất của tầng cuối – nơi điều khiển các cơ cấu chấp hành - được gắn với khung kim loại của ECU với mục đích giải nhiệt. Sự tổ hợp các chức năng trong IC (bộ tạo xung, bộ chia xung, bộ dao động đa hài điều khiển việc chia tần số) giúp ECU đạt độ tin cậy cao.

Một đầu ghim đa chấu dùng nối ECU với hệ thống điện trên xe, với các cơ cấu chấp hành và các cảm biến.

5.4.2 Cấu tạo

a. Bộ nhớ: Bộ nhớ trong ECU chia ra làm 4 loại:

- **ROM (read only memory)**

Dùng trữ thông tin thường trực. Bộ nhớ này chỉ đọc thông tin từ đó ra chứ không thể ghi vào được. Thông tin của nó đã được giải đặt sẵn. ROM cung cấp thông tin cho bộ vi xử lý và được lắp cố định trên mạch in.

- **RAM (random access memory)**

Bộ nhớ truy xuất ngẫu nhiên dùng để lưu trữ thông tin mới được ghi trong bộ nhớ và xác định bởi vi xử lý. RAM có thể đọc và ghi các số liệu theo địa chỉ bất kỳ. Ram có hai loại:

- Loại RAM xóa được: bộ nhớ sẽ mất khi mất dòng điện cung cấp.
- Loại RAM không xóa được: vẫn duy trì bộ nhớ cho dù khi tháo nguồn cung cấp ô tô. RAM lưu trữ những thông tin về hoạt động của các cảm biến dùng cho hệ thống tự chuẩn đoán.

- **PROM (programmable read only memory)**

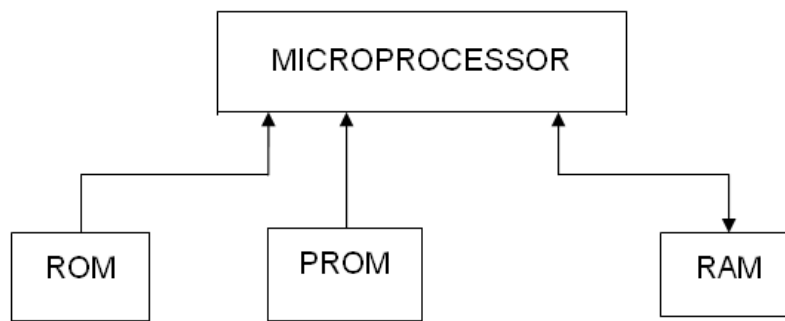
Cấu trúc cơ bản giống như ROM nhưng cho phép lập trình (nạp dữ liệu) ở nơi sử dụng chứ không phải nơi sản xuất như ROM. PROM cho phép sửa đổi chương trình điều khiển theo những đòi hỏi khác nhau.

- **KAM (keep alive memory)**

KAM dùng để lưu trữ những thông tin mới (những thông tin tạm thời) cung cấp đến bộ vi xử lý. KAM vẫn duy trì bộ nhớ cho dù động cơ ngưng hoạt động hoặc tắt công tắc máy. Tuy nhiên, nếu tháo nguồn cung cấp từ accu đến máy tính thì bộ nhớ KAM sẽ bị mất.

b. Bộ vi xử lý (microprocessor)

Bộ vi xử lý có chức năng tính toán và ra quyết định. Nó là “bộ não” của ECU.



Hình 5.79: *Sơ đồ khối của các hệ thống trong máy tính với microprocessor*

c. Đường truyền - BUS

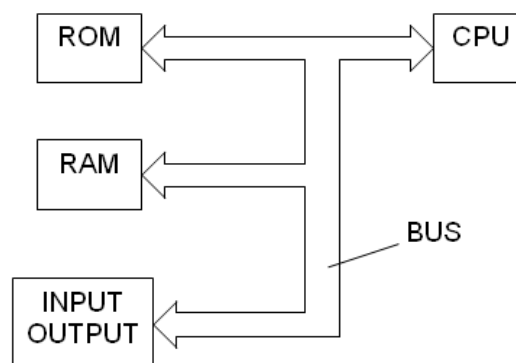
Chuyển các lệnh và số liệu trong máy tính theo 2 chiều.

ECU với những thành phần nêu trên có thể tồn tại dưới dạng một IC hoặc trên nhiều IC. Ngoài ra người ta thường phân loại máy tính theo độ dài từ các RAM (tính theo bit).

Ở những thế hệ đầu tiên, máy tính điều khiển động cơ dùng loại 4, 8 hoặc 16 bit phổ biến nhất là loại 4 và 8 bit. Máy tính 4 bit chứa rất nhiều lệnh vì nó thực hiện các lệnh logic tốt hơn. Tuy nhiên, máy tính 8 bit làm việc tốt hơn với các phép đại số và chính xác hơn 16 lần so với loại 4 bit. Vì vậy, hiện nay để điều khiển các hệ thống khác nhau trên ô tô với tốc độ thực hiện nhanh và chính xác cao, người ta sử dụng máy 8 bit, 16 bit hoặc 32 bit.

5.4.3 Cấu trúc ECU

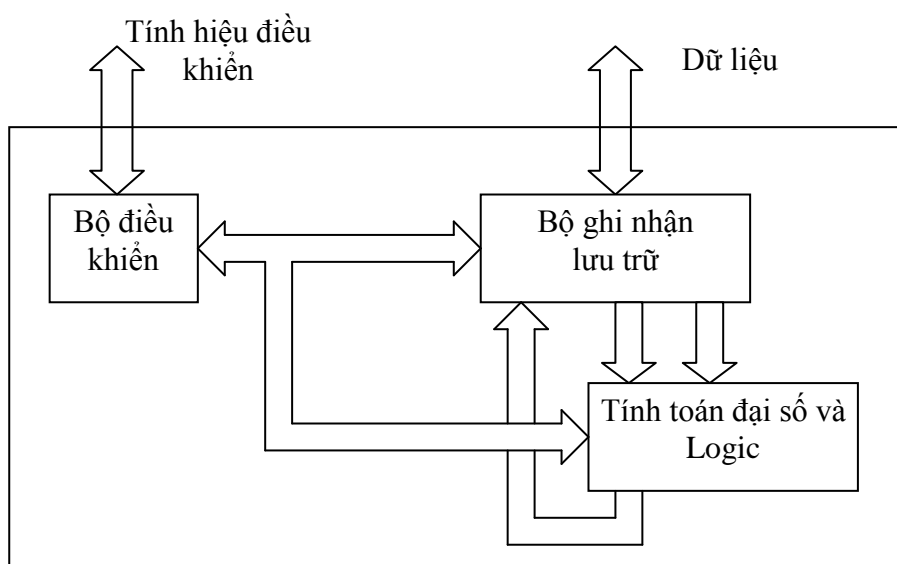
Ngày nay trên ô tô hiện đại có thể trang bị nhiều ECU điều khiển các hệ thống khác nhau. Cấu trúc của ECU được trình bày trên hình 5.80



Hình 5.80: *Cấu trúc máy tính*

Bộ phận chủ yếu của nó là bộ vi xử lý (microprocessor) hay còn gọi là CPU (control processing unit), CPU lựa chọn các lệnh và xử lý số liệu từ bộ nhớ ROM và RAM chứa các chương trình và dữ liệu và ngõ vào ra (I/O) điều khiển nhanh số liệu từ các cảm biến và chuyển dữ liệu đã xử lý đến các cơ cấu thực hiện.

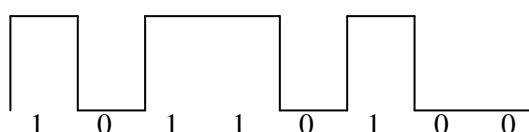
Sơ đồ cấu trúc của CPU trên hình 5.81. Nó bao gồm cơ cấu đại số logic để tính toán dữ liệu, các bộ ghi nhận lưu trữ tạm thời dữ liệu và bộ điều khiển các chức năng khác nhau. Ở các CPU thế hệ mới, người ta thường chế tạo CPU, ROM, RAM trong một IC.



Hình 5.81: *Cấu trúc CPU*

Bộ điều khiển ECU hoạt động trên cơ sở tín hiệu số nhị phân với điện áp cao biểu hiện cho số 1, điện áp thấp biểu hiện cho số 0.

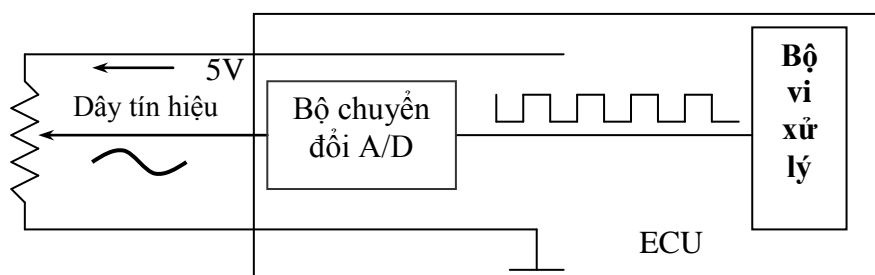
Mỗi một số hạng 0 hoặc 1 gọi là bit. Mỗi dãy 8 bit sẽ tương đương 1 byte hoặc 1 từ (word). Byte này được dùng để biểu hiện cho một lệnh hoặc 1 mẫu thông tin.



5.4.4 Mạch giao tiếp ngõ vào

a. Bộ chuyển đổi A/D (analog to digital converter)

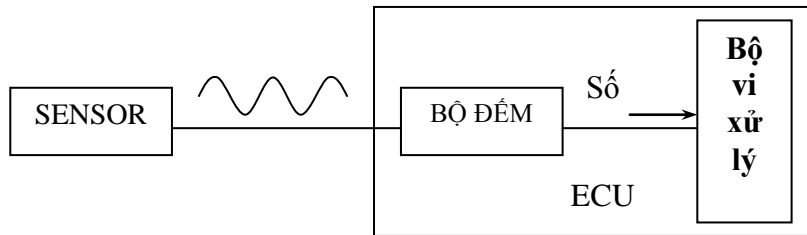
Dùng để chuyển các tín hiệu tương tự từ đầu vào với sự thay đổi điện áp trên các cảm biến nhiệt độ, bộ đo gió, cảm biến bướm ga... thành các tín hiệu số để bộ vi xử lý hiểu được.



Hình 5.82: *Bộ chuyển đổi A/D*

b. Bộ đếm (counter)

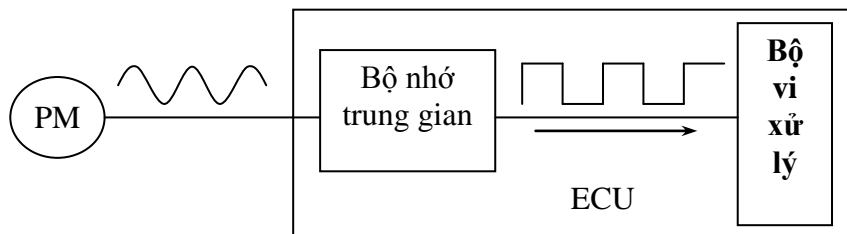
Dùng để đếm xung, ví dụ như từ cảm biến vị trí piston rồi gửi lượng đếm về bộ vi xử lý.



Hình 5.83: Bộ đếm

c. Bộ nhớ trung gian (buffer)

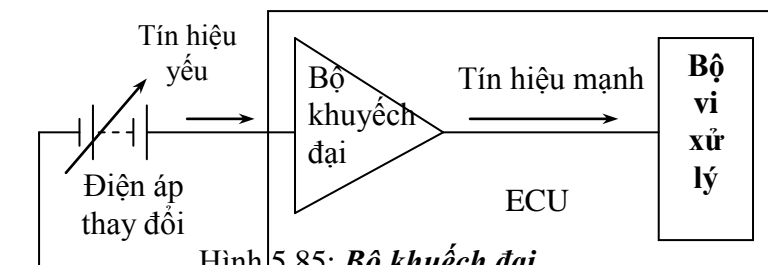
Dùng để chuyển tín hiệu xoay chiều thành tín hiệu sóng vuông dạng số, nó không giữ lượng đếm như trong bộ đếm. Bộ phận chính là một transistor sẽ đóng mở theo cực tính của tín hiệu xoay chiều.



Hình 5.84: Bộ nhớ trung gian

d. Bộ khuếch đại (amplifier)

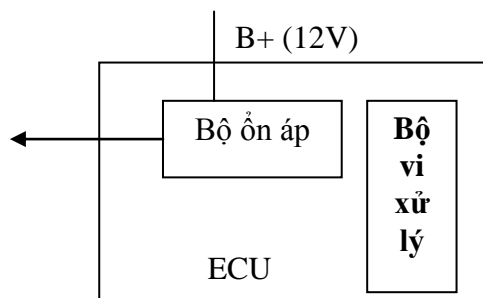
Một số cảm biến có tín hiệu rất nhỏ nên trong ECU thường có các bộ khuếch đại.



Hình 5.85: Bộ khuếch đại

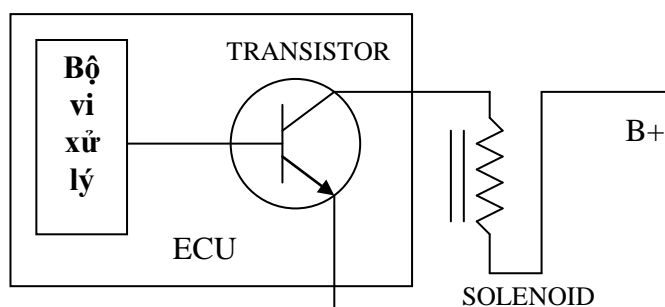
e. Bộ ổn áp (voltage regulator)

Thông thường trong ECU có 2 bộ ổn áp: 12 V và 5V.



f. Giao tiếp ngõ ra

Tín hiệu điều khiển từ bộ vi xử lý sẽ đưa đến các transistor công suất điều khiển relay, solenoid, motor... Các transistor này có thể được bố trí bên trong hoặc bên ngoài ECU.



Hình 5.87: *Giao tiếp ngõ ra*

5.5 Điều khiển đánh lửa

5.5.1 Cơ bản về đánh lửa theo chương trình

Trên các ô tô hiện đại, kỹ thuật số đã được áp dụng vào trong hệ thống đánh lửa từ nhiều năm nay. Việc điều khiển góc đánh lửa sớm và góc ngậm điện (dwell angle) sẽ được máy tính đảm nhận. Các thông số như tốc độ động cơ, tải, nhiệt độ được các cảm biến mã hóa tín hiệu đưa vào ECU (electronic control unit) xử lý và tính toán để đưa ra góc đánh lửa sớm tối ưu theo từng chế độ hoạt động của động cơ. Các bộ phận như bộ đánh lửa sớm kiểu cơ khí (áp thấp, ly tâm) đã được loại bỏ hoàn toàn. Hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử (*ESA-electronic spark advance*) được chia làm 2 loại sau :

- Hệ thống đánh lửa sử dụng bộ vi xử lý (microprocessor ignition system).
- Hệ thống đánh lửa sử dụng bộ vi xử lý kết hợp với hệ thống phun xăng (motronic).

Nếu phân loại theo cấu tạo ta có:

- Hệ thống đánh lửa theo chương trình có delco
- Hệ thống đánh lửa theo chương trình không có delco (đánh lửa trực tiếp).

So với các hệ thống đánh lửa trước đó, hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có những ưu điểm sau:

- Góc đánh lửa sớm được điều chỉnh tối ưu cho từng chế độ hoạt động của động cơ.
- Góc ngậm điện luôn luôn được điều chỉnh theo tốc độ động cơ và theo hiệu điện thế accu, bảo đảm điện áp thứ cấp có giá trị cao ở mọi thời điểm.
- Động cơ khởi động dễ dàng, cảm chùng êm dịu, tiết kiệm nhiên liệu và giảm độc hại của khí thải.
- Công suất và đặc tính động học của động cơ được cải thiện rõ rệt.
- Có khả năng điều khiển chống kích nổ cho động cơ.
- Ít bị hư hỏng, có tuổi thọ cao và không cần bảo dưỡng.

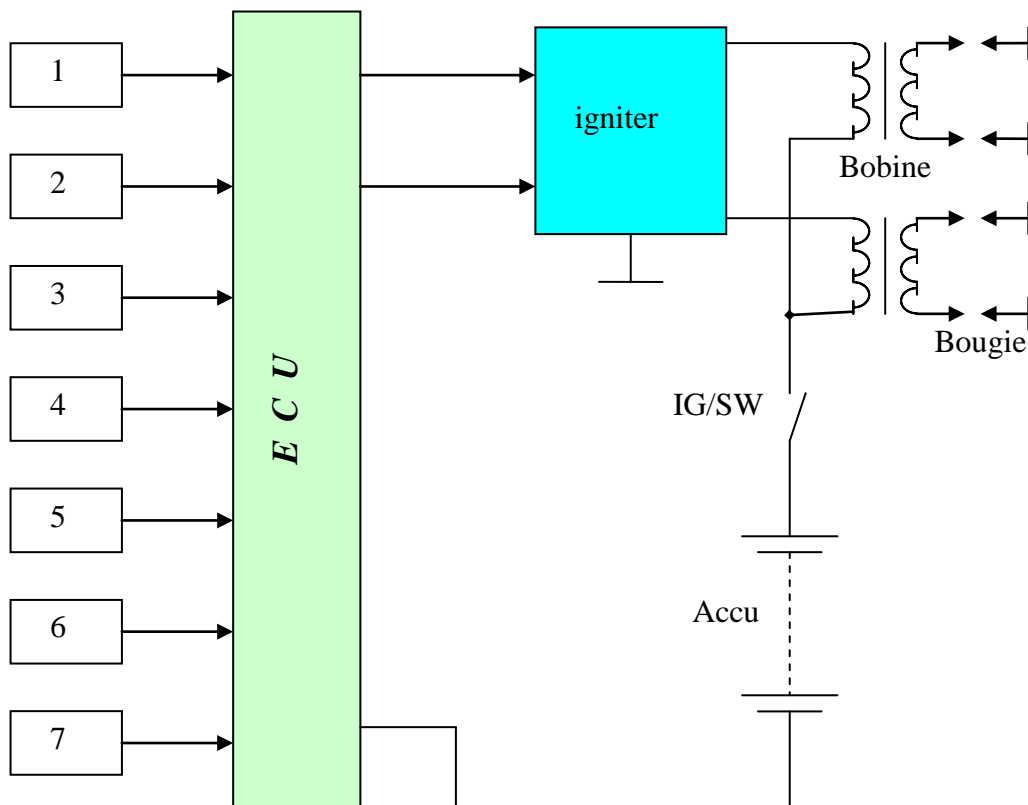
Với những ưu điểm nổi bật như vậy, ngày nay hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử kết hợp với hệ thống phun xăng đã thay thế hoàn toàn hệ thống đánh lửa bán dẫn thông thường, giải quyết các yêu cầu ngày càng cao về độ độc hại của khí thải.

Để có thể xác định chính xác thời điểm đánh lửa cho từng :
 thứ tự thì nổ, ECU cần phải nhận được các tín hiệu cần thiết
 trí cốt máy (vị trí piston), lượng gió nạp, nhiệt độ động cơ... Số tín hiệu vào càng

Hình 5.86: *Bộ ổn áp*

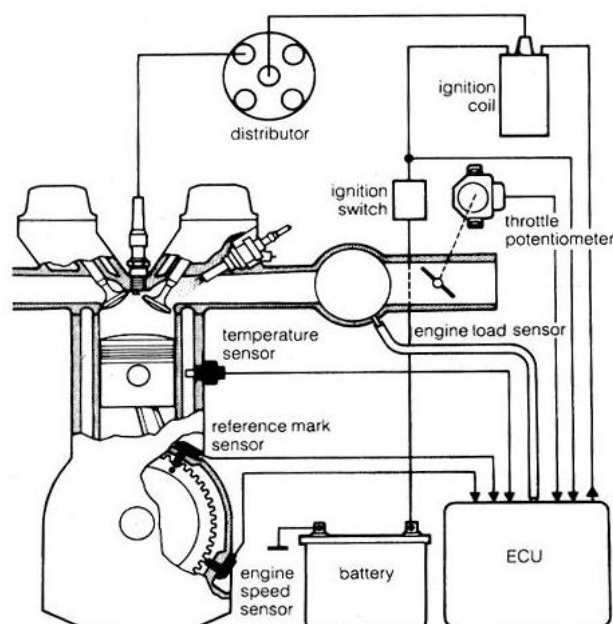
nhiều thì việc xác định góc đánh lửa sớm tối ưu càng chính xác. Sơ đồ hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có thể chia thành ba phần: tín hiệu vào (input signals), ECU và tín hiệu từ ECU ra điều khiển igniter (output signals).

1. Tín hiệu tốc độ động cơ (NE).
2. Tín hiệu vị trí cốt máy (G).
3. Tín hiệu tải.
4. Tín hiệu từ cảm biến vị trí cánh bướm ga.
5. Tín hiệu nhiệt độ nước làm mát.
6. Tín hiệu điện áp accu.
7. Tín hiệu kích nổ.



Hình 5.88: *Sơ đồ khối hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử*

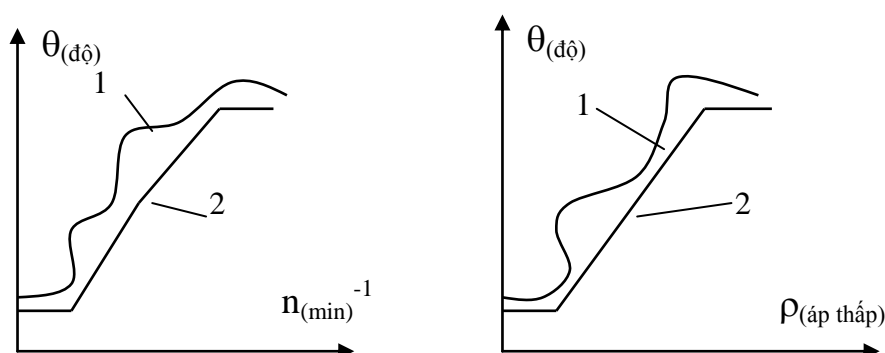
Ngoài ra còn có thể có các tín hiệu vào từ cảm biến nhiệt độ khí nạp, cảm biến tốc độ xe, cảm biến oxy. Sau khi nhận tín hiệu từ các cảm biến ECU sẽ xử lý và đưa ra xung đến igniter để điều khiển đánh lửa. Hình 5.89 mô tả vị trí của các cảm biến trên động cơ.



Hình 5.89: Cấu tạo của hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử

Trong các loại tín hiệu ngõ vào, tín hiệu tốc độ động cơ, vị trí piston (cốt máy) và tín hiệu tải là các tín hiệu quan trọng nhất. Để xác định tốc độ động cơ, người ta có thể đặt cảm biến trên một vành răng ở đầu cốt máy, bánh đà, đầu cốt cam hoặc delco. Có thể sử dụng cảm biến Hall, cảm biến điện từ, cảm biến quang. Số răng trên các vành răng khác nhau tùy thuộc loại cảm biến và tùy thuộc loại động cơ. Trong một số trường hợp, chỉ sử dụng một vòng răng để dùng chung cho việc xác định tốc độ động cơ và vị trí cốt máy.

Để xác định tải của động cơ, ECU dựa vào tín hiệu áp suất trên đường ống nạp hoặc tín hiệu lượng khí nạp. Do sự thay đổi về áp suất trên đường ống nạp khi thay đổi tải, tín hiệu điện áp gửi về ECU sẽ thay đổi và ECU nhận tín hiệu này để xử lý và quy ra mức tải tương ứng để xác định góc đánh lửa sớm.

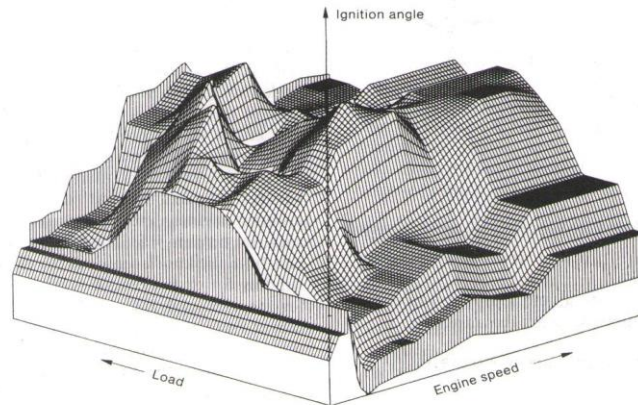


Hình 5.90: So sánh đặc tuyến điều chỉnh góc đánh lửa sớm kiểu cơ khí và điện tử

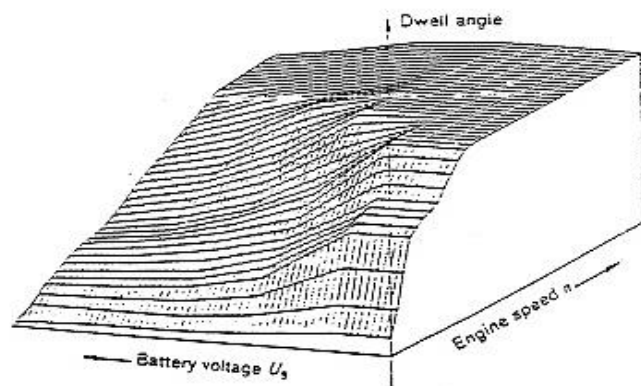
1. Đặc tính đánh lửa sớm bằng điện tử; 2. Đặc tính đánh lửa sớm hiệu chỉnh bằng cơ khí

Trong các hệ thống đánh lửa trước đây, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm được thực hiện bằng phương pháp cơ khí với cơ cấu ly tâm và áp thấp. Đường đặc tính đánh lửa sớm tối ưu rất đơn giản và không chính xác. Trong khi đó, đường đặc tính đánh lửa lý tưởng được xác định bằng thực nghiệm rất phức tạp và phụ thuộc vào nhiều thông số. Đồ thị hình 5.90 mô tả sự sai lệch giữa 2 kiểu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng

điện tử và cơ khí. Đối với hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh gần sát với đặc tính lý tưởng. Kết hợp hai đặc tính đánh lửa sớm theo tốc độ và theo tải có bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng (hình 5.91) với khoảng 1000 đến 4000 điểm đánh lửa sớm được chọn lựa đưa vào bộ nhớ.



Hình 5.91: **Bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng**



Hình 5.92: **Bản đồ góc ngậm điện**

Một chức năng khác của ECU trong việc điều khiển đánh lửa là sự điều chỉnh góc ngậm điện (*dwell angle control*). Góc ngậm điện phụ thuộc vào hai thông số là hiệu điện thế ắc quy và tốc độ động cơ. Khi khởi động chẳng hạn, hiệu điện thế ắc quy bị giảm do sụt áp, vì vậy, ECU sẽ điều khiển tăng thời gian ngậm điện nhằm mục đích tăng dòng điện trong cuộn sơ cấp. Ở tốc độ thấp, do thời gian tích lũy năng lượng quá dài (góc ngậm điện lớn) gây lãng phí năng lượng nên ECU sẽ điều khiển xén bớt xung điện áp điều khiển để giảm thời gian ngậm điện nhằm mục đích tiết kiệm năng lượng và tránh nóng bobine. Trong trường hợp dòng sơ cấp vẫn tăng cao hơn giá trị ấn định, bộ phận hạn chế dòng sẽ làm việc và giữ cho dòng điện sơ cấp không thay đổi cho đến thời điểm đánh lửa.

Một điểm cần lưu ý là việc điều chỉnh góc ngậm điện có thể được thực hiện trong ECU hay ở igniter. Vì vậy, igniter của hai loại có và không có bộ phận điều chỉnh góc ngậm điện không thể lắp lẫn.

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

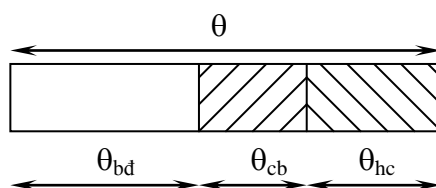
$$\theta = \theta_{bd} + \theta_{cb} + \theta_{hc}$$

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

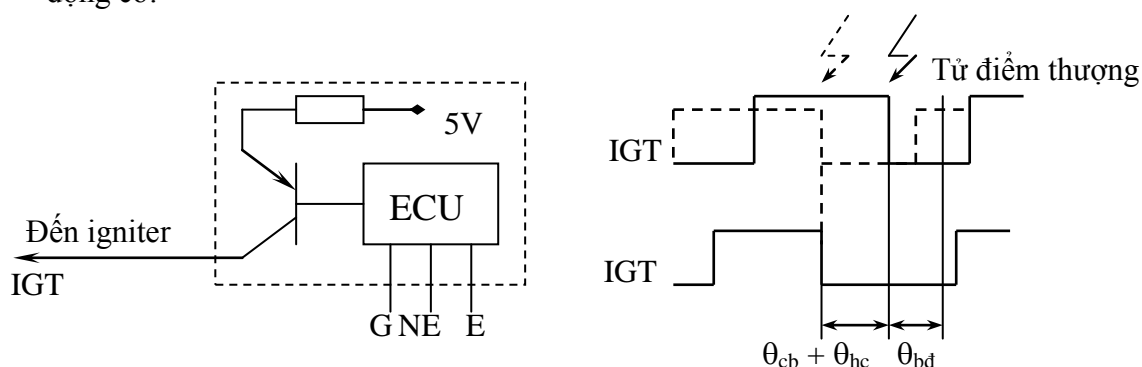


Hình 5.93: Góc đánh lửa sớm thực tế

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 15° trước tử điểm thượng ở tốc độ cầm chừng. Đối với HỆ THỐNG ĐÁNH LỬA với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, khi điều chỉnh góc đánh lửa sớm, ta chỉ chỉnh được góc đánh lửa sớm ban đầu.

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 (hình 5.93).

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.

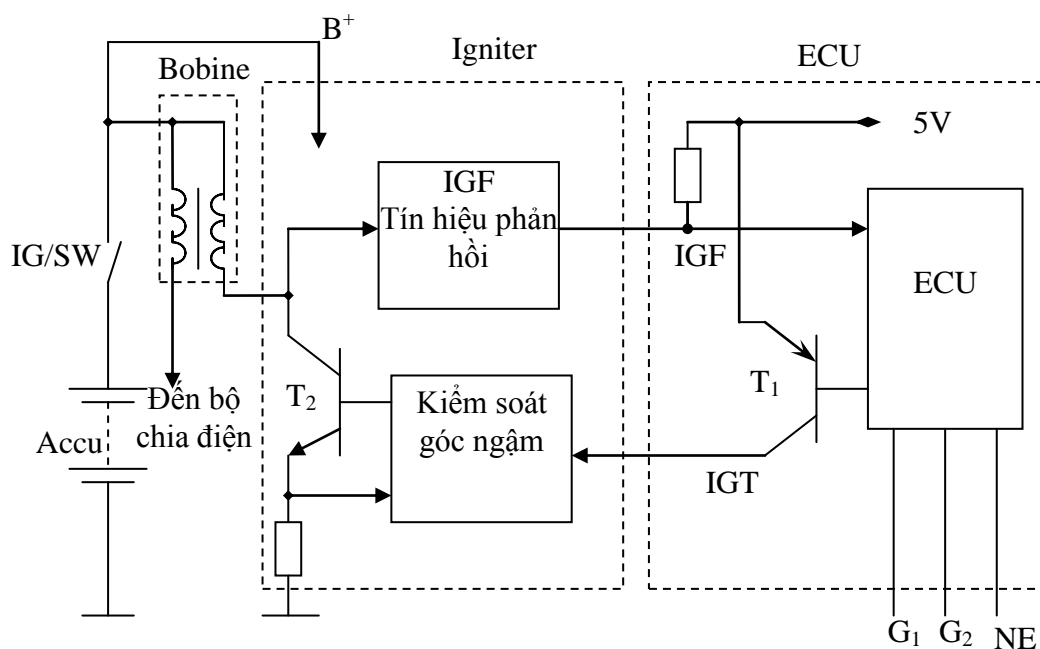


a) Hình 5.94: Xung điều khiển đánh lửa IGT

Sau khi xác định được góc đánh lửa sớm, bộ xử lý trung tâm (CPU- central processing unit) sẽ đưa ra xung điện áp để điều khiển đánh lửa (IGT) (hình 5.94a). Hình 5.94b mô tả quá trình dịch chuyển xung IGT trong CPU về phía trước của tử điểm thượng khi có sự hiệu chỉnh về góc đánh lửa cơ bản (θ_{cb}) và góc đánh lửa sớm hiệu chỉnh (θ_{hc}) ngoài ra, xung IGT có thể được xén trước khi gọi qua Igniter (hình 5.94b).

Để cân lửa cho hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử, trên đa số các loại xe ta phải báo cho ECU biết. Ví dụ, trên Toyota, khi cân lửa ta nối hai đầu $TE1$ và $E1$ của check connector trước lúc cân lửa. Khi đó ECU sẽ loại trừ các yếu tố ảnh hưởng đến góc đánh lửa sớm và việc điều chỉnh góc đánh lửa sớm mới chính xác.

5.5.2 Hệ thống đánh lửa lập trình có bộ chia điện



Hình 5.95: Sơ đồ hệ thống đánh lửa với cơ cấu điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử có sử dụng delco trên xe TOYOTA

Sau khi nhận tất cả các tín hiệu từ các cảm biến, bộ xử lý trung tâm (CPU) sẽ xử lý các tín hiệu và đưa ra các xung tín hiệu phù hợp với góc đánh lửa sớm tối ưu đã nạp sẵn trong bộ nhớ để điều khiển transistor T_1 tạo ra các xung IGT đưa vào igniter. Các xung IGT đi qua mạch kiểm soát góc ngậm (dwell angle control) và sẽ được xén trước khi điều khiển đóng ngắt transistor công suất T_2 . Cực E của transistor công suất T_2 mắc nối tiếp với điện trở (có giá trị rất nhỏ) cảm biến dòng sơ cấp kết hợp với bộ kiểm soát góc ngậm điện để hạn chế dòng sơ cấp trong trường hợp dòng sơ cấp tăng cao hơn quy định. Khi transistor T_2 ngắt bộ phát xung hồi tiếp IGF dẫn và ngược lại, khi T_2 dẫn bộ phát xung IGF ngắt, quá trình này sẽ tạo ra xung IGF . Xung IGF sẽ được gửi trở lại bộ xử lý trung tâm trong ECU để báo rằng hệ thống đánh lửa đang hoạt động phục vụ công tác chẩn đoán. Ngoài ra, để đảm bảo an toàn, xung IGF còn được dùng để mở mạch phun xăng. Trong trường hợp không có xung IGF , các kim phun sẽ ngừng phun sau thời gian vài giây.

Trên một số loại động cơ, điện áp từ cảm biến điện tử trong delco được đưa thẳng vào igniter. Tại đây, sau khi chuyển thành xung vuông sẽ gửi về ECU. ECU dựa vào xung này để xác định đồng thời tốc độ động cơ và vị trí piston để dựa vào đó đưa ra xung IGT điều khiển đánh lửa sớm (TOYOTA, VAN, CADILAC, DAEWOO...).

5.5.3 Hệ thống đánh lửa lập trình không có bộ chia điện

a. Ưu điểm của hệ thống đánh lửa trực tiếp

Hệ thống đánh lửa trực tiếp (*DIS* - direct ignition system) hay còn gọi là hệ thống đánh lửa không có bộ chia điện (*DLI* - distributorless ignition) được phát triển từ giữa thập kỷ 80, trên các loại xe sang trọng và ngày càng được ứng dụng rộng rãi trên các loại xe khác nhờ có các ưu điểm sau:

- Dây cao áp ngắn hoặc không có dây cao áp nên giảm sự mất mát năng lượng, giảm điện dung ký sinh và giảm nhiễu vô tuyến trên mạch thứ cấp.
- Không còn mỏ quét nên không có khe hở giữa mỏ quét và dây cao áp.

- Bỏ được các chi tiết cơ dễ hư hỏng và phải chế tạo bằng vật liệu cách điện tốt như mô que, chổi than, nắp delco.
- Trong hệ thống đánh lửa có delco, nếu góc đánh lửa quá sớm sẽ xảy ra trường hợp đánh lửa ở hai đầu dây cao áp kề nhau (thường xảy ra ở động cơ có số xylanh $Z > 4$).
- Loại bỏ được những hư hỏng thường gặp do hiện tượng phóng điện trên mạch cao áp và giảm chi phí bảo dưỡng.

b. Phân loại, cấu tạo và hoạt động của hệ thống đánh lửa trực tiếp

Đa số các hệ thống đánh lửa trực tiếp thuộc loại điều khiển góc đánh lửa sớm bằng điện tử nên việc đóng mở transistor công suất trong igniter được thực hiện bởi ECU.

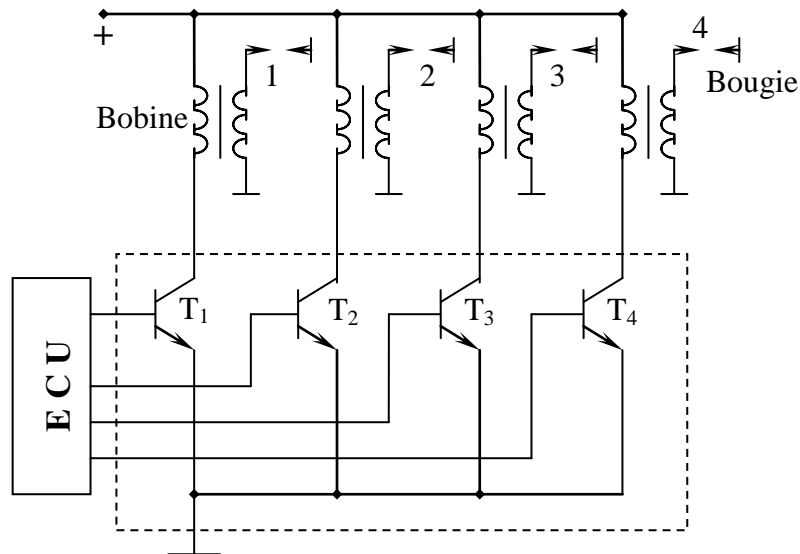
Hệ thống đánh lửa trực tiếp được chia làm ba loại chính sau:

- ***Loại 1: Sử dụng mỗi bobine cho một bougie***

Nhờ tần số hoạt động của mỗi bobine nhỏ hơn trước nên các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp ít nóng hơn. Vì vậy kích thước của bobine rất nhỏ và được gắn dính với nắp chụp bougie.

Trong sơ đồ (hình 5.86), ECU sau khi xử lý tín hiệu từ các cảm biến sẽ gửi tín hiệu đến cực B của từng transistor công suất trong igniter theo thứ tự thì nổ và thời điểm đánh lửa.

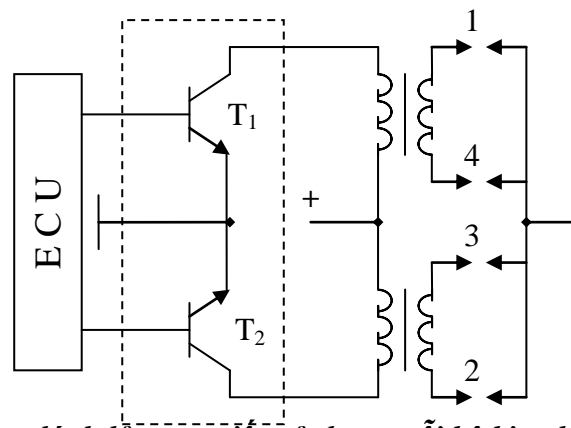
Cuộn sơ cấp của các bobine loại này có điện trở rất nhỏ ($< 1 \Omega$) và trên mạch sơ cấp không sử dụng điện trở phụ vì xung điều khiển đã được xén sẵn trong ECU. Vì vậy, không được thử trực tiếp bằng điện áp 12V.



Hình 5.96: *Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng mỗi bobine cho từng bougie*

- *Loại 2: sử dụng mỗi bobine cho từng cặp bougie*

Sơ đồ mạch đánh lửa loại này được trình bày trên hình 5.97.



Hình 5.97: *Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng mỗi bobine cho từng cặp bougie*

Các bobine đôi phải được gắn vào bougie của 2 xylanh song hành. Ví dụ, đối với động cơ 4 xylanh có thứ tự thì nổ: 1-3-4-2, ta sử dụng hai bobine. Bobine thứ nhất có hai đầu của cuộn thứ cấp được nối trực tiếp với bougie số 1 và số 4 còn bobine thứ hai nối với bougie số 2 và số 3. Phân phối điện áp cao được thực hiện như sau: giả sử điện áp thứ cấp xuất hiện ở bougie số 1 và 4, ta có:

$$U_{tc} = U_1 + U_4$$

$$U_1 = U_{tc} \frac{R_4}{R_1 + R_4} \quad (5.1)$$

$$U_4 = U_{tc} \frac{R_1}{R_1 + R_4} \quad (5.2)$$

Trong đó: U_{tc} - hiệu điện thế của cuộn thứ cấp.

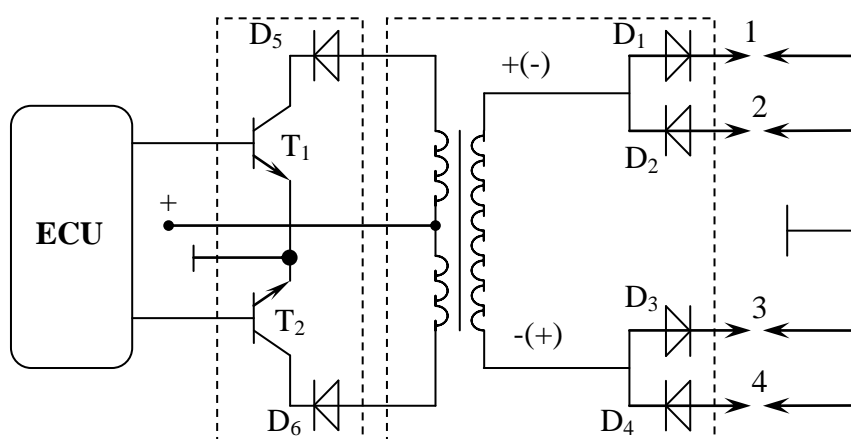
U_1 và U_4 - hiệu điện thế đặt vào khe hở của bougie số 1 và số 4

R_1 và R_4 - điện trở của khe hở bougie số 1 và số 4.

Ở thời điểm đánh lửa, xylanh số 1 và số 4 cùng ở vị trí gần tử điểm thượng nhưng trong hai thì khác nhau nên điện trở khe hở bougie của các xylanh trên cũng khác nhau: $R_1 \neq R_4$. Lấy ví dụ xylanh số 1 đang ở thì nén thì R_1 rất lớn còn ở xylanh số 4 đang ở thì thoát nên R_4 rất nhỏ do sự xuất nhiều ion nhờ phản ứng cháy và nhiệt độ cao. Do đó: $R_1 \gg R_4$, và từ (1), (2) ta có $U_1 \approx U_2$; $U_4 \approx 0$. Có nghĩa là tia lửa chỉ xuất hiện ở bougie số 1. Trong trường hợp ngược lại $R_1 \ll R_4$; $U_1 \approx 0$; $U_4 \approx U_{tc}$, tia lửa sẽ xuất hiện ở bougie số 4. Quá trình tương tự cũng xảy ra đối với bougie số 2 và số 3. ECU đưa ra xung điều khiển để đóng mở các transistor T_1 và T_2 theo thứ tự thì nổ là 1-3-4-2 hoặc 1-2-4-3.

Đối với động cơ 6 xylanh, để đảm bảo thứ tự thì nổ 1-5-3-6-2-4, hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng ba bobine: một cho xylanh số 1 và số 5. Một cho xylanh số 2 và số 5 và một cho xylanh số 3 và số 4.

- **Loại 3: Sử dụng một bobine cho 4 xylanh**



Hình 5.98: **Hệ thống đánh lửa trực tiếp sử dụng một bobine cho 4 xylanh**

Trong sơ đồ trên, bobine có hai cuộn sơ cấp và một cuộn thứ cấp được nối với các bougie qua các diode cao áp. Do hai cuộn sơ cấp quấn ngược chiều nhau nên khi ECU điều khiển mở lần lượt transistor T_1 và T_2 , điện áp trên cuộn thứ cấp sẽ đổi dấu. Tùy theo dấu của xung cao áp, tia lửa sẽ xuất hiện ở bougie tương ứng qua các diode cao áp theo chiều thuận. Ví dụ: nếu cuộn thứ cấp có xung dương, tia lửa sẽ xuất hiện ở số 1 hoặc số 4.

Diode D_5 và D_6 dùng để ngăn chặn ảnh hưởng từ giữa hai cuộn sơ (lúc T_1 hoặc T_2 đóng) nhưng chúng làm tăng công suất tiêu hao trên igniter.

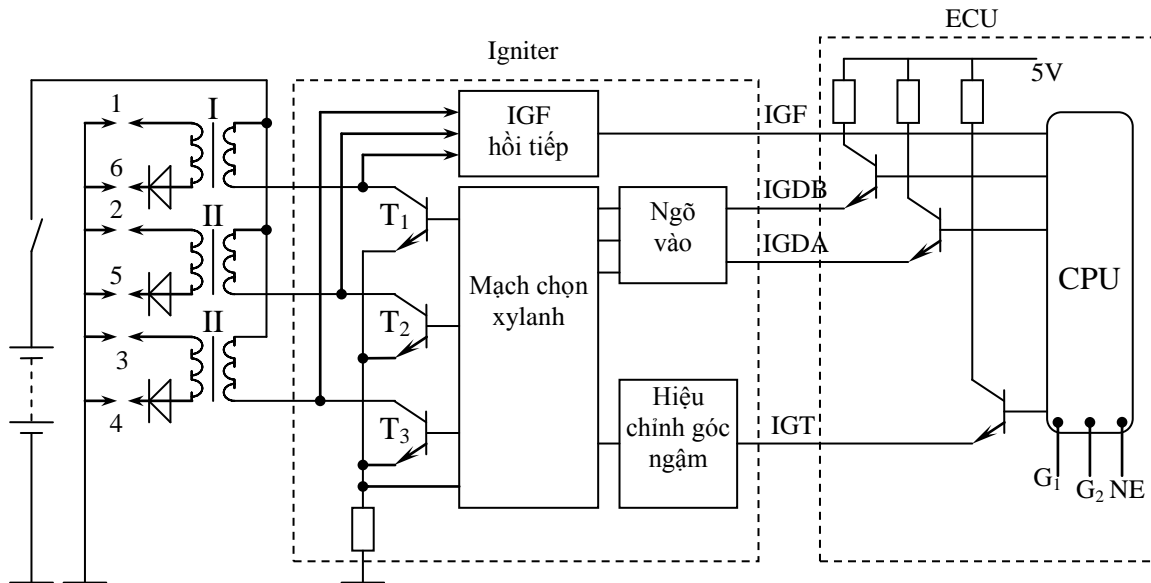
Nhược điểm của hệ thống đánh lửa trực tiếp loại 2 và 3 là chiều đánh lửa trên hai bougie cùng cấp ngược nhau dẫn đến hiệu điện thế đánh lửa chênh nhau khoảng 1,5 đến 2 kV.

- **Sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của hệ thống đánh lửa trực tiếp Toyota**

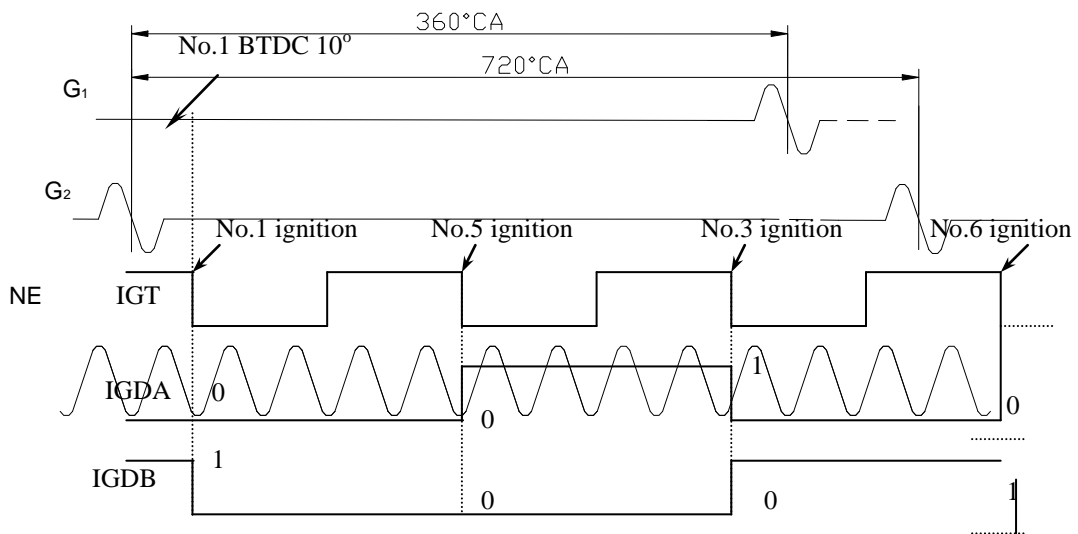
Hệ thống đánh lửa trực tiếp có sơ đồ góc đánh lửa sớm nêu trên được trình bày trên hình 5.99a bao gồm ECU, igniter và ba bobine đánh lửa cho động cơ 6 xylanh.

Sau khi nhận được các tín hiệu cần thiết, bộ xử lý trung tâm sẽ dựa vào các tín hiệu ngõ vào, tính toán thời điểm đánh lửa và đưa đến igniter ba xung IGT , $IGDA$, $IGDB$ (hình 5.89b). Xung IGT là xung quyết định góc đánh lửa sớm được đưa vào bộ hiệu chỉnh góc ngậm điện để xén xung và sau đó đi qua mạch

xác định xylanh (cylinder identification circuit). Xung *IGDA* và xung *IGDB* có dạng như trên hình 5.99b, được đưa vào ngõ vào (input circuit) của igniter. Tại đây tùy thuộc vào trạng thái của hai xung (mức cao hay thấp) mà igniter sẽ xác định xylanh cần đánh lửa theo đúng thứ tự thì nổ.



Hình 5.99a: Sơ đồ điều khiển góc đánh lửa sớm của hệ thống đánh lửa trực tiếp xe Toyota



Hình 5.99b: Dạng xung điều khiển đánh lửa trực tiếp

Để đảm bảo đánh lửa theo đúng thứ tự thì nổ 1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4, mạch vào sẽ xác định xylanh cần đánh lửa theo bảng mã sau:

Xung <i>IGDA</i>	Xung <i>IGDB</i>	Xylanh
0	1	1 và 6
0	0	2 và 5
1	0	3 và 4

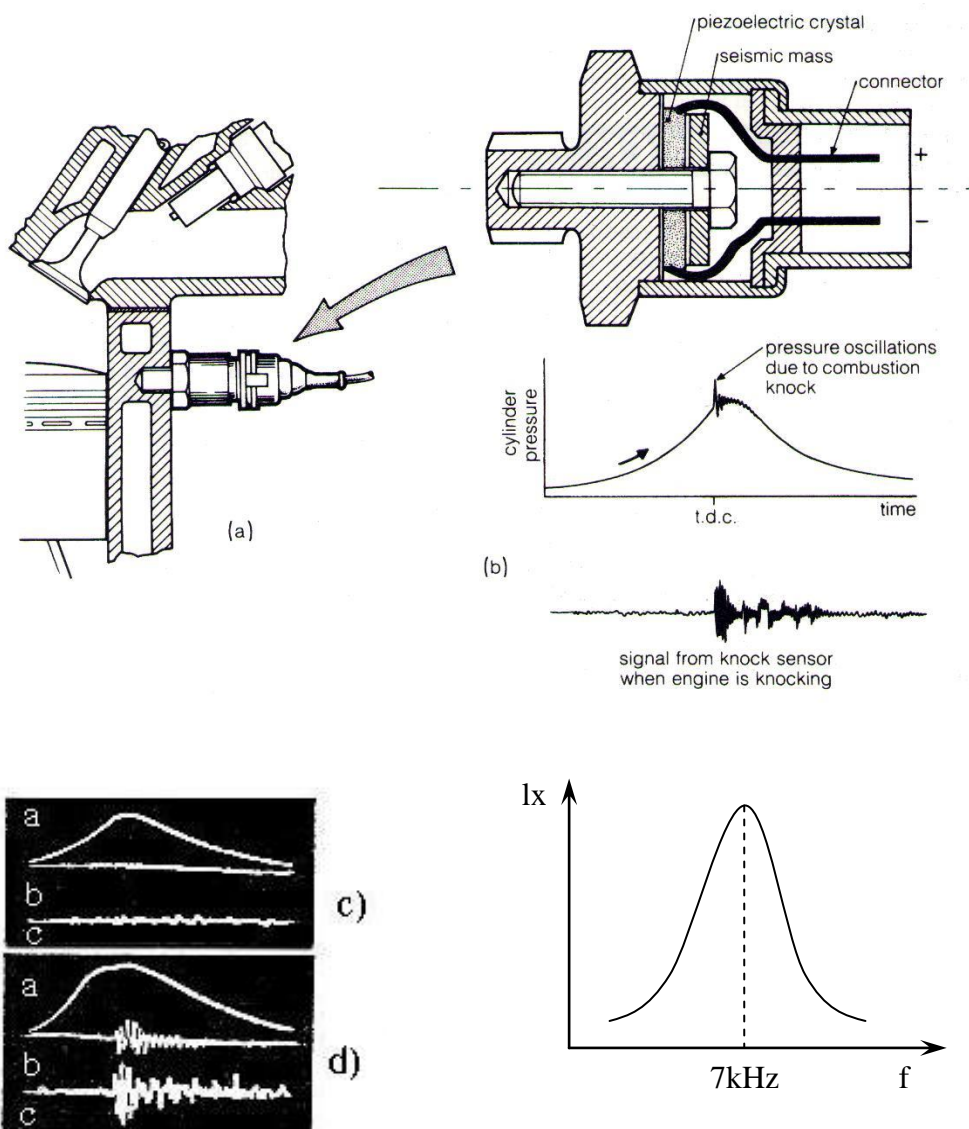
Trong trường hợp xung *IGDA* ở mức thấp (0), xung *IGDB* ở mức cao (1), mạch xác định xylanh sẽ phân phối xung *IGT* đến đóng ngắt transistor T_1 . Khi

transistor T_1 ngắt, sức điện động cảm ứng trên cuộn thứ cấp sẽ tạo tia lửa cho bugie số 1 hoặc số 5. Hoạt động tương tự như vậy cho xylanh số 2 và số 5, số 3 và số 4, xung IGF là xung hồi tiếp, báo cho ECU biết hệ thống đánh lửa đang hoạt động.

5.5.4 Điều khiển chống kích nổ

Khi sử dụng xăng có chỉ số octane quá thấp hoặc vì nguyên nhân nào đó động cơ quá nóng, sẽ xảy ra hiện tượng kích nổ trong xylanh. Hiện tượng kích nổ xảy ra thường xuyên sẽ rất nguy hiểm, gây hư hỏng và làm giảm tuổi thọ động cơ. Khi có hiện tượng kích nổ xảy ra, ECU sẽ điều khiển giảm góc đánh lửa sớm để tránh hiện tượng kích nổ.

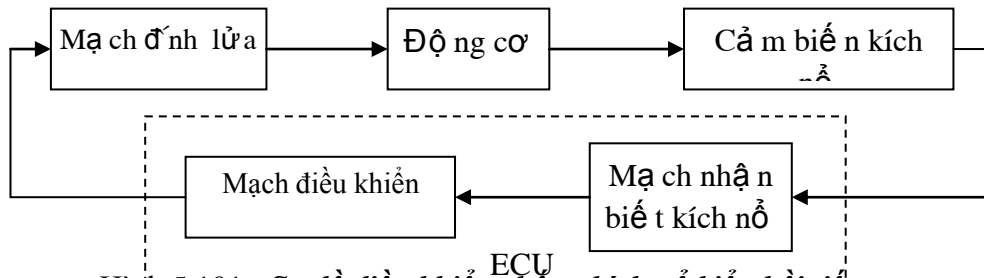
Tín hiệu kích nổ được ECU nhận biết bằng cảm biến kích nổ (*knock or detonation sensor*) gắn ở thân động cơ hoặc nắp máy (hình 5.100a). Cảm biến kích nổ được chế tạo từ thạch anh, là loại vật liệu áp điện. Kích thước của cảm biến được tính toán để xảy ra hiện tượng cộng hưởng ở tần số $5\div 7\text{ kHz}$, là tần số rung của động cơ khi xảy ra hiện tượng kích nổ (hình 5.100b).



a. Cảm biến kích nổ
b, c, d. Tín hiệu từ cảm biến kích nổ

Hình 5.100: Cảm biến kích nổ và dạng tín hiệu

Hình 5.100c biểu diễn các xung điện áp từ cảm biến kích nổ tương ứng với quá trình cháy bình thường trong xylanh với biên độ dao động của xung rất nhỏ. Khi có hiện tượng kích nổ xảy ra, các xung tín hiệu sẽ dao động mạnh với biên độ rất cao (hình 5.100d) khiến ECU nhận biết tín hiệu này để giảm góc đánh lửa sớm.



Hình 5.101: -Sơ đồ điều khiển chống kích nổ kiểu hồi tiếp

Loại điều khiển giảm nhanh

Loại điều khiển giảm chậm

Hình 5.102: Hai phương pháp điều khiển chống kích nổ

Quá trình kiểm soát kích nổ được thực hiện theo chu trình kín được trình bày trên hình 5.101. Kích nổ thường chỉ xảy ra ở một vài xylanh. Vì vậy, dựa vào thời điểm kích nổ (quá trình cháy) và vị trí cốt máy mà ECU có thể nhận biết được chính xác các xylanh đã xảy ra hiện tượng kích nổ. Việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm chỉ được thực hiện ở xylanh này để ít ảnh hưởng đến công suất động cơ. Việc giảm góc đánh lửa sớm được thực hiện từng góc nhỏ theo từng chu kỳ của từng xylanh cho đến khi hiện tượng kích nổ chấm dứt. Khi hiện tượng kích nổ chấm dứt, ECU sẽ từng bước tăng dần góc đánh lửa sớm. Nếu không có hiện tượng kích nổ xảy ra nữa, góc đánh lửa sớm sẽ trở về góc đánh lửa sớm tối ưu (hình 5.102).

Để tránh kích nổ xảy ra, một số loại động cơ có các thiết bị điều chỉnh: một cho loại xăng thường, một cho loại xăng đắt tiền (có chỉ số octane cao). Trong trường hợp này, bộ nhớ trong ECU có 2 bản đồ dữ liệu về góc đánh lửa tương ứng với mỗi loại xăng. Tài xế sẽ điều chỉnh công tắc theo loại xăng mà họ sử dụng để đạt hiệu suất động cơ cao.

Trên một số loại động cơ xăng có tăng áp, quá trình điều khiển kích nổ được kết hợp giữa giảm góc đánh lửa sớm và giảm áp suất khí nạp. Khi góc đánh lửa sớm giảm tối đa (10°) mà hiện tượng kích nổ vẫn xảy ra, ECU sẽ điều khiển van mở đường thải (wastegate) giảm bớt lượng khí thải đi qua turbine làm tốc độ turbine chậm lại và áp suất khí nạp sẽ giảm xuống. Lúc đầu ECU sẽ điều khiển cho van mở lớn để áp suất tăng áp giảm xuống nhanh chóng, sau đó van sẽ được điều khiển đóng từ từ.

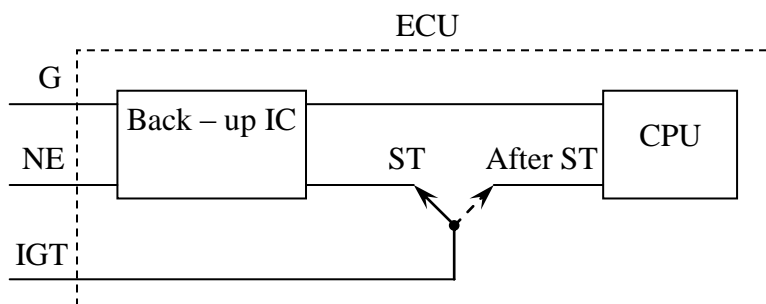
Ngoài ra, góc đánh lửa sớm còn được hiệu chỉnh theo các điều kiện làm việc khác như kết hợp với hệ thống điều khiển ga tự động (cruise control), hệ thống cắt nhiên liệu khi vượt tốc, hệ thống kiểm soát lực kéo, hiệu chỉnh theo chế độ lưu hồi khí thải...

5.5.5 Hiệu chỉnh góc đánh lửa theo các chế độ làm việc của động cơ

Động cơ trên ô tô có khả năng thích ứng rất cao. Từ lúc khởi động và trong suốt quá trình làm việc, chế độ làm việc của động cơ liên tục thay đổi. Tùy từng chế độ làm việc của động cơ mà ECU thực hiện việc điều chỉnh góc đánh lửa sớm đúng với bản đồ góc đánh lửa sớm lý tưởng ở chế độ khởi động, chế độ cầm chừng, chế độ hâm nóng sau khởi động... đảm bảo hiệu suất động cơ cao nhất cũng như giảm ô nhiễm và tiêu hao nhiên liệu.

a. Chế độ khởi động

Góc đánh lửa sớm được đặt ở một giá trị nhất định, không thay đổi trong suốt quá trình khởi động. Giá trị của góc đánh lửa sớm phụ thuộc vào back-up IC trong ECU đã lưu trữ các số liệu về góc đánh lửa (hình 5.103).



Hình 5.103: Điều khiển góc đánh lửa sớm ở chế độ khởi động

Thông thường, góc đánh lửa sớm được chọn nhỏ hơn 10° . Với góc đánh lửa này, động cơ được khởi động dễ dàng ngay cả khi nguội, đồng thời tránh sự nổ dội. Việc hiệu chỉnh theo nhiệt độ góc đánh lửa sớm khi khởi động không cần thiết vì thời gian khởi động rất ngắn.

Khi có tín hiệu khởi động, mạch chuyển đổi trạng thái (có thể nằm trong hoặc ngoài ECU) sẽ nối đường *IGT* sang vị trí *ST*. Khi đó, xung *IGT* được điều khiển bởi Back-up IC thông qua hai tín hiệu *G* và *NE*. Nếu động cơ đã nổ, đường *IGT* sẽ được nối sang vị trí *After ST* (sau khởi động) và việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm sẽ được thực hiện bởi ECU.

b. Chế độ sau khởi động

Khi động cơ đã khởi động xong, góc đánh lửa sớm sẽ được hiệu chỉnh theo công thức:

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

Trong đó, góc đánh lửa hiệu chỉnh (θ_{hc}) là tổng của tất cả các góc đánh lửa theo các điều kiện làm việc của động cơ:

- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ nước làm mát của động cơ.
- Hiệu chỉnh theo sự ổn định của động cơ trong chế độ cầm chừng.
- Hiệu chỉnh theo sự kích nổ.
- Hiệu chỉnh theo nhiệt độ của khí nạp.
- Hiệu chỉnh theo các điều kiện khác (như điều kiện khí thải, chế độ ga tự động, chế độ vượt tốc, quá trình thay đổi lực kéo của động cơ khi xe có hiện tượng trượt...).

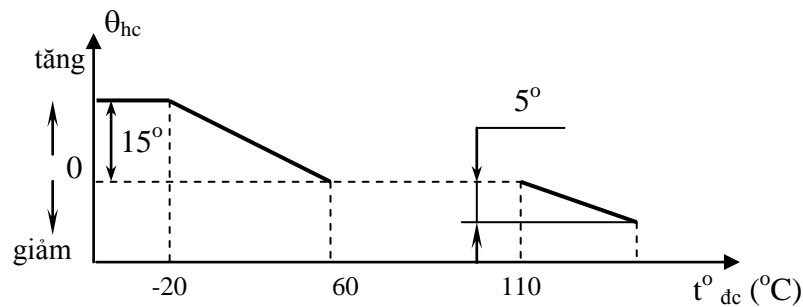
Tùy loại động cơ mà một số chức năng hiệu chỉnh của ECU có hoặc không. Ví dụ chức năng hiệu chỉnh góc đánh lửa theo sự kích nổ, theo sự trượt của xe cũng chỉ có ở các loại xe sang.

Để ngăn ngừa các trường hợp xấu ảnh hưởng đến hoạt động và tuổi thọ của động cơ do đánh lửa quá sớm hoặc quá trễ, ECU chỉ thực hiện việc chỉnh góc đánh lửa sớm (bao gồm $\theta_{cb} + \theta_{hc}$) trong giới hạn từ 10° đến 45° trước tử điểm thượng.

Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ của động cơ:

Tùy thuộc vào nhiệt độ của động cơ được nhận biết từ cảm biến nhiệt độ nước làm mát mà góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh tăng hoặc giảm cho thích hợp với điều kiện cháy của hòa khí trong buồng đốt. Khi nhiệt độ của động cơ nằm trong khoảng -20° đến $60^\circ C$ thì góc đánh lửa sớm được hiệu chỉnh sớm hơn từ 0° đến 15° . Nếu nhiệt độ động cơ nhỏ hơn -20° thì góc đánh lửa sớm cũng chỉ được cộng thêm 15° (hình 5.94). Sở dĩ phải tăng góc đánh lửa sớm khi động cơ nguội là vì ở nhiệt độ thấp tốc độ cháy chậm, nên phải kéo dài thời gian để nhiên liệu cháy hết nhằm tăng hiệu suất động cơ.

Khi nhiệt độ động cơ nằm trong khoảng từ 60° đến $110^\circ C$, ECU không thực hiện sự hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ.

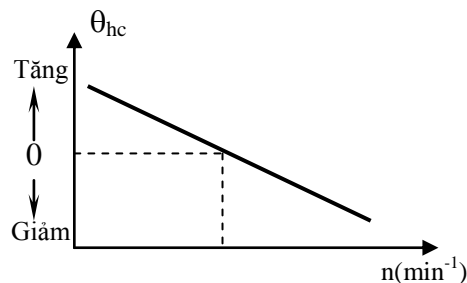


Hình 5.104: **Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo nhiệt độ động cơ**

Trong trường hợp động cơ quá nóng (over temperature) ($> 110^\circ C$) sẽ dễ gây ra hiện tượng kích nổ và tăng hàm lượng NOx trong khí thải, vì vậy ECU sẽ điều khiển giảm góc đánh lửa xuống một góc tối đa là 5° .

c. Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo sự ổn định của động cơ ở chế độ cầm chừng

Ở chế độ cầm chừng tốc độ động cơ bị dao động do tải của động cơ thay đổi, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm có tác dụng làm ổn định tốc độ động cơ.



Hình 5.105: **Hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm theo sự ổn định của động cơ ở chế độ cầm chừng**

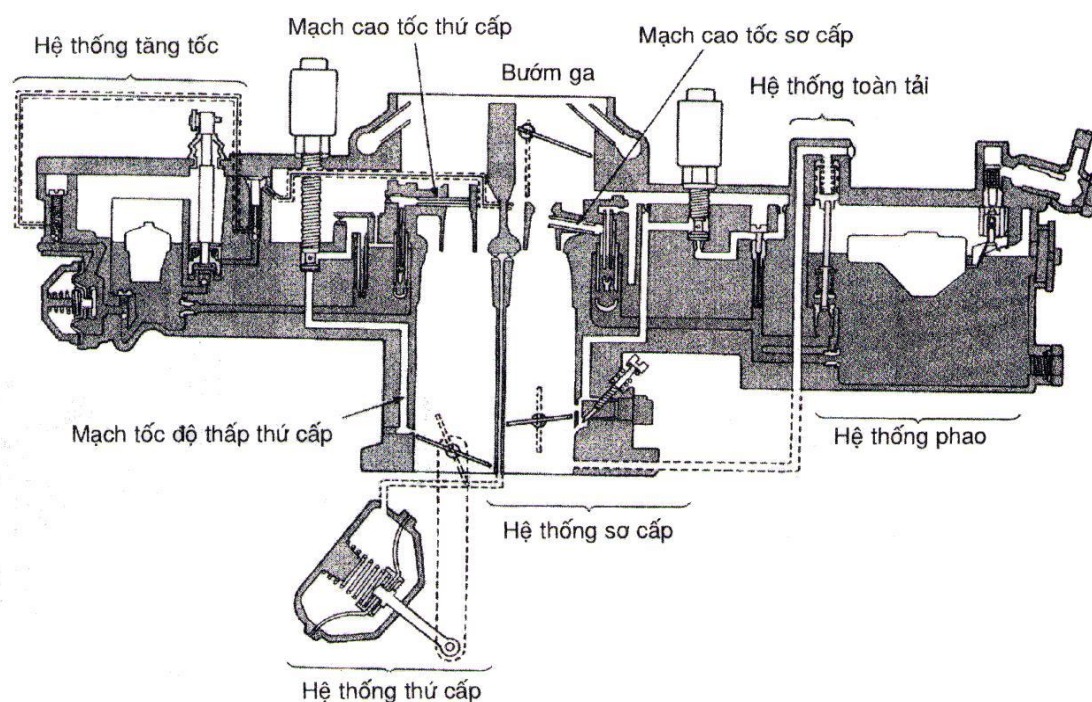
Khi cánh bướm ga đóng hoàn toàn, tín hiệu từ công tắc cánh bướm ga (hoặc cảm biến vị trí bướm ga) báo về ECU cho biết động cơ đang làm việc ở chế độ cầm chừng. Kết hợp với tín hiệu tốc độ động cơ (NE) và tốc độ xe, ECU sẽ điều khiển

giảm góc đánh lửa sớm và ngược lại. Góc hiệu chỉnh tối đa trong trường hợp này là $\pm 5^\circ$. Khi tốc độ tăng cao, ECU sẽ không hiệu chỉnh. Trên một số loại động cơ, việc hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm này phụ thuộc vào điều kiện sử dụng máy lạnh hoặc chỉ hiệu chỉnh góc đánh lửa sớm khi tốc độ cầm chừng bị giảm xuống dưới mức quy định.

5.6 Điều khiển nhiên liệu

5.5.1 Điều khiển nhiên liệu trong hệ thống nhiên liệu chế hòa khí

Sơ lược về điều khiển hệ thống nhiên liệu với bộ chế hòa khí:



Hình 5.106 : Sơ đồ mô tả bộ chế hòa khí hai họng hút xuống (ĐC 4A-F)

Trong bộ chế hòa khí, xăng cung cấp cho động cơ được hút ra từ vòi phun nhờ lực hút chân không tạo ra bởi dòng khí khi đi qua họng khuếch tán. Nếu sự chênh lệch độ cao (h) giữa miệng vòi phun và mức nhiên liệu trong buồng phao thay đổi thì lượng xăng cung cấp từ vòi phun cũng thay đổi và tỉ lệ khí - nhiên liệu cũng thay đổi. Do vậy, mức xăng trong buồng phao phải giữ cố định. Điều này được thực hiện bởi hệ thống phao.

Lượng xăng được cung cấp qua vòi phun chính được xác định bởi sự chênh lệch áp suất không khí (chân không) ở họng khuyết tán và áp suất khí quyển trong buồng phao.

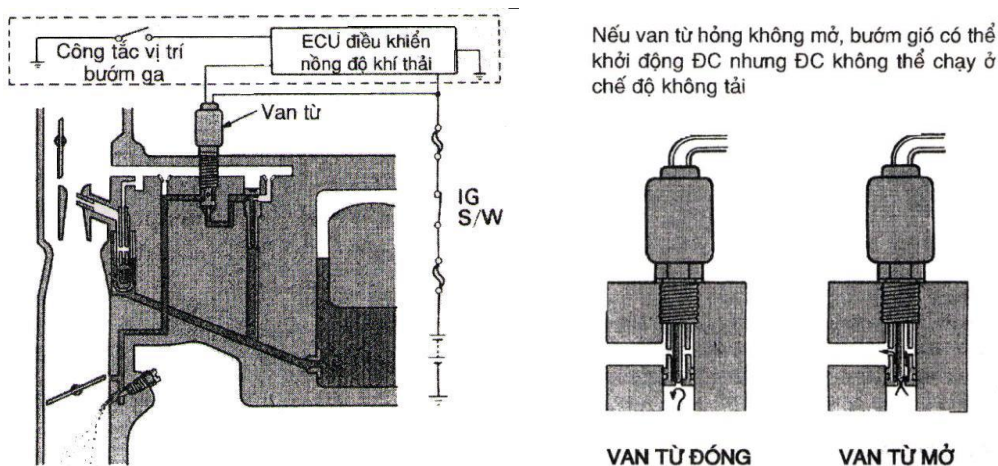
Khi xăng từ bơm nhiên liệu đi qua van kim vào buồng phao, phao nổi lên đóng van kim lại và dừng việc cấp xăng. Khi xăng trong buồng phao bị tiêu thụ, mức xăng sẽ giảm và van kim mở, và xăng chảy vào buồng phao. Bằng cách này xăng ở buồng phao được giữ mức cố định.

Do mức xăng trong buồng phao thay đổi, phao nâng lên hoặc hạ xuống, chuyển động này được truyền đến van kim qua cần đẩy. Lò xo ngăn không cho van kim tự động mở và đóng bởi chuyển động lên xuống của phao khi có sự di chuyển của xe và giữ cho mức nhiên liệu không đổi.

Trên hệ thống điều khiển nhiên liệu bằng bộ chế hòa khí thì việc điều khiển nhiên liệu chủ yếu dựa vào các cơ cấu điều khiển bằng áp thấp và cơ khí. Chỉ có một vài bộ phận được điều khiển bằng điện như: van từ chống dieseling (hiện tượng động cơ tiếp tục nổ khi tắt máy), hệ thống mở bướm gió tự động, công tắc vị trí bướm ga. Trong phần giáo trình này chúng ta chỉ xem xét về điều khiển bằng điện.

* Van từ

Hiện tượng động cơ tiếp tục chạy sau khi khóa điện ngắt gọi là hiện tượng “dieseling”. Chống lại hiện tượng này bằng hai cách: ngừng cung cấp nhiên liệu cho bộ CHK hoặc cấp nhiều khí cho hệ thống nạp. Cách đầu tiên được sử dụng phổ biến hơn và được thực hiện bởi van từ.



Hình 5.107: *Van từ chống hiện tượng dieseling*

Khi tắt công tắc đánh lửa, van từ đóng, ngừng cung cấp nhiên liệu cho mạch tốc độ thấp. Tùy thuộc vào kiểu xe, van điện này còn được điều khiển bởi ECU kiểm soát chế độ cầm chừng cưỡng bức, giúp giảm nồng độ khí thải khi giảm tốc (phanh động cơ) và tiết kiệm nhiên liệu.

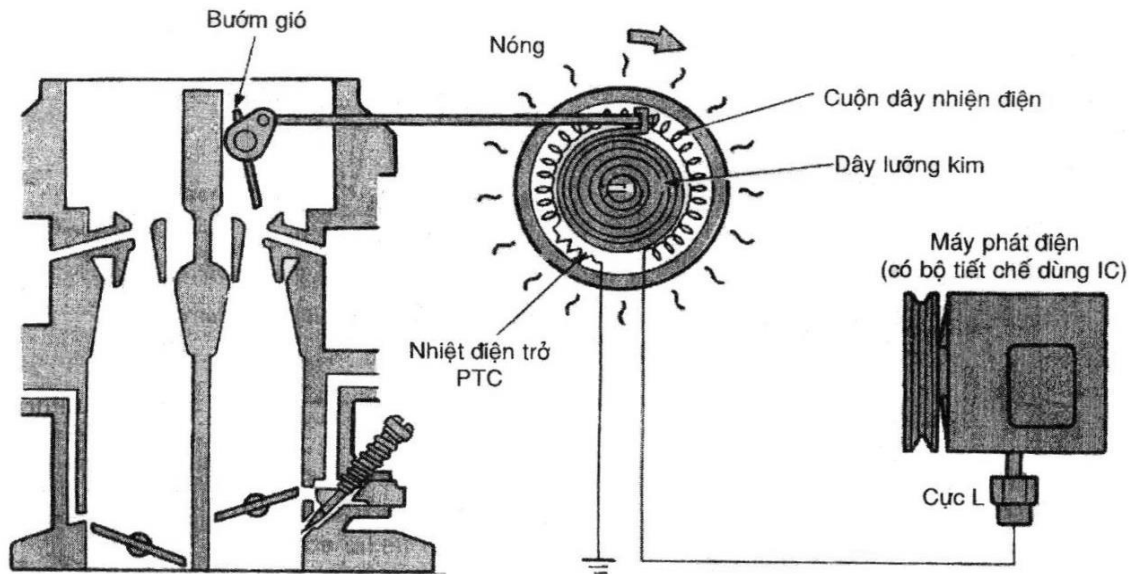
* Hệ thống mở bướm gió tự động

Khi động cơ lạnh, xăng khó bốc hơi, hỗn hợp khí nhiên liệu sẽ bị nghèo, dẫn đến khó khởi động. Ngoài ra, càng lạnh sự cản quay càng lớn làm tốc độ khởi động động cơ thấp, độ chân không trong đường ống nạp yếu, lượng xăng cung cấp qua lỗ không tải giảm.

Hệ thống bướm gió tự động được trang bị cho phép hỗn hợp khí – nhiên liệu đậm hơn được cung cấp cho các xy lanh khi động cơ lạnh. Kiểu bướm gió sử dụng hiện nay là bướm gió tự động điện tử hoặc bướm gió điều khiển bằng tay.

a. Khi động cơ đã được khởi động

Bướm gió được đóng hoàn toàn bởi dây lưỡng kim cho đến khi nhiệt độ môi trường đạt tới $30^{\circ}C$ ($86^{\circ}F$). Khi động cơ quay với bướm gió đóng, độ chân không được tạo ra ở dưới bướm gió lớn hơn nên một lượng xăng lớn được cung cấp qua mạch sơ cấp nhiều hơn và hỗn hợp khí – nhiên liệu đậm hơn.



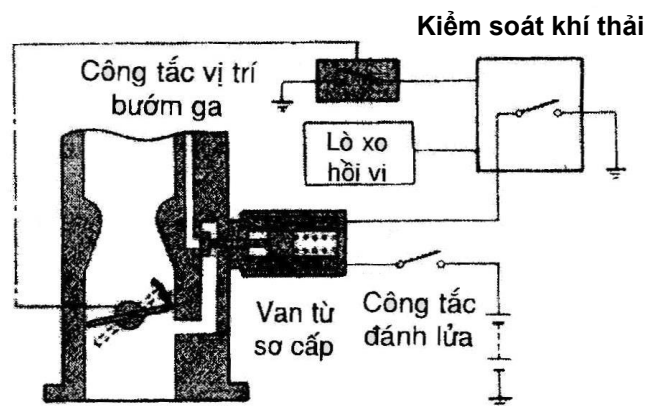
Hình 5.108: Sơ đồ hệ thống mở bướm gió tự động

b. Sau khi khởi động

Khi động cơ đã nổ, cực L của máy phát điện bắt đầu có điện áp, tạo dòng điện cấp cho cuộn dây nhiệt điện. Khi lưỡng kim nhiệt nóng lên, nó bắt đầu giãn nở và mở bướm gió. Để giới hạn dòng điện đi vào cuộn dây nhiệt sau khi bướm gió đã mở hết (phía trong buồng lò xo đạt khoảng 100°C , tức 212°F), người ta dùng điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương (PTC).

* **Công tắc vị trí bướm ga (chỉ có trên vài kiểu xe)**

Công tắc này báo cho ECU kiểm soát nồng độ khí thải và tiết kiệm nhiên liệu ở chế độ cảm chùng cưỡng bức. Khi giảm tốc, bướm ga đóng hoàn toàn, ECU dựa vào tín hiệu này và tín hiệu tốc độ động cơ để điều khiển bật tắt van từ sơ cấp.



Hình 5.109: Công tắc vị trí bướm ga

5.5.2 Điều khiển phun xăng

A. Điều khiển bơm xăng và điều áp

a. Cấu tạo bơm xăng

Tùy theo nhà chế tạo và năm sản xuất mà bơm xăng được đặt trong hoặc ngoài thùng xăng. Hiện nay, bơm xăng sử dụng cho các hệ thống phun xăng có hai loại:

- Loại cánh quạt.
- Loại con lăn.

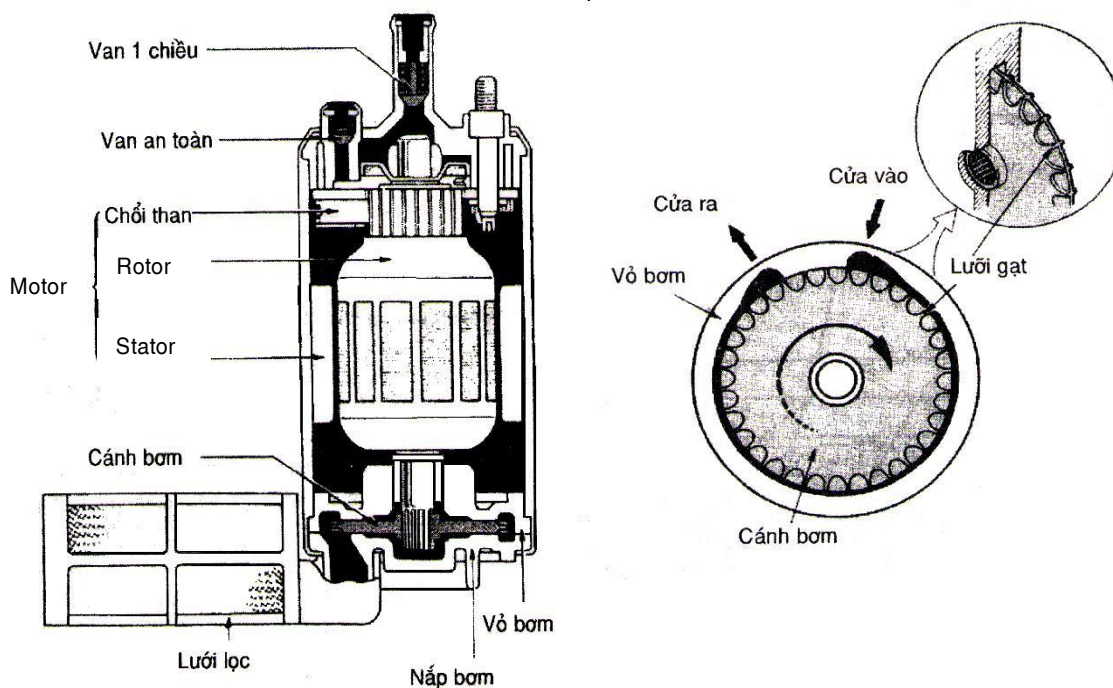
Hai loại này còn gọi là bơm kiểu ướt vì motor và bộ phận bơm được đặt trong vỏ bọc, vỏ bọc này luôn luôn chứa đầy xăng, nhằm mục đích làm mát khi bơm xăng hoạt động.

• Loại bơm cánh quạt

Loại bơm này thường được đặt trong thùng xăng. So với loại con lăn thì loại này có ưu điểm là ít gây tiếng ồn và không tạo ra dao động trong mạch nhiên liệu nên được dùng rộng rãi.

Bơm này được cấu tạo bởi các thành phần sau:

- Motor điện
- Bộ phận công tác của bơm
- Van kiểm tra (van một chiều)
- Van giảm áp và lọc.



Hình 5.110: *Bơm cánh quạt*

Motor: là động cơ điện một chiều.

Bánh công tác: có từ 1 ÷ 2 cánh, quay nhờ motor điện. Khi motor quay bánh công tác sẽ kéo xăng từ cửa vào đưa đến cửa ra. Sau khi đi qua cửa vào xăng sẽ đi quanh motor điện và đến van một chiều.

Van một chiều: van một chiều sẽ đóng khi bơm ngừng làm việc. Tác dụng của nó là giữ cho áp suất trong đường ống ở một giá trị nhất định, giúp cho việc khởi động lại dễ dàng. Nếu áp suất trong mạch không được giữ, do nhiên liệu bốc hơi hoặc quay về thùng thì việc khởi động lại sẽ rất khó khăn.

Van an toàn: van làm việc khi áp suất ra vượt quá giá trị quy định. Van này có tác dụng bảo vệ mạch nhiên liệu khi áp suất vượt quá giới hạn cho phép (trong trường hợp nghẹt đường ống chính).

Lọc xăng: dùng để lọc cặn bẩn trong nhiên liệu được gắn trước bơm.

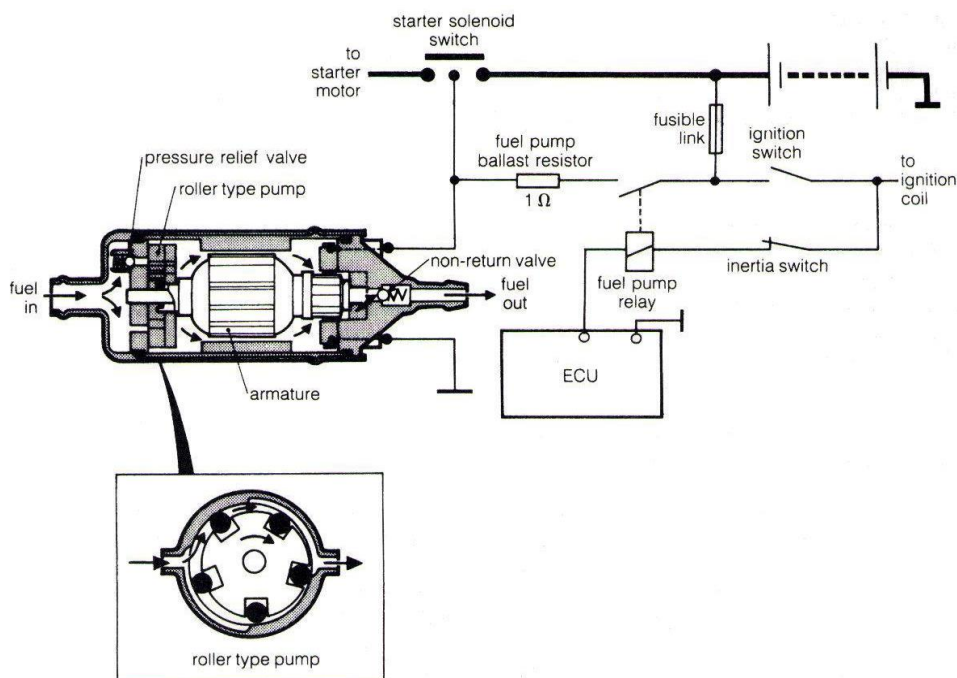
• Loại bơm con lăn

Loại này được đặt bên ngoài thùng xăng và luôn gắn gần thùng để hiệu suất của bơm được cao hơn.

Cấu tạo bơm này gồm các thành phần sau:

- Motor điện một chiều.
- Bộ phận công tác của bơm.
- Van giảm áp và van một chiều.

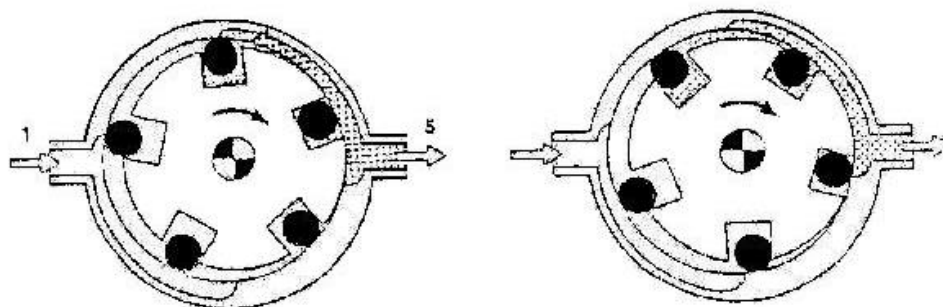
Hoạt động của motor điện, van giảm áp và van một chiều giống như ở bơm cánh quạt.



Hình 5.111: **Bơm con lăn**

Riêng bộ phận bơm là một buồng rỗng hình trụ, trong đó có một đĩa quay sai tâm được bố trí các con lăn trong các rãnh và bắt dính vào rotor. Khi có dòng điện chạy qua, rotor quay sẽ kéo theo đĩa sai tâm quay. Dưới tác dụng

của lực ly tâm, các con lăn bị ép ra ngoài tạo một đệm xoay vòng liên tục làm tăng thể tích ở cửa vào và giảm thể tích cửa ra.



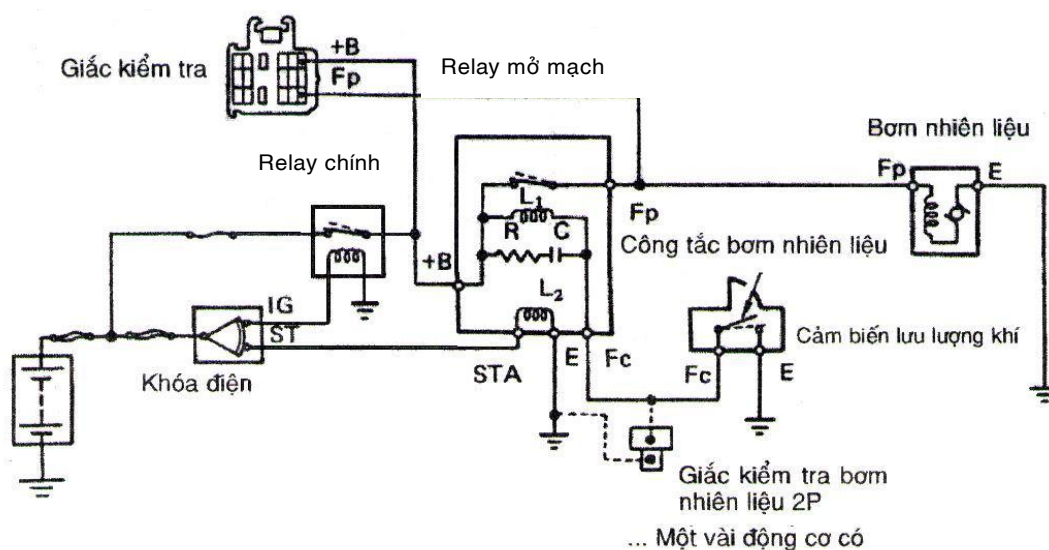
Hình 5.112 : Nguyên lý hoạt động của bơm con lăn

b. Sơ đồ mạch điện điều khiển bơm xăng

Bơm xăng có thể được điều khiển theo 3 cách:

- Không qua hộp ECU máy như ở hệ thống phun xăng với bộ đo gió kiểu trượt TOYOTA.
- Qua hộp ECU máy nhưng hoạt động theo nguyên lý ON – OFF .
- Qua hộp ECU máy để thay đổi tốc độ quay của bơm xăng (hai cấp độ: cao và thấp).

c. Mạch điều khiển bơm xăng không qua hộp ECU



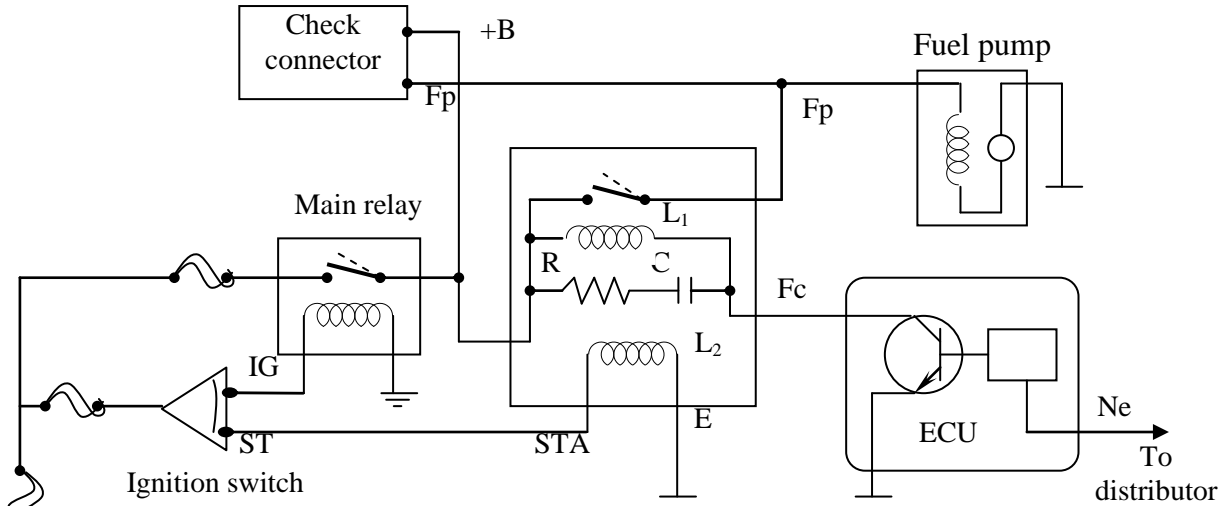
Hình 5.113: Mạch điện điều khiển bơm xăng không qua ECU

Bơm xăng dùng cho hệ thống phun xăng sử dụng bộ đo gió kiểu trượt trên xe Toyota chỉ làm việc khi động cơ hoạt động. Đó là một đặc điểm an toàn cho hệ thống.

Khi khởi động động cơ, dòng điện từ accu đi qua khóa điện đến cuộn dây L_2 của relay bơm xăng đến mass, tạo lực hút tiếp điểm của relay bơm xăng làm bơm xăng quay. Đồng thời, khi khởi động cánh gió của cảm biến đo gió cũng di chuyển khỏi vị trí ban đầu (nhờ dòng khí hút vào động cơ) và đóng tiếp điểm bơm xăng ở cảm biến đo gió.

Vì thế ở cuộn dây L_1 của relay bơm xăng cũng có dòng điện chạy qua tạo thêm lực hút để đóng tiếp điểm của relay bơm xăng. Khi máy đã nổ, khóa điện trả về vị trí IG (vị trí ON) thì cuộn dây L_2 của bơm xăng bị ngắt điện chỉ còn cuộn L_1 giữ cho tiếp điểm vẫn đóng và bơm xăng tiếp tục hoạt động.

d. Mạch điều khiển bơm xăng qua hộp ECU máy hoạt động theo nguyên lý ON – OFF



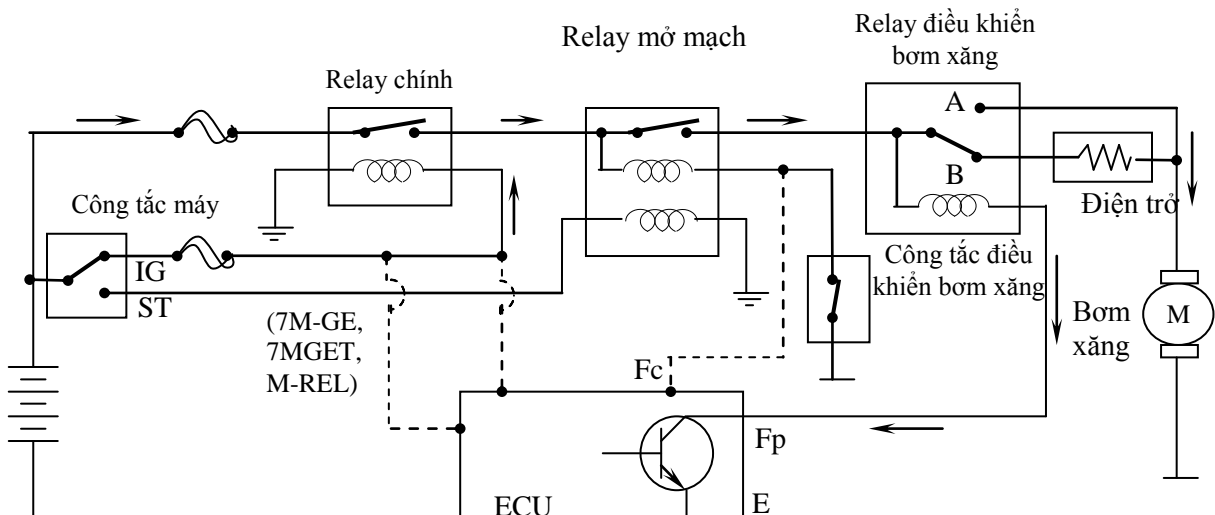
Hình 5.114: Mạch điện điều khiển bơm xăng có ECU điều khiển

Nguyên lý hoạt động tương tự như loại ở trên, chỉ khác nhau ở tín hiệu điều khiển bơm xăng. Khi khởi động động cơ, ECU nhận tín hiệu tốc độ động cơ (NE) để điều khiển transistor mở cho dòng điện qua cuộn L_2 của relay bơm xăng qua transistor về mass tạo lực hút để đóng tiếp điểm relay bơm xăng. Khi khóa điện trả về vị trí IG dòng tiếp tục qua cuộn L_1 và bơm xăng tiếp tục hoạt động. Khi bật công tắc máy từ vị trí OFF sang vị trí ON, ECU sẽ điều khiển bơm xăng hoạt động trong khoảng 2s để giữ cho áp lực xăng trên đường ống ổn định trước khi khởi động. Trên cọc chẩn đoán còn được bố trí đầu + B và FP giúp nối mạch bơm xăng và không cần nổ máy.

e. Mạch điều khiển bơm xăng qua hộp ECU máy để thay đổi tốc độ quay của motor bơm xăng

• Ở tốc độ thấp

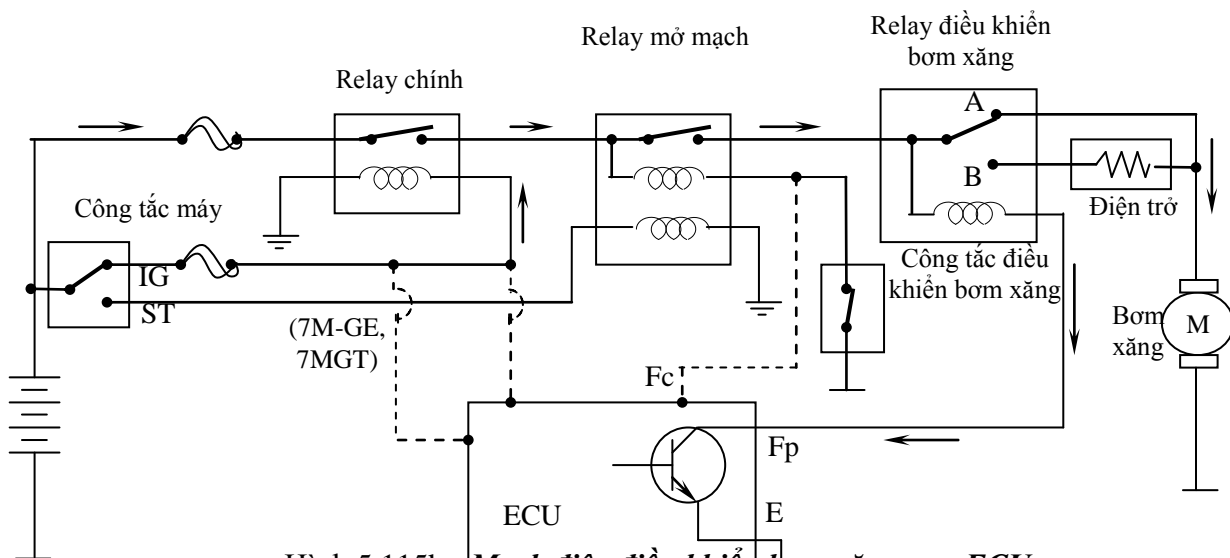
Khi động cơ đang chạy ở tốc độ cảm chừng hoặc ở điều kiện tải nhẹ, ECU điều khiển transistor mở, có dòng: từ accu - relay chính - relay mở mạch - cuộn dây của relay điều khiển bơm - transistor – mass, tạo lực hút làm đóng tiếp điểm B, cung cấp điện cho motor bơm xăng hoạt động qua điện trở R. Lúc này bơm xăng quay ở tốc độ thấp, chỉ cung cấp lượng xăng cần thiết ở tốc độ chạy cảm chừng của động cơ.



Hình 5.115a: *Sơ đồ điều khiển bơm xăng qua ECU với mạch điều khiển tốc độ*

- *Ở tốc độ cao*

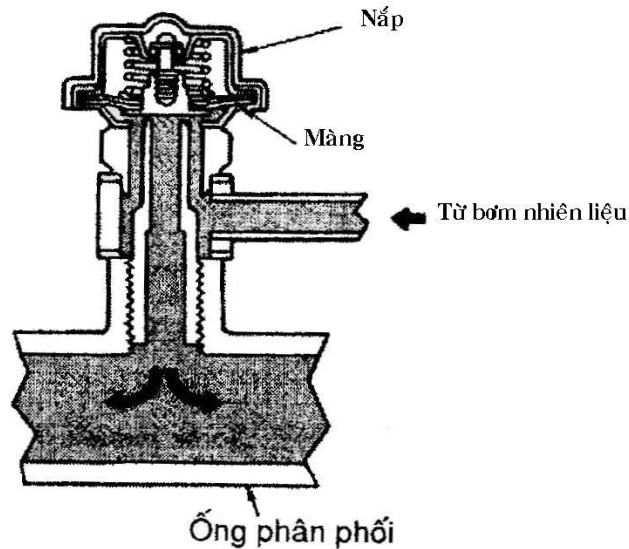
Khi động cơ đang chạy ở tốc độ cao hoặc tải nặng, ECU sẽ điều khiển transistor đóng lại, ngắt dòng qua cuộn dây của relay điều khiển bơm. Tiếp điểm được trả về vị trí A, cung cấp dòng trực tiếp đến bơm. Nhờ vậy bơm quay với vận tốc nhanh để cung cấp lượng xăng cần thiết cho chế độ làm việc của động cơ.



Hình 5.115b: *Mạch điện điều khiển bơm xăng qua ECU điều khiển tốc độ bơm*

f. Bộ giảm rung động

Áp suất nhiên liệu được duy trì ở $2,55 - 2,9 \text{ kgf/cm}^2$ tùy theo độ chân không trên đường ống nạp bằng điều áp. Tuy nhiên, vẫn có sự dao động trên đường ống do quá trình phun nhiên liệu không liên tục. Bộ giảm rung động có tác dụng hấp thụ các dao động này bằng một lớp màng.



Hình 5.116: Bộ giảm dao động

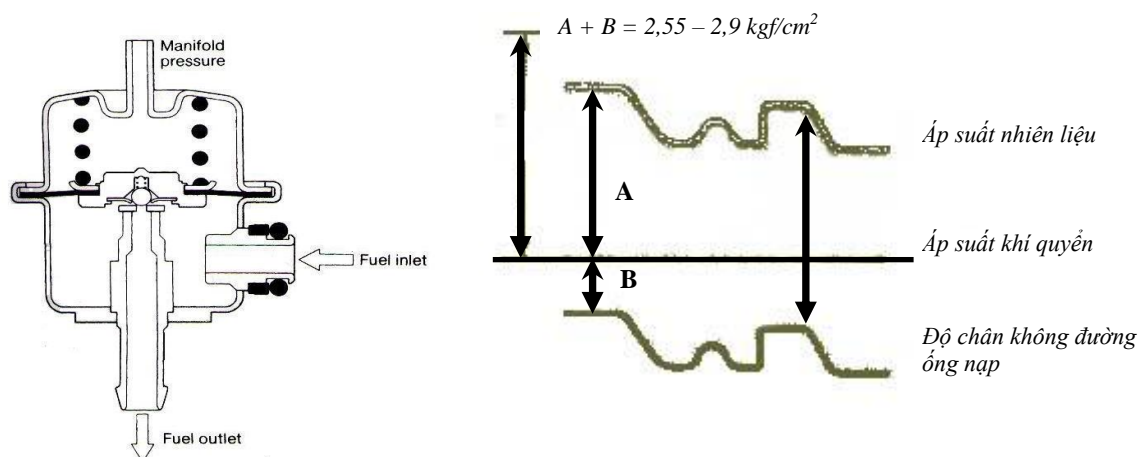
g. Bộ ổn định áp suất (điều áp)

Bộ ổn định áp suất làm ổn định áp suất nhiên liệu đến các kim phun. Lượng phun nhiên liệu được điều khiển bằng thời gian của tín hiệu cung cấp đến các kim phun. Mặc dù vậy, do sự thay đổi độ chân không trong đường ống nạp, lượng nhiên liệu phun ra sẽ thay đổi và phụ thuộc vào lực hút ở đáy kim nếu áp suất nhiên liệu trên đầu kim không đổi. Do đó, để đạt được lượng phun nhiên liệu chính xác, tổng áp suất nhiên liệu A và độ chân không đường ống nạp B hay độ chênh áp giữa đầu kim và đáy kim phải được giữ không đổi.

h. Hoạt động

Nhiên liệu có áp suất từ ống phân phối sẽ tác động vào màng của điều áp làm mở van. Một phần nhiên liệu sẽ chảy trở lại bình chứa qua đường ống hồi. Lượng nhiên liệu trở về phụ thuộc vào độ căng của lò xo màng. Áp suất nhiên liệu cũng thay đổi theo lượng nhiên liệu hồi.

Áp thấp trên đường ống nạp được dẫn vào buồng phía lò xo màng, làm giảm sức căng lò xo và tăng lượng nhiên liệu hồi khiến áp suất giảm. Nói tóm lại, khi độ chân không của đường nạp tăng lên (giảm áp), áp suất nhiên liệu chỉ giảm tương ứng với sự giảm áp suất đó. Vì vậy, tổng áp suất của nhiên liệu A và độ chân không đường nạp B được duy trì không đổi.



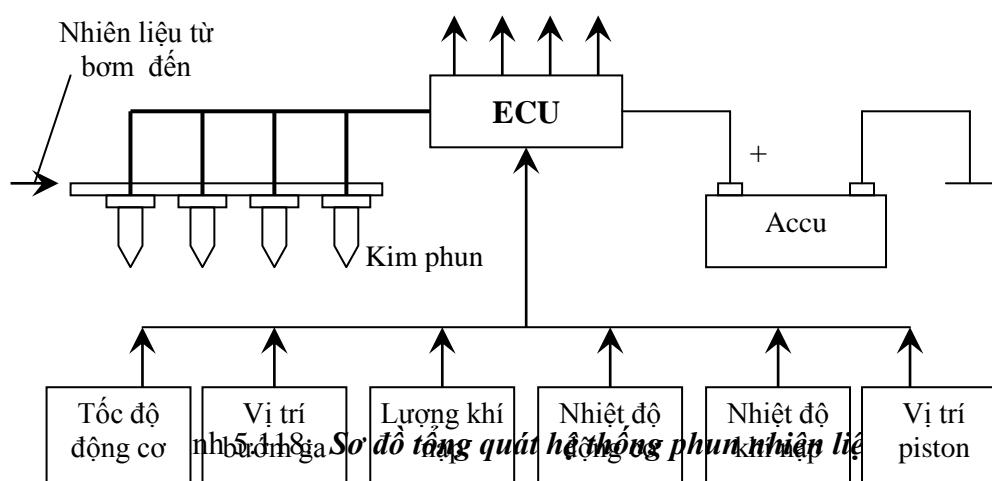
Hình 5.117: Bộ điều áp và đặc tính hoạt động

Van tự động đóng lại nhờ lò xo, khi bơm nhiên liệu ngừng hoạt động. Kết quả là van một chiều bên trong bơm nhiên liệu và van bên trong điều áp duy trì áp suất dư trong đường ống nhiên liệu.

B. Điều khiển kim phun

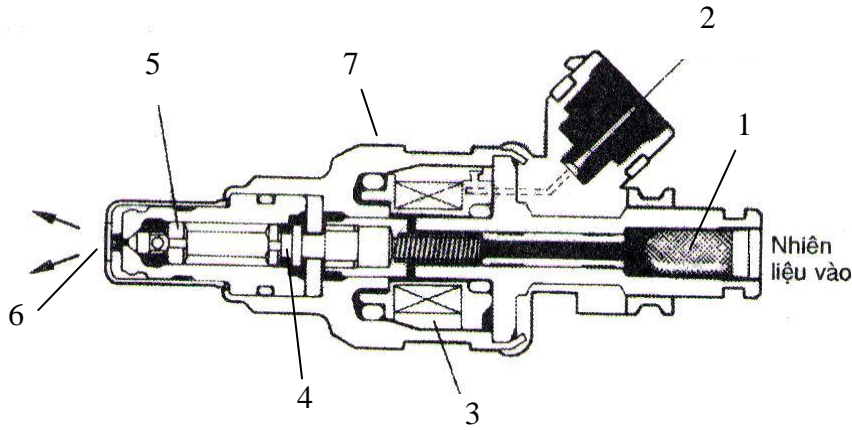
a. Nguyên lý kết cấu kim phun

Sơ đồ tổng quát của hệ thống điều khiển kim phun được trình bày trên hình 5.118.



b. Kết cấu một kim phun

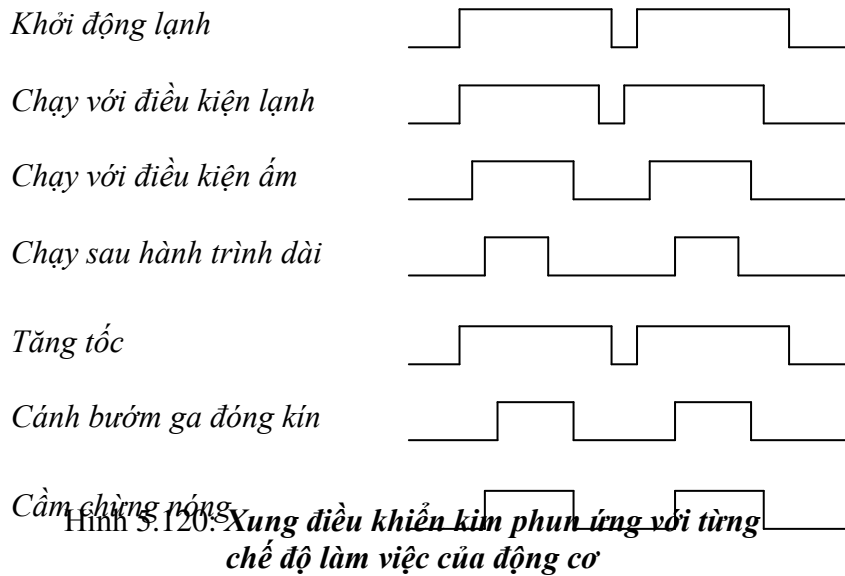
Theo hình 5.119 cấu tạo của kim gồm : 1. Bộ lọc: bảo đảm nhiên liệu đi vào kim phun phải thật sạch; 2. Giắc cắm: nối với mạch điện điều khiển; 3. Cuộn dây: tạo ra từ trường khi có dòng điện; 4. Ty kim: tác động đến sự đóng mở của van kim; 5. Van kim: đóng kín vòi phun, khi có dòng điện sẽ bị nhấc lên cho nhiên liệu phun ra; 6. Vòi phun: định góc phun và xé toạt nhiên liệu; 7. Vỏ kim.



Hình 5.119: **Kết cấu kim phun**

c. Hoạt động của kim phun

Trong quá trình hoạt động của động cơ, ECU liên tục nhận được những tín hiệu đầu vào từ các cảm biến. Qua đó, ECU sẽ tính ra thời gian mở kim phun. Quá trình mở và đóng của kim phun diễn ra ngắt quãng. ECU gửi tín hiệu đến kim phun trong bao lâu phụ thuộc vào độ rộng xung. Hình 5.120 cho thấy độ rộng xung thay đổi tùy theo chế độ làm việc của động cơ. Giả sử cánh bướm ga mở lớn khi tăng tốc thì cần nhiều nhiên liệu hơn. Do đó ECU sẽ tăng chiều dài xung. Điều này có nghĩa là ty kim sẽ giữ lâu hơn trong mỗi lần phun để cung cấp thêm một lượng nhiên liệu.



Hình 5.120: **Xung điều khiển kim phun ứng với từng chế độ làm việc của động cơ**

Khi dòng điện đi qua cuộn dây của kim phun sẽ tạo một lực từ đủ mạnh để thắng sức căng lò xo, thắng lực trọng trường của ty kim và thắng áp lực của nhiên liệu đè lên kim, kim sẽ được nhích khỏi bề khoảng 0.1 mm nên nhiên liệu được phun ra khỏi kim phun.

Nếu ta gọi:

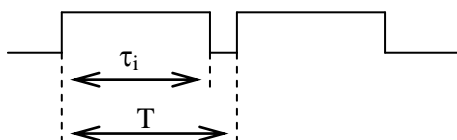
Q: lượng nhiên liệu phun ra khỏi kim.

T: chu kỳ xung.

τ_i : độ dài xung.

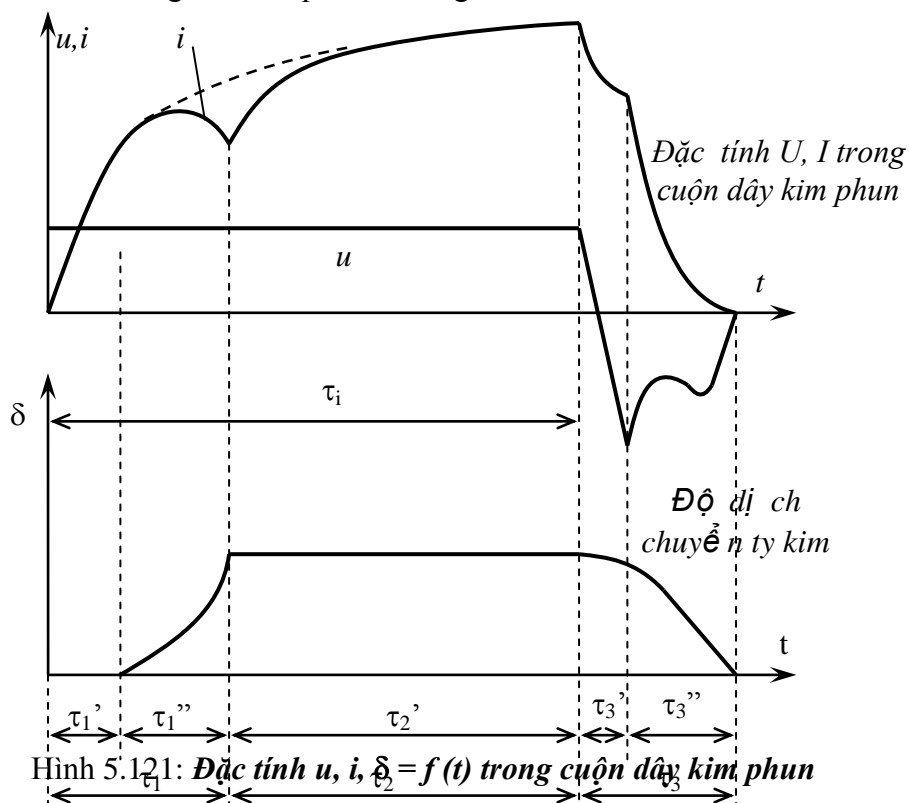
Thì Q sẽ được tính bởi công thức:

$$Q = \int_0^T q(\tau) d\tau$$



d. Quá trình hoạt động

Trên hình 5.121 trình bày đồ thị biểu diễn điện áp, cường độ dòng điện và thời gian mở kim thực tế theo thời gian. Căn cứ vào đồ thị này ta có thể chia quá trình hoạt động của kim phun làm 3 giai đoạn cụ thể như sau:



Hình 5.121: **Đặc tính $u, i, \delta_2 = f(t)$ trong cuộn dây kim phun**

Như ta đã biết cường độ dòng điện qua kim tuân theo qui luật:

$$i = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right)$$

Trong đó:

R : tổng trở kim

L : độ tự cảm của kim phun

U : điện áp đặt vào mạch

* **Giai đoạn 1:** Trong thời gian τ_1 (từ lúc ty kim được nâng lên hết cỡ).

Giai đoạn 1a: Thời gian τ_i , mặc dù có hiệu thế đặt vào nhưng ty kim vẫn chưa nhấc lên được. Khi dòng điện đạt giá trị I_m để $F_{lực từ} > F_{cản}$, ty bắt đầu di chuyển. Kết thúc giai đoạn 1a.

Giai đoạn 1b: Thời gian τ_l : độ dịch chuyển kim đạt giá trị cực đại, cường độ dòng qua kim giảm đột ngột do sức điện động tự cảm tăng do L tăng.

* **Giai đoạn 2:** Độ mở của kim vẫn giữ nguyên, sức điện động tự cảm giảm, dòng tăng lên như hình vẽ.

Trường hợp kim bị kẹt sẽ không có dịch chuyển, làm μ_0 không tăng dẫn tới sức điện động tự cảm không tăng nhưng dòng vẫn tăng như nét chấm gạch.

* **Giai đoạn 3:** Transistor điều khiển đóng nhưng do cuộn dây có sức điện động tự cảm nên khi ngắt điện đột ngột tạo thành mạch dao động. Do đó, trong thời gian τ_3 , vẫn giữ mức mở nào đó do sức điện động tự cảm. Sau đó sức căng lò xo làm đóng ty kim lại.

Kết luận: từ quá trình hoạt động của kim phun chúng ta nhận thấy thời gian τ_1 và τ_3 là không thể điều chỉnh; thời gian này có tên gọi là thời gian chết (*dead time*), còn τ_2 thì có thể thay đổi. Do đó để đảm bảo độ chính xác về thời điểm và thời gian phun của quá trình phun nhiên liệu, chúng ta phải tìm cách giảm τ_1 và τ_3 đến mức thấp nhất, có nghĩa là phải tăng độ nhạy kim.

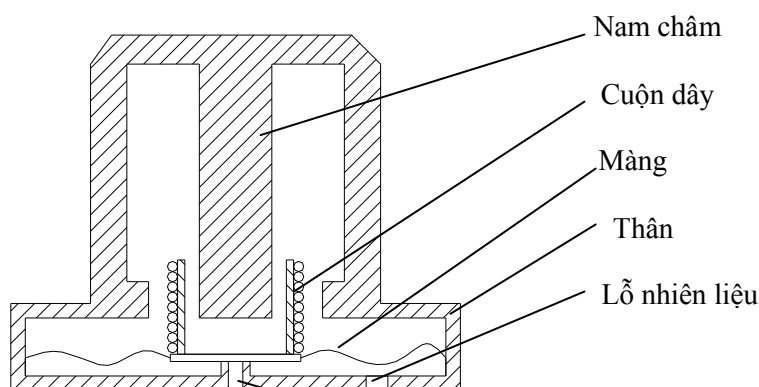
e. Các biện pháp tăng độ nhạy của kim phun

Nếu ta gởi đến cuộn dây kim phun một xung điện trong thời gian t_i , ty kim dưới tác động của lực điện từ, thắng sức căng lò xo và áp lực nhiên liệu đến, kim sẽ được nhắc lên và nhiên liệu sẽ được phun vào xupap nạp. Nhờ độ chênh lệch áp suất trong hệ thống được giữ không đổi nên lượng nhiên liệu trong quá trình phun qua tiết diện lỗ phun sẽ phụ thuộc vào thời gian kim mở t_j . Trong trường hợp lý tưởng $t_i = t_j$.

Trong quá trình thiết kế kim phun đã xuất hiện những khó khăn. Khi bề dài xung điều khiển khoảng $1-10\text{ ms}$ thì quán tính cơ học và quán tính điện từ bắt đầu ảnh hưởng lên hoạt động của kim phun (phụ thuộc vào độ tự cảm của cuộn dây, khối lượng của ty kim và các yếu tố khác nhau như áp lực nhiên liệu, ma sát). Kết quả là trên thực tế, ty kim mở và đóng không đồng thời với sự bắt đầu và kết thúc xung điều khiển. Ngoài ra, trong các kiểu phun gián đoạn có thể xuất hiện xung chấn động trong đường ống cũng là nguyên nhân tác động nên lượng nhiên liệu qua kim phun. Rõ ràng là các hiện tượng trên cũng ảnh hưởng đến lượng xăng phun. Để tăng độ chính xác của kim phun, ngoài các biện pháp như chế tạo ty kim bằng hợp kim nhẹ dẫn từ, mắc điện trở phụ kiểm soát bằng dòng, còn có những biện pháp tăng độ nhạy như sau:

- Dùng vật liệu áp điện
- Dùng nam châm vĩnh cửu.

Nhiên liệu đi vào lỗ dầu đi vào khoang A của kim, áp lực trên màng cân bằng và ty kim chỉ tì vào đáy bằng một lực nhỏ do lực đàn hồi của màng và sự chênh lệch bên trên và bên dưới do sự khác biệt diện tích khi tác động lên cuộn dây một xung thuận (từ trường do cuộn dây sinh ra ngược chiều với nam châm vĩnh cửu) cuộn dây bị hút lên và ty kim mở ra. Khi ngắt xung điều khiển có thể dùng thiết bị đổi chiều tự động để lực tác dụng ngược lại.

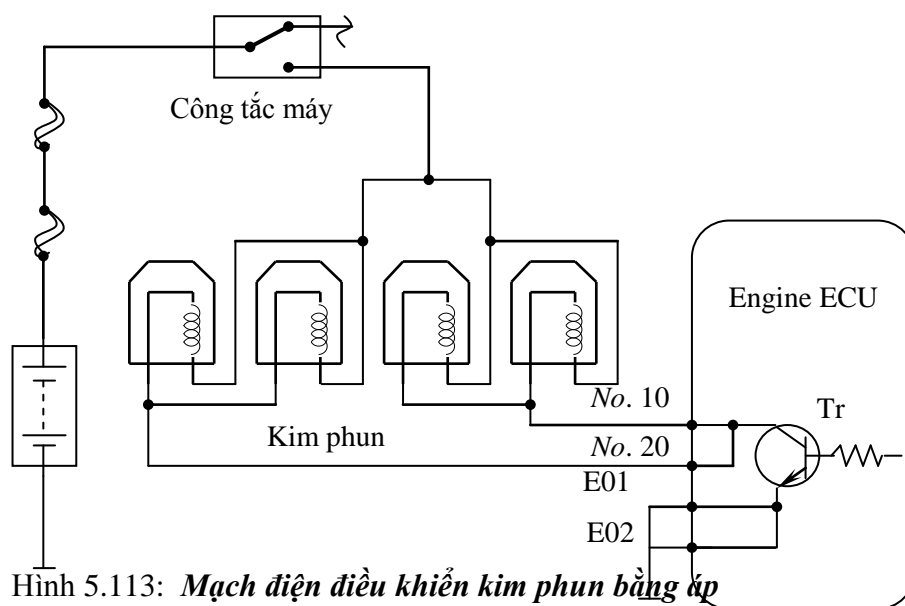


Hình 5.112: *Biện pháp tăng độ chính xác trong hoạt động của kim phun*

f. Phương pháp điều khiển kim phun

- * *Phương pháp điều khiển kim phun bằng điện áp cho loại kim phun điện trở cao*

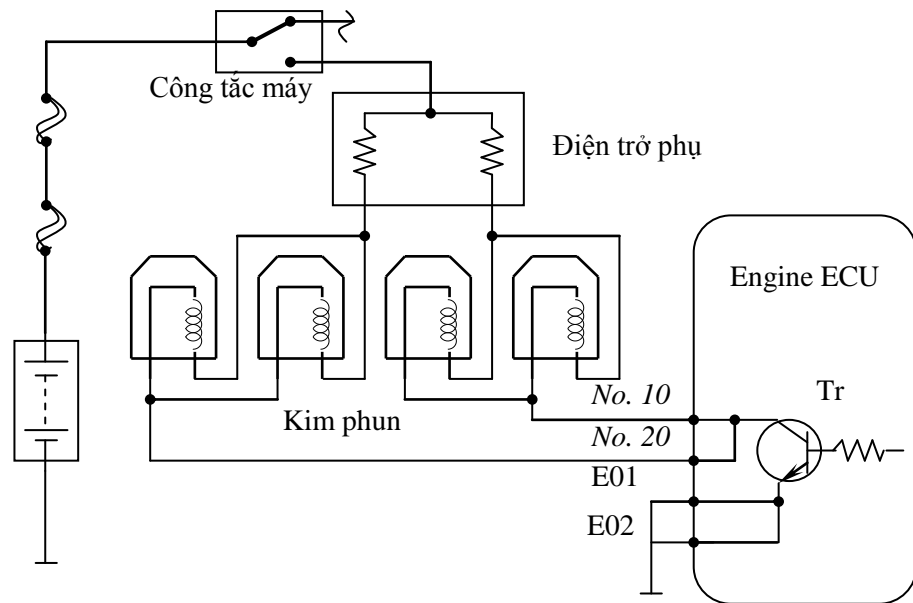
Điện áp accu cung cấp trực tiếp đến kim phun qua công tắc máy. Khi transistor Tr trong ECU mở sẽ có dòng chạy qua kim phun, qua chân N_{o10} , N_{o20} đến E_{01} , E_{02} về mass. Trong khi Tr mở, dòng điện chạy qua kim phun làm nhấc ty kim và nhiên liệu được phun vào trước supap nạp.



Hình 5.113: *Mạch điện điều khiển kim phun bằng áp*

Mạch điện hình 6.123 minh họa phương pháp điều khiển này với kiểu phun đồng loạt.

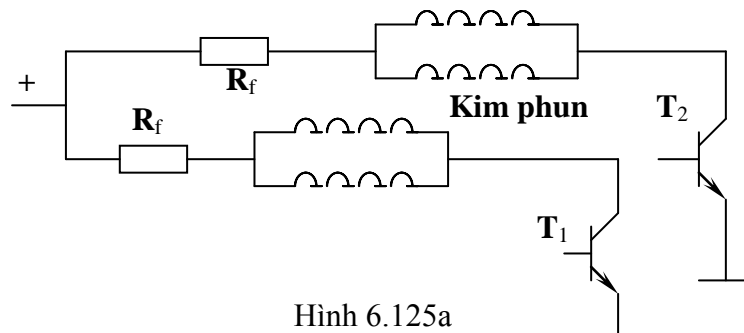
* **Phương pháp điều khiển kim phun bằng áp cho loại kim phun điện trở thấp**



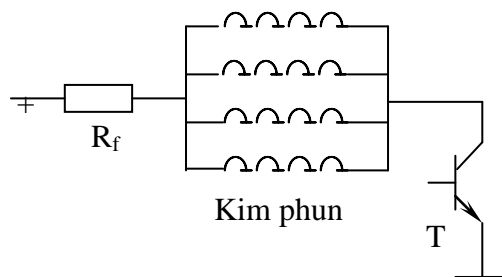
Hình 6.124: **Mạch điện kim phun có điện trở thấp**

Mạch điện làm việc tương tự như loại trên nhưng vì sử dụng kim phun có điện trở thấp nên một điện trở phụ R_f được mắc giữa công tắc máy và kim phun để hạn dòng.

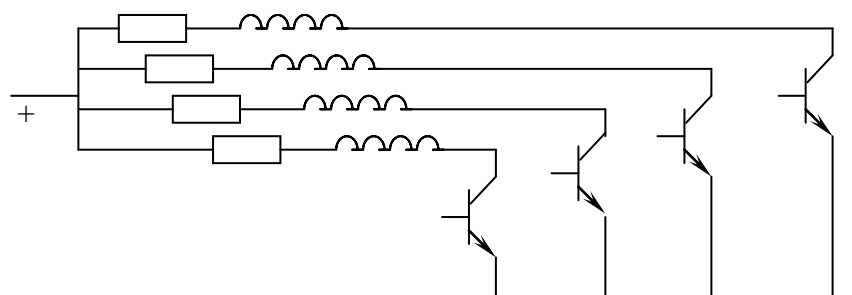
Lưu ý: Có nhiều cách mắc điện trở phụ như hình 6.125.



Hình 6.125a



Hình 6.125b



Hình 6.125c:

- a) Một điện trở phụ cho hai cuộn dây kim
- b) Một điện trở phụ cho ba cuộn dây kim
- c) Một điện trở phụ cho từng cuộn dây kim

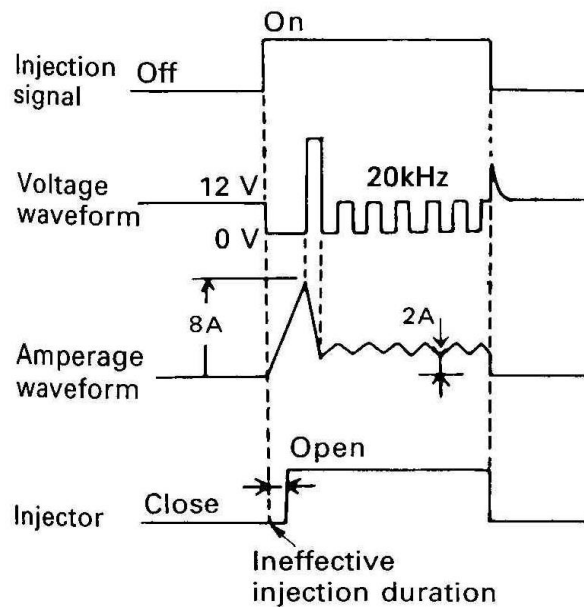
Hình 6.125: *Các cách mắc điện trở phụ cho kim phun có điện trở thấp*

g. Phương pháp điều khiển bằng dòng

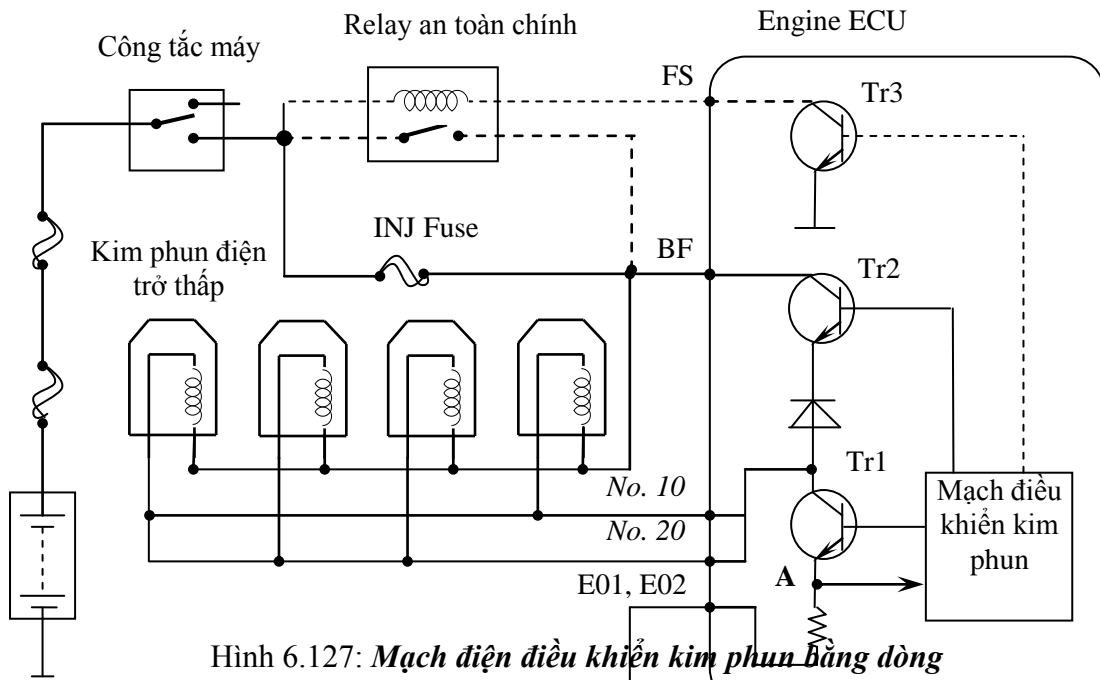
Trong phương pháp này, một kim phun có điện trở thấp được gắn trực tiếp với nguồn dòng được điều khiển trực tiếp bằng cách đóng mở transistor trong ECU.

Khi có xung đưa đến cuộn dây của kim phun, một dòng 8A chạy qua, gây nên sự tăng dòng đột ngột. Điều này làm cho van kim mở nhanh, nhờ đó cải thiện được sự đáp ứng quá trình phun và giảm thời gian phun không điều khiển được.

Trong khi ty kim được giữ, dòng được giảm xuống còn 2A giảm sự tiêu hao công suất do sinh nhiệt.

Hình 6.126: *Phương pháp điều khiển kim phun bằng dòng*

Mạch điện điều khiển hoạt động này được miêu tả như hình sau đây:

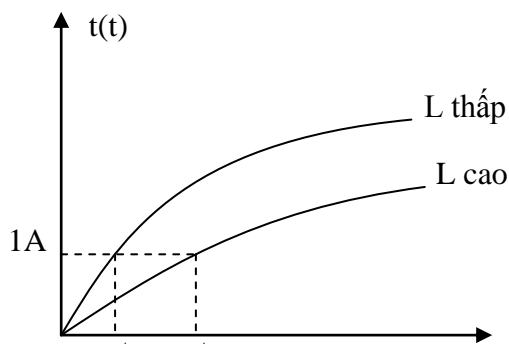


Hình 6.127: **Mạch điện điều khiển kim phun bằng dòng**

Khi công tắc máy bật ở vị trí ON, relay an toàn chính mở nhờ nối mass ở mạch điều khiển kim phun thông qua đầu nối FS của ECU. Điều này làm Tr₁ trong ECU mở cho dòng chạy đến cuộn dây kim phun.

Dòng điện chạy qua kim cho đến khi điện thế tại điểm A tiến đến giá trị nào đó thì Tr₁ sẽ đóng. Sự đóng mở Tr₁ được lập đi lập lại với tần số khoảng 20 kHz trong suốt thời gian phun. Bằng cách này, dòng đến cuộn kim phun được kiểm soát (khi điện áp đầu +B là 14V, dòng trong kim là 8A, khi ty kim bị giữ dòng trong kim khoảng 2A). Tr₂ hấp thụ sức điện động tự cảm xuất hiện trên kim phun khi Tr₁ đang đóng mở, vì vậy ngăn ngừa được sự giảm dòng đột ngột.

h. Giải thích việc mắc điện trở phụ



Hình 6.128: **Đồ thị biểu thị sự ảnh hưởng của độ tự cảm L**

Từ đồ thị chúng ta nhận thấy, cuộn dây có độ tự cảm L sẽ tạo ra sức điện động tự cảm chống lại dòng điện, cho nên khi L cao thì có sự cản dòng nhiều, làm đường cong L(t) thoải hơn, dẫn đến thời điểm mở kim trễ hơn, vì vậy thời gian phun ngắn lại, không đủ nhiên liệu cung cấp cho động cơ ở tốc độ cao.

Vì vậy, để khắc phục hiện tượng này, người ta dùng cuộn dây kim phun có số vòng dây ít hơn (vì $L = \mu \cdot \mu_0 \cdot \omega$) để L giảm và đường kính dây lớn hơn để tăng

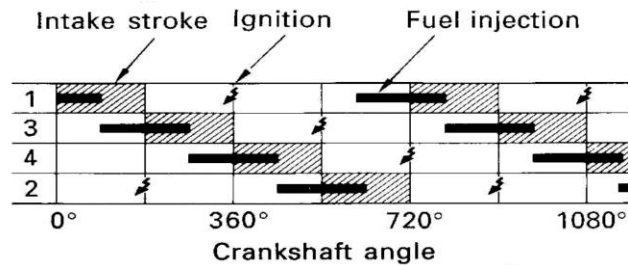
độ nhạy của kim phun. Mà ta biết : $R = \rho \frac{l}{S}$. Do đó R giảm. Vì vậy, để hạn chế dòng qua cuộn dây người ta mắc thêm một điện trở phụ.

i. Chức năng của ECU trong việc điều khiển kim phun

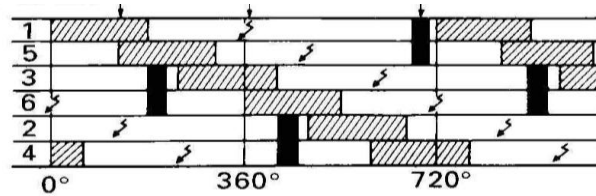
*** Phương pháp phun và thời điểm phun**

Phương pháp phun bao gồm các phương pháp phun đồng thời, nhóm 2 xylanh, nhóm 3 xylanh hay phun độc lập cho từng kim. Phương pháp và thời điểm phun được mô tả như các sơ đồ dưới đây:

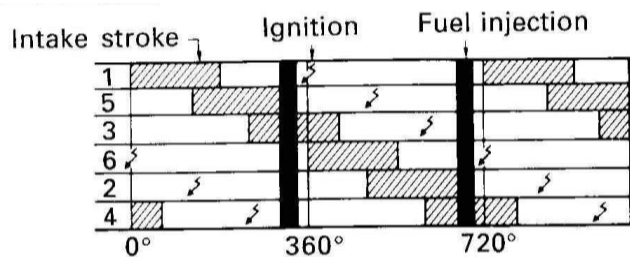
Phun độc lập:



Phun nhóm:



Phun đồng loạt:



Hình 6.129: Các phương pháp phun và thời điểm phun

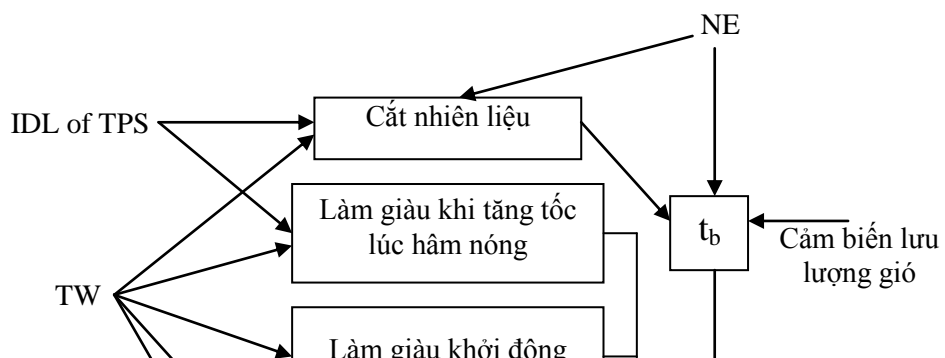
*** Điều khiển thời gian phun nhiên liệu**

Thời gian phun nhiên liệu thực tế được xác định bởi hai đại lượng:

- t_b : thời gian phun cơ bản (dựa chủ yếu vào lượng khí nạp và tốc độ động cơ)
- t_c : thời gian điều chỉnh (dựa vào các cảm biến còn lại)

$$t_c + t_b = t_i$$

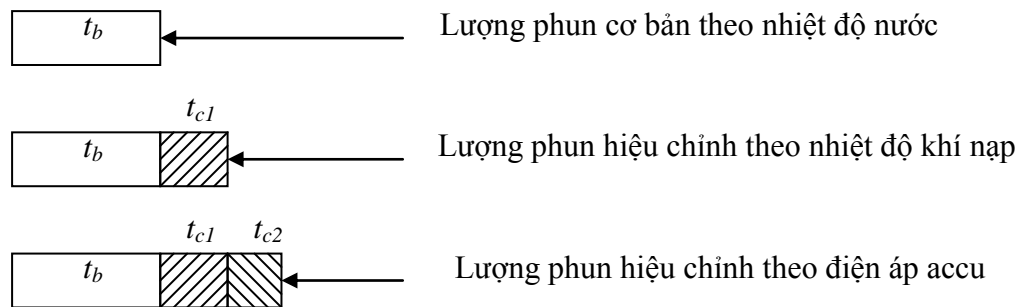
Tuy nhiên, trong quá trình khởi động động cơ thời gian phun nhiên liệu được xác định theo cách khác, bởi vì lượng khí nạp không ổn định.



Hình 6.130: **Điều khiển thời gian phun nhiên liệu**

*** Điều khiển kim phun khi khởi động**

Trong quá trình khởi động, rất khó xác định chính xác lượng khí nạp vào, do có sự thay đổi lớn về tốc độ động cơ. Vì lý do này, ECU lấy từ trong bộ nhớ thời gian phun cơ bản cho phù hợp với nhiệt độ động cơ không tính đến lượng khí nạp vào. Sau đó cộng thêm thời gian hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp và điện áp accu để tạo ra thời gian phun thực tế t_i .



Hình 6.131: **Điều khiển kim phun khi khởi động**

*** Điều khiển sau khởi động**

Sau thời gian khởi động động cơ, ECU sẽ xác định thời gian phun bằng cách:

$$t_i = t_b + t_c + t_{accu}$$

Trong đó:

t_c : chịu ảnh hưởng bởi: nhiệt độ nước làm mát, nhiệt độ khí nạp, cảm biến bướm ga....

t_b : chịu ảnh hưởng bởi tín hiệu lượng gió và tốc độ của động cơ.

j. Thời gian phun cơ bản

• Loại D-Jetronic dùng MAP sensor

Thời gian phun cơ bản được xác định bởi áp suất đường ống nạp và tốc độ động cơ. Bộ nhớ bên trong của ECU chứa dữ liệu về thời gian phun cơ bản khác nhau.

- **Loại L-Jetronic:** dùng cảm biến đo lưu lượng gió (air flow meter): thời gian phun cơ bản được xác định bởi thể tích của lượng khí đi vào và tốc độ động cơ:

$$t_b = K \frac{G_k}{N_e}$$

Trong đó: G_k : lượng khí nạp;

N_e : tốc độ động cơ;

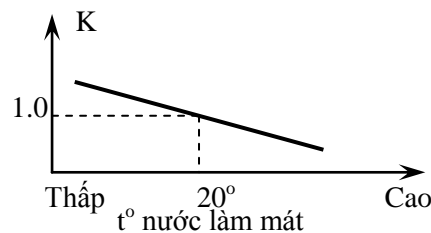
K: hệ số điều chỉnh.

k. Sự hiệu chỉnh thời gian phun

ECU luôn được thông báo về điều kiện vận hành của động cơ mọi lúc bằng những tín hiệu từ cảm biến và hình thành xung hiệu chỉnh khác nhau trong thời gian phun thực tế của động cơ.

m. Sự hiệu chỉnh theo nhiệt độ khí nạp

Hệ số hiệu chỉnh:



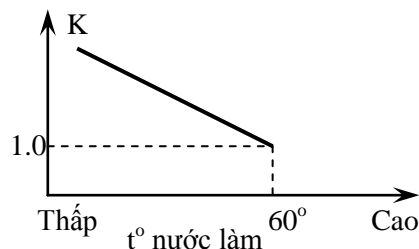
Hình 6.132: **Đặc tính hiệu chỉnh bởi nhiệt độ khí nạp**

Mật độ khí nạp thay đổi theo nhiệt độ. Vì lý do này, ECU phải biết thật chính xác về nhiệt độ khí nạp để có thể điều chỉnh thời gian phun nhằm duy trì tỉ lệ hòa khí mà động cơ yêu cầu. ECU xem 20°C là nhiệt độ chuẩn và tăng giảm lượng nhiên liệu phụ thuộc vào thay đổi nhiệt độ khí nạp so với nhiệt độ này.

Sự hiệu chỉnh dẫn đến sự tăng hoặc giảm lượng phun nhiên liệu tối đa vào khoảng 10% (đối với loại đo gió kiểu Karman có thể tới 20%).

n. Sự làm giàu nhiên liệu khi khởi động

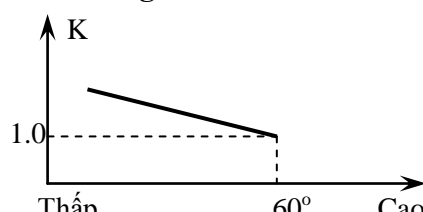
Hệ số hiệu chỉnh:



Hình 6.133: **Sự hiệu chỉnh làm giàu sau khi khởi động**

Ngay sau khi khởi động, ECU điều khiển phun thêm một lượng nhiên liệu phụ trong một giai đoạn xác định trước, để hỗ trợ việc ổn định sự vận hành của động cơ. Sự hiệu chỉnh làm giàu sau khởi động ban đầu này được xác định bởi nhiệt độ nước làm mát. Khi nhiệt độ thấp sự làm giàu về cơ bản sẽ tăng gấp đôi số lượng nhiên liệu phun vào.

o. Sự làm giàu hâm nóng



Hình 6.134: *Sự làm giàu hâm nóng*

Khi sự bốc hơi nhiên liệu không tốt lúc trời lạnh, động cơ sẽ hoạt động không ổn định nếu không được cung cấp một hỗn hợp giàu xăng. Vì lý do này, khi nhiệt độ nước làm mát thấp, cảm biến nhiệt độ gửi tín hiệu đến ECU để hiệu chỉnh tăng lượng nhiên liệu phun, cho đến khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ đã được xác định trước (60°C).

p. Sự làm giàu đầy tải

Khi động cơ hoạt động ở chế độ đầy tải, lượng nhiên liệu phun vào tăng lên tùy theo tải để đảm bảo sự vận hành của động cơ. Tùy theo loại động cơ mà tín hiệu đầy tải được lấy từ góc mở của bướm ga (loại tuyến tính) hay thể tích khí nạp. Sự làm giàu này có thể tăng 10-30% tổng lượng nhiên liệu.

q. Sự hiệu chỉnh tỉ lệ hoà khí trong quá trình thay đổi tốc độ

Quá trình thay đổi tốc độ ở đây có nghĩa là lúc động cơ tăng hoặc giảm tốc. Trong suốt quá trình thay đổi, lượng nhiên liệu phun vào phải được tăng hay giảm để đảm bảo sự vận hành chính xác của động cơ.

r. Sự hiệu chỉnh lúc tăng tốc

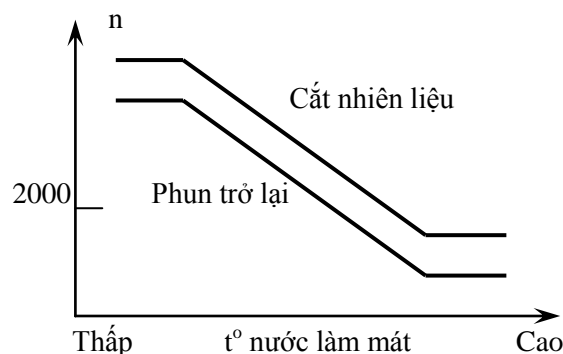
Khi ECU nhận ra sự tăng tốc của động cơ dựa vào tín hiệu từ cảm biến bướm ga, lượng nhiên liệu phun được tăng lên để cải thiện sự hoạt động tăng tốc của động cơ.

s. Sự hiệu chỉnh lúc giảm tốc

Khi ECU nhận ra sự giảm tốc, nó giảm lượng nhiên liệu phun vào khi cần thiết để ngăn ngừa hỗn hợp quá đậm trong suốt quá trình giảm tốc.

t. Sự cắt nhiên liệu

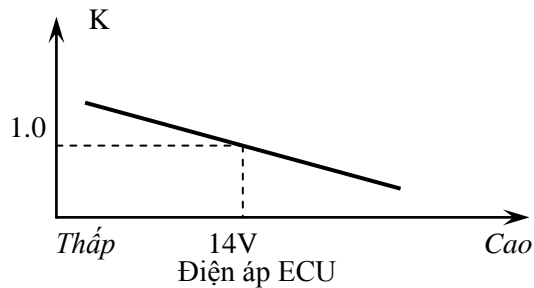
Cắt nhiên liệu khi giảm tốc: Trong quá trình giảm tốc độ, nếu bướm ga đóng hoàn toàn, ECU ngắt kim phun để cải thiện tính kinh tế nhiên liệu và giảm đáng kể lượng khí thải. Khi tốc độ động cơ giảm xuống dưới một tốc độ ấn định hoặc cánh bướm ga mở, nhiên liệu được phun trở lại. Tốc độ động cơ ngắt nhiên liệu và tốc độ động cơ khi phun nhiên liệu trở lại sẽ cao hơn khi nhiệt độ nước làm mát thấp như trên đồ thị.



Hình 6.135: **Đồ thị biểu diễn sự cắt nhiên liệu**

Cắt nhiên liệu tại tốc độ động cơ cao: Để ngăn ngừa động cơ vượt tốc, kim phun sẽ ngừng phun nếu tốc độ động cơ tăng lên trên mức giới hạn. Sự phun nhiên liệu được phục hồi khi tốc độ động cơ giảm xuống dưới giới hạn.

u. Sự hiệu chỉnh theo điện áp accu

Hình 6.136: **Hiệu chỉnh lượng phun theo điện áp**

Có một sự trì hoãn giữa thời gian mà ECU gửi tín hiệu đến kim phun và thời gian phun thực tế. Sự trì hoãn càng dài thì thời gian mở của kim phun càng ngắn so với lượng đã tính toán trong ECU và lượng nhiên liệu phun bị giảm đi một ít, không đủ đáp ứng chế độ tải của động cơ. Do đó, cần phải có sự hiệu chỉnh thời gian nhắc kim theo điện áp.

Trong khi hiệu chỉnh theo điện áp, ECU bù trừ cho sự trì hoãn này bằng cách kéo dài thời gian tín hiệu mở kim phun thêm một đoạn tùy theo độ dài của đoạn trì hoãn.

v. Điều khiển kim phun khởi động lạnh

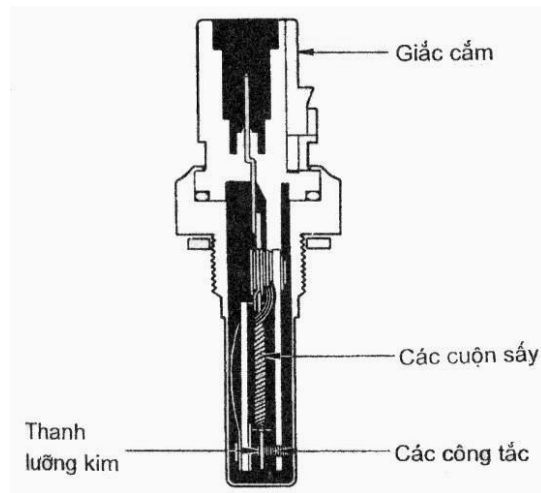
Khi động cơ khởi động, do nhiệt độ động cơ còn thấp nên cần có một lượng xăng để giúp cho động cơ khởi động. Lượng xăng này được phun trong một khoảng thời gian giới hạn phụ thuộc vào nhiệt độ động cơ. Quá trình này được xem như làm giàu xăng và hệ số dư lượng không khí $\lambda < 1$.

Việc làm giàu xăng khi khởi động được thực hiện bằng hai phương pháp:

- **Phương pháp 1:** Dùng công tắc nhiệt thời gian và kim phun khởi động lạnh.
- **Phương pháp 2:** Điều khiển khởi động nhờ ECU và cảm biến nhiệt độ động cơ.

* **Phương pháp 1: Cấu tạo công tắc nhiệt thời gian**

Công tắc nhiệt thời gian dùng để giới hạn thời gian phun của kim phun khởi động lạnh theo nhiệt độ.



Hình 6.137: **Công tắc nhiệt thời gian**

Công tắc nhiệt thời gian là một công tắc kiểu lưỡng kim nhiệt điện sẽ đóng hoặc mở tiếp điểm theo nhiệt độ của bản thân nó.

Nó gồm công tắc lưỡng kim đặt trong trụ ren rỗng được lắp ở nơi mà nhiệt độ động cơ ảnh hưởng nhiều nhất. Khi động cơ còn nguội, thanh lưỡng kim co lại và đóng công tắc. Khi động cơ nóng, thanh lưỡng kim giãn ra và ngắt công tắc.

Công tắc nhiệt thời gian quyết định khoảng thời gian mở của kim phun khởi động lạnh. Khoảng thời gian này phụ thuộc nhiệt độ động cơ và nhiệt độ môi trường.

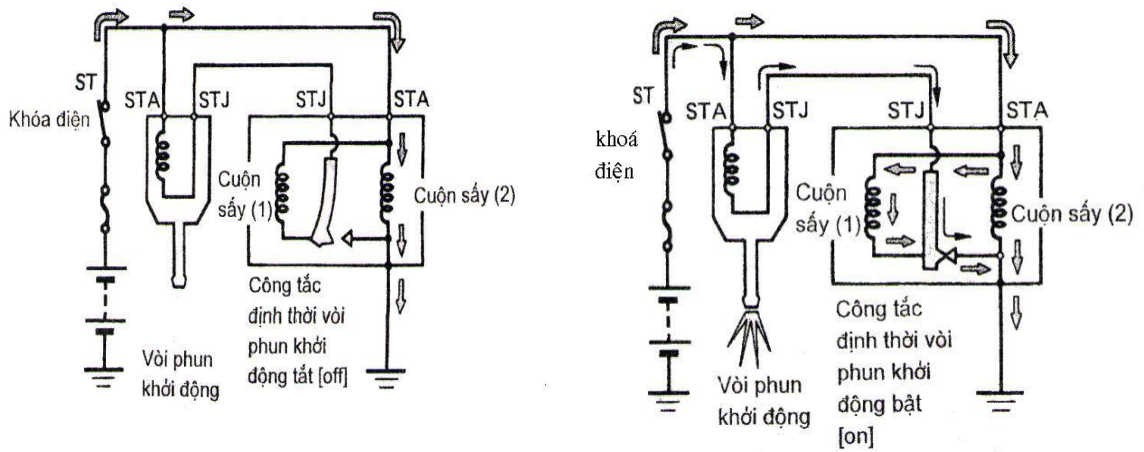
Việc tự nung nóng bằng dây nhiệt cần thiết để giới hạn thời gian kim phun khởi động mở, để tránh tình trạng động cơ bị quá dư xăng. Ví dụ: ở 20°C công tắc sẽ đóng trong 8s.

Khi động cơ đã nóng, công tắc luôn bị ngắt. Vì vậy, khi khởi động lúc động cơ nóng, kim phun khởi động lạnh không làm việc.

* **Mạch điện**

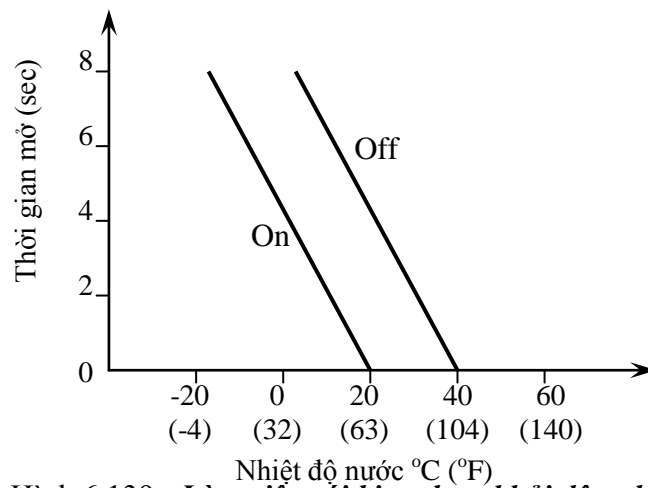
Khi động cơ còn lạnh, tiếp điểm đóng, bật công tắc máy sang vị trí ST, dòng điện đi như hình vẽ. Khi đó kim phun khởi động được nối mass qua tiếp điểm nên nó mở cho xăng phun vào đường ống nạp. Ngay sau đó, thanh lưỡng kim bị nung nóng và tách ra, ngắt kim phun.

Vì lý do nào đó động cơ khởi động quá lâu thì hai điện trở sưởi nóng số 1 và 2 sẽ nung nóng thanh lưỡng kim làm tiếp điểm mở ra, giới hạn thời gian mở kim phun khởi động.



Hình 6.138: Mạch điện công tắc nhiệt thời gian

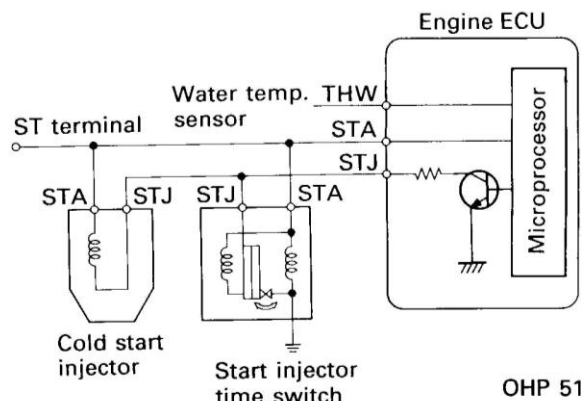
* Đường đặc tuyến



Hình 6.139 : Làm việc với kim phun khởi động lạnh

* Phương pháp 2

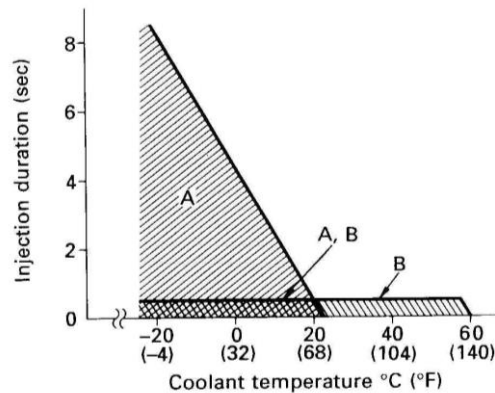
Ở loại này, việc điều khiển kim phun khởi động lạnh được thực hiện theo công tắc nhiệt thời gian và ECU.



Hình 6.140: Mạch điện kim phun khởi động lạnh

Sau khi khởi động, dây nhiệt bị nung nóng, làm mở tiếp điểm ngắt mass ở công tắc nhiệt thời gian. Lúc này, nếu nhiệt độ động cơ vẫn còn thấp, ECU lấy tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ nước và công tắc khởi động điều khiển mở transistor công suất trên đường STJ. Khi đó kim phun khởi động, được nối mass qua transistor, mở kim cho xăng phun vào đường ống nạp.

* **Đường đặc tuyến**



A: điều khiển bởi công tắc

B: điều khiển bởi ECU

A, B: điều khiển bởi công tắc và ECU

Hình 6.141: **Đường đặc tuyến làm việc của phương pháp 2**

6.6.3 Điều khiển chế độ không tải (cảm chùng) và kiểm soát khí thải

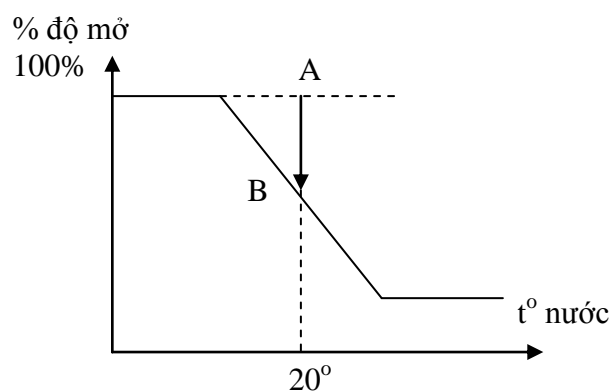
Để điều khiển tốc độ cảm chùng, người ta cho thêm một lượng gió đi tắt qua cánh bướm ga vào động cơ nhằm tăng lượng hỗn hợp để giữ tốc độ cảm chùng khi động cơ hoạt động ở các chế độ tải khác nhau. Lượng gió đi tắt này được kiểm soát bởi một van điện gọi là van điều khiển cảm chùng. Đôi khi biện pháp mở thêm cánh bướm ga cũng được sử dụng.

a. Chế độ khởi động

Khi động cơ ngưng hoạt động, tức không có tín hiệu tốc độ động cơ gửi đến ECU thì van điều khiển mở hoàn toàn, giúp động cơ khởi động lại dễ dàng.

b. Chế độ sau khởi động

Nhờ thiết lập trạng thái khởi động ban đầu, việc khởi động dễ dàng và lượng gió phụ vào nhiều hơn. Tuy nhiên, khi động cơ đã nổ (tốc độ tăng) nếu van vẫn mở lớn hoàn toàn thì tốc độ động cơ sẽ tăng quá cao. Vì vậy, khi động cơ đạt được một tốc độ nhất định (phụ thuộc vào nhiệt độ nước làm mát), ECU gửi tín hiệu đến van điều khiển cảm chùng để đóng từ vị trí mở hoàn toàn đến vị trí được ấn định theo nhiệt độ nước làm mát.

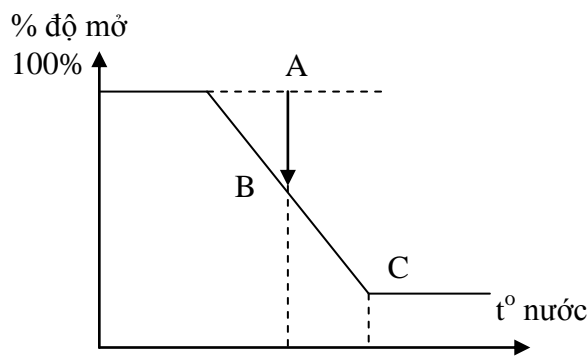


Hình 6.142: **Điều khiển cảm chùng ở chế độ sau khởi động**

Ví dụ động cơ khởi động khi nhiệt độ nước làm mát ở 20°C thì van điều khiển sẽ đóng dần từ vị trí mở hoàn toàn A đến điểm B để đạt tốc độ ổn định.

c. Chế độ hâm nóng

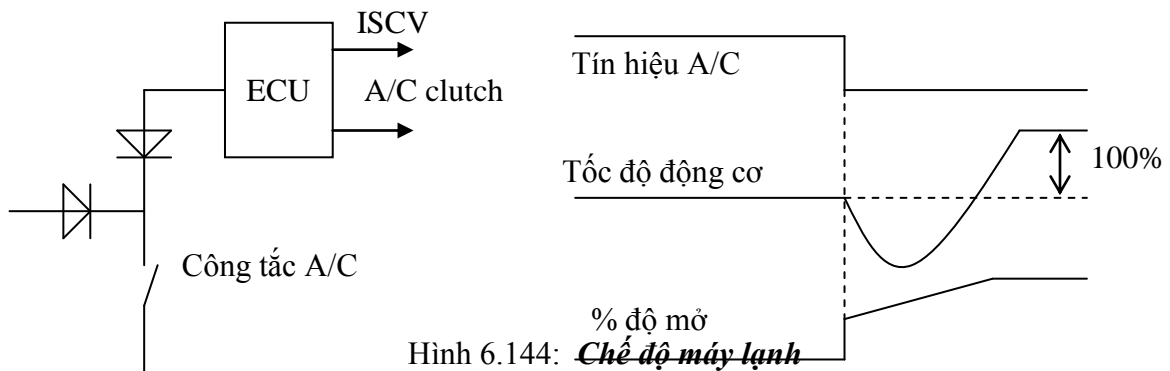
Khi nhiệt độ động cơ tăng lên, van điều khiển tiếp tục đóng từ B \rightarrow C cho đến khi nhiệt độ nước làm mát đạt 80°C .



Hình 6.143: **Điều khiển cảm chùng ở chế độ hâm nóng**

d. Chế độ máy lạnh

Khi động cơ đang hoạt động, nếu ta bật điều hoà nhiệt độ, do tải của máy nén lớn sẽ làm tốc độ cảm chùng động cơ tụt xuống. Nếu sự chênh lệch tốc độ thật sự của động cơ và tốc độ ổn định của bộ nhớ lớn hơn 20 v/p thì ECU sẽ gửi tín hiệu đến van điều khiển để tăng lượng khí thêm vào qua đường bypass nhằm mục đích tăng tốc độ động cơ khoảng 100 v/p . Ở những xe có trang bị ly hợp máy lạnh điều khiển bằng ECU, khi bật công tắc máy lạnh ECU sẽ gửi tín hiệu tới van điều khiển trước để tăng tốc độ cảm chùng sau đó đến ly hợp máy nén để tránh tình trạng động cơ đang chạy bị khựng đột ngột.

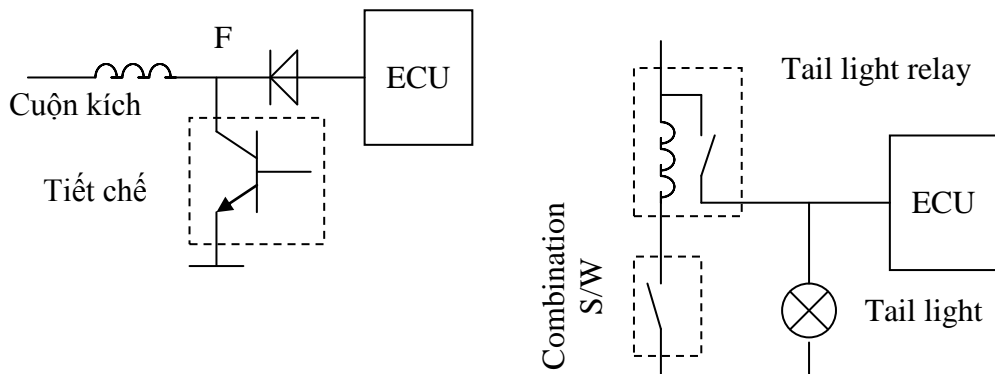


Hình 6.144: **Chế độ máy lạnh**

e. Theo tải máy phát

Khi bật các phụ tải điện công suất lớn trên xe, tải động cơ sẽ tăng do lực cản của máy phát lớn. Để tốc độ cảm chùng ổn định trong trường hợp này, ECU sẽ bù thêm nếu thấy tải của máy phát tăng. Để nhận biết tình trạng tải của máy phát có

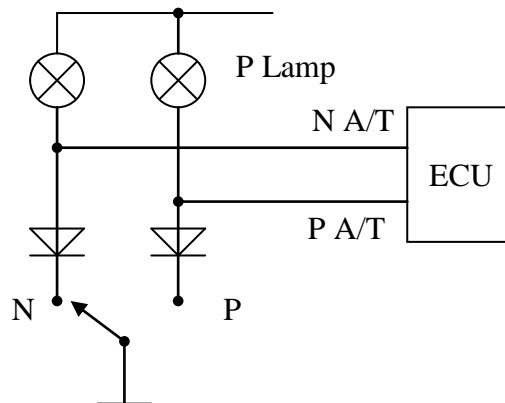
hai cách: lấy tín hiệu từ công tắc đèn, xông kính (TOYOTA) hoặc lấy tín hiệu từ cọc *FR* của máy phát (HONDA).



Hình 6.145: **Điều khiển cảm chùng theo tải máy phát**

f. Tín hiệu từ hộp số tự động

Khi tay số ở vị trí “R”, “P” hoặc “D”, một tín hiệu điện áp được gửi về ECU để điều khiển mở van cho một lượng khí phụ vào làm tăng tốc độ cảm chùng.

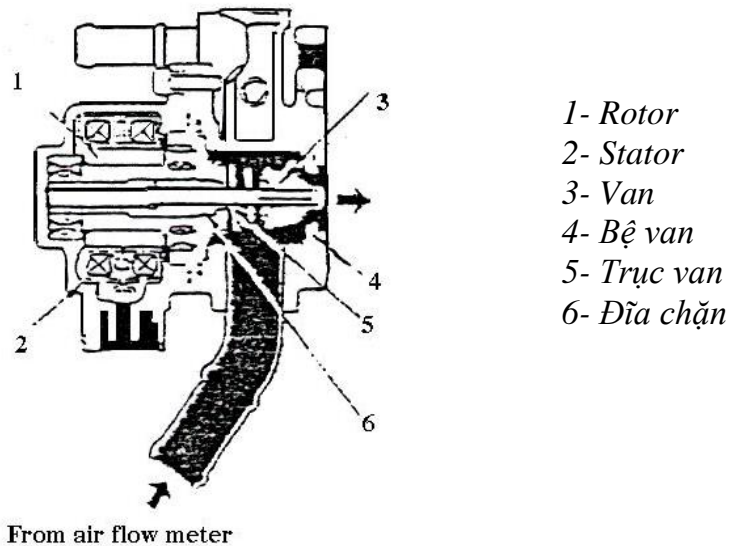


Hình 6.146: **Tín hiệu từ hộp số tự động**

g. Cấu tạo van điều khiển tốc độ cảm chùng

* **Kiểu motor bước (Stepper motor)**

Cấu tạo



Hình 6.147: *Cấu tạo của motor bước*

Van điều khiển trên hình 6.147 là loại motor bước. Motor này có thể quay cùng chiều hoặc ngược chiều kim đồng hồ để van di chuyển theo hướng đóng hoặc mở. Motor được điều khiển bởi ECU. Mỗi lần dịch chuyển là một bước, từ vị trí đóng hoàn toàn đến mở hoàn toàn có 125 bước (số bước có thể thay đổi). Việc di chuyển sẽ làm tăng giảm tiết diện cho gió qua. Lưu lượng gió đi qua van rất lớn nên ta không cần dùng van gió phụ trội cũng như vít chỉnh tốc độ cảm chùng cũng được vận hành hoàn toàn.

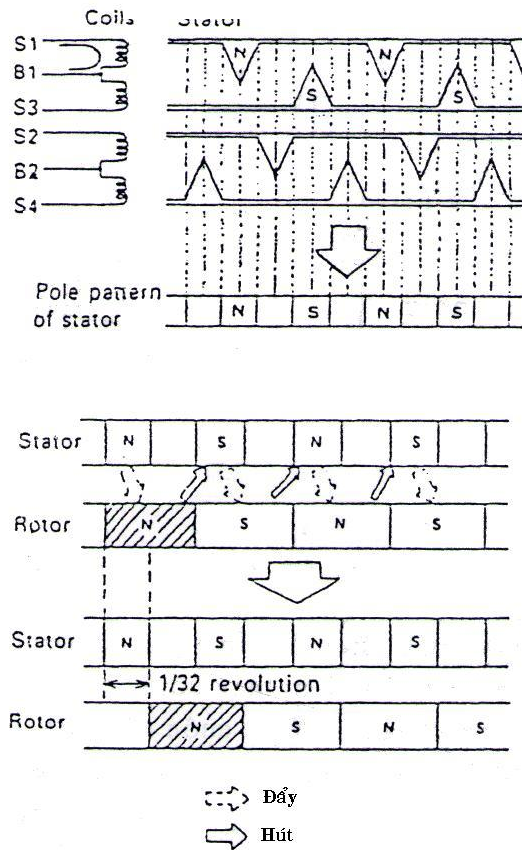
Rotor: gồm một nam châm vĩnh cửu 16 cực. Số cực phụ thuộc vào từng loại động cơ.

Stator: Gồm hai bộ lõi, 16 cực xen kẽ nhau. Mỗi lõi được quấn hai cuộn dây ngược chiều nhau.

*** Hoạt động**

ECU điều khiển các transistor lần lượt nối mass cho cuộn stator. Dựa vào nguyên lý: các cực cùng tên đẩy nhau, các cực khác tên hút nhau sẽ tạo ra một lực từ làm xoay rotor một bước. Chiều quay của rotor sẽ thay đổi nhờ sự thay đổi thứ tự dòng điện đi vào bốn cuộn stator. Với loại rotor và stator 16 cực, cứ mỗi lần dòng điện đi qua các cuộn dây thì rotor quay được 1/32 vòng.

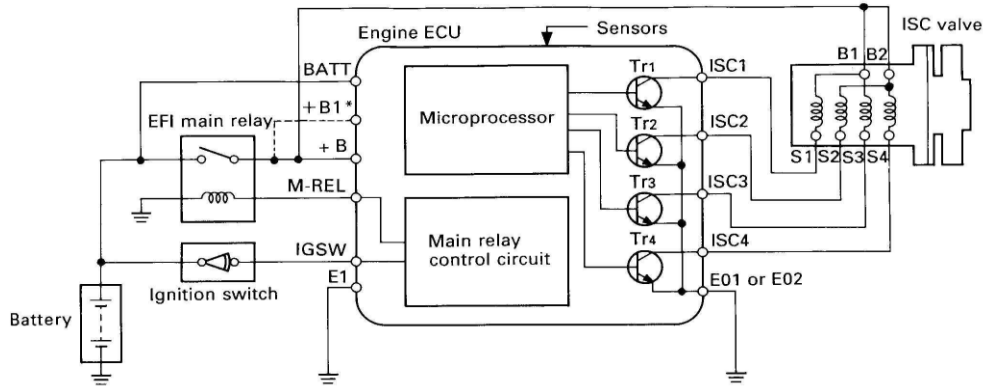
Vì trục van gắn liền với rotor nên khi rotor quay, trục van di chuyển ra vào làm giảm hoặc tăng khe hở giữa van với bộ van.



Hình 6.148: **Hoạt động của motor bước**

*** Mạch điện**

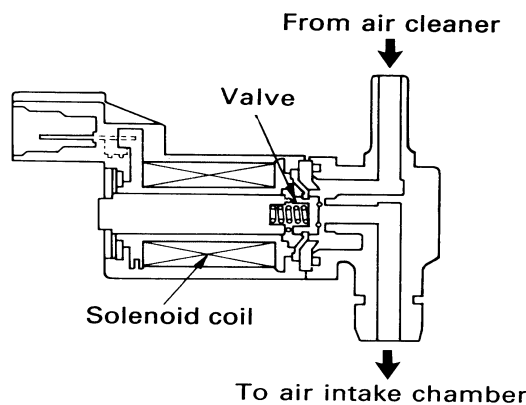
Tốc độ cảm chừng quy định đã được lưu trữ trong bộ nhớ theo trạng thái hoạt động của máy điều hòa và giá trị của nhiệt độ nước làm mát. Khi ECU nhận tín hiệu từ công tắc cánh bướm ga và tốc độ động cơ báo cho biết là đang ở chế độ cảm chừng thì nó sẽ mở theo thứ tự từ transistor Tr_1 đến Tr_4 cho dòng điện qua stator điều khiển mở hoặc đóng van cho đến khi đạt tốc độ ấn định.



Hình 6.149: Mạch điện của kiểu motor bước

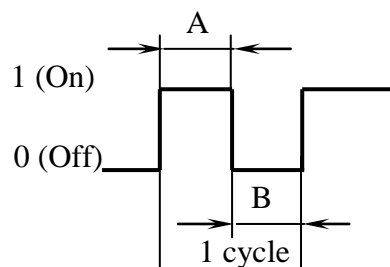
* Kiểu Solenoid

Cấu tạo như hình 6.150:



Hình 6.150: Cấu tạo của kiểu solenoid

Cuộn solenoid được ECU điều khiển theo độ hồng xung. Khi có tín hiệu, solenoid sẽ hoạt động làm thay đổi khe hở giữa van solenoid và bộ van cho gió vào nhiều hay ít. Cứ khoảng 120ms cuộn dây của van được nhận một xung điện (ON-OFF). Vì tần số đóng mở khá lớn nên có thể coi như các cuộn dây được cấp điện liên tục, song giá trị trung bình của dòng điện được tính bằng tỉ số giữa thời gian cấp điện (ON) và thời gian ngắt điện (OFF). Tỉ số này gọi là chỉ số làm việc W được tính theo công thức:



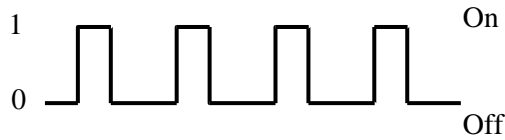
Hình 6.151: Dạng xung của kiểu Solenoid

Trong đó:

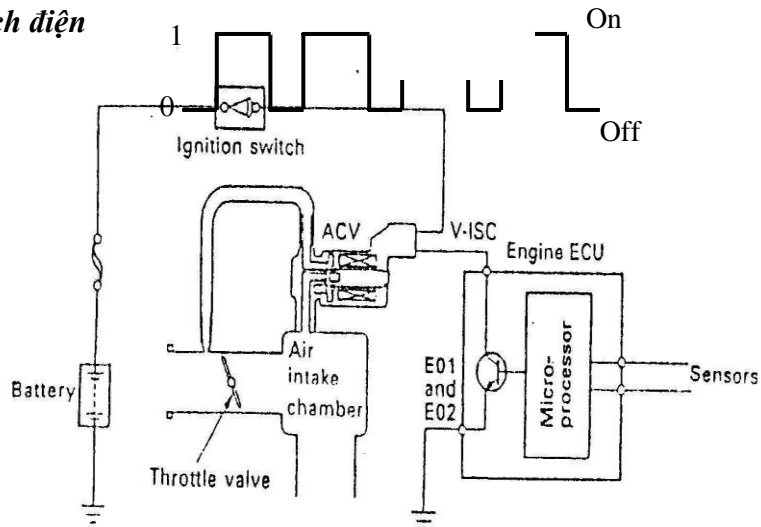
- A: có dòng (ON)
- B: không có dòng (OFF)

Nếu muốn van mở ít thì xung điều khiển có chỉ số làm việc W nhỏ và ngược lại.

a. Chỉ số làm việc thấp



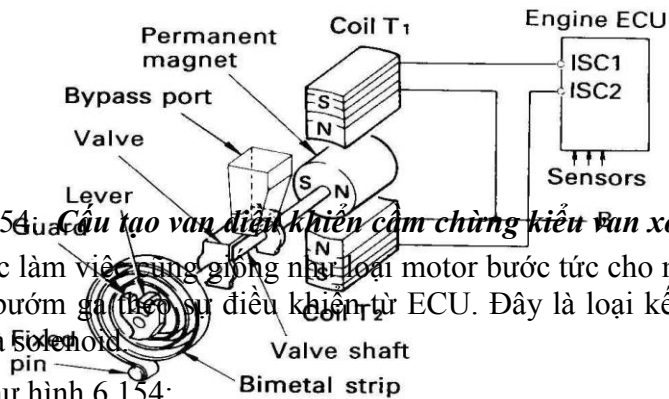
Hình 6.152: Xung làm việc cao-thấp của solenoid Mạch điện



Hình 6.153: Mạch điện của van điều khiển cảm chùng kiểu solenoid

* Kiểu van xoay

Cấu tạo



Hình 6.154: Cấu tạo van điều khiển cảm chùng kiểu Van xoay

Nguyên tắc làm việc cũng giống như loại motor bước tức cho một lượng khí tắt qua cánh bướm ga (theo sự điều khiển từ ECU. Đây là loại kết hợp giữa động cơ bước và Solenoid.

Cấu tạo như hình 6.154:

Nam châm vĩnh cửu : đặt ở đầu trục van có hình trụ. Nó sẽ quay dưới tác dụng lực đẩy hoặc kéo của hai cuộn T_1 và T_2 .

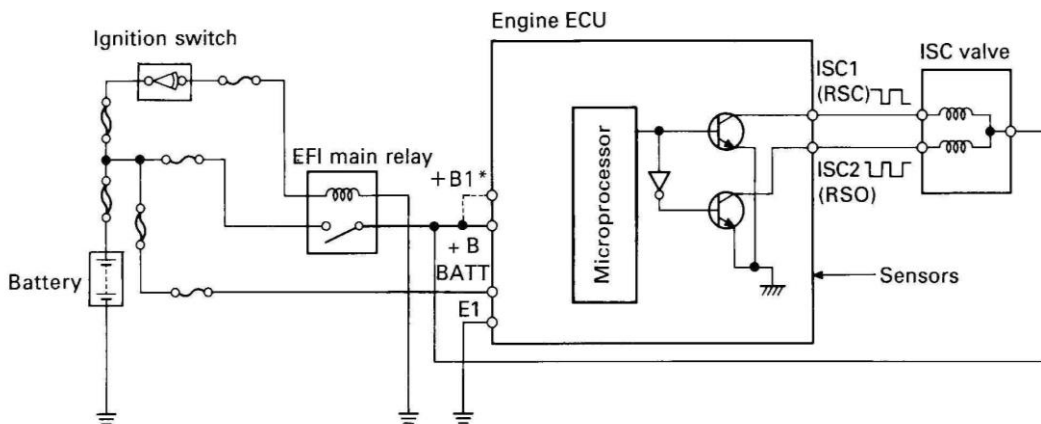
Van : đặt treo ở tiết diện giữa của trục van. Nó sẽ điều khiển lượng gió đi qua mạch rẽ. Van xoay cùng với trục của nam châm.

Cuộn T_1 và T_2 : đặt đối diện nhau, ở giữa là nam châm vĩnh cửu. ECU nối mass một trong hai cuộn dây để điều khiển đóng mở van.

Cuộn lò xo lưỡng kim : dùng để điều khiển đóng mở van theo nhiệt độ nước khi mạch điều khiển điện không làm việc. Một đầu cuộn lò xo lưỡng kim được bắt vào chốt cố định, còn điểm kia bắt vào chấu bảo vệ. Trên chấu bảo vệ có một rãnh. Một chốt xoay liền với trục van sẽ đi vào rãnh này.

Chốt xoay sẽ không kích hoạt sự hoạt động của lò xo lưỡng kim khi hệ thống điều khiển cảm chừng hoạt động tốt cũng như lúc lò xo lưỡng kim không tiếp xúc với mặt cắt có vát rãnh trên chấu bảo vệ. Cơ cấu này là thiết bị an toàn không cho tốc độ cảm chừng quá cao hay quá thấp nếu mạch điện bị hư hỏng.

Mạch điện



Hình 6.155: Mạch điện điều khiển cảm chừng dùng van xoay

6.6.5 Hệ thống tự chẩn đoán

Với hệ thống điều khiển phun phức tạp và tinh vi, khi xảy ra sự cố kỹ thuật (máy không nổ được, không chạy chậm được, không kéo tải được, tốc độ tăng được...) không dễ phát hiện được sự cố kỹ thuật xảy ra. Để giúp người sử dụng xe, thợ sửa chữa nhanh chóng phát hiện hư hỏng trong hệ thống phun xăng, ECU được trang bị hệ thống tự chẩn đoán. Nó sẽ ghi lại toàn bộ những sự cố ở đa số các bộ phận quan trọng trong hệ thống và làm sáng đèn kiểm tra (*check engine lamp*), thông báo cho lái xe biết hệ thống có sự cố. Khi thấy đèn báo hiệu sự cố sáng, tài xế sẽ ngừng xe để chẩn đoán. Cách chẩn đoán của mỗi hãng khác nhau, ở đây chỉ giới thiệu hệ thống chẩn đoán trên loại xe TOYOTA.

Trong mạng điện của xe có bố trí những giắc hở (được đậy nắp bảo vệ) được gọi là giắc kiểm tra (*check connector*). Đối với hầu hết các xe TOYOTA, cách thao tác gồm 2 bước:

- Normal mode: để tìm chẩn đoán hư hỏng ở các bộ phận xe.
- Test mode: Dùng để xoá bộ nhớ cũ (code cũ) và nạp lại từ đầu (code mới) sau khi đã sửa chữa hư hỏng.

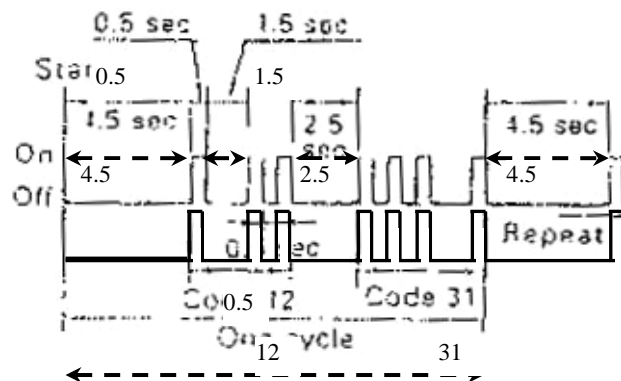
* **Normal mode:** Phải đáp ứng các điều kiện sau:

- Hiệu điện thế accu bằng hoặc lớn hơn 11V.
- Cánh bướm ga đóng hoàn toàn (công tắc ở cảm biến vị trí bướm ga đóng).
- Tay số ở vị trí N.
- Ngắt tất cả các công tắc tải điện khác.
- Bật công tắc về vị trí ON (không nổ máy).

Dùng đoạn dây điện nối tắt 2 đầu của giắc kiểm tra: lỗ *EI* và *TE1*. Khi đó đèn check engine chớp theo những nhịp phụ thuộc vào tình trạng của hệ thống. Nếu tình trạng bình thường thì đèn chớp đều đặn 2 lần/giây (với loại xe dùng cảm biến đo gió cánh trượt, khoảng cách giữa những lần đèn sáng và đèn tắt khác nhau).

Nếu xe có sự cố ở bộ phận nào của hệ thống phun xăng thì báo sự cố sẽ chớp theo những chuỗi khác nhau, mỗi chuỗi chớp ứng với một mã số hư hỏng.

Ví dụ: Đối với loại phun xăng có cảm biến đo gió cánh trượt, đèn sáng trong 0,5s, nghỉ 1,5s và chớp sáng tiếp 2 lần với khoảng sáng 0,5s, khoảng nghỉ 0,5s sẽ là mã số 12. Nếu nháy sáng 3 lần liên, nghỉ 1,5s và chớp sáng 1 lần sẽ là mã 31.



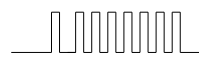

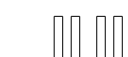













Hình 6.156: **Dạng mã lỗi trong hệ thống tự chẩn đoán**

Nếu trong hệ thống chỉ có một sự cố thì các mã này sẽ lặp lại sau khoảng nghỉ 4,5s. Nếu có nhiều sự cố thì hệ thống chẩn đoán sẽ phát lần lượt các mã số sự cố từ thấp đến cao. Khoảng nghỉ giữa sự cố này với sự cố kia là 2,5s. Sau khi phát hết lần lượt các mã sự cố, đèn sẽ tắt 4,5s và lại lần lượt phát lại các mã số cho đến khi nào ta rút giắc nối tắt lỗ *EI* và *TE1* ở giắc kiểm tra ra. Để không bị nhầm lẫn, tốt nhất nên ghi lại chuỗi mã sự cố vài lần.

* **Bảng mã chẩn đoán**

Số mã	Nhịp đèn báo	Thuộc hệ
--		Bình thường
12		Tín hiệu (G và NE)
13		Tín hiệu NE

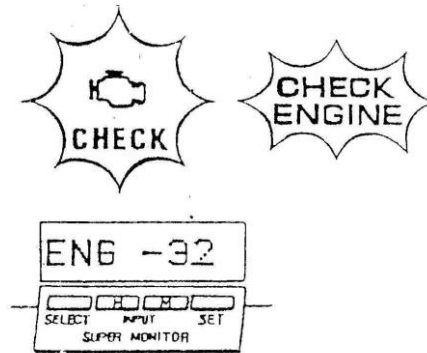
14		Đánh lửa (IGT)
15		Tín hiệu (IGF)
17		Tín hiệu (G)
21		Cảm biến Oxy
22		Cảm biến nhiệt độ nước làm mát
24		Cảm biến nhiệt độ khí nạp
25		Hoà khí nghèo
26		Hoà khí giàu
27		Cảm biến Oxy thứ hai
31		Cảm biến đo gió
41		Cảm biến vị trí bướm ga
42		Cảm biến tốc độ xe
43		Tín hiệu khởi động
51		Điều hoà nhiệt độ
52		Cảm biến kích nổ số một
55		Cảm biến kích nổ số hai



Cảm biến van EGR

Căn cứ vào mã sự cố và bảng mã ta có thể tìm pan khắc phục.

Từ năm 1995 trở lại đây, để thống nhất hóa các hệ thống các tiêu chuẩn, hệ thống OBD-II (on – board – diagnosis) đã ra đời. Việc chẩn đoán có thể không thông qua đèn check engine mà qua máy quét mã lỗi (code scanner). Cùng với mã lỗi, các dữ liệu về thông số làm việc của động cơ như nhiệt độ nước làm mát, tốc độ động cơ, góc đánh lửa sớm... cũng được đọc qua đường TE 2. Khi thực hiện thao tác chẩn đoán thì trên màn hình máy quét sẽ báo luôn các mã sự cố như ở hình vẽ.



Hình 6.157: Hệ thống tự chẩn đoán bằng máy quét

* **Test mode:** phải thỏa mãn các điều kiện sau:

- Hiệu điện thế accu bằng 11V hoặc lớn hơn.
- Công tắc cảm biến vị trí bướm ga đóng.
- Tay số ở vị trí N.
- Tất cả các công tắc phụ tải khác phải tắt.
- Dùng đoạn dây điện nối tắt chân E_1 và TE_2 của TDCL (Toyota diagnostic communication line) hoặc check connector. Sau đó, bật công tắc sang ON, quan sát đèn check engine chớp, tắt cho biết đang hoạt động ở chế độ test mode.

Khởi động động cơ lúc này bộ nhớ RAM sẽ xóa hết các mã chẩn đoán và ghi vào bộ nhớ các mã chẩn đoán mới. Nếu hệ thống chẩn đoán nhận biết động cơ vẫn còn bị hư hỏng thì đèn check engine vẫn sáng. Muốn tìm lại mã sự cố chúng ta thực hiện lại các bước ở Normal mode và, sau khi khắc phục sự cố, phải xóa bộ nhớ. Nếu không xóa, nó sẽ giữ nguyên các mã cũ và khi có sự cố mới ta sẽ nhận được thông tin sai. Có thể tiến hành xóa bộ nhớ bằng cách đơn giản sau: tháo cầu chì chính của hệ thống phun xăng ra ít nhất là 10s, sau đó lắp lại. Nếu không biết cầu chì đó ở đâu thì có thể tháo cọc accu ra khoảng 15s.

Chức năng fail-safe

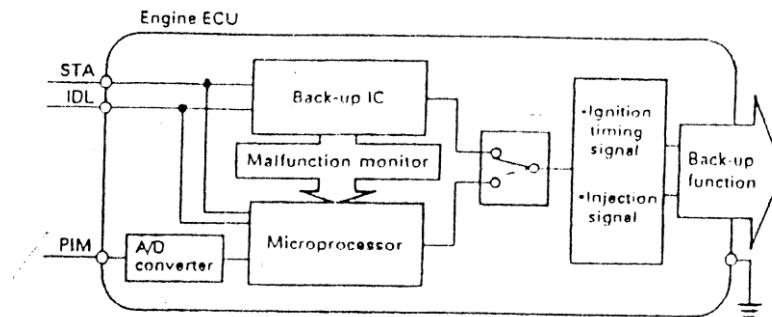
Khi có sự cố kỹ thuật trong hệ thống phun xăng khi xe đang hoạt động (mất tín hiệu từ cảm biến) việc điều khiển ổn định xe trở nên khó khăn hơn. Vì thế, chức năng fail-safe được thiết kế để ECU lấy các dữ liệu tiêu chuẩn trong bộ nhớ tiếp

tục điều khiển động cơ hoạt động hoặc ngừng động cơ nếu các sự cố nguy hiểm được nhận biết.

Tín hiệu mất	Hiện tượng	Chức năng fail-safe
Tín hiệu đánh lửa của (IGF)	Hư hỏng ở hệ thống đánh lửa và việc đánh lửa không thể xảy ra (tín hiệu IGF không gửi đến ECU)	Ngừng phun nhiên liệu
Tín hiệu từ cảm biến áp suất đường ống nạp (MAP sensor)	Nếu mất tín hiệu từ cảm biến này, lượng xăng phun cơ bản không được tính và kết quả là động cơ bị chết máy hoặc khó khởi động.	Nếu nối tắt cực T và E ₁ ECU sẽ lấy giá trị tiêu chuẩn (30 kPa) để thay thế cho tín hiệu này.
Tín hiệu đo gió	Nếu mất tín hiệu này ECU không thể nhận biết lượng gió nạp để tính lượng xăng phun cơ bản, kết quả là động cơ bị chết máy hay khó khởi động.	Giá trị chuẩn được lấy từ tín hiệu cảm chùng cho việc tính lượng xăng phun và thời điểm đánh lửa
Tín hiệu vị trí cánh bướm ga	Nếu mất tín hiệu này ECU không thể nhận biết vị trí bướm ga mở hay đóng hoàn toàn. Điều này sẽ làm động cơ chết máy hay chạy không êm.	ECU sẽ lấy giá trị tiêu chuẩn trong bộ nhớ để thay thế cho tín hiệu này
Tín hiệu cảm biến nhiệt độ nước và cảm biến nhiệt độ khí nạp	Mất tín hiệu này ECU sẽ hiểu rằng nhiệt độ nước < - 50°C hay >139°C. Điều này sẽ làm tỉ lệ hoà khí trở nên quá giàu hay quá nghèo. Kết quả là động cơ bị chết máy hoặc chạy không êm.	ECU sẽ lấy giá trị chuẩn trong bộ nhớ tùy thuộc vào loại động cơ với nhiệt độ nước: 89°C và nhiệt độ khí nạp là 20°C
Tín hiệu từ cảm biến oxy	Nếu vỏ bọc ngoài của cảm biến oxy bị đóng bẩn, ECU không thể nhận biết hàm lượng oxy tập trung ở khí thải vì thế nó không thể duy trì tỉ lệ hòa khí ở mức tối ưu.	Không thực hiện việc hiệu chỉnh hồi tiếp tỉ lệ hòa khí
Tín hiệu từ cảm biến kích nổ	Nếu mất tín hiệu này, ECU không thể nhận biết khi động cơ bị kích nổ vì thế nó sẽ không điều chỉnh giảm góc đánh lửa sớm	Điều chỉnh thời điểm đánh lửa trễ tối đa
Cảm biến áp suất khí trời	Nếu mất tín hiệu từ cảm biến này, ECU sẽ hiểu rằng áp suất khí trời luôn ở giá trị tối đa hay tối thiểu. Điều này làm hòa khí quá nghèo hay quá giàu	Lấy giá trị áp suất khí trời ở mức tiêu chuẩn là 101 kPa (60mmHg) thay thế cho tín hiệu này
Tín hiệu điều khiển hộp số tự động	Nếu có hư hỏng trong ECU điều khiển hộp số, hộp số hoạt động không tốt	Không hiệu chỉnh góc đánh lửa theo sức kéo
Tín hiệu từ áp suất tăng áp động cơ	Nếu có sự tăng bất thường trong áp suất động cơ hoặc lượng gió nạp, có thể làm hư hỏng động cơ	Ngừng cung cấp nhiên liệu cho động cơ.

Chức năng Back-up

Chức năng Back-up được thiết kế để khi có sự cố kỹ thuật ở ECU, Back-up IC trong ECU sẽ lấy toàn bộ dữ liệu lưu trữ để duy trì hoạt động động cơ trong thời gian ngắn.



Hình 6.158: Chức năng back-up

ECU sẽ hoạt động ở chức năng Back-up trong các điều kiện sau:

ECU không gửi tín hiệu điều khiển đánh lửa (*IGT*).

Mất tín hiệu từ cảm biến áp suất đường ống nạp (*PIM*).

Lúc này Back-up IC sẽ lấy tín hiệu dự trữ để điều khiển thời điểm đánh lửa và thời điểm phun nhiên liệu duy trì hoạt động động cơ. Dữ liệu lưu trữ này phù hợp với tín hiệu khởi động và tín hiệu từ công tắc cảm chùng, đồng thời đèn Check-engine sẽ báo sáng thông báo cho tài xế.

Chương 6

HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ DIESEL BẰNG ĐIỆN TỬ CDI (COMMON RAIL INJECTION)

6.1 Sơ lược về hệ thống

Hệ thống điều khiển động cơ diesel bằng điện tử trong một thời gian dài chậm phát triển so với động cơ xăng. Sở dĩ như vậy là vì bản thân động cơ diesel thải ra ít chất độc hơn nên áp lực về vấn đề môi trường lên các nhà sản xuất ô tô không lớn. Hơn nữa, do độ êm dịu không cao nên diesel ít được sử dụng trên xe du lịch. Trong thời gian đầu, các hãng chủ yếu sử dụng hệ thống điều khiển bơm cao áp bằng điện trong các hệ thống EDC (electronic diesel control). Hệ thống EDC vẫn sử dụng bơm cao áp kiểu cũ nhưng có thêm một số cảm biến và cơ cấu chấp hành, chủ yếu để chống ô nhiễm và điều tốc bằng điện tử. Trong những năm gần đây, hệ thống điều khiển mới – hệ thống common rail với việc điều khiển kim phun bằng điện đã được phát triển và ứng dụng rộng rãi.

6.1.1 Lĩnh vực áp dụng

Thế hệ bơm cao áp thẳng hàng đầu tiên được giới thiệu vào năm 1927 đã đánh dấu sự khởi đầu của hệ thống nhiên liệu diesel của hãng Bosch. Lĩnh vực áp dụng chính của các loại bơm thẳng hàng là: trong các loại xe thương mại sử dụng dầu diesel, máy tính tại, xe lửa, và tàu thủy. Áp suất phun đạt đến khoảng 1350 bar và có thể sinh ra công suất khoảng 160 kW mỗi xy lanh.

Qua nhiều năm, với các yêu cầu khác nhau, chẳng hạn như việc lắp đặt động cơ phun nhiên liệu trực tiếp trong các xe tải nhỏ và xe du lịch đã dẫn đến sự phát triển của các hệ thống nhiên liệu diesel khác nhau để đáp ứng các đòi hỏi ứng dụng đặc biệt. Điều quan trọng nhất của những sự phát triển này không chỉ là việc tăng công suất mà còn là nhu cầu giảm tiêu thụ nhiên liệu, giảm tiếng ồn và khí thải. So với hệ thống cũ dẫn động bằng cam, hệ thống common rail khá linh hoạt trong việc đáp ứng thích nghi để điều khiển phun nhiên liệu cho động cơ diesel, như:

- Phạm vi ứng dụng rộng rãi (cho xe du lịch và xe tải nhỏ có công suất đạt đến 30 kW/xy lanh, cũng như xe tải nặng, xe lửa, và tàu thủy có công suất đạt đến 200 kW/xy lanh).
- Áp suất phun đạt đến khoảng 1400 bar.
- Có thể thay đổi thời điểm phun nhiên liệu.
- Có thể phun làm 3 giai đoạn: phun sơ khởi (*pilot injection*), phun chính (*main injection*), phun kết thúc (*post injection*).
- Thay đổi áp suất phun tùy theo chế độ hoạt động của động cơ.

6.1.2. Hoạt động và các chức năng

Việc tạo ra áp suất và việc phun nhiên liệu hoàn toàn tách biệt với nhau trong hệ thống common rail. Áp suất phun được tạo ra độc lập với tốc độ động cơ và lượng nhiên liệu phun ra. Nhiên liệu được trữ với áp suất cao trong bộ tích áp áp suất cao (high-pressure accumulator) và sẵn sàng để phun. Lượng nhiên liệu phun ra được quyết định bởi tải xé, và thời điểm phun cũng như áp lực phun được tính toán bằng ECU dựa trên các biểu đồ đã lưu trong bộ nhớ của nó. Sau đó, ECU sẽ điều khiển các kim phun tại mỗi xy lanh động cơ để phun nhiên liệu. Một hệ thống common rail (CR) bao gồm:

- ECU
- Kim phun (*injector*)
- Cảm biến tốc độ trục khuỷu (*crankshaft speed sensor*)

- Cảm biến tốc độ trục cam (*camshaft speed sensor*)
-
- Cảm biến bàn đạp ga (*accelerator pedal sensor*)
- Cảm biến áp suất tăng áp (*boost pressure sensor*)
- Cảm biến áp suất nhiên liệu trong ống (*rail pressure sensor*)
- Cảm biến nhiệt độ nước làm mát (*coolant sensor*)
- Cảm biến đo gió (*air mass sensor*)

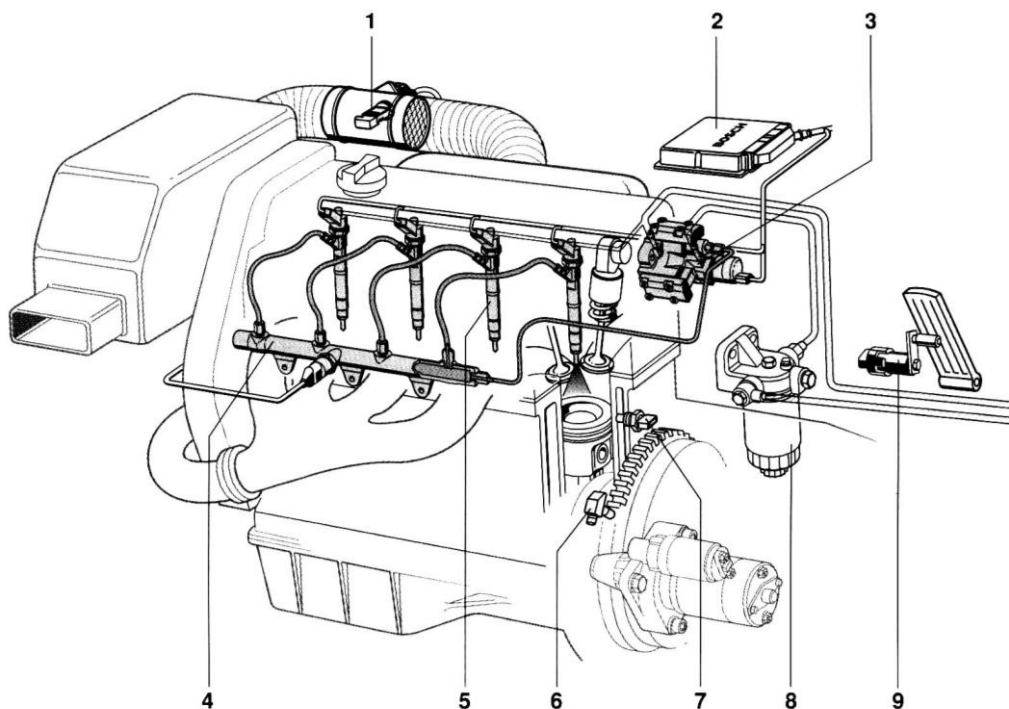
Động cơ diesel 4 xylanh với hệ thống nhiên liệu Common Rail được trình bày trên hình 6.1 với các chức năng sau:

a. Chức năng chính

Chức năng chính là điều khiển việc phun nhiên liệu đúng thời điểm, đúng lượng, đúng áp suất, đảm bảo động cơ diesel không chỉ hoạt động êm dịu mà còn tiết kiệm.

b. Chức năng phụ

Chức năng phụ của hệ thống là điều khiển vòng kín và vòng hở, không những nhằm giảm độ độc hại của khí thải và lượng nhiên liệu tiêu thụ mà còn làm tăng tính an toàn, sự thoải mái và tiện nghi. Ví dụ như hệ thống luân hồi khí thải (*EGR - exhaust gas recirculation*), điều khiển turbo tăng áp, điều khiển ga tự động và thiết bị chống trộm.



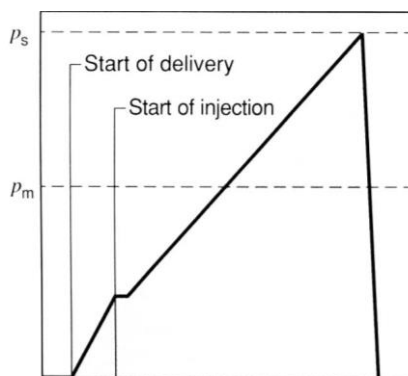
1. Cảm biến đo gió, 2. ECU, 3. Bơm cao áp, 4. Ống trữ nhiên liệu ở áp suất cao,
5. Kim phun, 6. Cảm biến tốc độ trục khuỷu, 6. Cảm biến nhiệt độ nước làm mát,
8. Bộ lọc nhiên liệu - 9. Cảm biến bàn đạp ga.

Hình 6.1: Cấu tạo hệ thống nhiên liệu Common Rail

6.2 Đặc tính phun

6.2.1 Đặc tính phun của hệ thống phun đầu kiểu cũ

Với hệ thống phun kiểu cũ dùng bơm phân phối hay bơm thẳng hàng (*distributor or in-line injection pumps*), việc phun nhiên liệu chỉ có một giai đoạn gọi là giai đoạn phun chính (*main injection phase*), không có khởi phun và phun kết thúc.



Hình 6.2: Đặc tính phun đầu thường

Dựa vào ý tưởng của bơm phân phối sử dụng kim phun điện, các cải tiến đã được thực hiện theo hướng đưa vào giai đoạn phun kết thúc. Trong hệ thống cũ, việc tạo ra áp suất và cung cấp lượng nhiên liệu diễn ra song song với nhau bởi cam và piston bơm cao áp. Điều này tạo ra các tác động xấu đến đường đặc tính phun như sau:

- Áp suất phun tăng đồng thời với tốc độ và lượng nhiên liệu được phun.
- Suốt quá trình phun, áp suất phun tăng lên và lại giảm xuống theo áp lực đóng của ty kim ở cuối quá trình phun.

Hậu quả là:

- Khi phun với lượng dầu ít thì áp suất phun cũng nhỏ và ngược lại.
- Áp suất đỉnh cao gấp đôi áp suất phun trung bình.

Để quá trình cháy hiệu quả, đường cong mức độ phun nhiên liệu thực tế có dạng tam giác.

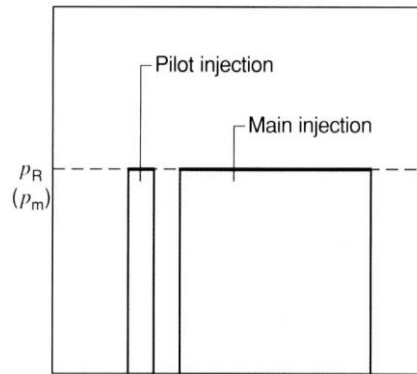
Áp suất đỉnh quyết định tải trọng đặt lên các thành phần của bơm và các thiết bị dẫn động. Ở hệ thống nhiên liệu cũ, nó còn ảnh hưởng đến tỉ lệ hỗn hợp A/F trong buồng cháy.

6.2.2 Đặc tính phun của hệ thống common rail

So với đặc điểm của hệ thống nhiên liệu cũ thì các yêu cầu sau đã được thực hiện dựa vào đường đặc tính phun lý tưởng:

- Lượng nhiên liệu và áp suất nhiên liệu phun độc lập với nhau trong từng điều kiện hoạt động của động cơ (cho phép dễ đạt được tỉ lệ hỗn hợp A/F lý tưởng).
- Lúc bắt đầu phun, lượng nhiên liệu phun ra chỉ cần một lượng nhỏ.

Các yêu cầu trên đã được thoả mãn bởi hệ thống common rail, với đặc điểm phun 2 lần: phun sơ khởi và phun chính.



Hình 6.3: **Đường đặc tính phun của hệ thống Common Rail.**

Hệ thống common rail là một hệ thống thiết kế theo module, có các thành phần:

- Kim phun điều khiển bằng van solenoid được gắn vào nắp máy
- Bộ tích trữ nhiên liệu (ống phân phối áp lực cao)
- Bơm cao áp (bơm tạo áp lực cao)

Các thiết bị sau cũng cần cho sự hoạt động điều khiển của hệ thống:

- ECU
- Cảm biến tốc độ trục khuỷu
- Cảm biến tốc độ trục cam

Đối với xe du lịch, bơm có piston hướng tâm (radial-piston pump) được sử dụng như là bơm cao áp để tạo ra áp suất. Áp suất được tạo ra độc lập với quá trình phun. Tốc độ của bơm cao áp phụ thuộc tốc độ động cơ và ta không thể thay đổi tỉ số truyền. So với hệ thống phun cũ, việc phân phối nhiên liệu trên thực tế xảy ra đồng bộ, có nghĩa là không những bơm cao áp trong hệ thống common rail nhỏ hơn mà còn hệ thống truyền động cũng chịu tải trọng ít hơn.

Về cơ bản, kim phun được nối với ống tích áp nhiên liệu (rail) bằng một đường ống ngắn, kết hợp với đầu phun và solenoid được cung cấp điện qua ECU. Khi van solenoid không được cấp điện thì kim ngưng phun. Nhờ áp suất phun không đổi, lượng nhiên liệu phun ra sẽ tỷ lệ với độ dài của xung điều khiển solenoid. Yêu cầu mở nhanh van solenoid được đáp ứng bằng việc sử dụng điện áp cao và dòng lớn. Thời điểm phun được điều khiển bằng hệ thống điều khiển góc phun sớm. Hệ thống này dùng một cảm biến trên trục khuỷu để nhận biết tốc độ động cơ, và cảm biến trên trục cam để nhận biết kỳ hoạt động.

a. Phun sơ khởi (pilot INJECTION)

Phun sơ khởi có thể diễn ra sớm đến 90° trước tử điểm thượng (BTDC). Nếu thời điểm khởi phun xuất hiện nhỏ hơn 40° BTDC, nhiên liệu có thể bám vào bề mặt của piston và thành xylanh và làm loãng dầu bôi trơn.

Trong giai đoạn phun sơ khởi, một lượng nhỏ nhiên liệu ($1 - 4 \text{ mm}^3$) được phun vào xylanh để “môi”. Kết quả là quá trình cháy được cải thiện và đạt được một số hiệu quả sau:

Áp suất cuối quá trình nén tăng một ít nhờ vào giai đoạn phun sơ khởi và nhiên liệu cháy một phần. Điều này giúp giảm thời gian trễ cháy, sự tăng đột ngột của áp suất khí cháy và áp suất cực đại (quá trình cháy êm dịu hơn).

Kết quả là giảm tiếng ồn của động cơ, giảm tiêu hao nhiên liệu và trong nhiều trường hợp giảm được độ độc hại của khí thải. Quá trình phun sơ khởi đóng vai trò gián tiếp trong việc làm tăng công suất của động cơ.

b. Giai đoạn phun chính (mai INJECTION)

Công suất đầu ra của động cơ xuất phát từ giai đoạn phun chính tiếp theo giai đoạn phun sơ khởi. Điều này có nghĩa là giai đoạn phun chính giúp tăng lực kéo của động cơ. Với hệ thống common rail, áp suất phun vẫn giữ không đổi trong suốt quá trình phun.

c. Giai đoạn phun thứ cấp (secondary INJECTION)

Theo quan điểm xử lý khí thải, phun thứ cấp có thể được áp dụng để đốt cháy NO_x . Nó diễn ra ngay sau giai đoạn phun chính và được định để xảy ra trong quá trình giãn nở hay ở kỳ thải khoảng 200° sau tử điểm thượng (ATDC). Ngược lại với quá trình phun sơ khởi và phun chính, nhiên liệu được phun vào không được đốt cháy mà để bốc hơi nhờ vào sức nóng của khí thải ở ống pô. Trong suốt kỳ thải, hỗn hợp khí thải và nhiên liệu được đẩy ra ngoài hệ thống thoát khí thải thông qua supap thải. Tuy nhiên một phần của nhiên liệu được đưa lại vào buồng đốt thông qua hệ thống luân hồi khí thải EGR và có tác dụng tương tự như chính giai đoạn phun sơ khởi. Khi bộ hoá khử được lắp để làm giảm lượng NO_x , chúng tận dụng nhiên liệu trong khí thải như là một nhân tố hoá học để làm giảm nồng độ NO_x trong khí thải.

6.3 Chức năng chống ô nhiễm

6.3.1 Thành phần hỗn hợp và tác động đến quá trình cháy

So với động cơ xăng, động cơ diesel đốt nhiên liệu khó bay hơi hơn (nhiệt độ sôi cao), nên việc hoà trộn hỗn hợp hoà khí không chỉ diễn ra trong giai đoạn phun và bắt đầu cháy, mà còn trong suốt quá trình cháy. Kết quả là hỗn hợp kém đồng nhất. Động cơ diesel luôn luôn hoạt động ở chế độ nghèo. Mức tiêu hao nhiên liệu, muội than, CO và HC sẽ tăng nếu không đốt cháy ở chế độ nghèo hợp lý.

Tỉ lệ hoà khí được quyết định dựa vào các thông số:

- Áp suất phun;
- Thời gian phun;
- Kết cấu lỗ tia;
- Thời điểm phun;
- Vận tốc dòng khí nạp;
- Khối lượng không khí nạp.

Tất cả các đại lượng trên đều ảnh hưởng đến mức độ tiêu hao nhiên liệu và nồng độ khí thải. Nhiệt độ quá trình cháy quá cao và lượng oxy nhiều sẽ làm tăng lượng NO_x . Muội than sinh ra khi hỗn hợp quá nghèo.

6.3.2 Hệ thống nạp lại khí thải (EGR)

Khi không có EGR, khí NO_x sinh ra vượt mức quy định về khí thải, ngược lại thì muội than sinh ra sẽ nằm trong giới hạn. EGR là một phương pháp để giảm lượng NO_x sinh ra mà không làm tăng nhanh lượng khói đen. Điều này có thể thực hiện rất hiệu quả với hệ thống Common Rail với tỉ lệ hoà khí mong muốn đạt được nhờ vào áp suất phun cao. Với EGR, một phần của khí thải được đưa vào đường ống nạp ở chế độ tải nhỏ của động cơ. Điều này không chỉ làm giảm lượng oxy mà còn làm giảm quá trình cháy và nhiệt độ cực đại, kết quả là làm giảm lượng NO_x . Nếu có quá nhiều khí thải được nạp lại (quá 40% thể tích khí nạp), thì khói đen, CO, và HC sẽ sinh ra nhiều cũng như tiêu hao nhiên liệu sẽ tăng vì thiếu oxy.

6.3.3 Ảnh hưởng của việc phun nhiên liệu

Thời điểm phun, đường đặc tính phun, sự tán nhuyễn của nhiên liệu cũng ảnh hưởng đến tiêu hao nhiên liệu và nồng độ khí thải.

a. Thời điểm phun

Nhờ vào nhiệt độ quá trình thấp hơn, phun nhiên liệu trễ làm giảm lượng NO_x . Nhưng nếu phun quá trễ thì lượng HC sẽ tăng và tiêu hao nhiên liệu nhiều hơn, và khói đen sinh ra cả ở chế độ tải lớn. Nếu thời điểm phun lệch đi chỉ 1° khỏi giá trị lý tưởng thì lượng NO_x có thể tăng lên 5%. Ngược lại thời điểm phun sớm lệch sớm hơn 2° thì có thể làm cho áp suất đỉnh tăng lên 10 bar, trễ đi 2° có thể làm tăng nhiệt độ khí thải thêm 20°C . Với các yếu tố cực kỳ nhạy cảm nêu trên, ECU cần phải điều chỉnh thời điểm phun chính xác tối đa.

b. Đường đặc tính phun

Đường đặc tính phun quy định sự thay đổi lượng nhiên liệu được phun vào trong suốt một chu kỳ phun (từ lúc bắt đầu phun đến lúc dứt phun). Đường đặc tính phun quyết định lượng nhiên liệu phun ra trong suốt giai đoạn cháy trễ (giữa thời điểm bắt đầu phun và bắt đầu cháy). Hơn nữa, nó cũng ảnh hưởng đến sự phân phối của nhiên liệu trong buồng đốt và có tác dụng tận dụng hiệu quả của dòng khí nạp. Đường đặc tính phun phải có độ dốc tăng từ từ để nhiên liệu phun ra trong quá trình cháy trễ được giữ ở mức thấp nhất. Nhiên liệu diesel bốc cháy tức thì, ngay khi quá trình cháy bắt đầu gây ra tiếng ồn và sự tạo thành NO_x . Đường đặc tính phun phải có đỉnh không quá nhọn để ngăn ngừa hiện tượng nhiên liệu không được tán nhuyễn – yếu tố dẫn đến lượng HC cao, khói đen, và tăng tiêu hao nhiên liệu suốt giai đoạn cháy cuối cùng của quá trình cháy.

c. Sự tán nhuyễn nhiên liệu

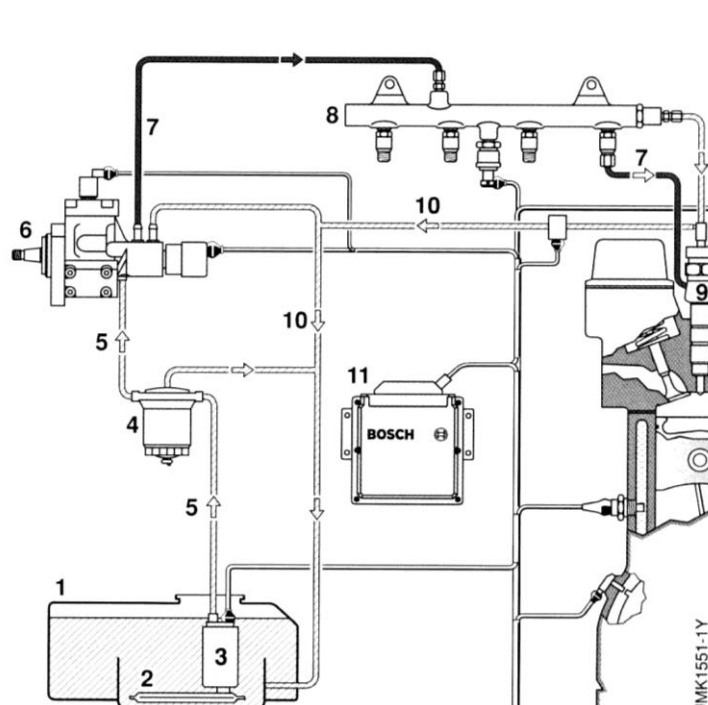
Nhiên liệu được tán nhuyễn tốt thúc đẩy hiệu quả hoà trộn giữa không khí và nhiên liệu. Nó đóng góp vào việc giảm lượng HC và khói đen trong khí thải. Với áp suất phun cao và hình dạng hình học tối ưu của lỗ tia kim phun giúp cho sự tán nhuyễn nhiên liệu tốt hơn. Để ngăn ngừa muội than, lượng nhiên liệu phun ra phải được tính dựa vào lượng khí nạp vào. Điều này đòi hỏi lượng khí phải nhiều hơn ít nhất từ $10 - 40\%$ ($\lambda = 1.1 - 1.4$).

6.4 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của các chi tiết trên hệ thống common rail

6.4.1 Tổng quát về hệ thống nhiên liệu

Hệ thống nhiên liệu trong một hệ thống common rail (hình 6.4) bao gồm 2 vùng: vùng nhiên liệu áp suất thấp và vùng nhiên liệu áp suất cao.

1. Thùng chứa nhiên liệu
2. Lọc thô
3. Bơm tiếp vận.
4. Lọc tinh
5. Đường nhiên liệu áp suất thấp
6. Bơm cao áp
6. Đường nhiên liệu áp suất cao
8. Ống trữ nhiên liệu áp suất cao
9. Kim phun.
10. Đường dầu về
11. ECU



Hình 6.4 : *Hệ thống nhiên liệu common rail*

6.4.2 Vùng áp suất thấp

Vùng áp suất thấp bao gồm các bộ phận:

Bình chứa nhiên liệu

Bình chứa nhiên liệu phải làm từ vật liệu chống ăn mòn và phải giữ cho không bị rò rỉ ở áp suất gấp đôi áp suất hoạt động bình thường. Van an toàn phải được lắp để áp suất quá cao có thể tự thoát ra ngoài. Nhiên liệu cũng không được rò rỉ ở cổ nối với bình lọc nhiên liệu hay ở thiết bị bù áp suất khi xe bị rung xóc nhỏ, cũng như khi xe vào cua hoặc dừng hay chạy trên đường dốc. Bình nhiên liệu và động cơ phải nằm cách xa nhau để trong trường hợp tai nạn xảy ra sẽ không có nguy cơ bị cháy.

Đường nhiên liệu áp suất thấp

Đường ống nhiên liệu mềm được bọc thép thay thế cho đường ống bằng thép và được dùng trong ống áp suất thấp. Tất cả các bộ phận mang nhiên liệu phải được bảo vệ một lần nữa khỏi tác động của nhiệt độ. Đối với xe buýt, đường ống nhiên liệu không được đặt trong không gian của hành khách hay trong cabin xe cũng như không thể phân phối bằng trọng lực.

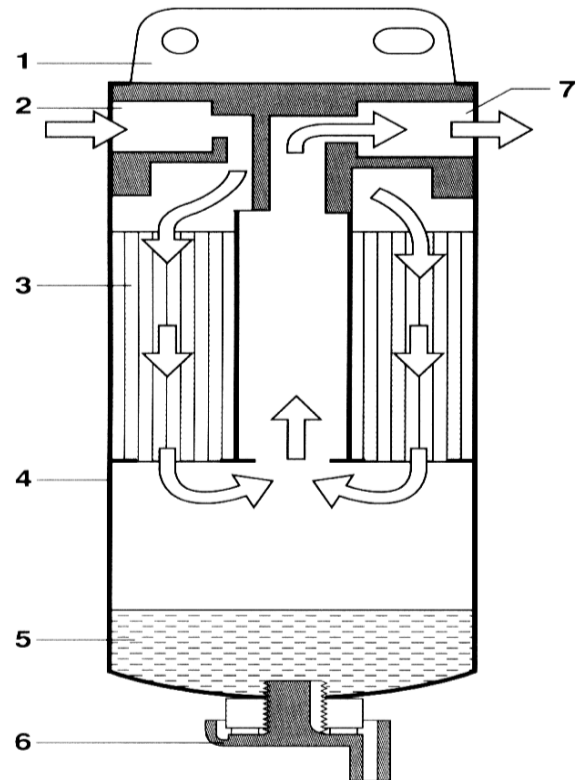
Bơm tiếp vận (presupply pump)

Bơm tiếp vận bao gồm một bơm bằng điện với lọc nhiên liệu, hay một bơm bánh răng. Bơm hút nhiên liệu từ bình chứa và tiếp tục đưa đủ lượng nhiên liệu đến bơm cao áp.

Lọc nhiên liệu

Một bộ lọc nhiên liệu không thích hợp có thể dẫn đến hư hỏng cho các thành phần của bơm, van phân phối và kim phun. Bộ lọc nhiên liệu làm sạch nhiên liệu trước khi đưa đến bơm cao áp, và do đó ngăn ngừa sự mài mòn nhanh của các chi tiết của bơm.

1. Nắp bầu lọc
 2. Đường dầu vào
 3. Phần giấy lọc
 4. Bọng chứa dầu sau khi lọc
 5. Phần chứa nước có lẫn trong dầu
 6. Thiết bị báo mức nước trong bầu lọc khi vượt mức cho phép
 7. Đường dầu ra
- Hình 6.5 Lọc nhiên liệu

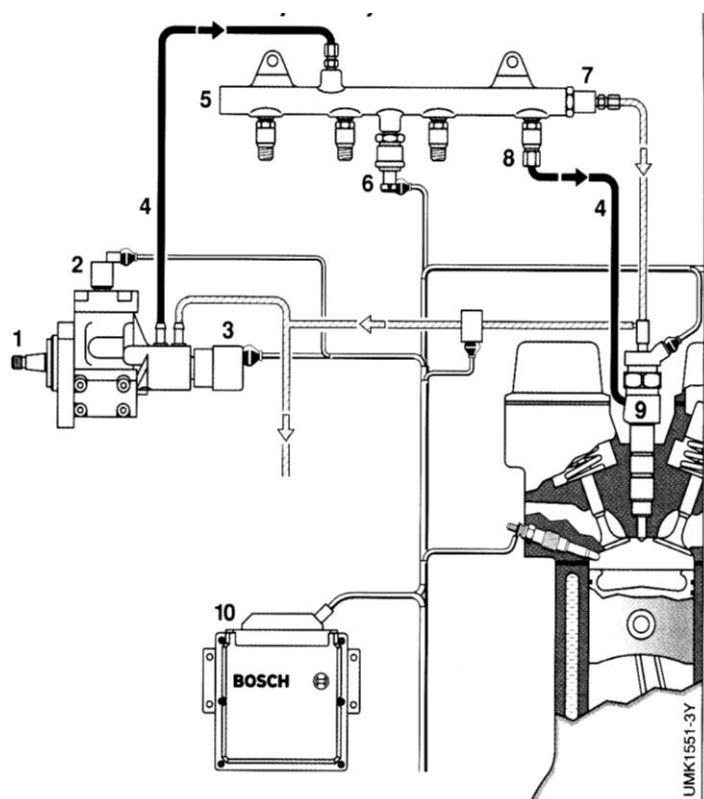


Nước lọt vào hệ thống nhiên liệu có thể làm hư hỏng hệ thống ở dạng ăn mòn. Tương tự với các hệ thống nhiên liệu khác, hệ thống common rail cũng cần một bộ lọc nhiên liệu có bình chứa nước, từ đó nước sẽ được xả. Một số xe du lịch lắp động cơ diesel thường có thiết bị cảnh báo bằng đèn khi lượng nước trong bình lọc vượt quá mức.

6.4.3 Vùng áp suất cao

Vùng áp suất cao của hệ thống common rail bao gồm:

- bơm cao áp với van điều khiển áp suất
- đường ống nhiên liệu áp suất cao tức ống phân phối đóng vai trò của bộ tích áp suất cao cùng với cảm biến áp suất nhiên liệu, van giới hạn áp suất, bộ giới hạn dòng chảy, kim phun và đường ống dầu về.



1. Bơm cao áp; 2. Van cắt nhiên liệu; 3. Van điều khiển áp suất; 4. Đường nhiên liệu áp suất cao; 5. Ống trữ nhiên liệu ở áp suất cao; 6. Cắm biển áp suất trên ống; 6. Van giới hạn áp suất; 8. Lỗ tyét lưu; 9. Kim phun; 10. ECU

Hình 6.6: Vùng áp suất cao

a. Bơm cao áp

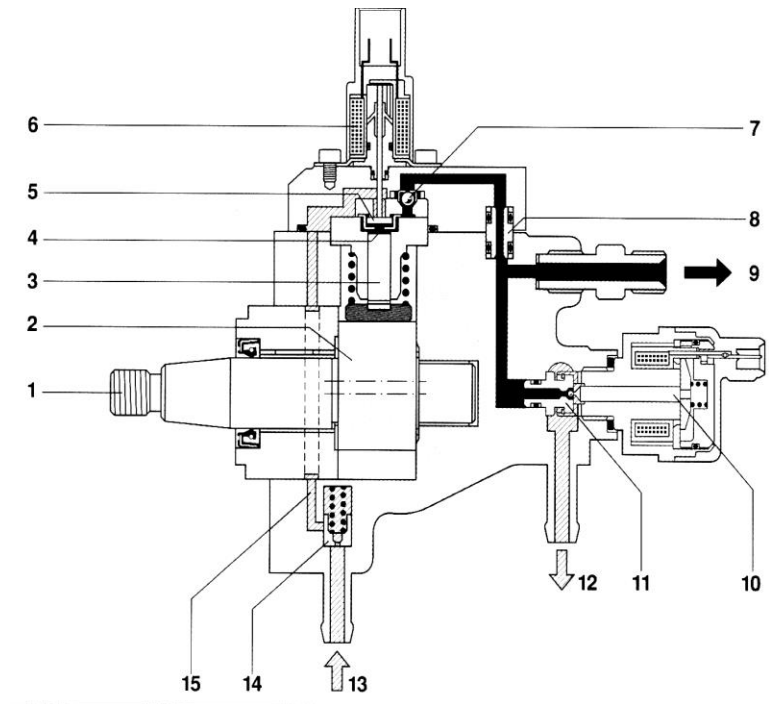
Bơm cao áp tạo áp lực cho nhiên liệu đến một áp suất lên đến 1350 bar. Nhiên liệu được tăng áp này sau đó di chuyển đến đường ống áp suất cao và được đưa vào bộ tích nhiên liệu áp suất cao có hình ống.

Bơm cao áp được lắp đặt tốt nhất ngay trên động cơ như ở hệ thống nhiên liệu của bơm phân phối loại cũ. Nó được dẫn động bằng động cơ (tốc độ quay bằng $\frac{1}{2}$ tốc độ động cơ, nhưng tối đa là 3000 vòng/phút) thông qua khớp nối (coupling), bánh răng xích, xích hay dây đai có răng và được bôi trơn bằng chính nhiên liệu nó bơm.

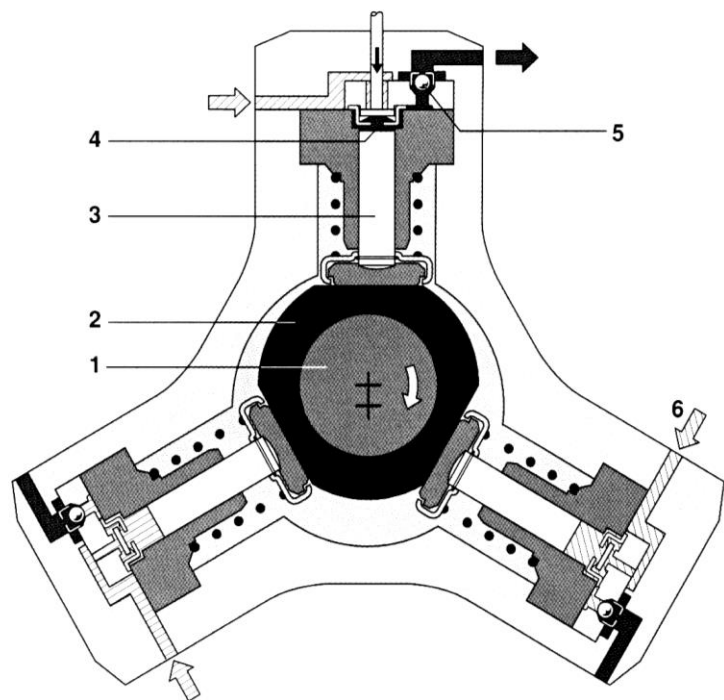
Tùy thuộc vào không gian sẵn có, van điều khiển áp suất được lắp trực tiếp trên bơm hay lắp xa bơm.

Bên trong bơm cao áp (hình 6.7), nhiên liệu được nén bằng 3 piston bơm được bố trí hướng kính và các piston cách nhau 120° . Do 3 piston bơm hoạt động luân phiên trong 1 vòng quay nên chỉ làm tăng nhẹ lực cản của bơm. Do đó, ứng suất trên hệ thống dẫn động vẫn giữ đồng bộ. Điều này có nghĩa là hệ thống Common Rail đặt ít tải trọng lên hệ thống truyền động hơn so với hệ thống cũ. Công suất yêu cầu để dẫn động bơm rất nhỏ và tỉ lệ với áp suất trong ống phân phối và tốc độ bơm. Đối với động cơ thể tích 2 lít đang quay ở tốc độ cao, thì áp suất trong ống phân phối đạt khoảng 1350 bar, bơm cao áp tiêu thụ 3.8kW.

1. Trục dẫn động
2. Đĩa cam lệch tâm
3. Thành phần bơm với piston bơm
4. Buồng chứa của thành phần bơm
5. Van hút
6. Van ngắt
6. Van xả
8. Tấm nệm
9. Nhiên liệu áp suất cao đến ống trữ
10. Van điều khiển áp suất cao
11. Van bi
12. Đường dầu về
13. Đường nhiên liệu từ bơm tiếp vận
14. Van an toàn
15. Đường nhiên liệu áp suất thấp đưa đến bơm



1. Trục dẫn động
2. Đĩa cam lệch tâm
3. Piston bơm
4. Van hút
5. Van thoát
- Cửa vào



Hình 6.6. Bơm cao áp

Thông qua một bộ lọc có cơ cấu tách nước, bơm tiếp vận cung cấp nhiên liệu từ bình chứa đến đường dầu vào của bơm cao áp và van an toàn. Nó đẩy nhiên liệu qua lỗ khoan của van an toàn vào mạch dầu bôi trơn và làm mát bơm cao áp. Trục của bơm cao áp có các cam lệch tâm làm di chuyển 3 piston bơm lên xuống tùy theo hình dạng các mấu cam.

Ngay khi áp suất phân phối vượt quá mức thì van an toàn sẽ xả bớt áp suất (0.5-1,5 bar), bơm tiếp vận đầy nhiên liệu đến bơm cao áp thông qua van hút vào buồng bơm, nơi mà piston chuyển động hướng xuống. Van nạp đóng lại khi piston đi ngang qua tử điểm hạ và từ đó nó cho phép nhiên liệu trong buồng bơm thoát ra ngoài với áp suất phân phối. Áp suất tăng lên cao sẽ mở van thoát khi áp suất trên ống phân phối đủ lớn. Nhiên liệu được nén đi vào mạch dầu áp suất cao.

Piston bơm tiếp tục phân phối nhiên liệu cho đến khi nó đến tử điểm thượng, sau đó, do áp suất bị giảm xuống nên van thoát đóng lại. Nhiên liệu còn lại nằm trong buồng bơm và chờ đến khi piston đi xuống lần nữa.

Khi áp suất trong buồng bơm của thành phần bơm giảm xuống thì van nạp mở ra và quá trình lặp lại lần nữa.

Do bơm cao áp được thiết kế để có thể phân phối lượng nhiên liệu lớn nên lượng nhiên liệu có áp suất cao sẽ thừa trong giai đoạn chạy cầm chừng và tải trung bình. Lượng nhiên liệu thừa này được đưa trở về thùng chứa thông qua van điều khiển áp suất. Nhiên liệu bị nén sẽ nằm trong thùng và gây ra tổn thất năng lượng. Hơn nữa lượng nhiệt tăng lên của nhiên liệu cũng làm giảm đi hiệu quả chung. Ở mức độ nào đó thì tổn thất này có thể được bù bằng cách ngắt bớt một hoặc hai xy lanh bơm.

Khi một trong 3 xy lanh bơm bị loại ra sẽ dẫn đến việc giảm lượng nhiên liệu bơm đến ống phân phối. Việc ngắt bỏ được thực hiện bằng cách giữ cho van hút ở trạng thái mở liên tục.

Khi van solenoid dùng để ngắt thành phần bơm được kích hoạt, một chốt gắn với phần ứng sẽ giữ van hút sẽ mở ra. Kết quả là nhiên liệu hút vào xy lanh này của bơm không thể bị nén được nên nó bị đẩy trở lại mạch áp suất thấp. Với một xy lanh bơm bị loại bỏ khi không cần công suất cao thì bơm cao áp không còn cung cấp nhiên liệu liên tục mà cung cấp gián đoạn.

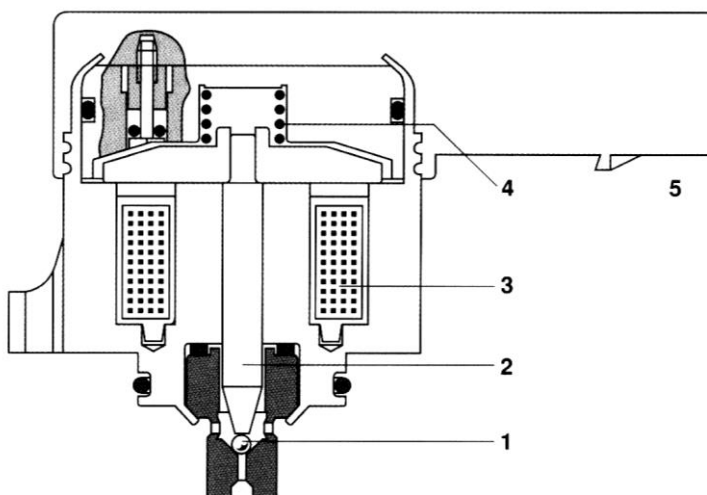
Bơm cao áp phân phối lượng nhiên liệu tỉ lệ với tốc độ quay của nó. Và do đó, nó là một hàm của tốc độ động cơ. Trong suốt quá trình phun, tỷ số truyền được tính sao cho một mặt thì lượng nhiên liệu mà nó cung cấp không quá lớn, mặt khác, các yêu cầu về nhiên liệu vẫn còn đáp ứng trong suốt chế độ hoạt động. Tùy theo tốc độ trục khuỷu mà tỉ số truyền hợp lý là 1:2 hoặc 1:3.

b. Van điều khiển áp suất (pressure control valve)

Van điều khiển áp suất giữ cho nhiên liệu trong ống phân phối có áp suất thích hợp tùy theo tải của động cơ, và duy trì ở mức này.

- Nếu áp suất trong ống quá cao thì van điều khiển áp suất sẽ mở ra và một phần nhiên liệu sẽ trở về bình chứa thông qua đường ống dầu về.
- Nếu áp suất trong ống quá thấp thì van điều khiển áp suất sẽ đóng lại và ngăn khu vực áp suất cao (high pressure stage) với khu vực áp suất thấp (low pressure stage).

1. Van bi.
2. Lõi.
3. Nam châm điện.
4. Lò xo.
5. Mạch điện.



Hình 6.8: Cấu tạo van điều áp

Van điều khiển áp suất được gá lên bơm cao áp hay ống phân phối. Để ngăn cách khu vực áp suất cao với khu vực áp suất thấp, một lõi thép đẩy van bị vào vị trí đóng kín. Có 2 lực tác dụng lên lõi thép: lực đẩy xuống dưới bởi lò xo và lực điện từ. Nhằm bôi trơn và giải nhiệt, lõi thép được nhiên liệu bao quanh.

Van điều khiển áp suất được điều khiển theo 2 vòng:

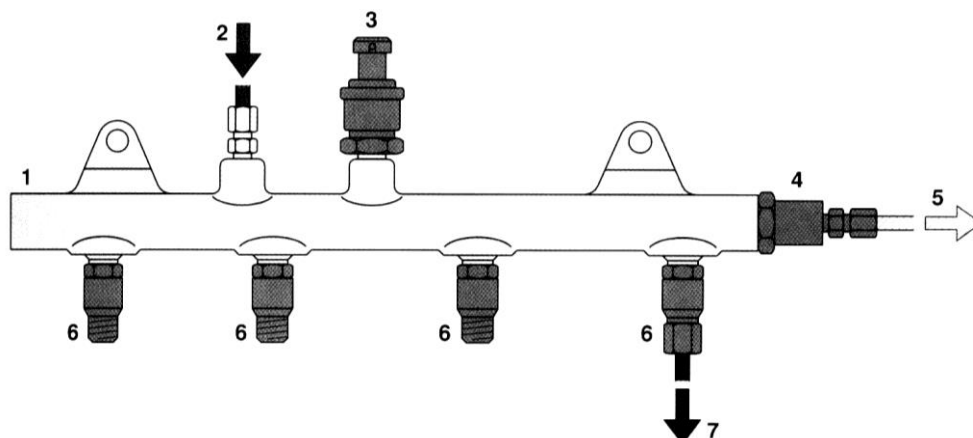
- Vòng điều khiển đáp ứng chậm bằng điện dùng để điều chỉnh áp suất trung bình trong ống.
- Vòng điều khiển đáp ứng nhanh bằng cơ dùng để bù cho sự dao động lớn của áp suất.

Khi van điều khiển áp suất chưa được cung cấp điện, áp suất cao ở ống hay tại đầu ra của bơm cao áp được đặt lên van điều khiển áp suất một áp suất cao. Khi chưa có lực điện từ, lực của nhiên liệu áp suất cao tác dụng lên lò xo làm cho van mở và duy trì độ mở tùy thuộc vào lượng nhiên liệu phân phối. Lò xo được thiết kế để có thể chịu được áp suất khoảng 100 bar.

Khi van điều khiển áp suất được cấp điện: Nếu áp suất trong mạch áp suất cao tăng lên, lực điện từ sẽ được tạo ra để cộng thêm vào lực của lò xo. Khi đó van sẽ đóng lại và được giữ ở trạng thái đóng cho đến khi lực do áp suất dầu ở một phía cân bằng với lực của lò xo và lực điện từ ở phía còn lại. Sau đó, van sẽ ở trạng thái mở và duy trì một áp suất không đổi. Khi bơm thay đổi lượng nhiên liệu phân phối hay nhiên liệu bị mất đi trong mạch áp suất cao thì được bù lại bằng cách điều chỉnh van đến một độ mở khác. Lực điện từ tỷ lệ với dòng điện cung cấp trung bình được điều chỉnh bằng cách thay đổi độ rộng xung (pulse-width-modulation pulse). Tần số xung điện khoảng 1 kHz sẽ đủ để ngăn chuyển động ngoài ý muốn của lõi thép và sự thay đổi áp suất trong ống.

c. Ống trữ nhiên liệu áp suất cao (ống phân phối)

Ngay cả khi kim phun lấy nhiên liệu từ ống phân phối để phun thì áp suất nhiên liệu trong ống vẫn phải không đổi. Điều này thực hiện được nhờ vào sự co giãn của nhiên liệu. Áp suất nhiên liệu được đo bởi cảm biến áp suất trên ống phân phối và được duy trì bởi van điều khiển áp suất nhằm giới hạn áp suất tối đa là 1500 bar.



1. Ống trữ; 2. Đường dầu vào từ bơm cao áp; 3. Cảm biến áp suất trên ống trữ;
4. Van giới hạn áp suất; 5. Đường dầu về; 6. Lỗ tuyết lưu; 6. Đường dầu đến kim.

Hình 6.9: *Cấu tạo ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao*

Ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao (ống phân phối) trên hình 6.9 dùng để chứa nhiên liệu có áp suất cao. Đồng thời, sự dao động của áp suất do bơm cao áp tạo ra sẽ được giảm chấn (damped) bởi thể tích của ống.

Ống tích trữ nhiên liệu áp suất cao này dùng chung cho tất cả các xy lanh. Do đó, tên nó là “đường ống chung” (“common rail”). Ngay cả khi một lượng nhiên liệu bị mất đi khi phun, ống vẫn duy trì áp suất thực tế bên trong không đổi. Điều này bảo đảm cho áp suất phun của kim không đổi ngay từ khi kim mở.

Để thích hợp với các điều kiện lắp đặt khác nhau trên động cơ, ống phải được thiết kế với nhiều kiểu để phù hợp với bộ hạn chế dòng chảy và dự phòng chỗ để gắn các cảm biến, van điều khiển áp suất, van hạn chế áp suất.

Thể tích bên trong của ống thường xuyên được điền đầy bằng nhiên liệu có áp suất. Khả năng nén của nhiên liệu dưới áp suất cao được tận dụng để tạo hiệu quả tích trữ. Khi nhiên liệu rời khỏi ống để phun ra thì áp suất thực tế trong bộ tích trữ nhiên liệu áp suất cao vẫn được duy trì không đổi. Sự thay đổi áp suất là do bơm cao áp thay đổi lượng nhiên liệu cung cấp để bù vào phần nhiên liệu vừa phun.

d. Kim phun (injectors)

Thời điểm phun và lượng nhiên liệu phun được điều chỉnh bằng cách cho dòng điện qua các kim phun. Các kim phun này thay thế kim phun cơ khí. Tương tự như kim phun cơ khí trong các động cơ diesel phun nhiên liệu trực tiếp, các bộ kẹp thường được sử dụng để lắp kim vào nắp máy.

Kim phun có thể chia làm các phần theo chức năng như sau:

- Lỗ kim phun;
- Hệ thống dẫn dầu phụ;
- Van điện.

Theo hình 6.10, nhiên liệu từ đường dầu đến kim và theo đường ống dẫn sẽ đi đến buồng điều khiển 8 thông qua lỗ nạp 6. Buồng điều khiển được nối với đường dầu về thông qua lỗ xả 6 được mở bởi van solenoid.

Khi lỗ đóng, áp lực của dầu đặt lên piston 9 cao hơn áp lực dầu tại thân ty kim 11. Kết quả là kim bị đẩy xuống dưới và làm kín lỗ phun với buồng đốt.

Khi van solenoid có dòng điện, lỗ xả 6 được mở ra. Điều này làm cho áp suất ở buồng điều khiển giảm xuống, kết quả là áp lực tác dụng lên piston cũng giảm theo. Khi áp lực dầu trên piston giảm xuống thấp hơn áp lực tác dụng lên ty kim, thì ty kim mở ra và nhiên liệu được phun vào buồng đốt qua các lỗ phun. Kiểu điều khiển ty kim gián tiếp này dùng một hệ thống khuếch đại thủy lực vì lực cần thiết để mở kim thật nhanh không thể được trực tiếp tạo ra nhờ van solenoid. Thời điểm phun và lượng nhiên liệu phun được điều chỉnh thông qua dòng qua các kim phun.

Tương tự như các kim phun kiểu cũ trong các động cơ phun nhiên liệu trực tiếp, các bộ kẹp được ưu tiên sử dụng để lắp kim vào nắp máy.

Kim phun có thể chia làm các phần theo chức năng như sau:

- Lỗ kim phun;

- Hệ thống trợ lực dầu (the hydraulic servo-system);
- Van điện.

Hoạt động của kim phun có thể chia làm 4 giai đoạn chính khi động cơ làm việc và bơm cao áp tạo ra áp suất cao:

- Kim phun đóng (khi có áp lực dầu tác dụng);
- Kim phun mở (bắt đầu phun);
- Kim phun mở hoàn toàn;
- Kim phun đóng (kết thúc phun).

Các giai đoạn hoạt động là kết quả của sự phân phối lực tác dụng lên các thành phần của kim phun. Khi động cơ dừng lại và không có áp suất trong ống phân phối, lò xo kim đóng kim phun.

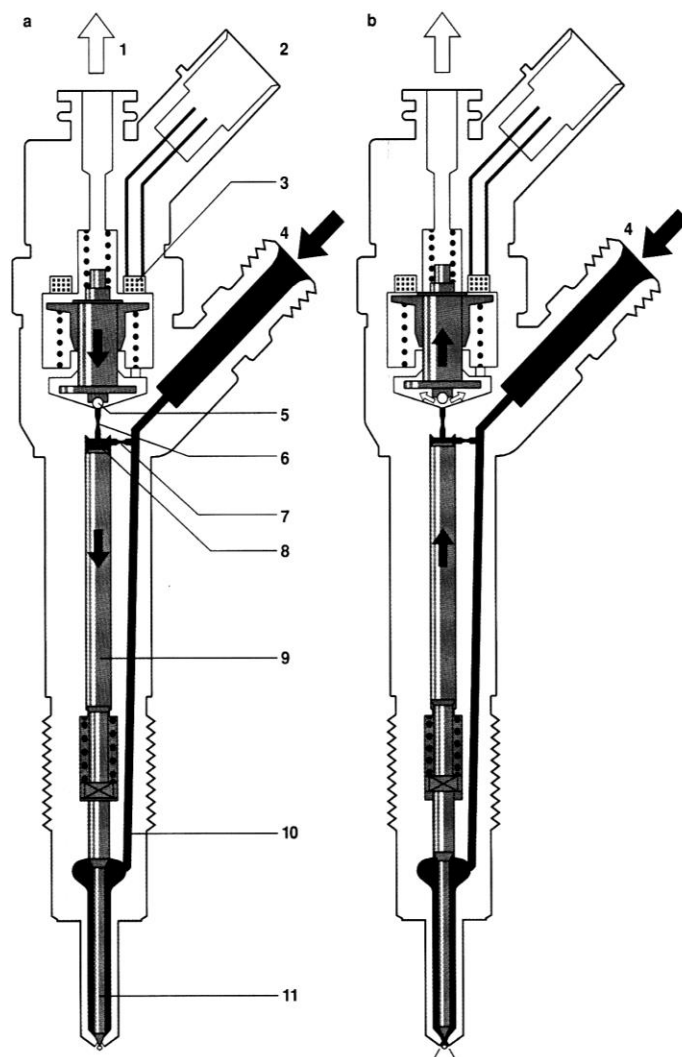
- Kim phun đóng (ở trạng thái nghỉ)
- Ở trạng thái nghỉ, van solenoid chưa được cung cấp điện và do đó kim phun đóng.

Khi lỗ xả đóng, lò xo đẩy van bị đóng lại. Áp suất cao của ống tăng lên trong buồng điều khiển và trong buồng thể tích của ty kim cũng có một áp suất tương tự. Áp suất của ống đặt vào phần đỉnh của piston, cùng với lực của lò xo ngược chiều với lực mở kim sẽ giữ được ty kim ở vị trí đóng.

* **Kim phun mở (bắt đầu phun)**

Van solenoid được cung cấp điện với dòng kích lớn để bảo đảm nó mở nhanh. Lực tác dụng bởi van solenoid lớn hơn lực lò xo lỗ xả và làm mở lỗ xả ra. Gần như tức thời, dòng điện cao được giảm xuống thành dòng nhỏ hơn chỉ đủ để tạo ra lực điện từ để giữ ty. Điều này thực hiện được là nhờ khe hở mạch từ bây giờ đã nhỏ hơn. Khi lỗ xả mở ra, nhiên liệu có thể chảy vào buồng điều khiển van vào khoang bên trên nó và từ đó trở về bình chứa thông qua đường dầu về. Lỗ xả làm mất cân bằng áp suất nên áp suất trong buồng điều khiển van giảm xuống. Điều này dẫn đến áp suất trong buồng điều khiển van thấp hơn áp suất trong buồng chứa của ty kim (vẫn còn bằng với áp suất của ống). Áp suất giảm đi trong buồng điều khiển van làm giảm lực tác dụng lên piston điều khiển nên ty kim mở ra và nhiên liệu bắt đầu phun.

- a. Khi kim đóng
- b. Khi kim nhấc
1. Đường dầu về
2. Mạch điện
3. Van điện
4. Đường dầu vào (dầu có áp suất cao) từ ống trữ
5. Van bi
6. Van xả
7. Ống cấp dầu
8. Van điều khiển ở buồng
9. Van điều khiển piston
10. Lỗ cấp dầu cho đầu kim
11. Đầu kim



Hình 6.10: **Cấu tạo kim phun**

Tốc độ mở ty kim được quyết định bởi sự khác biệt tốc độ dòng chảy giữa lỗ nạp và lỗ xả. Piston điều khiển tiến đến vị trí dừng phía trên nơi mà nó vẫn còn chịu tác dụng của đệm dầu được tạo ra bởi dòng chảy của nhiên liệu giữa lỗ nạp và lỗ xả. Kim phun giờ đây đã mở hoàn toàn, và nhiên liệu được phun vào buồng đốt ở áp suất gần bằng với áp suất trong ống. Lực phân phối trong kim thì tương tự với giai đoạn mở kim.

* **Kim phun đóng (kết thúc phun)**

Khi dòng qua van solenoid bị ngắt, lò xo đẩy van bi xuống và van bi đóng lỗ xả lại. Lỗ xả đóng đã làm cho áp suất trong buồng điều khiển van tăng lên thông qua lỗ nạp. Áp suất này tương đương với áp suất trong ống và làm tăng lực tác dụng lên đỉnh piston điều khiển. Lực này cùng với lực của lò xo bây giờ cao hơn lực tác dụng của buồng chứa và ty kim đóng lại. Tốc độ đóng của ty kim phụ thuộc vào dòng chảy của nhiên liệu qua lỗ nạp.

* **Đầu kim phun**

Ty kim mở khi van solenoid được kích hoạt để nhiên liệu chảy qua. Chúng phun nhiên liệu trực tiếp vào buồng cháy.

Lượng nhiên liệu dư cần để mở ty kim sẽ được đưa trở lại bình chứa thông qua đường ống dầu về. Nhiên liệu hồi về từ van điều áp và từ vùng áp suất thấp cũng được dẫn theo đường dầu về cùng với nhiên liệu được dùng như để bôi trơn cho bơm cao áp.

Thiết kế của đầu phun được quyết định bởi:

- Việc kiểm soát nhiên liệu phun ra (thời điểm và lượng nhiên liệu phun theo góc độ trục cam);
- Việc điều khiển nhiên liệu (số lỗ tia, hình dạng nhiên liệu phun ra và sự tán nhuyễn nhiên liệu, sự phân phối nhiên liệu trong buồng cháy, mức độ làm kín buồng cháy).

Đầu phun loại P có đường kính 4 mm được dùng trong động cơ phun nhiên liệu trực tiếp common rail.

Những đầu phun này gồm 2 loại: đầu phun lỗ tia hở và đầu phun lỗ tia kín.

Lỗ tia phun được định vị dựa vào hình nón phun. Số lượng lỗ tia và đường kính của chúng dựa vào:

- Lượng nhiên liệu phun ra;
- Hình dạng buồng cháy;
- Sự xoáy lốc trong buồng cháy.

Đối với cả hai loại lỗ tia hở và lỗ tia kín thì phần cạnh của lỗ tia có thể được gia công bằng phương pháp ăn mòn hydro nhằm mục đích ngăn ngừa sự mài mòn sớm của cạnh lỗ tia gây ra bởi các phần tử mài mòn và giảm sai lệch dung lượng phun.

Để làm giảm lượng hydrocacbon thải ra, thể tích nhiên liệu điền đầy ở đầu của ty kim cần thiết phải giữ ở mức nhỏ nhất. Việc này được thực hiện tốt nhất với loại đầu phun lỗ tia kín.

Lỗ tia của loại này được sắp xếp quanh một lỗ bao. Trong trường hợp đỉnh của đầu phun hình tròn, hay tùy thuộc vào thiết kế, lỗ tia được khoan bằng cơ khí hoặc bằng máy phóng điện (*EDM - electrical-discharge machining*).

Lỗ tia với đỉnh của đầu phun hình nón thì luôn được khoan bằng phương pháp EDM.

Đầu phun lỗ tia hở có thể được dùng với các loại lỗ bao với kích thước khác nhau như lỗ bao hình trụ và lỗ bao hình nón.

* **Đầu phun lỗ tia hở với lỗ bao hình trụ và đầu tròn**

Với hình dạng lỗ bao này bao gồm một hình ống và một phần hình bán cầu cho phép dễ dàng thiết kế với các điều kiện:

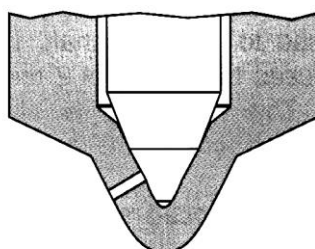
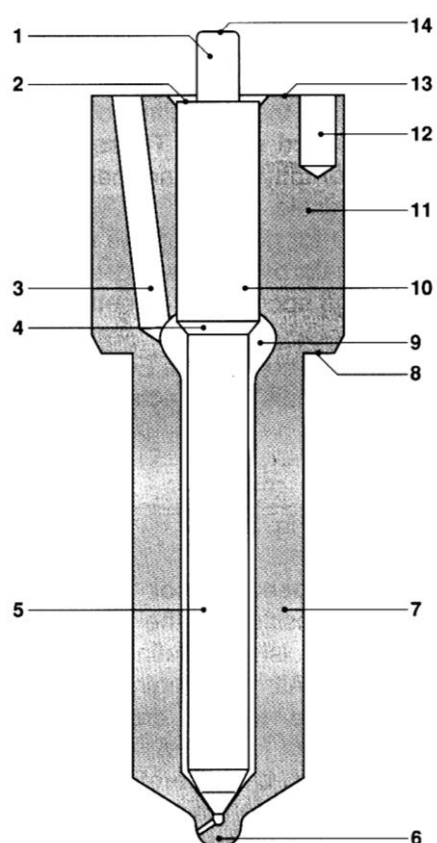
- Số lượng lỗ;
- Chiều dài lỗ tia;
- Góc phun.

Đỉnh của đầu phun là hình bán cầu và kết hợp với hình dạng của lỗ bao giúp các lỗ tia có chiều dài giống nhau.

* **Đầu phun lỗ tia hở với lỗ bao hình trụ và đỉnh của đầu phun hình nón**

Loại này được dùng riêng biệt với lỗ tia có chiều dài 0.6 mm. Đỉnh của đầu phun có hình nón cho phép tăng độ dày thành của đầu phun. Kết quả là tăng được độ cứng của đỉnh kim phun.

1. Đầu ghim áp suất
2. Bề mặt chịu áp lực
3. Đường dầu vào
4. Mặt côn
5. Tỉn dụng kim
6. Đầu kim
7. Thân kim
8. Đế kim
9. Buồng áp suất
10. Trục định hướng
11. Vành kim
12. Lỗ định vị
13. Dấu trên bề mặt
14. Bề mặt công tắc áp suất



Hình 6.11: Cấu tạo đầu kim lỗ tia hở

* **Đầu phun lỗ tia hở với lỗ bao hình nón và đỉnh hình nón**

Trong loại này, do có hình nón nên có thể tích lỗ bao nhỏ hơn đầu phun có lỗ bao hình trụ. Loại này là trung gian giữa đầu phun lỗ tia kín và đầu phun lỗ tia hở có lỗ bao hình trụ. Để có được bề dày đồng nhất của đỉnh kim thì nó phải có hình nón phù hợp với hình dạng của lỗ bao.

*** Đầu phun lỗ tia kín**

Để làm giảm thể tích có hại của lỗ bao và do đó để làm giảm lượng HC thải ra, lỗ tia nằm ngay trên phần côn và với lỗ phun kín, thì nó được bao quanh bởi ty kim. Điều này có nghĩa là không có sự kết nối trực tiếp giữa lỗ bao và buồng cháy. Thể tích có hại ở đây nhỏ hơn nhiều so với loại đầu phun lỗ tia hở. So với đầu phun lỗ tia hở, loại này có giới hạn tải trọng thấp hơn nhiều và do đó chỉ sản xuất loại P với lỗ tia dài 1 mm.

Để đạt độ cứng cao, đỉnh của kim có hình nón. Lỗ tia luôn được tạo bởi phương pháp gia công bằng máy phóng điện EDM.

e. Đường ống dẫn nhiên liệu áp suất cao

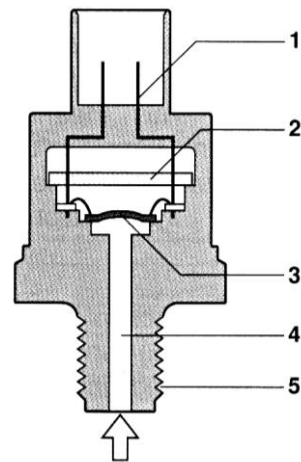
Những đường ống nhiên liệu này mang nhiên liệu áp suất cao. Do đó, chúng phải thường xuyên chịu áp suất cực đại của hệ thống và trong suốt quá trình ngưng phun. Vì vậy, chúng được chế tạo từ thép ống. Thông thường, chúng có đường kính ngoài khoảng 6 mm và đường kính trong khoảng 2.4 mm.

Các đường ống nằm giữa ống phân phối và kim phun phải có chiều dài như nhau. Sự khác biệt chiều dài giữa ống phân phối và các kim phun được bù bằng cách uốn cong ở các đường ống nối. Tuy nhiên, đường ống nối này nên được giữ càng ngắn càng tốt.

f. Cảm biến áp suất ống (rail-pressure sensor)

Cảm biến áp suất ống đo áp suất tức thời trong ống phân phối và báo về ECU với độ chính xác thích hợp và tốc độ đủ nhanh.

1. Mạch điện
2. Màng so
3. Màng của phân tử cảm biến
4. Ống dẫn áp suất
5. Ren lắp ghép



Hình 6.12: *Cảm biến áp suất trên ống phân phối*

Nhiên liệu chảy vào cảm biến áp suất ống thông qua một đầu mở và phần cuối được bịt kín bởi một màng cảm biến. Thành phần chính của cảm biến là một thiết bị bán dẫn được gắn trên màng cảm biến, dùng để chuyển áp suất thành tín hiệu điện. Tín hiệu do cảm biến tạo ra được đưa vào một mạch khuếch đại tín hiệu và đưa đến ECU.

Cảm biến hoạt động theo nguyên tắc:

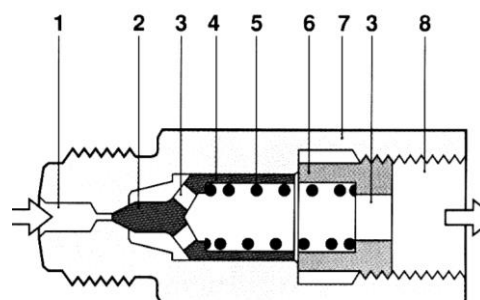
- Khi màng biến dạng thì lớp điện trở đặt trên màng sẽ thay đổi giá trị. Sự biến dạng (khoảng 1mm ở 1500 bar) là do áp suất tăng lên trong hệ thống, sự thay đổi điện trở gây ra sự thay đổi điện thế của mạch cầu điện trở.
- Điện áp thay đổi trong khoảng 0-70mV (tùy thuộc áp suất tác động) và được khuếch đại bởi mạch khuếch đại đến 0.5V-4.5 V.

Việc kiểm soát một cách chính xác áp suất của ống là điều bắt buộc để hệ thống hoạt động đúng. Đây cũng là nguyên nhân tại sao cảm biến áp suất ống phải có sai số nhỏ trong quá trình đo. Trong dải hoạt động của động cơ, độ chính xác khi đo đạt khoảng 2%. Nếu cảm biến áp suất ống bị hư thì van điều khiển áp suất sẽ được điều khiển theo giá trị định sẵn ECU.

g. Van giới hạn áp suất (pressure limiter valve)

Van giới hạn áp suất có chức năng như một van an toàn. Trong trường hợp áp suất vượt quá cao, thì van giới hạn áp suất sẽ hạn chế áp suất trong ống bằng cách mở cửa thoát. Van giới hạn áp suất cho phép áp suất tức thời tối đa trong ống khoảng 1500 bar.

1. Mạch cao áp
2. Van
3. Lỗ dầu
4. Piston
5. Lò xo
6. Đế
6. Thân van
8. Đường dầu về



Hình 6.13: *Van giới hạn áp suất*

Van giới hạn áp suất là một thiết bị cơ khí bao gồm các thành phần sau:

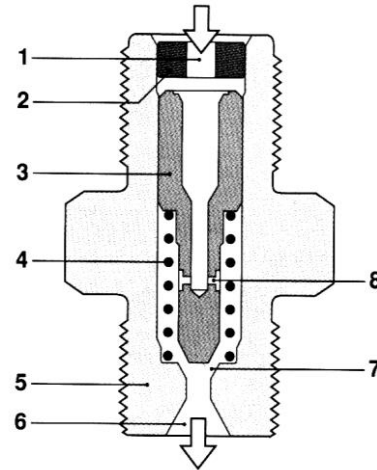
- Phần cổ có ren ngoài để lắp vào ống;
- Một chỗ nối với đường dầu về;
- Một piston di chuyển;
- Một lò xo;

Tại phần cuối chỗ nối với ống có một buồng với một đường dẫn dầu có phần đuôi hình côn mà khi piston đi xuống sẽ làm kín bên trong buồng. Ở áp suất hoạt động bình thường (tối đa 1350 bar), lò xo đẩy piston xuống làm kín ống. Khi áp suất của hệ thống vượt quá mức, piston bị đẩy lên trên do áp suất của dầu trong ống thắng lực căng lò xo. Nhiên liệu có áp suất cao được thoát ra thông qua van và đi vào đường dầu về trở lại bình chứa. Khi van mở, nhiên liệu rời khỏi ống vì vậy, áp suất trong ống giảm xuống.

h. Van hạn chế dòng chảy (flow limiter)

Nhiệm vụ của bộ hạn chế dòng chảy là ngăn cho kim không phun liên tục ví dụ trong trường hợp kim không đóng lại được. Để thực hiện điều này, khi lượng nhiên liệu rời khỏi ống vượt quá mức đã được định sẵn thì van giới hạn dòng chảy sẽ đóng đường dầu nối với kim lại.

1. Mạch dầu đến ống
2. Vòng đệm
3. Piston
4. Lò xo
5. Thân
6. Mạch dầu đến kim
7. Mặt côn
8. Van tiết lưu

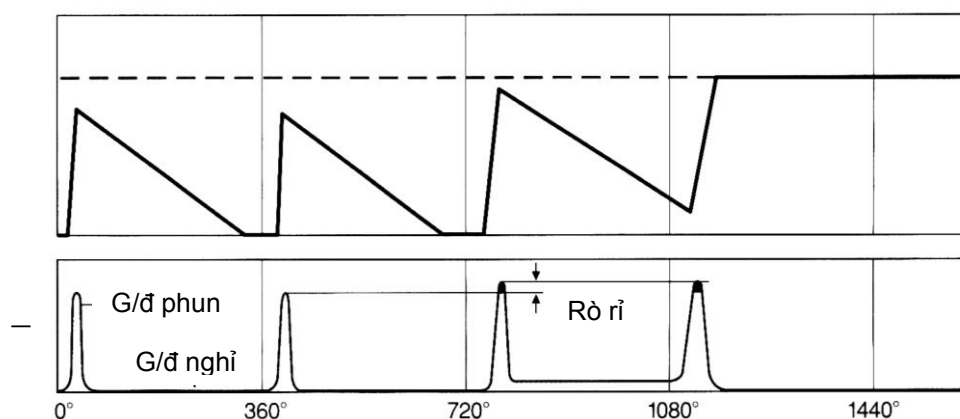


Hình 6.14: *Van giới hạn dòng chảy*

Van giới hạn dòng chảy bao gồm một buồng bằng kim loại với ren phía trong để bắt với ống (có áp suất cao) và ren ngoài để bắt với đường dầu đến kim phun. Van có một đường dẫn dầu tại mỗi đầu để nối với ống và với đường dầu đến kim.

Có một piston bên trong van hạn chế dòng chảy và được đẩy bằng một lò xo theo hướng bộ tích trữ nhiên liệu. Piston này làm kín với thành của buồng van và đường dầu theo chiều dọc thông qua lỗ dầu ở giữa thân piston dẫn dầu từ phía bên trong ra phía bên ngoài piston.

Lỗ dầu theo chiều dọc có đường kính giảm dần ở phần cuối và đóng vai trò của một van tiết lưu.



ộ được o piston dịch chuyển theo hướng của kim phun. Van giới hạn dòng chảy hì lại lượng nhiên liệu bị kim phun lấy đi từ ống bằng cách *Góc quay trục khuỷu* liệu này bằng lượng thể tích dịch chuyển của piston và *lượng phun có thể phun* ngang nếu lượng nhiên liệu này quá nhỏ. Ở cuối quá trình phun, piston nhấc lên một chút mà không đóng đường dầu ra hoàn toàn. Lò xo sẽ đẩy piston lên và nằm ở trạng thái nghi và nhiên liệu có thể chảy qua lỗ khoan ngang.

Lò xo và lỗ khoan ngang được định kích thước sao cho ngay cả với lượng nhiên liệu phun tối đa (cộng với một lượng dự phòng an toàn) thì piston vẫn có thể di chuyển trở về trạng thái nghỉ cho đến lần phun kế.

– *Ở chế độ hoạt động bất thường với lượng nhiên liệu bị rò rỉ lớn*

Nhờ vào lượng nhiên liệu rời khỏi ống, piston của van giới hạn dòng chảy bị đẩy khỏi vị trí ở trạng thái nghỉ và làm kín đường dầu ra. Piston giữ ở vị trí này và ngăn nhiên liệu đến kim phun.

– *Ở chế độ hoạt động bất thường với lượng nhiên liệu bị rò rỉ nhỏ*

Nhờ vào lượng nhiên liệu bị rò rỉ, piston của van giới hạn dòng chảy không thể trở lại vị trí của trạng thái nghỉ. Sau một số lần phun thì piston di chuyển tới vị trí làm kín ngõ dầu ra.

Piston giữ ở trạng thái này cho đến khi động cơ tắt đi và đóng ngõ dầu vào của kim phun.