

Chương 3: HỆ THỐNG PHUN XĂNG ĐIỆN TỬ (EFI)

(Số tiết: 09, lý thuyết: 06; bài tập: 03)

Mục tiêu:

Sau khi học xong bài học này sinh viên có khả năng:

- So sánh hệ thống phun xăng điện tử so với bộ chế hòa khí.
- Trình bày được ưu điểm của hệ thống phun xăng điện tử so với bộ chế hòa khí.
- Phân loại được hệ thống phun xăng điện tử.
- Xác định vị trí và đọc tên các chi tiết của hệ thống phun xăng điện tử trên động cơ.

Để đáp ứng nhu cầu hiện nay về việc thải khí xả sạch hơn, tiêu hao nhiên liệu kinh tế hơn, cải thiện khả năng tải cho động cơ,... bộ chế hòa khí ngày nay phải được lắp đặt các thiết bị hiệu chỉnh khác nhau, do đó làm cho nó trở nên phức tạp hơn rất nhiều. Chính vì lý do đó hệ thống phun xăng điện tử được sử dụng thay thế cho bộ chế hòa khí, để đảm bảo tỷ lệ khí nhiên liệu thích hợp cho động cơ bằng việc phun nhiên liệu được điều khiển bằng điện tử theo các chế độ làm việc khác nhau.

Trên các loại động cơ sử dụng nhiên liệu xăng thường sử dụng một trong hai thiết bị, để cung cấp hỗn hợp không khí - nhiên liệu với một tỷ lệ chính xác, đến từng xy lanh của động cơ tại tất cả các dải tốc độ, đó là bộ chế hòa khí hay hệ thống phun xăng điện tử EFI (Electronic Fuel Injection). Cả hai hệ thống đều đo lượng khí nạp thay đổi theo góc mở của buồm ga và tốc độ động cơ, để cung cấp một tỷ lệ nhiên liệu và không khí thích hợp đến các xy lanh đáp ứng yêu cầu làm việc của động cơ.

3.1. Khái quát

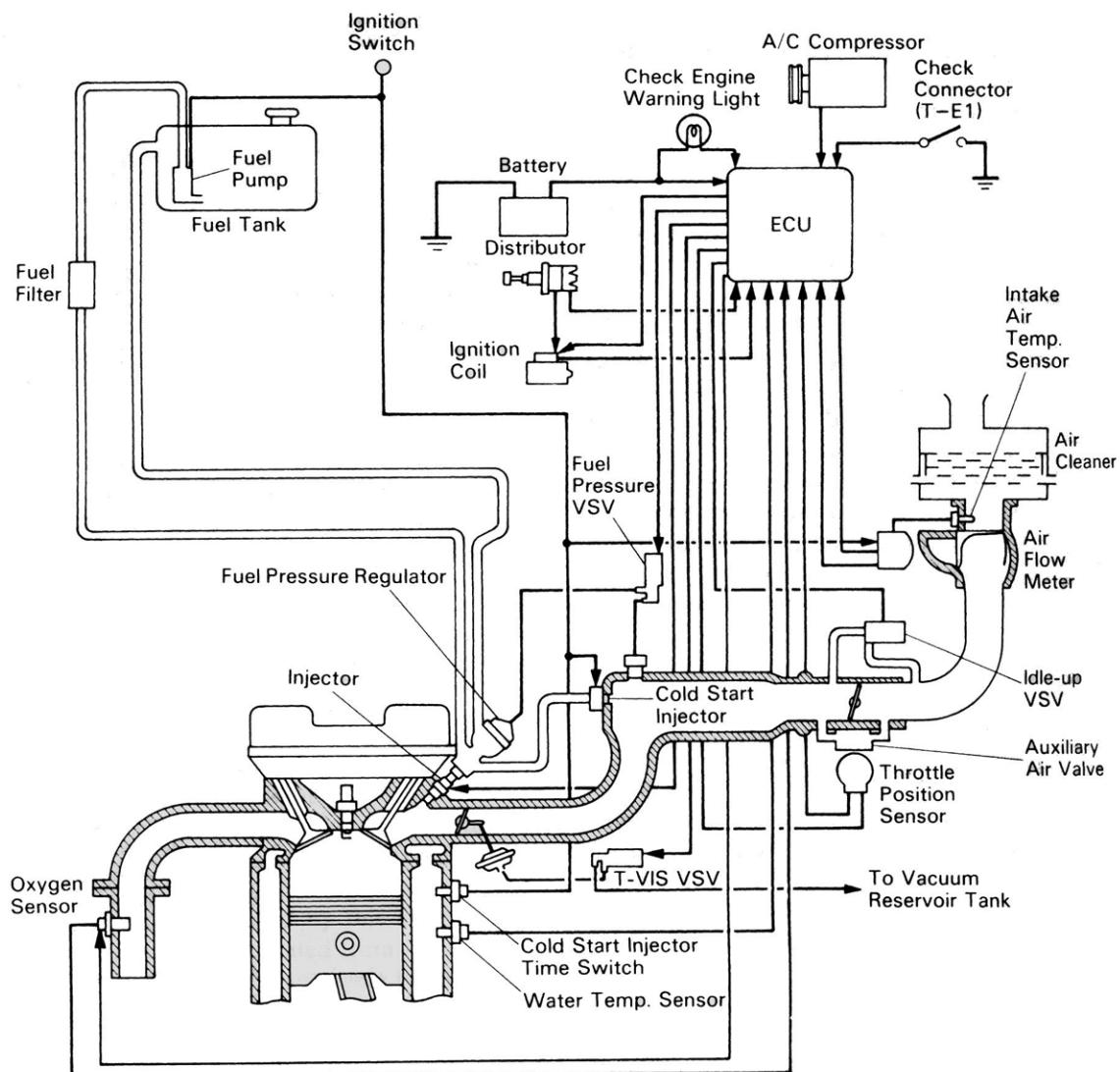
Hệ thống phun xăng điện tử (*Electronic Fuel Injection - EFI*) là công nghệ cung cấp nhiên liệu cho động cơ đốt trong bằng cách sử dụng các cảm biến, bộ điều khiển điện tử (*Electronic Control Unit - ECU*), và các thiết bị truyền động để phun nhiên liệu với độ chính xác cao. Đây là một bước cải tiến so với hệ thống chế hòa khí truyền thống, giúp tăng hiệu quả động cơ, giảm mức tiêu thụ nhiên liệu và giảm khí thải độc hại.

Cấu tạo cơ bản của hệ thống EFI

Hệ thống EFI bao gồm các thành phần chính sau:

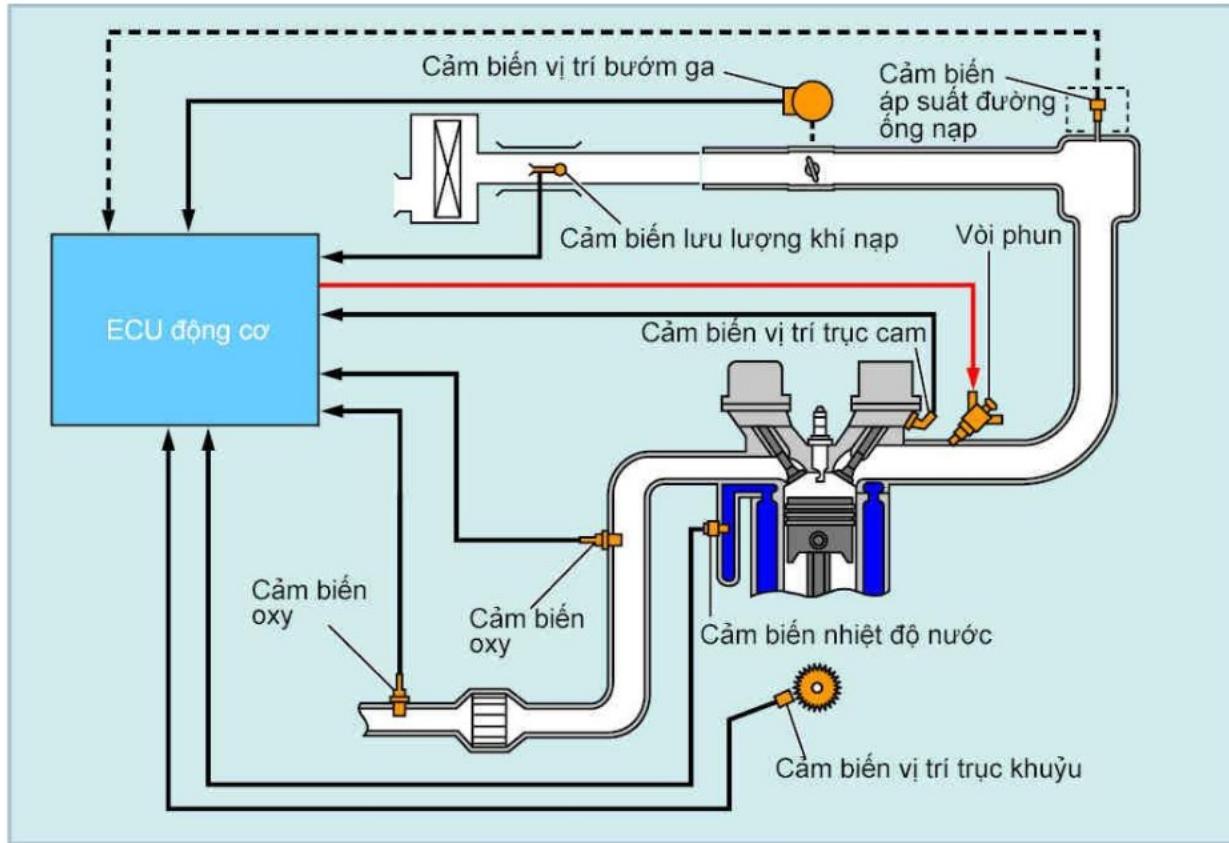
1. Bộ điều khiển điện tử (ECU)

- **Tên tiếng Anh:** Electronic Control Unit.
- **Chức năng:**
 - Nhận dữ liệu từ các cảm biến trên động cơ.
 - Tính toán lượng nhiên liệu cần thiết và thời điểm phun dựa trên điều kiện vận hành thực tế.
 - Gửi tín hiệu điều khiển đến vòi phun và các thiết bị liên quan khác.



Toyota computer control system (TCCS)

EFI (Phun nhiên liệu điện tử)



2. Các cảm biến (Sensors)

- Giám sát các thông số quan trọng của động cơ, bao gồm:
 - Áp suất đường ống nạp (Intake Manifold Pressure Sensor).
 - Lưu lượng khí nạp (Mass Air Flow Sensor).
 - Nhiệt độ động cơ (Engine Coolant Temperature Sensor).
 - Tốc độ động cơ (Engine Speed Sensor).

3. Vòi phun nhiên liệu (Fuel Injector)

- Tên tiếng Anh:** Fuel Injector.
- Chức năng:** Phun nhiên liệu vào đường ống nạp hoặc trực tiếp vào buồng đốt theo lượng được ECU tính toán.

4. Bơm nhiên liệu và bộ điều áp (Fuel Pump & Fuel Pressure Regulator)

- Cung cấp nhiên liệu với áp suất cao và ổn định từ bình nhiên liệu đến vòi phun.

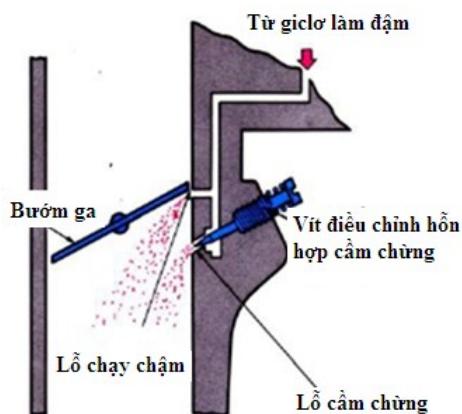
5. Hệ thống nạp khí (Air Intake System)

- Bao gồm cỗ họng gió (Throttle Body), cảm biến vị trí bướm ga (Throttle Position Sensor), và các bộ phận khác để điều chỉnh luồng không khí vào động cơ.

So sánh hệ thống phun xăng điện tử với bộ chế hòa khí:

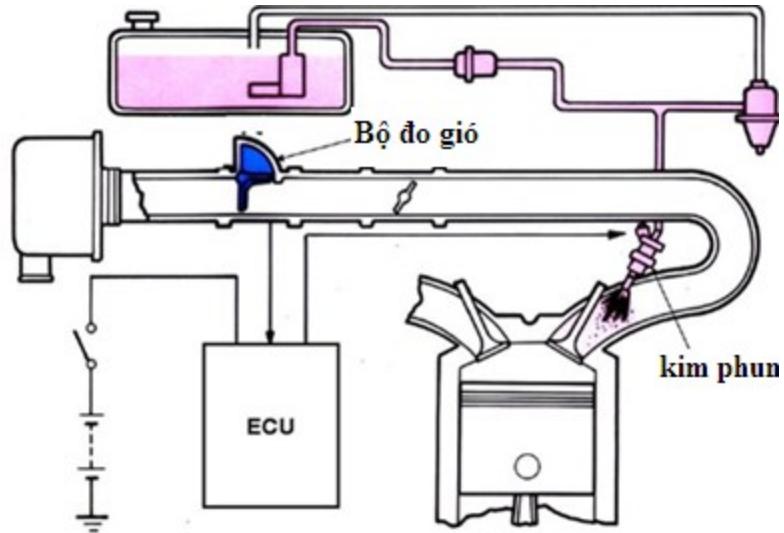
1.1. Phương pháp tạo hỗn hợp hòa khí:

Động cơ sử dụng bộ chế hòa khí, ở tốc độ chậm người ta lợi dụng độ chân không lớn ở sau cánh bướm ga để hút nhiên liệu đi ra khỏi bộ chế hòa khí từ lỗ cầm chừng và lỗ chạy chậm. Còn ở chế độ một phần tải và tải lớn, người ta lợi dụng tốc độ dòng khí đi qua họng bộ chế hòa khí để hút nhiên liệu ra.



Hình 1.1: Phương pháp tạo hỗn hợp hòa khí của bộ chế hòa khí.

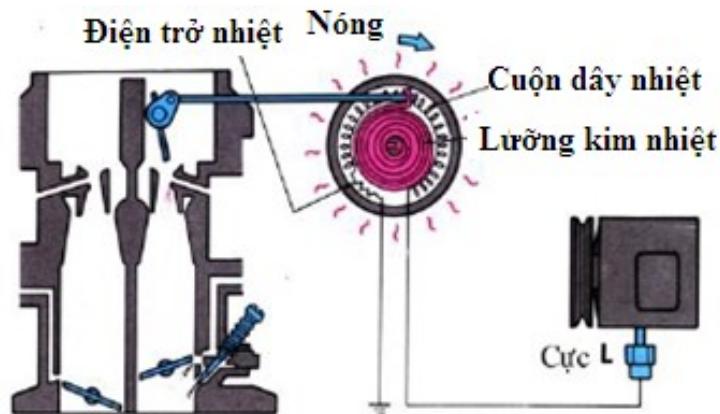
Ở hệ thống phun xăng điện tử, lượng không khí nạp vào động cơ di chuyển độc lập với hệ thống nhiên liệu. Lượng không khí trước khi nạp vào động cơ được kiểm tra bởi bộ đo lưu lượng không khí, tín hiệu này được ECU tiếp nhận và ECU sẽ điều khiển thời gian mở kim phun phù hợp với lượng không khí nạp và số vòng quay của động cơ (hình 1.2).



Hình 1.2: Phương pháp tạo hỗn hợp hòa khí của hệ thống phun xăng điện tử.

1.2. Khi khởi động:

Khi động cơ lạnh cánh bướm gió đóng hoàn toàn, lượng nhiên liệu được cung cấp từ mạch chạy chậm và mạch chính để làm giàu hỗn hợp. Sau khởi động, cơ cấu điều khiển cánh bướm gió mở một phần sẽ điều khiển bướm gió hé mở (hình 1.3).



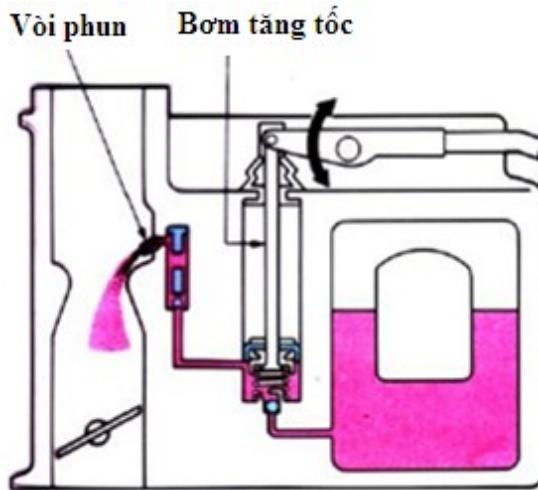
Hình 1.3: Cơ cấu điều khiển cánh bướm gió khi khởi động của bộ chế hòa khí.

Ở động cơ phun xăng, lượng nhiên liệu phun khi khởi động được căn cứ vào tín hiệu khởi động từ contact máy (STA), cảm biến nhiệt độ động cơ, cảm biến nhiệt độ không khí nạp và điện áp của ắc quy. Ngoài ra ở một số động cơ người ta còn dùng kim phun khởi động để cung cấp thêm nhiên liệu cho động cơ.

Sau khởi động sự làm giàu hỗn hợp được căn cứ vào cảm biến nhiệt độ nước làm mát, ECU dùng tín hiệu này để làm giàu hỗn hợp.

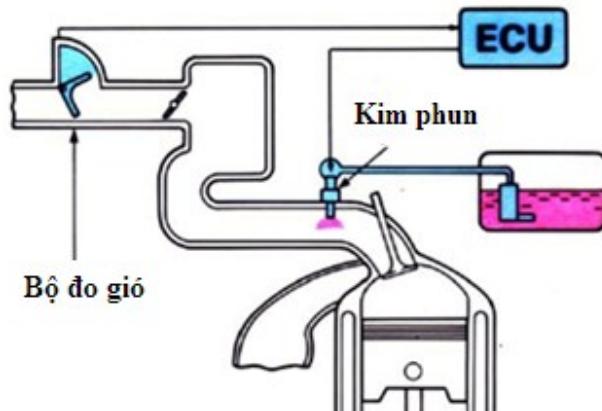
1.3. Khi tăng tốc:

Khi cánh bướm ga mở rộng đột ngột, lượng không khí nạp sẽ gia tăng tức thời. Nhưng ở bộ chế hòa khí do nhiên liệu có độ nhớt và do quán tính của dòng nhiên liệu nên lượng nhiên liệu cung cấp không kịp thời. Để khắc phục, người ta dùng bơm tăng tốc (hình 1.4.a).



Hình 1.4.a: Chế độ làm giàu hỗn hợp khi tăng tốc bộ chế hòa khí.

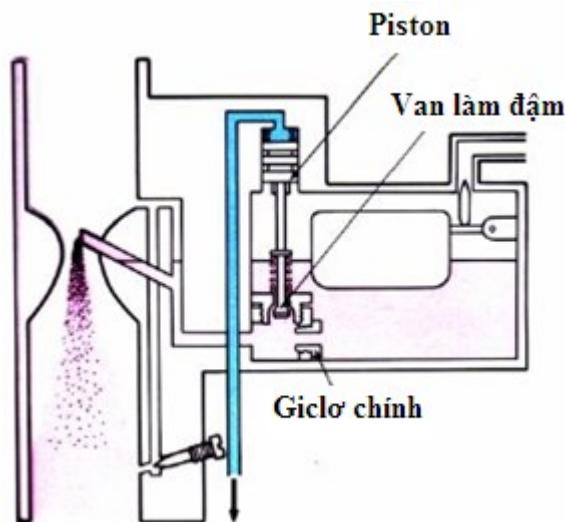
Ở động cơ phun xăng, lượng không khí nạp khi tăng tốc được kiểm tra trực tiếp bởi bộ đo gió. ECU dùng tín hiệu lưu lượng không khí nạp và cảm biến vị trí bướm ga để thực hiện làm giàu hỗn hợp khi tăng tốc (hình 1.4.b).



Hình 1.4.b: Chế độ làm giàu hỗn hợp khi tăng tốc động cơ phun xăng.

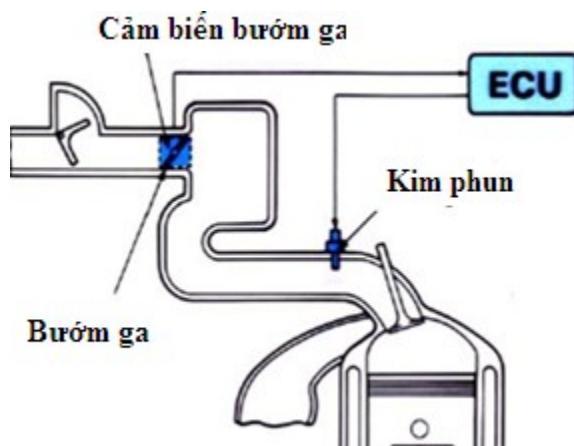
1.4. Chế độ tải lớn:

Muốn cho động cơ phát ra mô men cực đại hoặc công suất cực đại thì phải làm giàu hỗn hợp khi cánh bướm ga mở lớn. Ở động cơ dùng bộ chế hòa khí người ta dùng mạch làm đậm để hỗ trợ thêm nhiên liệu cho mạch chính (hình 1.5.a).



Hình 1.5.a: Chế độ làm giàu hỗn hợp khi tải lớn bộ chế hòa khí.

Còn ở động cơ phun xăng để làm giàu hỗn hợp khi tải lớn, người ta dùng cảm biến vị trí bướm ga để xác định chế độ tải. ECU sử dụng tín hiệu này để làm giàu hỗn hợp cho động cơ (hình 1.5.b).



Hình 1.5.b: Chế độ làm giàu hỗn hợp khi tải lớn động cơ phun xăng.

Ưu điểm của hệ thống phun xăng điện tử so với bộ chế hòa khí:

- Khởi động dễ dàng và nhanh chóng: Trong quá trình khởi động lượng nhiên liệu phun cơ bản căn cứ vào tín hiệu khởi động STA từ contact máy và cảm biến nhiệt độ nước làm mát. Lượng phun hiệu chỉnh thêm nhiên liệu được lấy từ cảm biến nhiệt độ không khí nạp và điện áp của ắc quy.

Thời điểm đánh lửa sớm ứng với chế độ khởi động.

Van ISC mở tối đa để khởi động dễ dàng.

- Hỗn hợp không khí - nhiên liệu của các xy lanh được phân phối đồng đều.
- Tỉ lệ hỗn hợp được đáp ứng tối ưu ở mọi chế độ làm việc của động cơ.
 - Do không sử dụng độ chân không để hút nhiên liệu như bộ chế hòa khí. Do vậy người ta tăng đường kính và chiều dài của đường ống nạp để làm giảm sức cản và tận dụng quán tính lớn của dòng khí để nạp đầy. Ngoài ra, người ta còn dùng các phương án như thay đổi chiều dài đường ống nạp hoặc dùng hai đường ống nạp cho mỗi xy lanh để tăng hiệu quả nạp cho động cơ.
 - Ở chế độ cầm chừng nhanh, tốc độ cầm chừng của động cơ được điều khiển từ van không khí hoặc van điều khiển tốc độ cầm chừng, nên tốc độ cầm chừng nhanh thay đổi đều và rất ổn định theo nhiệt độ của nước làm mát.
 - Nhiên liệu được cung cấp qua kim phun ở dạng sương dưới một góc độ phun hợp lý nên sự hình thành hỗn hợp đạt hiệu quả cao hơn bộ chế hòa khí.
 - Điều khiển cắt nhiên liệu khi giảm tốc nhằm tiết kiệm được nhiên liệu và giải quyết được vấn đề ô nhiễm môi sinh.
 - Lượng khí thải được kiểm tra để hiệu chỉnh lượng nhiên liệu phun cho chính xác...

Từ các ưu điểm trên nên ở động cơ phun xăng người ta nâng cao được công suất, hiệu suất, tỉ số nén của động cơ và giải quyết được phần lớn vấn đề ô nhiễm môi sinh.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống EFI

Hệ thống EFI hoạt động theo quy trình sau:

- 1. Nhận dữ liệu từ các cảm biến**
 - Cảm biến đo áp suất đường ống nạp, lưu lượng khí, tốc độ động cơ, và nhiệt độ động cơ gửi tín hiệu về ECU.
- 2. Xử lý tín hiệu**
 - ECU sử dụng các thuật toán để tính toán lượng nhiên liệu cần thiết và thời điểm phun nhiên liệu, đảm bảo hỗn hợp nhiên liệu-không khí tối ưu.
- 3. Điều khiển phun nhiên liệu**
 - ECU gửi tín hiệu đến vòi phun nhiên liệu để mở van phun nhiên liệu với thời gian và lượng chính xác.
- 4. Điều chỉnh liên tục**
 - Hệ thống EFI theo dõi và điều chỉnh tức thời dựa trên các thay đổi về điều kiện vận hành của động cơ, như tăng tốc, giảm tốc, tải trọng, hoặc nhiệt độ.

Ưu điểm của hệ thống EFI so với chế hòa khí

1. Tối ưu hiệu suất động cơ

- Đảm bảo hỗn hợp nhiên liệu-không khí phù hợp trong mọi điều kiện vận hành.

2. Tiết kiệm nhiên liệu

- Giảm lãng phí nhiên liệu nhờ tính toán chính xác lượng nhiên liệu cần thiết.

3. Giảm khí thải độc hại

- Hệ thống EFI giúp động cơ hoạt động hiệu quả hơn, giảm lượng khí thải CO, HC và NOx.

4. Khả năng khởi động dễ dàng

- Đặc biệt hiệu quả trong điều kiện nhiệt độ thấp nhờ có chức năng khởi động lạnh.

5. Điều khiển động cơ thông minh

- Tích hợp khả năng điều khiển tốc độ không tải, thời điểm đánh lửa, và các chức năng khác để tăng cường sự ổn định và đáp ứng của động cơ.

Ứng dụng của hệ thống EFI

Hệ thống EFI hiện được sử dụng rộng rãi trên các loại xe ô tô hiện đại, từ xe du lịch đến xe tải, nhờ khả năng đáp ứng được các tiêu chuẩn khí thải khắt khe như Euro 5, Euro 6.

Hình minh họa

- **Hình 1:** Sơ đồ nguyên lý hệ thống EFI.
 - **Hình 2:** Cấu tạo bên trong của vòi phun nhiên liệu.
 - **Hình 3:** Hình ảnh cảm biến áp suất đường ống nạp và cách kết nối với ECU.
-

3.2. Phân loại

3.2.1. Loại điều khiển áp suất đường ống nạp (D-EFI)

- **Tên tiếng Anh:** *Manifold Absolute Pressure Controlled EFI (D-EFI).*

- Phương pháp này sử dụng cảm biến áp suất đường ống nạp (*Manifold Absolute Pressure Sensor*) để đo áp suất không khí. ECU điều chỉnh lượng nhiên liệu phun dựa trên giá trị áp suất này.

Cơ chế hoạt động

Hệ thống D-EFI sử dụng cảm biến áp suất đường ống nạp (*Manifold Absolute Pressure Sensor - MAP Sensor*) để đo áp suất không khí trong đường ống nạp của động cơ. Dữ liệu từ cảm biến này được gửi về ECU (bộ điều khiển điện tử), giúp ECU tính toán:

1. **Lượng không khí nạp** vào động cơ.
2. **Tải động cơ** trong thời gian thực.

Dựa trên các thông số này, ECU điều chỉnh lượng nhiên liệu được phun qua vòi phun nhằm đảm bảo tỷ lệ hỗn hợp không khí-nhiên liệu (*Air-Fuel Ratio - AFR*) lý tưởng, giúp động cơ đạt hiệu suất tốt nhất.

Thành phần chính của hệ thống D-EFI

1. **Cảm biến áp suất đường ống nạp (MAP Sensor)**
 - Đo áp suất tuyệt đối bên trong đường ống nạp (bao gồm cả áp suất khí quyển và áp suất chân không).
 - Vị trí: Thường lắp trên hoặc gần đường ống nạp.
2. **Bộ điều khiển điện tử (ECU)**
 - Xử lý tín hiệu từ cảm biến MAP và tính toán lượng nhiên liệu cần phun.
 - Kiểm soát thời điểm và khoảng thời gian phun nhiên liệu.
3. **Vòi phun nhiên liệu (Fuel Injector)**
 - Nhận tín hiệu từ ECU để phun nhiên liệu chính xác theo áp suất đo được.

Nguyên lý hoạt động

1. **Cảm biến MAP đo áp suất đường ống nạp:**
 - Khi động cơ hoạt động, cảm biến MAP ghi nhận sự thay đổi áp suất trong đường ống nạp do lưu lượng khí và tốc độ động cơ thay đổi.
2. **ECU xử lý tín hiệu:**
 - ECU sử dụng tín hiệu từ cảm biến MAP kết hợp với tín hiệu tốc độ động cơ (RPM) để tính toán khối lượng không khí nạp.
3. **Điều chỉnh lượng nhiên liệu:**
 - ECU điều chỉnh thời gian mở của vòi phun nhiên liệu (được gọi là thời gian phun hoặc *Injector Pulse Width*) để cung cấp đủ nhiên liệu phù hợp với lượng không khí nạp.

Ưu điểm của hệ thống D-EFI

1. **Thiết kế đơn giản:**

- Sử dụng cảm biến áp suất đường ống nạp (MAP Sensor), hệ thống này có cấu tạo gọn gàng và ít phức tạp hơn so với L-EFI.
- 2. Chi phí thấp:**
 - Giá thành của cảm biến MAP và hệ thống D-EFI thấp hơn so với cảm biến MAF và hệ thống L-EFI, giúp giảm chi phí sản xuất xe.
 - 3. Độ tin cậy cao:**
 - Hệ thống ít nhạy cảm với bụi bẩn, dầu, hoặc độ ẩm, do đó hoạt động ổn định trong điều kiện môi trường khắc nghiệt.
 - 4. Bảo trì dễ dàng:**
 - Cảm biến MAP yêu cầu ít bảo dưỡng hơn so với cảm biến lưu lượng khí (MAF Sensor).
 - 5. Hiệu quả ở tải thấp và trung bình:**
 - Hệ thống hoạt động tốt trong các điều kiện vận hành không yêu cầu thay đổi nhanh chóng hoặc khói lượng khí nạp lớn.

Nhược điểm của hệ thống D-EFI

- 1. Độ chính xác không cao:**
 - Hệ thống ước lượng khói lượng khí nạp dựa trên áp suất đường ống nạp thay vì đo trực tiếp, dẫn đến độ chính xác thấp hơn so với L-EFI.
- 2. Hiệu suất kém trên động cơ tăng áp:**
 - Đối với động cơ tăng áp, áp suất đường ống nạp không phản ánh chính xác khói lượng khí nạp do sự nén khí từ bộ tăng áp.
- 3. Khả năng đáp ứng chậm:**
 - Hệ thống D-EFI có độ trễ nhất định trong việc điều chỉnh hỗn hợp nhiên liệu khi động cơ thay đổi tải hoặc tốc độ nhanh.
- 4. Không phù hợp cho động cơ hiệu suất cao:**
 - Hệ thống này không đáp ứng tốt các yêu cầu về độ chính xác và hiệu suất ở dải tốc độ cao hoặc tải lớn.

Ứng dụng của hệ thống D-EFI

- 1. Xe có động cơ nhỏ:**
 - Hệ thống D-EFI thường được sử dụng trên các loại xe máy hoặc xe hơi cỡ nhỏ, nơi chi phí thấp và cấu trúc đơn giản được ưu tiên.
- 2. Xe không tăng áp:**
 - D-EFI phù hợp với các động cơ hút khí tự nhiên, không yêu cầu kiểm soát khí nạp quá phức tạp.
- 3. Xe thương mại giá rẻ:**
 - Các dòng xe hạng phổ thông hoặc xe thương mại giá thấp thường sử dụng D-EFI để giảm chi phí sản xuất.
- 4. Môi trường khắc nghiệt:**
 - Hệ thống này được áp dụng trên các loại xe hoạt động trong điều kiện bụi bẩn, độ ẩm, hoặc nhiệt độ cao, do tính bền bỉ và ít yêu cầu bảo trì.

3.2.2. Loại điều khiển lưu lượng khí nạp (L-EFI)

- **Tên tiếng Anh:** *Air Flow Controlled EFI (L-EFI)*.
- Sử dụng cảm biến lưu lượng khí nạp (*Mass Air Flow Sensor*) để đo khối lượng không khí nạp. Thông tin từ cảm biến này giúp ECU kiểm soát chính xác lượng nhiên liệu cần thiết.

Cơ chế hoạt động

Hệ thống L-EFI sử dụng cảm biến lưu lượng khí nạp (*Mass Air Flow Sensor - MAF Sensor*) để đo khối lượng không khí đi vào động cơ. Dữ liệu từ cảm biến này được gửi về bộ điều khiển điện tử (*Electronic Control Unit - ECU*), giúp ECU tính toán lượng nhiên liệu cần phun với độ chính xác cao, đảm bảo tỷ lệ hỗn hợp không khí-nhiên liệu (*Air-Fuel Ratio - AFR*) tối ưu cho mọi điều kiện vận hành.

Thành phần chính của hệ thống L-EFI

1. **Cảm biến lưu lượng khí nạp (MAF Sensor)**
 - Đo trực tiếp khối lượng khí nạp vào động cơ.
 - Các loại cảm biến lưu lượng khí nạp phổ biến:
 - **Cảm biến dây nhiệt (Hot Wire Sensor):** Sử dụng dây nhiệt bị làm mát bởi không khí nạp, từ đó tính toán khối lượng khí nạp dựa trên sự thay đổi nhiệt độ.
 - **Cảm biến cánh xoay (Vane Airflow Sensor):** Sử dụng cánh xoay dịch chuyển theo lượng khí nạp để đo khối lượng không khí.
2. **Bộ điều khiển điện tử (ECU)**
 - Tính toán lượng nhiên liệu phun dựa trên tín hiệu từ cảm biến MAF và các thông số khác như tốc độ động cơ (*RPM*), nhiệt độ không khí, và vị trí bướm ga.
3. **Vòi phun nhiên liệu (Fuel Injector)**
 - Nhận tín hiệu từ ECU để phun nhiên liệu chính xác tương ứng với lượng khí nạp đo được.

Nguyên lý hoạt động

1. **Cảm biến MAF đo lưu lượng khí nạp:**
 - Khi động cơ hoạt động, cảm biến MAF ghi nhận khối lượng khí nạp vào đường ống nạp.
2. **ECU xử lý tín hiệu:**
 - ECU sử dụng tín hiệu từ cảm biến MAF để tính toán lượng nhiên liệu cần thiết, đảm bảo hỗn hợp không khí-nhiên liệu đúng chuẩn (14.7:1 đối với động cơ xăng ở điều kiện lý tưởng).
3. **Điều chỉnh phun nhiên liệu:**
 - ECU điều chỉnh thời gian và lượng nhiên liệu phun từ vòi phun để phù hợp với lượng khí nạp đo được.

Ưu điểm của hệ thống L-EFI

1. **Độ chính xác cao:**

- Đo trực tiếp khối lượng khí nạp giúp ECU kiểm soát chính xác lượng nhiên liệu cần phun.
2. **Phù hợp với động cơ hiệu suất cao:**
 - Hệ thống L-EFI hoạt động tốt ngay cả khi lưu lượng khí nạp thay đổi lớn, đặc biệt trên các động cơ tăng áp hoặc động cơ yêu cầu công suất cao.
 3. **Đáp ứng tốt với các điều kiện vận hành khác nhau:**
 - Cung cấp hỗn hợp không khí-nhiên liệu tối ưu trong mọi chế độ vận hành, từ không tải đến toàn tải.

Nhược điểm của hệ thống L-EFI

1. **Chi phí cao hơn:**
 - Do cảm biến MAF phức tạp hơn so với cảm biến MAP trong hệ thống D-EFI.
2. **Nhạy cảm với bụi bẩn và dầu:**
 - Cảm biến MAF có thể bị ảnh hưởng bởi bụi bẩn hoặc dầu, dẫn đến kết quả đo không chính xác nếu không được bảo dưỡng định kỳ.

Ứng dụng

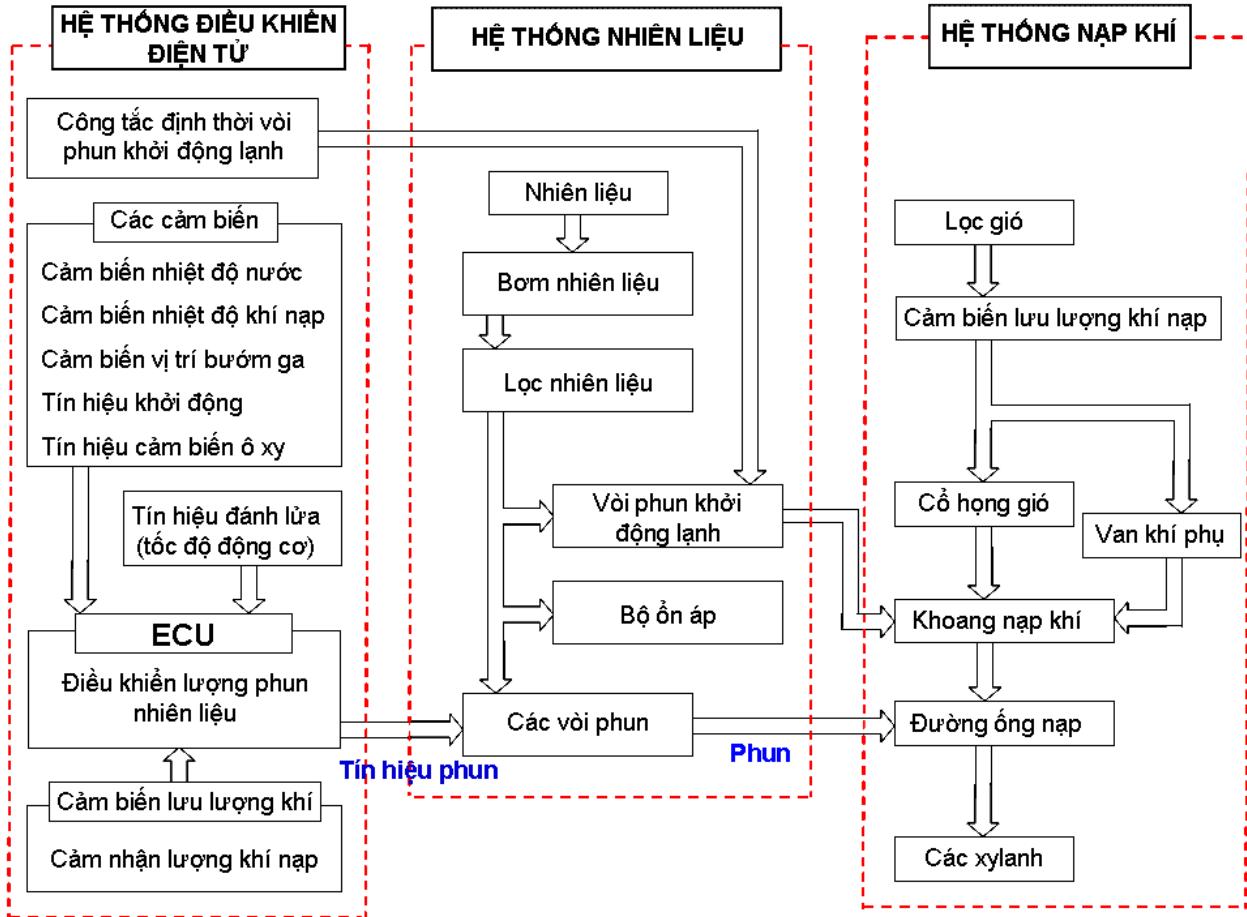
Hệ thống L-EFI được sử dụng phổ biến trên các dòng xe hiện đại, đặc biệt là xe có động cơ công suất lớn hoặc yêu cầu khả năng vận hành linh hoạt và chính xác cao.

Loại này cảm nhận trực tiếp lượng khí nạp vào đường ống nạp bằng một cảm biến đo lưu lượng khí nạp, được sử dụng khá phổ biến trên các loại xe của Toyota, BMW, Hyundai...

III. Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý hoạt động của hệ thống phun xăng điện tử:

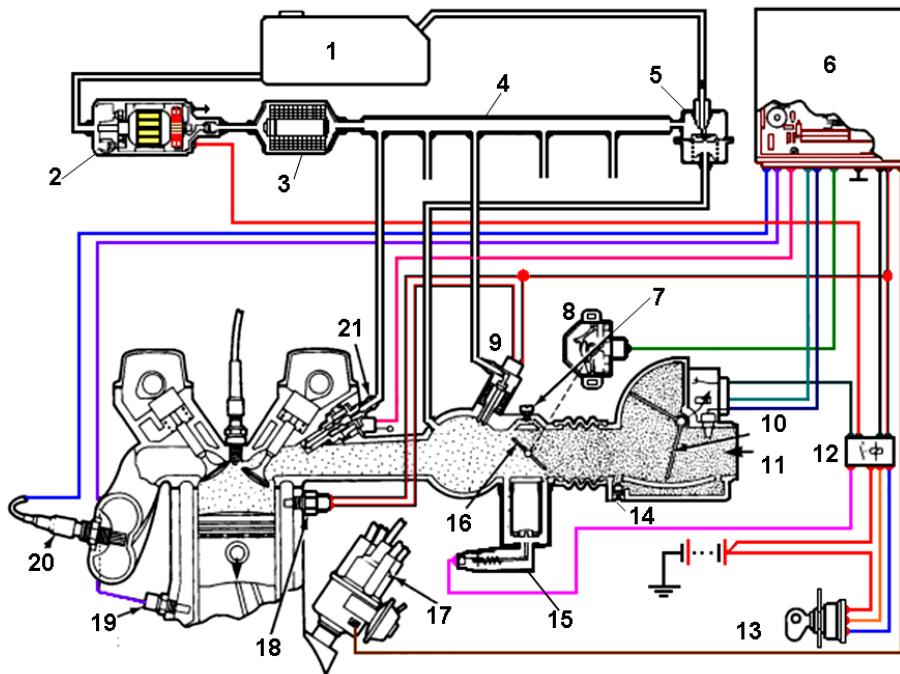
1. Sơ đồ khái của hệ thống phun xăng điện tử:

Hệ thống phun xăng điện tử có thể chia thành 3 hệ thống: hệ thống điều khiển điện tử, hệ thống nhiên liệu và hệ thống nạp khí như trong hình dưới đây (hình 1.10).



Hình 1.10. Sơ đồ khái niệm của hệ thống phun xăng điện tử.

2. Sơ đồ cấu tạo của hệ thống phun xăng: (hình 1.11)



Hình 1.11. Sơ đồ của hệ thống phun xăng điện tử.

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Thùng xăng | 12. Relay EFI |
| 2. Bơm xăng | 13. Khóa điện |
| 3. Lọc xăng | 14. Ví điều chỉnh hỗn hợp |
| 4. Ống phân phối | 15. Van khí phụ |
| 5. Bộ điều áp | 16. Bướm ga |
| 6. ECU động cơ | 17. Bộ chia điện |
| 7. Vít chỉnh không tải | 18. Công tắc định thời gian phun |
| 8. Cảm biến bướm ga | 19. Cảm biến nhiệt độ nước |
| 9. Vòi phun khởi động lạnh | 20. Cảm biến ô xy |
| 10. Cảm biến lưu lượng khí nạp | 21. Kim phun chính |
| 11. Không khí vào | |

3. Nguyên lý làm việc của hệ thống phun xăng điện tử:

Khi bật khóa điện relay EFI đóng mạch khi đó sẽ có điện đến ECU động cơ +B, ECU động cơ được đặt vào chế độ làm việc, khi khởi động động cơ tín hiệu từ máy khởi động kết hợp với tín hiệu của cảm biến lưu lượng khí nạp hoặc tín hiệu Ne của cảm biến vị trí trực khuỷu làm bơm xăng hoạt động, xăng được bơm từ thùng qua bơm, qua lọc xăng và

đi đến giàn phân phối. Áp suất trong hệ thống nhiên liệu được bộ phận điều áp duy trì ở áp suất từ 2,7 - 3 kgf/cm². Khi động cơ hoạt động không khí được nạp vào động cơ qua hệ thống cung cấp khí, lượng không khí đi vào được đo bởi bộ đo dòng khí nạp (cảm biến lưu lượng khí nạp). Tín hiệu từ ECU sẽ mở kim phun và nhiên liệu từ kim phun được phun vào phía trước xúp nạp.

Khi nhiên liệu được phun vào trong dòng khí nạp, nó hòa trộn với không khí bên trong và tạo thành hỗn hợp hơi nhờ áp suất thấp trong đường ống góp hút. Tín hiệu từ ECU sẽ điều khiển kim phun phun lượng nhiên liệu vừa đủ để đạt được tỷ lệ lý tưởng.

ECU quyết định lượng phun cơ bản dựa vào lượng khí nạp đo được và tốc độ động cơ. Tùy thuộc vào điều kiện vận hành của động cơ, lượng phun sẽ khác nhau. ECU theo dõi các biến như nhiệt độ nước làm mát, tốc độ động cơ, góc mở bướm ga, và lượng ôxy trong khí thải và hiệu chỉnh lượng phun để quyết định lượng phun nhiên liệu cuối cùng.

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Sơ đồ nguyên lý hệ thống L-EFI với cảm biến MAF và ECU.
2. **Hình 2:** Cảm biến lưu lượng khí nạp dây nhiệt (*Hot Wire MAF Sensor*).
3. **Hình 3:** Hình ảnh cảm biến cánh xoay (*Vane Airflow Sensor*).
4. **Hình 4:** Mô phỏng tín hiệu từ cảm biến MAF trong các điều kiện lưu lượng khí nạp khác nhau.

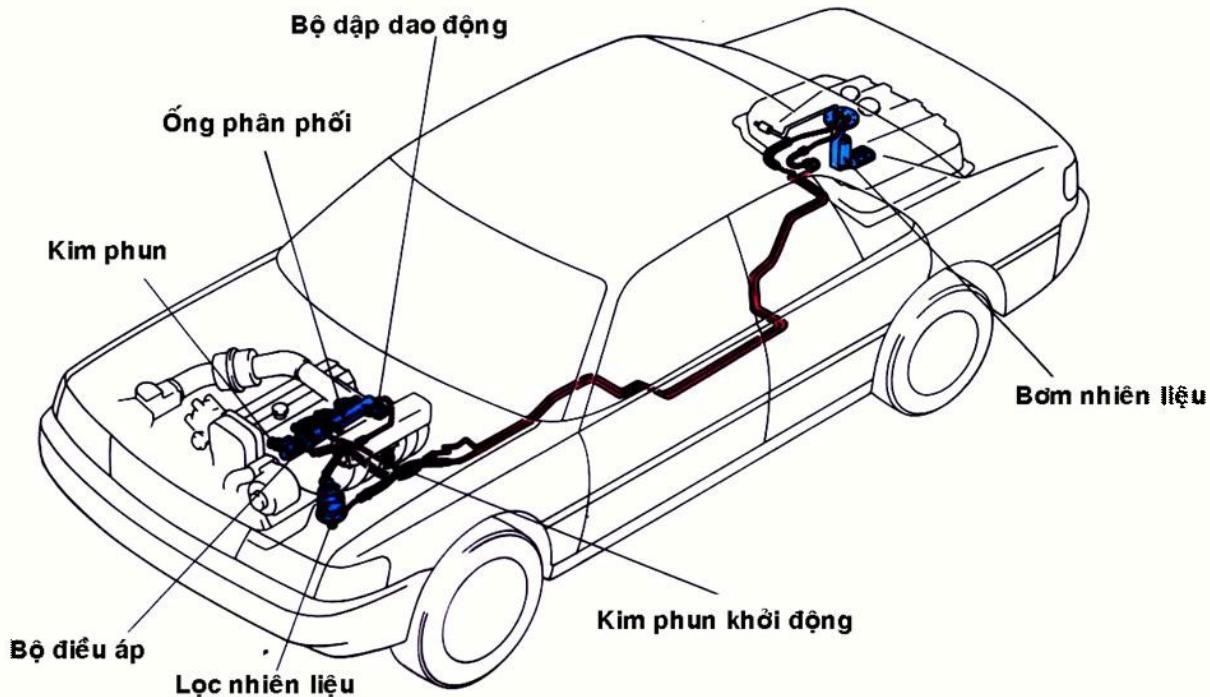
3.3. Hệ thống nhiên liệu

Mục tiêu:

Sau khi học xong bài học này người học có khả năng:

- ❖ Xác định vị trí các chi tiết của hệ thống nhiên liệu.
- ❖ Trình bày được các sơ đồ mạch điện của hệ thống nhiên liệu.
- ❖ Giải thích được nguyên lý hoạt động của hệ thống nhiên liệu.
- ❖ Trình bày được hiện tượng, nguyên nhân hư hỏng của hệ thống nhiên liệu
- ❖ Thực hành tháo, lắp hệ thống nhiên liệu.
- ❖ Thực hành kiểm tra, bảo dưỡng và sửa chữa hệ thống nhiên liệu.

- Hệ thống bao gồm: Thùng nhiên liệu, bơm nhiên liệu, lọc nhiên liệu, các đường ống, bộ dập dao động, ống phân phối, các kim phun, kim phun khởi động và bộ điều áp.
 - Khi bơm nhiên liệu chuyển động, nó sẽ hút nhiên liệu từ thùng nhiên liệu cung cấp qua bộ lọc nhiên liệu đến bộ dập dao động để đi vào ống phân phối. Tại ống phân phối nhiên liệu được cung cấp đến các kim phun, kim phun khởi động và lượng nhiên liệu thừa đi qua bộ điều áp theo đường ống hồi trở về thùng chứa nhiên liệu (hình 3.1).



Hình 3.1: Sơ đồ vị trí hệ thống nhiên liệu.

3.3.1. Bơm nhiên liệu

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Pump.
- **Vị trí:** Lắp trong bình nhiên liệu hoặc dọc theo đường dẫn nhiên liệu.
- **Chức năng:** Cung cấp nhiên liệu với áp suất cao từ bình nhiên liệu đến vòi phun.

Vị trí

Trong bình nhiên liệu (In-tank Fuel Pump):

Bơm nhiên liệu thường được lắp trực tiếp trong bình nhiên liệu để đảm bảo làm mát bơm nhờ nhiên liệu và giảm nguy cơ cháy nổ.

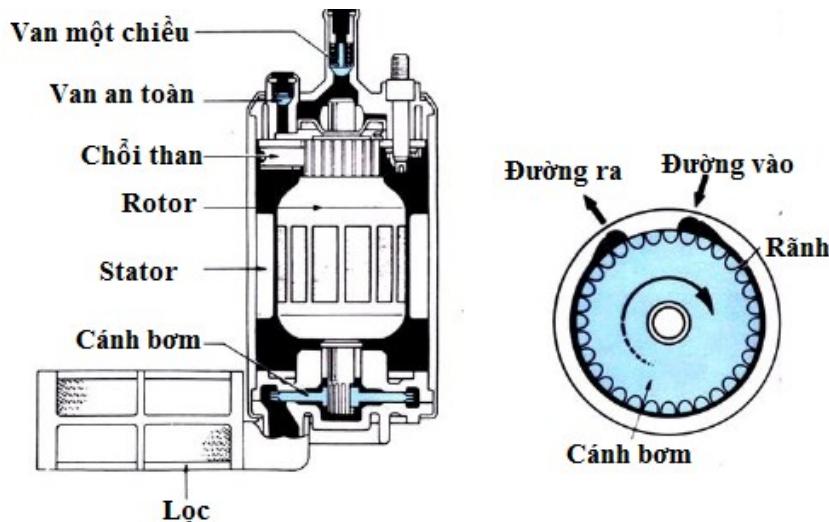
Dọc theo đường dẫn nhiên liệu (Inline Fuel Pump):

Một số hệ thống sử dụng bơm nhiên liệu bên ngoài bình, lắp dọc đường dẫn nhiên liệu để cung cấp áp suất cần thiết.

- Bơm nhiên liệu như hình 3.2, được đặt bên trong hoặc bên ngoài thùng nhiên liệu, nó được sử dụng rộng rãi là kiểu rotor con lăn hoặc kiểu tuốc bin. Bơm được dẫn động bằng động cơ điện một chiều 12V. Khi bơm quay, sẽ hút nhiên liệu từ thùng xăng và cung cấp

dưới một áp suất nhất định đến lọc nhiên liệu, đi qua bộ dập dao động để vào ống phân phối. Lượng nhiên liệu thừa qua bộ điều áp trở về thùng chứa.

- Áp suất nhiên liệu do bơm cung cấp rất lớn vào khoảng 3,5 đến 6,0 kG/cm², nhưng áp suất nhiên liệu trong hệ thống khoảng 2,7 đến 3,1 kG/cm² do sự khống chế bởi bộ điều áp.



Hình 3.2: Cấu tạo kiểu bơm tuốc bin.

- Kiểu bơm tuốc bin có một hoặc hai cánh bơm. Khi rotor của động cơ điện quay làm cho các cánh bơm quay theo, các cánh nhỏ bô trí ở mép ngoài sẽ đẩy nhiên liệu từ mạch hút ra mạch thoát của bơm. Lượng nhiên liệu cung cấp đi qua khe hở của rotor và stator đẩy van một chiều mở để cung cấp nhiên liệu vào hệ thống. Bên trong bơm cũng có bô trí một van an toàn để giảm áp lực cho bơm xăng.

- Bơm bô trí bên trong thùng nhiên liệu có ưu điểm là cách âm tốt, luôn được làm mát bởi nhiên liệu nhưng có khuyết điểm là bảo dưỡng và thay thế rất khó khăn.

- Van một chiều được bô trí ở đường ra của bơm, nó dùng để tạo một áp suất dư trong hệ thống khi động cơ dừng. Điều này sẽ làm cho động cơ khởi động dễ dàng và nhanh chóng.

Chức năng

Cung cấp nhiên liệu với áp suất cao:

Bơm nhiên liệu lấy nhiên liệu từ bình chứa và cung cấp nó đến các vòi phun với áp suất cao và ổn định, đảm bảo hoạt động của hệ thống phun xăng điện tử (EFI).

Duy trì áp suất ổn định:

Áp suất cao và ổn định giúp nhiên liệu được phun ra dưới dạng sương mịn, đảm bảo hòa trộn tốt với không khí để đốt cháy hiệu quả.

Cấu tạo của bơm nhiên liệu

1. Motor điện:

- Làm quay cơ cấu bơm để hút và đẩy nhiên liệu qua đường dẫn.

2. Bánh răng hoặc cánh gạt (Gear or Vane Mechanism):

- Tạo áp suất cao để đẩy nhiên liệu đến hệ thống.

3. Van một chiều (Check Valve):

- Ngăn nhiên liệu chảy ngược về bình chứa khi động cơ dừng hoạt động.

4. Lưới lọc đầu vào (Fuel Strainer):

- Ngăn bụi bẩn hoặc tạp chất xâm nhập vào bơm, bảo vệ hệ thống khỏi hư hỏng.

Nguyên lý hoạt động

1. Khi bật chìa khóa, ECU kích hoạt rơ-le để cung cấp điện cho bơm nhiên liệu.
2. Motor điện quay, hút nhiên liệu từ bình chứa qua lưới lọc.
3. Nhiên liệu được đẩy qua van một chiều và đi đến bộ ổn định áp suất trước khi đến vòi phun.
4. Bơm nhiên liệu ngừng hoạt động khi áp suất đạt giá trị yêu cầu hoặc khi động cơ tắt.

Phân loại bơm nhiên liệu

1. Bơm cơ khí (Mechanical Fuel Pump):

- Sử dụng trên các xe cũ với hệ thống chế hòa khí.
- Hoạt động nhờ cam hoặc bơm chân không.

2. Bơm điện (Electric Fuel Pump):

- Phổ biến trên các xe hiện đại với hệ thống EFI.
- Được điều khiển bởi ECU để cung cấp áp suất và lưu lượng chính xác.

Ưu điểm

• Hiệu suất cao:

Đảm bảo cung cấp đủ nhiên liệu ngay cả khi động cơ hoạt động ở tải lớn.

• Hoạt động ổn định:

Duy trì áp suất ổn định giúp vòi phun hoạt động chính xác.

Nhược điểm

• Độ bền bị ảnh hưởng bởi tạp chất:

Nếu nhiên liệu không sạch, bơm có thể bị tắc hoặc hỏng.

• Chi phí thay thế cao:

Đặc biệt với bơm lắp trong bình nhiên liệu, việc thay thế yêu cầu tháo rời nhiều bộ phận.

Ứng dụng

- **Xe hơi hiện đại:**

Tất cả các xe sử dụng hệ thống EFI đều cần bơm nhiên liệu để đảm bảo hoạt động hiệu quả của động cơ.

- **Xe thương mại và công nghiệp:**

Các dòng xe tải, xe buýt và máy móc công nghiệp cũng sử dụng bơm nhiên liệu áp suất cao để đáp ứng nhu cầu vận hành.

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Sơ đồ hệ thống nhiên liệu với bơm nhiên liệu lắp trong bình.

2. **Hình 2:** Hình ảnh thực tế của bơm nhiên liệu trong bình và bơm nhiên liệu dạng inline.

3. **Hình 3:** Cấu tạo chi tiết của bơm nhiên liệu điện với các bộ phận chính.

3.3.2. Điều khiển bơm nhiên liệu

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Pump Control.

• ECU điều chỉnh hoạt động của bơm nhiên liệu dựa trên nhu cầu nhiên liệu của động cơ.

Chức năng của điều khiển bơm nhiên liệu

- **Điều chỉnh hoạt động của bơm nhiên liệu dựa trên nhu cầu động cơ:**

ECU kiểm soát bơm nhiên liệu để đảm bảo cung cấp nhiên liệu đúng lưu lượng và áp suất, phù hợp với điều kiện vận hành của động cơ, như tải trọng, tốc độ, và nhiệt độ.

Nguyên lý hoạt động

1. **Kích hoạt bơm nhiên liệu:**

- Khi bật chìa khóa, ECU gửi tín hiệu đến rơ-le điều khiển bơm nhiên liệu (Fuel Pump Relay), kích hoạt bơm để tạo áp suất trong đường nhiên liệu.

2. **Điều khiển chế độ làm việc:**

- ECU điều chỉnh chế độ bật/tắt hoặc thay đổi tốc độ bơm nhiên liệu dựa trên:
 - Tín hiệu từ cảm biến áp suất đường nhiên liệu (Fuel Rail Pressure Sensor).
 - Tín hiệu từ cảm biến tải động cơ (Manifold Absolute Pressure Sensor hoặc Mass Air Flow Sensor).

3. **Tắt bơm nhiên liệu:**

- Khi động cơ tắt hoặc không yêu cầu nhiên liệu (chẳng hạn khi xe chạy ở chế độ không tải), ECU ngắt nguồn điện đến bơm nhiên liệu để tiết kiệm năng lượng và đảm bảo an toàn.

Các thành phần chính của điều khiển bơm nhiên liệu

1. **Rơ-le bơm nhiên liệu (Fuel Pump Relay):**

- Đóng/mở mạch điện điều khiển bơm nhiên liệu theo tín hiệu từ ECU.

2. **Cảm biến áp suất đường nhiên liệu (Fuel Rail Pressure Sensor):**
 - o Theo dõi áp suất nhiên liệu trong đường ống để gửi thông tin đến ECU.
3. **Mạch điều khiển ECU:**
 - o Tính toán và đưa ra lệnh điều chỉnh hoạt động của bơm nhiên liệu dựa trên tín hiệu từ các cảm biến động cơ.

Ưu điểm của hệ thống điều khiển bơm nhiên liệu

1. **Tiết kiệm năng lượng:**
 - o Bơm nhiên liệu chỉ hoạt động khi cần thiết, giúp giảm tiêu hao điện năng.
2. **Tăng tuổi thọ bơm:**
 - o Bơm nhiên liệu không phải hoạt động liên tục, làm giảm hao mòn và kéo dài tuổi thọ của bơm.
3. **Cải thiện hiệu suất động cơ:**
 - o Nhiên liệu được cung cấp đúng áp suất và lưu lượng, đảm bảo đốt cháy tối ưu trong buồng đốt.
4. **An toàn hơn:**
 - o Bơm nhiên liệu tự động tắt khi động cơ không hoạt động hoặc trong trường hợp va chạm (nhờ hệ thống ngắt khẩn cấp).

3.3.3. Bộ lọc nhiên liệu

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Filter.
- Lọc sạch tạp chất trong nhiên liệu trước khi cung cấp đến vòi phun.

Chức năng

- **Lọc sạch tạp chất trong nhiên liệu:**
 - o Loại bỏ bụi bẩn, hạt rỉ sét, và các tạp chất khác có trong nhiên liệu. Điều này bảo vệ hệ thống nhiên liệu và vòi phun khỏi bị tắc nghẽn hoặc hư hỏng.

Vị trí

1. **Trước bơm nhiên liệu (Pre-pump Fuel Filter):**
 - o Được lắp trong bình nhiên liệu hoặc gần bơm nhiên liệu, có nhiệm vụ lọc sơ cấp.
2. **Sau bơm nhiên liệu (Post-pump Fuel Filter):**
 - o Được lắp trên đường dẫn nhiên liệu, giữa bơm nhiên liệu và kim phun, đảm bảo nhiên liệu sạch tuyệt đối trước khi vào vòi phun.

Cấu tạo

1. **Lớp vỏ ngoài (Housing):**
 - o Thường làm bằng kim loại hoặc nhựa, bảo vệ phần lõi lọc bên trong.
2. **Lõi lọc (Filter Element):**

- Chất liệu phô biến là giấy lọc đặc biệt hoặc vật liệu tổng hợp có khả năng giữ lại các hạt tạp chất.
3. **Van an toàn (Relief Valve):**
- Cho phép nhiên liệu đi qua ngay cả khi lõi lọc bị tắc, để đảm bảo động cơ không bị ngừng hoạt động đột ngột.
4. **Van một chiều (Check Valve):**
- Ngăn nhiên liệu chảy ngược lại bình chứa, duy trì áp suất ổn định trong hệ thống.

Nguyên lý hoạt động

1. Nhiên liệu từ bình chứa được hút vào bơm nhiên liệu.
2. Trước khi đến vòi phun, nhiên liệu đi qua bộ lọc để loại bỏ tạp chất.
3. Các hạt bụi bẩn và tạp chất bị giữ lại ở lõi lọc, chỉ cho phép nhiên liệu sạch đi qua.
4. Nếu lõi lọc bị tắc, van an toàn sẽ mở để đảm bảo nhiên liệu vẫn được cung cấp cho động cơ, dù không đạt độ sạch tối ưu.

Ưu điểm

1. **Bảo vệ hệ thống nhiên liệu:**
 - Ngăn chặn tạp chất làm hư hỏng bơm nhiên liệu, vòi phun và các thành phần khác.
2. **Đảm bảo hiệu suất động cơ:**
 - Nhiên liệu sạch giúp quá trình phun và đốt cháy diễn ra hiệu quả.
3. **Tăng tuổi thọ của hệ thống phun nhiên liệu:**
 - Giảm thiểu hao mòn và chi phí bảo trì.

3.3.3. Bộ lọc nhiên liệu

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Filter

Chức năng

- **Lọc sạch tạp chất trong nhiên liệu:**
 - Loại bỏ bụi bẩn, hạt rỉ sét, và các tạp chất khác có trong nhiên liệu. Điều này bảo vệ hệ thống nhiên liệu và vòi phun khỏi bị tắc nghẽn hoặc hư hỏng.

Vị trí

1. **Trước bơm nhiên liệu (Pre-pump Fuel Filter):**
 - Được lắp trong bình nhiên liệu hoặc gần bơm nhiên liệu, có nhiệm vụ lọc sơ cấp.
2. **Sau bơm nhiên liệu (Post-pump Fuel Filter):**
 - Được lắp trên đường dẫn nhiên liệu, giữa bơm nhiên liệu và kim phun, đảm bảo nhiên liệu sạch tuyệt đối trước khi vào vòi phun.

Cấu tạo

- Lớp vỏ ngoài (Housing):**
 - Thường làm bằng kim loại hoặc nhựa, bảo vệ phần lõi lọc bên trong.
- Lõi lọc (Filter Element):**
 - Chất liệu phổ biến là giấy lọc đặc biệt hoặc vật liệu tổng hợp có khả năng giữ lại các hạt tạp chất.
- Van an toàn (Relief Valve):**
 - Cho phép nhiên liệu đi qua ngay cả khi lõi lọc bị tắc, để đảm bảo động cơ không bị ngừng hoạt động đột ngột.
- Van một chiều (Check Valve):**
 - Ngăn nhiên liệu chảy ngược lại bình chứa, duy trì áp suất ổn định trong hệ thống.

Nguyên lý hoạt động

- Nhiên liệu từ bình chứa được hút vào bơm nhiên liệu.
- Trước khi đến vòi phun, nhiên liệu đi qua bộ lọc để loại bỏ tạp chất.
- Các hạt bụi bẩn và tạp chất bị giữ lại ở lõi lọc, chỉ cho phép nhiên liệu sạch đi qua.
- Nếu lõi lọc bị tắc, van an toàn sẽ mở để đảm bảo nhiên liệu vẫn được cung cấp cho động cơ, dù không đạt độ sạch tối ưu.

Ưu điểm

- Bảo vệ hệ thống nhiên liệu:**
 - Ngăn chặn tạp chất làm hư hỏng bơm nhiên liệu, vòi phun và các thành phần khác.
- Đảm bảo hiệu suất động cơ:**
 - Nhiên liệu sạch giúp quá trình phun và đốt cháy diễn ra hiệu quả.
- Tăng tuổi thọ của hệ thống phun nhiên liệu:**
 - Giảm thiểu hao mòn và chi phí bảo trì.

Nhược điểm

- Cần bảo dưỡng định kỳ:**
 - Lõi lọc có thể bị tắc theo thời gian và cần thay thế.
- Chi phí phụ tùng:**
 - Đối với các xe cao cấp, bộ lọc nhiên liệu có thể khá đắt đỏ.

Ứng dụng

- Sử dụng trong tất cả các loại động cơ đốt trong, bao gồm:
 - Xe hơi, xe tải, xe buýt.
 - Máy móc nông nghiệp và công nghiệp.

Hình minh họa

- Hình 1:** Cấu tạo chi tiết của bộ lọc nhiên liệu.
- Hình 2:** Bộ lọc nhiên liệu dạng trong bình và dạng lắp ngoài.
- Hình 3:** Bộ lọc nhiên liệu trên một hệ thống động cơ thực tế.

3.3.4. Bộ giảm rung động

- Tên tiếng Anh:** Fuel Damper.
- Hấp thụ rung động trong dòng nhiên liệu để đảm bảo áp suất ổn định.

Chức năng

- Hấp thụ rung động trong dòng nhiên liệu:**
 - Giảm thiểu dao động áp suất gây ra bởi hoạt động không đồng đều của bơm nhiên liệu.
 - Đảm bảo áp suất nhiên liệu ổn định và đồng nhất đến vòi phun, giúp cải thiện hiệu suất phun nhiên liệu.

Vị trí

- Thường được lắp trên đường dẫn nhiên liệu, giữa bơm nhiên liệu và vòi phun, hoặc gần bộ ổn định áp suất (Fuel Pressure Regulator).

Cấu tạo

- Thân vỏ (Housing):**
 - Thường làm bằng kim loại để chịu được áp suất và nhiệt độ cao.

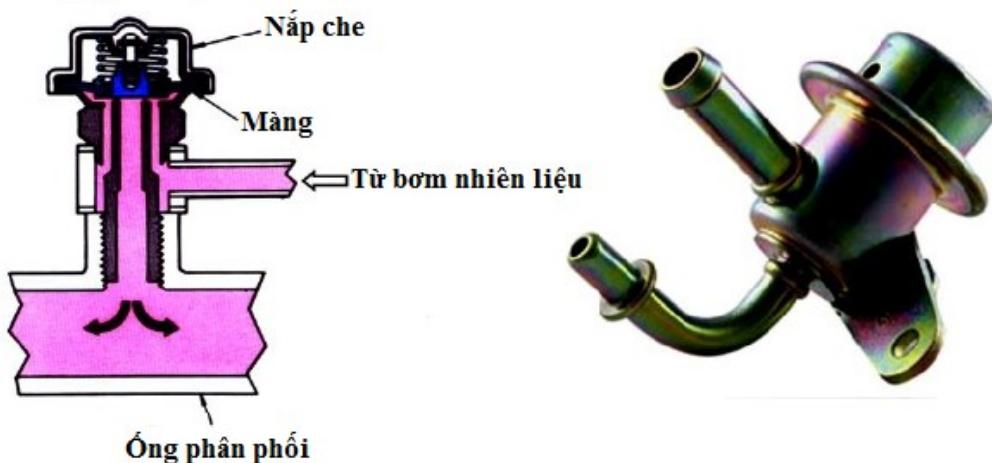
2. Màng chắn (Diaphragm):

- Bộ phận chính hấp thụ rung động, làm bằng vật liệu cao su hoặc composite bền.

3. Lò xo (Spring):

- Được gắn phía sau màng chắn để tạo lực đàn hồi, giúp màng chắn hấp thụ và làm giảm các dao động áp suất.

- Bộ dập dao động thường được bố trí ở đường nhiên liệu vào trên ống phân phối. Chức năng của nó là dùng để dập các xung nhiên liệu do bơm tạo nên và do sự đóng mở của các kim phun trong quy trình phun nhiên liệu. Cấu trúc phần chính của bộ dập dao động gồm một màng và một lò xo để hấp thụ các xung dao động áp suất trong hệ thống (hình 3.3).



Hình 3.3: Cấu tạo bộ dập dao động.

Nguyên lý hoạt động

1. Dao động áp suất trong đường nhiên liệu:

- Bơm nhiên liệu thường tạo ra dòng chảy không hoàn toàn đồng đều, gây ra dao động áp suất.

2. Hấp thụ dao động:

- Khi có dao động áp suất, màng chắn trong bộ giảm rung động co giãn để hấp thụ lực dao động.
- Lực từ lò xo giúp màng chắn nhanh chóng trở lại vị trí ban đầu, đảm bảo áp suất ổn định trong đường dẫn nhiên liệu.

3. Kết quả:

- Dòng nhiên liệu được làm mượt, áp suất nhiên liệu ổn định, giảm tác động tiêu cực đến vòi phun.

Ưu điểm

1. **Tăng độ ổn định của hệ thống nhiên liệu:**
 - o Loại bỏ các dao động áp suất, đảm bảo nhiên liệu được cung cấp đều đặn.
2. **Cải thiện hiệu suất phun nhiên liệu:**
 - o Áp suất ổn định giúp vòi phun hoạt động chính xác, nâng cao hiệu quả đốt cháy.
3. **Giảm tiếng ồn:**
 - o Giảm rung động và tiếng ồn phát ra từ bơm nhiên liệu.

Nhược điểm

1. **Chi phí tăng:**
 - o Bộ giảm rung động là một thành phần bổ sung, làm tăng chi phí sản xuất.
2. **Yêu cầu bảo trì định kỳ:**
 - o Màng chắn và lò xo có thể hao mòn theo thời gian, cần được kiểm tra và thay thế.

Ứng dụng

- **Xe ô tô sử dụng hệ thống EFI:**
 - o Hầu hết các xe hiện đại có hệ thống EFI đều được trang bị bộ giảm rung động.
- **Động cơ yêu cầu độ chính xác cao:**
 - o Các loại xe thể thao hoặc xe hiệu suất cao cần duy trì áp suất nhiên liệu cực kỳ ổn định.

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Cấu tạo chi tiết của bộ giảm rung động.
2. **Hình 2:** Bộ giảm rung động được lắp trên đường dẫn nhiên liệu thực tế.
3. **Hình 3:** Hình ảnh minh họa nguyên lý hoạt động của màng chắn và lò xo.

3.3.5. Bộ ổn định áp suất

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Pressure Regulator.
- Duy trì áp suất nhiên liệu ổn định trong hệ thống phun.

Chức năng

Duy trì áp suất nhiên liệu ổn định trong hệ thống phun:

Đảm bảo áp suất nhiên liệu luôn trong giới hạn yêu cầu của động cơ, bất kể sự thay đổi về tốc độ động cơ, tải trọng, hay điều kiện hoạt động. Điều này giúp hệ thống phun nhiên liệu hoạt động hiệu quả và tối ưu.

Vị trí

Bộ ổn định áp suất thường được lắp trên đường ống nhiên liệu, gần bơm nhiên liệu hoặc trên đường dẫn nhiên liệu trước khi vào bộ chia khí nạp (fuel rail).

Cấu tạo

Lớp vỏ ngoài (Housing):

Vỏ được làm bằng kim loại, nhựa chịu áp suất cao, có nhiệm vụ bảo vệ các bộ phận bên trong.

Màng điều khiển (Diaphragm):

Là bộ phận chính điều chỉnh áp suất, thường được làm bằng cao su hoặc vật liệu đàn hồi khác. Màng này co giãn để duy trì sự ổn định áp suất.

Lò xo điều chỉnh (Spring):

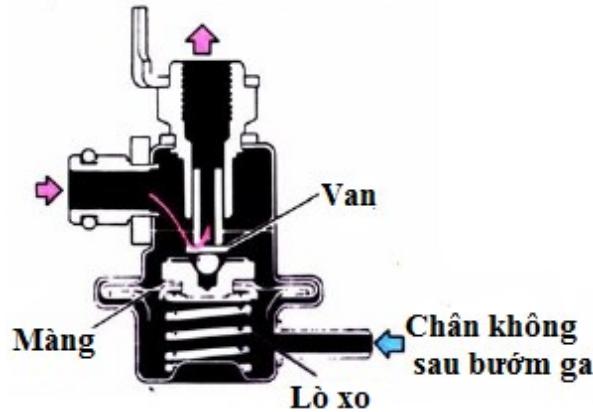
Lò xo giữ màng điều khiển ở một mức áp suất nhất định, giúp duy trì sự ổn định trong hệ thống nhiên liệu.

Cổng xả áp (Pressure Relief Port):

Cổng này cho phép nhiên liệu thừa thoát ra ngoài khi áp suất quá cao.

1. Bộ điều áp:

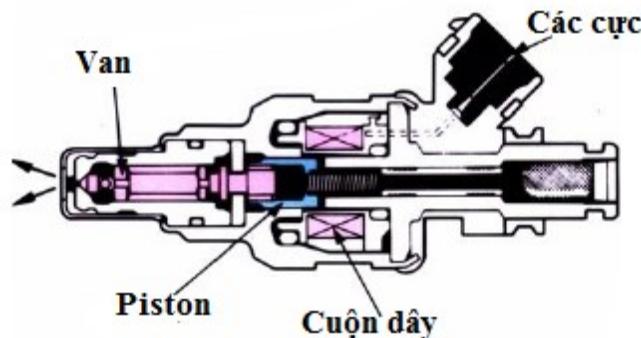
- Chức năng của nó là dùng để giữ cho áp suất phun của kim phun là không đổi. Chúng ta biết rằng lượng nhiên liệu phun ra khỏi kim phun phụ thuộc vào áp suất nhiên liệu trong ống phân phôi và độ chân không trong đường ống nạp. Nếu giữ nguyên áp suất nhiên liệu trong ống phân phôi, lượng nhiên liệu phun sẽ phụ thuộc vào độ chân không sau cánh bướm ga (hình 3.4).



Hình 3.4: Cấu tạo bộ điều áp.

- Cấu trúc bao gồm: một màng chia bộ điều áp thành hai phần, buồng trên chứa nhiên liệu và van điều áp, buồng dưới chứa lò xo và được tác động bởi độ chân không sau bướm ga.

- Khi động cơ hoạt động, áp suất nhiên liệu cung cấp từ bơm, qua lọc và bộ dập dao động để đi vào ống phân phôi. Từ ống phân phôi, lượng nhiên liệu thừa sẽ đi vào bộ điều áp, nó tác động lên màng làm màng đi xuống, van điều áp mở và một lượng nhiên liệu thoát qua bộ điều áp trở về thùng nhiên liệu.



Hình 3.5: Cấu tạo kim phun.

- Hệ thống phun xăng rất đa dạng, thông dụng nhất là hệ thống phun đa điểm, tức mỗi xy lanh bố trí một kim phun. Kim phun được lắp trong đường ống nạp trước xú pát nạp, các kim phun được điều khiển bởi điện tử. Kim phun bao gồm: thân và van kim đặt trong ống tử. Thân kim phun chứa một cuộn dây, điều khiển sự đóng mở của van kim. Khi không có dòng điện cung cấp cho cuộn dây, lò xo đẩy van kim vào để (hình 3.5).

- Khi nam châm điện được tác động, van kim nâng lên khỏi bệ van khoảng 0,1mm và nhiên liệu được phun ra khỏi kim phun nhờ áp suất nhiên liệu trong hệ thống, thời gian mở của kim phun vào khoảng $1 \div 1,5$ ms. Trong khi phun phải đảm bảo sao cho nhiên liệu không ngưng tụ vào đường ống.

❖ Căn cứ vào điện trở của cuộn dây kim phun, kim phun chia làm hai loại.

- Kim phun có điện trở cao: $13 - 14 \Omega$.

- Kim phun có điện trở thấp: $2 - 3 \Omega$.

❖ Căn cứ vào số lỗ phun.

- Loại có một lỗ phun.

- Loại có nhiều lỗ phun.

Nguyên lý hoạt động

Tạo ra áp suất cố định:

Khi nhiên liệu được bơm vào hệ thống, bộ ổn định áp suất sử dụng màng điều khiển và lò xo để duy trì một áp suất nhất định trong đường dẫn nhiên liệu.

Điều chỉnh áp suất theo nhu cầu:

Nếu áp suất vượt quá mức yêu cầu, màng điều khiển sẽ mở cửa xả để giảm áp suất.

Nếu áp suất thấp, màng điều khiển sẽ đóng cửa xả để tăng áp suất, đảm bảo nhiên liệu được cung cấp đủ cho động cơ.

Điều chỉnh theo điều kiện động cơ:

Bộ ổn định áp suất có thể điều chỉnh áp suất dựa trên tín hiệu từ cảm biến khí nạp hoặc cảm biến tải động cơ, để phù hợp với yêu cầu hoạt động của động cơ.

Ưu điểm

Đảm bảo hiệu suất động cơ:

Áp suất nhiên liệu ổn định giúp vòi phun hoạt động hiệu quả, nâng cao hiệu suất đốt cháy nhiên liệu trong buồng đốt.

Tiết kiệm nhiên liệu:

Kiểm soát chính xác lượng nhiên liệu phun giúp giảm lượng nhiên liệu lãng phí và giảm phát thải.

Tăng độ bền cho các thành phần hệ thống nhiên liệu:

Việc duy trì áp suất ổn định giúp bảo vệ bơm nhiên liệu và các bộ phận khác khỏi bị hư hại do quá tải hoặc áp suất không đồng đều.

Nhược điểm

Phức tạp trong bảo dưỡng:

Bộ ổn định áp suất yêu cầu bảo trì định kỳ, đặc biệt là thay màng điều khiển hoặc lò xo khi có dấu hiệu hư hỏng.

Tốn chi phí thay thế:

Bộ ổn định áp suất là một thành phần quan trọng và nếu bị hư hỏng có thể tốn chi phí thay thế hoặc sửa chữa.

Ứng dụng

Xe ô tô sử dụng hệ thống EFI:

Bộ ổn định áp suất là một phần không thể thiếu trong hầu hết các xe hiện đại, giúp duy trì hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

Động cơ xe thể thao và hiệu suất cao:

Những xe này yêu cầu sự kiểm soát áp suất chính xác để tối ưu hóa công suất động cơ.

Hình minh họa

Hình 1: Cấu tạo chi tiết của bộ ổn định áp suất.

Hình 2: Bộ ổn định áp suất được lắp đặt trên hệ thống đường dẫn nhiên liệu.

Hình 3: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của bộ ổn định áp suất.

3.3.6. Vòi phun

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Injector.
- Phun nhiên liệu vào buồng đốt theo dạng sương để tăng hiệu suất cháy.

Chức năng

- **Phun nhiên liệu vào buồng đốt theo dạng sương:**
 - Vòi phun chia nhỏ nhiên liệu thành các hạt mịn (dạng sương) để đảm bảo quá trình cháy diễn ra hiệu quả hơn. Việc này giúp cải thiện khả năng hòa trộn giữa nhiên liệu và không khí, tối ưu hóa quá trình đốt cháy trong buồng đốt.

Vị trí

- Vòi phun được lắp trong bộ chia khí nạp (fuel rail), trước cửa vào của buồng đốt. Vị trí này giúp phân phối nhiên liệu đều vào các xi-lanh của động cơ.

Cấu tạo

1. **Thân vòi phun (Injector Body):**
 - Thường làm bằng kim loại, chịu được nhiệt độ và áp suất cao, bảo vệ các bộ phận bên trong.
2. **Lỗ phun (Nozzle):**
 - Là bộ phận đầu ra của vòi phun, nơi nhiên liệu được phun thành dạng sương. Lỗ này có thể có nhiều kiểu thiết kế khác nhau, ảnh hưởng đến hình dạng và độ phân tán của dòng nhiên liệu.
3. **Kim phun (Needle Valve):**
 - Điều chỉnh lưu lượng nhiên liệu phun, đóng vai trò khóa/mở khi có tín hiệu điều khiển từ ECU.
4. **Đầu nối điện (Electrical Connector):**
 - Kết nối vòi phun với ECU để nhận tín hiệu điều khiển mở/dóng vòi phun.
5. **Lò xo điều khiển (Spring):**
 - Giúp kim phun trở lại vị trí đóng sau khi nhận tín hiệu ngừng phun từ ECU.

Nguyên lý hoạt động

1. **ECU điều khiển mở kim phun:**
 - Khi động cơ yêu cầu nhiên liệu, ECU gửi tín hiệu đến vòi phun, mở kim phun.
2. **Nhiên liệu được phun ra qua lỗ phun:**
 - Khi kim phun mở, nhiên liệu từ đường dẫn nhiên liệu được phun ra qua lỗ phun, tạo thành các hạt sương mịn.
3. **Điều chỉnh lượng nhiên liệu:**

- Tùy vào tín hiệu từ các cảm biến (như cảm biến áp suất, cảm biến nhiệt độ, và cảm biến tốc độ động cơ), ECU điều chỉnh lượng nhiên liệu phun vào buồng đốt sao cho phù hợp với điều kiện hoạt động của động cơ.
-

Ưu điểm

1. **Tăng hiệu suất đốt cháy:**
 - Việc phun nhiên liệu dạng sương giúp nhiên liệu hòa trộn tốt hơn với không khí, tối ưu hóa quá trình cháy, giảm thiểu khí thải và cải thiện hiệu suất động cơ.
 2. **Tiết kiệm nhiên liệu:**
 - Phun chính xác và đúng thời điểm giúp giảm lượng nhiên liệu lãng phí và tăng hiệu quả sử dụng nhiên liệu.
 3. **Giảm phát thải:**
 - Quá trình đốt cháy hiệu quả giúp giảm lượng khí thải độc hại (CO, HC, NOx).
-

Nhược điểm

1. **Chi phí thay thế cao:**
 - Vòi phun có thể tốn kém nếu cần phải thay thế hoặc sửa chữa.
 2. **Yêu cầu bảo dưỡng định kỳ:**
 - Nếu vòi phun bị tắc hoặc hư hỏng, nó sẽ làm giảm hiệu suất động cơ và tăng mức tiêu thụ nhiên liệu. Cần vệ sinh hoặc thay thế định kỳ.
-

Ứng dụng

- **Các loại xe sử dụng hệ thống EFI:**
 - Vòi phun được sử dụng rộng rãi trong các loại xe ô tô, xe tải, xe buýt và các phương tiện giao thông khác với động cơ đốt trong sử dụng hệ thống EFI.
 - **Động cơ hiệu suất cao:**
 - Các động cơ thể thao, động cơ trong các xe đua, và các động cơ yêu cầu hiệu suất cao đều sử dụng vòi phun để tối ưu hóa khả năng đốt cháy nhiên liệu.
-

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Cấu tạo chi tiết của vòi phun nhiên liệu.
2. **Hình 2:** Vòi phun được lắp trong bộ chia khí nạp.
3. **Hình 3:** Sơ đồ minh họa quá trình phun nhiên liệu trong động cơ.

3.3.7. Các phương pháp kích thích vòi phun

- **Tên tiếng Anh:** Fuel Injector Activation Methods
- **Chức năng:** Kích thích vòi phun để mở kim phun và phun nhiên liệu vào buồng đốt.

Các phương pháp kích thích vòi phun

Có hai phương pháp chính để kích thích vòi phun, bao gồm điều khiển bằng điện áp cao và điều khiển từ trường.

1. Điều khiển bằng điện áp cao (High Voltage Control)

Nguyên lý hoạt động:

Trong phương pháp điều khiển bằng điện áp cao, ECU gửi một xung điện áp cao tới vòi phun. Khi có xung điện này, một cuộn dây điện từ trong vòi phun sẽ tạo ra lực từ trường mạnh, làm cho kim phun mở ra. Sau khi tín hiệu ngừng, lò xo điều khiển sẽ kéo kim phun trở lại vị trí đóng, ngừng phun nhiên liệu.

Ứng dụng:

Phương pháp này được sử dụng phổ biến trong các hệ thống phun nhiên liệu cỗ điện, nơi tín hiệu điều khiển đơn giản nhưng hiệu quả. Điện áp cao thường sử dụng để mở kim phun và giúp tạo ra một dòng nhiên liệu đủ mạnh để đạt được hiệu suất đốt cháy tối ưu.

Ưu điểm:

Cơ chế điều khiển đơn giản, dễ dàng sử dụng với các hệ thống ECU cơ bản.

Phản ứng nhanh và chính xác.

Nhược điểm:

Có thể gây ra mài mòn cuộn dây và kim phun do sự thay đổi liên tục của điện áp.

Tốc độ điều khiển có thể không đủ nhanh đối với các hệ thống yêu cầu tốc độ phun cao (như động cơ hiệu suất cao).

2. Điều khiển từ trường (Electromagnetic Control)

Nguyên lý hoạt động:

Phương pháp này sử dụng một cuộn dây điện từ (solenoid) để điều khiển việc mở và đóng kim phun. Khi ECU gửi tín hiệu đến cuộn dây, từ trường tạo ra sẽ tác động lên kim phun, mở kim và cho phép nhiên liệu được phun ra. Sau khi tín hiệu ngừng, lực từ trường biến mất và kim phun sẽ đóng lại nhờ lực tác động của lò xo.

Ứng dụng:

Phương pháp điều khiển từ trường được sử dụng phổ biến trong các hệ thống EFI hiện đại, nơi cần độ chính xác cao và tốc độ điều khiển nhanh hơn. Đây là phương pháp điều khiển chủ yếu trong các động cơ hiện đại, đặc biệt là những động cơ có yêu cầu về hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

Ưu điểm:

Tốc độ điều khiển nhanh, giúp kiểm soát lượng nhiên liệu phun một cách chính xác trong các điều kiện thay đổi nhanh chóng.

Độ chính xác cao trong việc mở và đóng kim phun.

Giảm thiểu mài mòn do không có sự thay đổi điện áp liên tục.

Nhược điểm:

Cần có nguồn điện ổn định và mạch điều khiển phức tạp hơn so với phương pháp điện áp cao.

Đối với các hệ thống cũ, yêu cầu chi phí cao khi thay thế hoặc nâng cấp.

Tóm tắt các phương pháp kích thích vòi phun

Phương pháp	Nguyên lý hoạt động	Ưu điểm	Nhược điểm
Điều khiển điện áp cao	Sử dụng điện áp cao để kích thích cuộn dây điện từ, mở kim phun	Cơ chế đơn giản, phản ứng nhanh	Mài mòn do thay đổi điện áp liên tục
Điều khiển từ trường	Sử dụng từ trường tạo ra bởi cuộn dây điện từ để mở kim phun	Tốc độ nhanh, độ chính xác cao	Chi phí cao, yêu cầu mạch điều khiển phức tạp

Ứng dụng

Các hệ thống EFI hiện đại sử dụng phương pháp **điều khiển từ trường** để đảm bảo độ chính xác và tốc độ phản hồi cao, đặc biệt trong các động cơ có yêu cầu khắt khe về hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

Phương pháp **điều khiển điện áp cao** vẫn được sử dụng trong các hệ thống EFI cổ điển và các động cơ có yêu cầu không quá cao về tốc độ phun và độ chính xác.

Hình minh họa

Hình 1: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của phương pháp điều khiển điện áp cao.

Hình 2: Sơ đồ nguyên lý hoạt động của phương pháp điều khiển từ trường.

Hình 3: Mạch điều khiển vòi phun với phương pháp điều khiển từ trường.

3.3.8. Vòi phun khởi động lạnh

- **Tên tiếng Anh:** *Cold Start Injector.*
- Đảm bảo động cơ dễ khởi động trong điều kiện nhiệt độ thấp.

Chức năng

- **Vòi phun khởi động lạnh** được thiết kế để cung cấp một lượng nhiên liệu bổ sung vào buồng đốt trong quá trình khởi động động cơ khi nhiệt độ môi trường thấp.
- Khi động cơ khởi động, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ thấp, hỗn hợp nhiên liệu và không khí không thể đạt được tỷ lệ tối ưu do nhiên liệu có thể bị đông hoặc không thể bay hơi tốt. Vòi phun khởi động lạnh cung cấp một lượng nhiên liệu phụ vào buồng đốt, giúp khởi động dễ dàng hơn.
- Sau khi động cơ đã khởi động và đạt đến nhiệt độ vận hành, vòi phun khởi động lạnh sẽ ngừng hoạt động, nhờ vào bộ điều khiển ECU.

Vị trí

- **Vòi phun khởi động lạnh** thường được lắp đặt trong bộ chia khí nạp, gần bộ lọc không khí hoặc phía trước của bộ chia khí nạp. Vị trí này giúp cung cấp thêm nhiên liệu vào không khí trước khi nó được hút vào buồng đốt.
-

Cấu tạo

1. **Thân vòi phun:**
 - Thường làm bằng kim loại chịu nhiệt và áp suất, có khả năng làm việc trong điều kiện khắc nghiệt khi khởi động.
2. **Lỗ phun:**
 - Vòi phun khởi động lạnh có lỗ phun được thiết kế đặc biệt để phun nhiên liệu một cách nhanh chóng và dễ dàng vào trong đường nạp, tạo ra dạng sương dễ cháy.
3. **Kim phun:**
 - Hoạt động theo cơ chế tương tự như vòi phun thường, nhưng chỉ được kích hoạt trong thời gian ngắn, đặc biệt là trong quá trình khởi động động cơ.
4. **Điều khiển điện:**
 - Vòi phun khởi động lạnh được điều khiển bởi ECU, và hoạt động dựa vào tín hiệu từ cảm biến nhiệt độ động cơ hoặc cảm biến nhiệt độ môi trường.

Nguyên lý hoạt động

- Khi động cơ khởi động, ECU phát hiện nhiệt độ của động cơ hoặc môi trường xung quanh thấp, và kích hoạt vòi phun khởi động lạnh.
- Vòi phun khởi động lạnh** sẽ phun một lượng nhiên liệu bổ sung vào buồng đốt, giúp tạo ra hỗn hợp nhiên liệu không khí có tỷ lệ nhiên liệu cao hơn, dễ cháy hơn trong điều kiện lạnh.
- Sau khi động cơ đã khởi động và nhiệt độ đã đủ để duy trì quá trình cháy bình thường, ECU sẽ ngừng tín hiệu điều khiển vòi phun khởi động lạnh.

Ưu điểm

1. Giúp khởi động dễ dàng trong điều kiện lạnh:

Vòi phun khởi động lạnh giúp động cơ khởi động dễ dàng trong điều kiện nhiệt độ thấp, khi các hệ thống nhiên liệu và bộ chế hòa khí có thể gặp khó khăn trong việc tạo ra hỗn hợp nhiên liệu không khí tối ưu.

2. Tối ưu hóa quá trình khởi động:

Cung cấp thêm nhiên liệu để đảm bảo quá trình đốt cháy diễn ra hiệu quả trong giai đoạn khởi động, giúp động cơ khởi động nhanh chóng và ổn định.

3. Giảm hao mòn động cơ:

Việc cung cấp nhiên liệu bổ sung giúp giảm nguy cơ động cơ bị khởi động không ổn định, giảm mài mòn trong quá trình khởi động.

Nhược điểm

1. Tăng mức tiêu thụ nhiên liệu:

Vòi phun khởi động lạnh sẽ tiêu tốn thêm nhiên liệu trong giai đoạn khởi động, điều này có thể làm tăng mức tiêu thụ nhiên liệu trong các điều kiện thời tiết lạnh.

2. Cần bảo trì định kỳ:

Nếu vòi phun khởi động lạnh bị tắc hoặc hỏng, nó có thể làm giảm khả năng khởi động của động cơ trong môi trường lạnh, đòi hỏi phải thay thế hoặc bảo trì định kỳ.

Ứng dụng

• Xe ô tô:

Hệ thống vòi phun khởi động lạnh được trang bị trên hầu hết các loại xe ô tô, đặc biệt là xe sử dụng động cơ xăng, giúp động cơ khởi động ổn định trong điều kiện nhiệt độ thấp.

- **Xe tải và phương tiện công nghiệp:**

Các phương tiện sử dụng động cơ xăng hoặc dầu cũng trang bị vòi phun khởi động lạnh để đảm bảo khả năng khởi động ổn định trong điều kiện thời tiết lạnh giá.

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Sơ đồ hoạt động của vòi phun khởi động lạnh trong hệ thống EFI.
2. **Hình 2:** Vòi phun khởi động lạnh lắp trong bộ chia khí nạp.
3. **Hình 3:** Sự khác biệt giữa quá trình khởi động có và không có vòi phun khởi động lạnh.

3.3.9. Công tắc định thời gian vòi phun khởi động

- **Tên tiếng Anh:** *Cold Start Injector Timer Switch.*

3.3.10. Mạch điện vòi phun khởi động lạnh

- **Tên tiếng Anh:** *Cold Start Injector Circuit.*
 -
-

Chức năng

- **Công tắc định thời gian vòi phun khởi động** đóng vai trò quan trọng trong việc điều khiển thời gian phun nhiên liệu bổ sung từ vòi phun khởi động lạnh. Nó đảm bảo rằng vòi phun chỉ hoạt động trong một khoảng thời gian nhất định ngay sau khi động cơ khởi động, giúp động cơ khởi động hiệu quả mà không tiêu tốn quá nhiều nhiên liệu.
 - Sau khi động cơ đạt đến nhiệt độ hoạt động bình thường, công tắc này sẽ ngừng tín hiệu điều khiển vòi phun khởi động lạnh, giúp tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ động cơ khỏi việc phun nhiên liệu không cần thiết.
-

Vị trí

- **Công tắc định thời gian vòi phun khởi động** thường được lắp gần ECU hoặc gần bộ điều khiển hệ thống phun nhiên liệu, trong khu vực hệ thống điện của động cơ.
 - Nó có thể được kết nối trực tiếp với cảm biến nhiệt độ động cơ hoặc cảm biến môi trường để phát hiện khi nhiệt độ xuống thấp và kích hoạt vòi phun khởi động lạnh.
-

Cấu tạo

- Cảm biến nhiệt độ (Temperature Sensor):**
 - Cảm biến nhiệt độ giúp phát hiện nhiệt độ động cơ hoặc môi trường xung quanh, cung cấp tín hiệu cho công tắc để kích hoạt vòi phun khởi động lạnh khi nhiệt độ thấp.
- Công tắc điều khiển (Timer Switch):**
 - Công tắc này có nhiệm vụ xác định khoảng thời gian mà vòi phun khởi động lạnh hoạt động, giúp đảm bảo rằng nhiên liệu chỉ được cung cấp trong thời gian cần thiết.
- Mạch điện điều khiển (Control Circuit):**
 - Mạch điều khiển của công tắc này kết nối với ECU và vòi phun khởi động lạnh để đảm bảo hoạt động chính xác trong suốt quá trình khởi động.

Nguyên lý hoạt động

- Phát hiện nhiệt độ thấp:**

Khi động cơ khởi động trong điều kiện lạnh, cảm biến nhiệt độ hoặc công tắc nhận diện nhiệt độ thấp và kích hoạt vòi phun khởi động lạnh.
- Kích hoạt vòi phun:**

Công tắc sẽ gửi tín hiệu điều khiển đến ECU để kích hoạt vòi phun khởi động lạnh. Vòi phun sẽ phun nhiên liệu bổ sung vào buồng đốt, giúp hỗn hợp nhiên liệu dễ cháy hơn trong điều kiện lạnh.
- Định thời gian phun:**

Công tắc định thời gian sẽ kiểm soát khoảng thời gian hoạt động của vòi phun khởi động lạnh, giúp ngừng phun khi động cơ đạt đến nhiệt độ vận hành hoặc khi không còn cần thêm nhiên liệu.
- Ngừng phun:**

Khi động cơ đã đạt nhiệt độ thích hợp, công tắc sẽ ngừng cấp tín hiệu cho vòi phun khởi động lạnh, tiết kiệm nhiên liệu và bảo vệ động cơ khỏi việc phun nhiên liệu không cần thiết.

Ưu điểm

- Tiết kiệm nhiên liệu:**

Công tắc định thời gian đảm bảo rằng nhiên liệu bổ sung chỉ được phun trong thời gian cần thiết, giúp giảm thiểu mức tiêu thụ nhiên liệu trong quá trình khởi động.
- Bảo vệ động cơ:**

Việc kiểm soát thời gian phun giúp tránh tình trạng phun quá nhiều nhiên liệu, bảo vệ động cơ khỏi sự hao mòn không cần thiết và giữ cho quá trình khởi động diễn ra mượt mà.

3. Khởi động dễ dàng trong điều kiện lạnh:

Công tắc đảm bảo rằng hệ thống phun nhiên liệu hoạt động hiệu quả trong điều kiện thời tiết lạnh, giúp động cơ dễ dàng khởi động mà không gặp khó khăn.

Nhược điểm

1. Có thể gây hư hỏng nếu không hoạt động đúng:

Nếu công tắc định thời gian không hoạt động chính xác, vòi phun có thể tiếp tục phun nhiên liệu sau khi động cơ đã đạt nhiệt độ bình thường, dẫn đến mức tiêu thụ nhiên liệu tăng và động cơ không hoạt động tối ưu.

2. Bảo trì định kỳ:

Công tắc cần phải được bảo trì và kiểm tra định kỳ để đảm bảo hoạt động hiệu quả, đặc biệt trong điều kiện nhiệt độ thấp, khi hệ thống khởi động dễ gấp trực tiếp.

Ứng dụng

• Xe ô tô:

Công tắc định thời gian vòi phun khởi động lạnh được sử dụng phổ biến trong các hệ thống EFI của ô tô, đặc biệt trong các điều kiện nhiệt độ thấp, giúp động cơ dễ dàng khởi động mà không gặp phải vấn đề hao hụt nhiên liệu.

• Phương tiện công nghiệp:

Các phương tiện giao thông công nghiệp và xe tải sử dụng công tắc này để đảm bảo động cơ hoạt động tốt trong điều kiện lạnh.

Hình minh họa

- Hình 1:** Sơ đồ kết nối công tắc định thời gian với ECU và vòi phun khởi động lạnh.
 - Hình 2:** Cấu tạo công tắc định thời gian vòi phun khởi động.
 - Hình 3:** Quy trình hoạt động của công tắc định thời gian trong hệ thống EFI.
-

3.4. Hệ thống nạp khí

Hệ thống nạp khí đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp không khí vào động cơ để trộn với nhiên liệu, đảm bảo quá trình đốt cháy trong buồng đốt diễn ra hiệu quả. Hệ thống này bao gồm các bộ phận như cỗ họng gió và van khí phụ, giúp điều chỉnh lượng không khí vào động cơ tùy theo điều kiện hoạt động.

3.4.1. Cỗ họng gió

- **Tên tiếng Anh:** Throttle Body.
- **Tên tiếng Anh:** Throttle Body

Chức năng:

- Cỗ họng gió là bộ phận chịu trách nhiệm kiểm soát lượng không khí vào động cơ. Khi người lái xe đạp ga, cỗ họng gió sẽ điều chỉnh van để thay đổi lượng không khí đi vào, giúp điều chỉnh tốc độ động cơ và công suất của xe.
- Cỗ họng gió được điều khiển bởi bộ điều khiển ECU thông qua các cảm biến, giúp cung cấp lượng không khí phù hợp với yêu cầu của động cơ trong từng giai đoạn vận hành.

Vị trí:

- Cỗ họng gió nằm trên đường ống nạp khí, ngay trước bộ chia khí nạp và vòi phun nhiên liệu. Nó được kết nối trực tiếp với bộ phận ga (throttle pedal) và điều chỉnh lưu lượng không khí vào động cơ.

Cấu tạo:

1. **Van ga (Throttle Valve):**
Là bộ phận mở/đóng để điều chỉnh lưu lượng không khí vào động cơ. Khi người lái tăng ga, van này mở ra, cho phép không khí đi vào nhiều hơn.
2. **Cảm biến vị trí ga (Throttle Position Sensor - TPS):**
Cảm biến này theo dõi vị trí của van ga và truyền tín hiệu đến ECU để điều chỉnh lượng nhiên liệu phù hợp.
3. **Ống nạp (Intake Pipe):**
Đẫn không khí từ bộ lọc gió vào cỗ họng gió và sau đó đi vào động cơ.

Nguyên lý hoạt động:

- Khi người lái xe tác động lên bàn đạp ga, một cơ cấu cơ học hoặc điện tử sẽ điều khiển van ga trong cỗ họng gió. Van này mở ra hoặc đóng lại, điều chỉnh lượng không khí đi vào động cơ.
- Cảm biến vị trí ga cung cấp tín hiệu cho ECU về góc mở của van ga, giúp ECU điều chỉnh lượng nhiên liệu phun sao cho phù hợp, đảm bảo tỷ lệ không khí-nhiên liệu tối ưu cho hiệu suất động cơ.

Ưu điểm:

1. **Cải thiện hiệu suất động cơ:**
Kiểm soát chính xác lượng không khí vào động cơ giúp tối ưu hóa công suất và hiệu suất nhiên liệu.
2. **Tiết kiệm nhiên liệu:**
Điều khiển lưu lượng không khí hiệu quả giúp tiết kiệm nhiên liệu và giảm phát thải.

3. Cải thiện khả năng vận hành:

Tăng cường khả năng phản ứng của động cơ khi thay đổi tốc độ, giúp xe hoạt động mượt mà và linh hoạt.

Nhược điểm:

1. Sự cố van ga:

Nếu van ga bị kẹt hoặc hư hỏng, nó có thể làm giảm hiệu suất động cơ, hoặc thậm chí khiến động cơ không hoạt động được.

2. Yêu cầu bảo dưỡng định kỳ:

Cần vệ sinh cỗ họng gió để ngăn cản cặn bẩn hoặc carbon làm cản trở hoạt động của van ga.

3.4.2. Van khí phụ

- **Tên tiếng Anh:** Idle Air Control Valve (IACV).

Chức năng:

- Van khí phụ (IACV) điều chỉnh lượng không khí đi vào động cơ khi động cơ đang ở chế độ không tải (idle). Khi động cơ không tải, van này giúp duy trì tốc độ quay của động cơ ổn định bằng cách điều chỉnh lưu lượng không khí mà không cần đến sự can thiệp của chân ga.

Vị trí:

- Van khí phụ được gắn trên cỗ họng gió hoặc gần bộ điều khiển ga, giúp điều khiển lưu lượng không khí khi động cơ ở chế độ không tải.

Cấu tạo:

1. Van điều khiển:

Là bộ phận chính giúp điều chỉnh lượng không khí đi vào động cơ. Van này mở hoặc đóng theo tín hiệu của ECU để duy trì tốc độ không tải ổn định.

2. Cảm biến:

Cảm biến vị trí của van giúp ECU xác định chính xác vị trí của van khí phụ và điều chỉnh tín hiệu điều khiển phù hợp.

3. Kết nối điện:

Van khí phụ được điều khiển bởi tín hiệu điện từ ECU, thông qua một mạch điện.

Nguyên lý hoạt động:

- Khi động cơ đang ở chế độ không tải, ECU gửi tín hiệu đến van khí phụ để điều chỉnh lưu lượng không khí đi vào. Điều này giúp động cơ duy trì tốc độ quay ổn định mà không cần sự can thiệp của chân ga.

- Khi xe bắt đầu tăng tốc hoặc chuyển động, van khí phụ sẽ đóng lại để không khí vào động cơ chủ yếu qua cỗ họng gió, giúp tăng công suất động cơ.

Ưu điểm:

1. Duy trì tốc độ không tải ổn định:

Van khí phụ giúp động cơ duy trì tốc độ không tải ổn định, đặc biệt trong các tình huống như khi động cơ nóng lên hoặc khi chuyển động ở tốc độ thấp.

2. Giảm tiêu thụ nhiên liệu:

Kiểm soát lượng không khí vào động cơ giúp giảm lượng nhiên liệu tiêu thụ trong khi xe không di chuyển hoặc đang dừng lại.

Nhược điểm:

1. Có thể bị tắc nghẽn:

Nếu van khí phụ bị bẩn hoặc tắc nghẽn, nó có thể gây ra hiện tượng động cơ không tải không ổn định, dẫn đến việc động cơ có thể tắt hoặc hoạt động không mượt mà.

2. Yêu cầu bảo dưỡng định kỳ:

Van khí phụ cần được vệ sinh và kiểm tra định kỳ để đảm bảo hoạt động tốt, tránh gây sự cố cho động cơ.

Hình minh họa

1. **Hình 1:** Cấu tạo chi tiết của cỗ họng gió (Throttle Body).
 2. **Hình 2:** Vị trí lắp đặt của van khí phụ trong hệ thống nạp khí.
 3. **Hình 3:** Quy trình hoạt động của van khí phụ và cỗ họng gió trong động cơ.
-

3.5. Chức năng của ECU

ECU (Electronic Control Unit) là bộ điều khiển điện tử quan trọng trong hệ thống phun nhiên liệu EFI, đảm nhận nhiều chức năng để tối ưu hóa hiệu suất động cơ và giảm thiểu khí thải. Trong đó, việc tính toán thời điểm và lượng nhiên liệu phun là một trong những chức năng chính của ECU. Dưới đây là chi tiết về chức năng này.

3.5.1. Phương pháp phun nhiên liệu và thời điểm phun

• Chức năng chính:

ECU chịu trách nhiệm tính toán thời điểm và lượng nhiên liệu cần phun vào buồng đốt của động cơ. Điều này được thực hiện dựa trên các tín hiệu từ các cảm biến (như cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất, cảm biến tốc độ động cơ, cảm biến lưu lượng khí nạp,

v.v.). ECU sử dụng các thông tin này để xác định điều kiện hoạt động của động cơ và tính toán thời điểm cũng như lượng nhiên liệu phun sao cho tối ưu.

Phương pháp phun nhiên liệu:

Phun theo chu kỳ động cơ (Engine Cycle Injection):

ECU tính toán lượng nhiên liệu phun dựa trên các chu kỳ động cơ (như chu kỳ hút, nén, cháy, và xả). Tại mỗi chu kỳ, ECU sẽ xác định lượng nhiên liệu phù hợp để cung cấp vào buồng đốt, đảm bảo quá trình đốt cháy diễn ra tối ưu.

Phun theo thời gian (Time-Based Injection):

Đây là phương pháp phun nhiên liệu dựa trên thời gian mở của vòi phun. Thời gian phun sẽ được điều chỉnh theo các thông số từ cảm biến, như nhiệt độ động cơ hoặc tải động cơ, giúp điều khiển chính xác lượng nhiên liệu cần thiết.

Thời điểm phun:

Phun sớm (Early Injection):

Được thực hiện khi piston trong động cơ bắt đầu di chuyển trong chu kỳ nén. Việc phun sớm giúp tối ưu hóa quá trình hòa trộn nhiên liệu và không khí, cải thiện hiệu suất đốt cháy.

Phun muộn (Late Injection):

Thực hiện khi piston đang ở vị trí nén cao hơn. Phun muộn có thể giúp giảm khí thải, nhưng yêu cầu hệ thống phải đảm bảo nhiệt độ và áp suất trong buồng đốt phù hợp.

Lượng nhiên liệu phun:

Điều chỉnh theo tải động cơ:

Khi động cơ đang chịu tải (như khi xe leo dốc hoặc tăng tốc), ECU sẽ tăng lượng nhiên liệu phun để đáp ứng nhu cầu công suất lớn hơn.

Điều chỉnh theo tốc độ động cơ:

Khi tốc độ động cơ thay đổi (chẳng hạn khi động cơ chạy ở chế độ không tải hoặc tăng tốc), ECU sẽ điều chỉnh lượng nhiên liệu phun cho phù hợp.

Điều chỉnh theo các cảm biến:

Các cảm biến như cảm biến O₂ (cảm biến oxy trong khí thải), cảm biến nhiệt độ động cơ và cảm biến áp suất cũng đóng vai trò quan trọng trong việc điều chỉnh lượng nhiên liệu phun để duy trì tỷ lệ hòa trộn không khí-nhiên liệu tối ưu.

Tóm tắt chức năng của ECU trong việc phun nhiên liệu và thời điểm phun:

Tính toán thời điểm và lượng nhiên liệu phun dựa trên tín hiệu từ các cảm biến.

Điều chỉnh lượng nhiên liệu phun theo điều kiện động cơ (tải động cơ, tốc độ, nhiệt độ, v.v.) để tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu khí thải.

Lựa chọn phương pháp phun thích hợp (phun sớm, phun muộn) dựa trên các yếu tố như chu kỳ động cơ và các cảm biến, đảm bảo quá trình đốt cháy diễn ra hiệu quả.

Ưu điểm của chức năng này:

Tối ưu hóa hiệu suất động cơ:

Việc phun nhiên liệu chính xác và vào thời điểm phù hợp giúp tăng công suất và hiệu suất nhiên liệu, đồng thời giảm thiểu khí thải.

Giảm phát thải:

Điều chỉnh chính xác thời điểm và lượng nhiên liệu giúp giảm lượng khí thải độc hại như CO, HC, và NOx.

Tiết kiệm nhiên liệu:

Bằng cách điều chỉnh lượng nhiên liệu phun phù hợp với điều kiện hoạt động của động cơ, ECU giúp giảm thiểu lượng nhiên liệu lãng phí.

Nhược điểm:

Chi phí bảo trì và sửa chữa:

ECU và các cảm biến liên quan có thể tồn kén khi cần thay thế hoặc sửa chữa.

Yêu cầu độ chính xác cao trong thiết lập:

Nếu hệ thống không được hiệu chỉnh chính xác, nó có thể dẫn đến hiệu suất kém và tăng lượng khí thải.

Ứng dụng:

Hệ thống EFI trên ô tô:

Các xe ô tô hiện đại sử dụng ECU để điều khiển quá trình phun nhiên liệu, giúp tối ưu hóa hoạt động động cơ và giảm thiểu phát thải.

Động cơ xe máy và các phương tiện giao thông khác:

Cũng sử dụng hệ thống ECU để điều khiển phun nhiên liệu và thời điểm phun, đảm bảo hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

3.6. Đánh lửa sớm điện tử

3.6.1. Mô tả chung

Đánh lửa sớm điện tử (Electronic Ignition Timing) là một hệ thống quản lý thời điểm đánh lửa trong động cơ đốt trong. Hệ thống này sử dụng một bộ điều khiển điện tử (ECU) để xác định thời điểm chính xác để tạo tia lửa trong buồng đốt, giúp tối ưu hóa quá trình cháy. Mục tiêu của đánh lửa sớm điện tử là cải thiện hiệu suất động cơ, giảm lượng khí thải, tiết kiệm nhiên liệu, và giảm thiểu sự phát sinh của các hiện tượng không mong muốn như hiện tượng "knocking" (gõ máy).

Việc điều chỉnh thời điểm đánh lửa là rất quan trọng vì nếu thời điểm đánh lửa không phù hợp, hiệu suất động cơ có thể bị giảm sút và gây ra các vấn đề như mất công suất, tiêu hao nhiên liệu lớn hơn, và phát thải khí thải độc hại. Hệ thống đánh lửa sớm điện tử có thể điều chỉnh thời điểm đánh lửa linh hoạt tùy thuộc vào các yếu tố như tốc độ động cơ, tải động cơ và nhiệt độ động cơ.

3.6.2. Thời điểm đánh lửa và các chế độ hoạt động của động cơ

- **Thời điểm đánh lửa** (Ignition Timing) là thời điểm mà tia lửa được tạo ra từ bugi để kích nổ hỗn hợp nhiên liệu và không khí trong buồng đốt. Thời điểm này thay đổi tùy theo các yếu tố sau:
 - **Tốc độ động cơ:** Tại các tốc độ động cơ khác nhau, thời điểm đánh lửa sẽ được điều chỉnh sao cho phù hợp với tốc độ quay của trục khuỷu và đảm bảo quá trình cháy diễn ra hiệu quả.
 - **Tải động cơ:** Khi động cơ chịu tải nặng (ví dụ khi tăng tốc hoặc leo dốc), ECU có thể thay đổi thời điểm đánh lửa để đảm bảo sức mạnh và hiệu suất tối ưu.
 - **Nhiệt độ động cơ:** Khi động cơ nóng lên, thời điểm đánh lửa có thể thay đổi để giảm thiểu sự hình thành khí thải và tăng cường hiệu quả cháy.

Các chế độ hoạt động của động cơ ảnh hưởng trực tiếp đến thời điểm đánh lửa, bao gồm:

- **Chế độ không tải (Idle Mode):** Thời điểm đánh lửa sẽ được điều chỉnh để động cơ có thể hoạt động ổn định khi không tải.
- **Chế độ tăng tốc (Acceleration Mode):** Khi động cơ cần nhiều công suất hơn, thời điểm đánh lửa sẽ được điều chỉnh để tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu hiện tượng gõ động cơ.
- **Chế độ tải nặng (Heavy Load Mode):** Trong các điều kiện tải nặng, thời điểm đánh lửa sẽ được tối ưu hóa để động cơ hoạt động hiệu quả mà không gây ra gõ máy.

3.6.5. Tín hiệu IGT (Thời điểm đánh lửa)

- **Tên tiếng Anh:** Ignition Timing Signal (IGT)
- **Chức năng:** Tín hiệu IGT được gửi từ ECU đến mô-đun đánh lửa (ignition module) để kích hoạt thời điểm đánh lửa. Khi ECU tính toán được thời điểm chính xác cho đánh lửa, tín hiệu IGT sẽ được truyền đến mô-đun đánh lửa, kích hoạt việc phóng điện qua bugi trong buồng đốt, bắt đầu quá trình cháy của hỗn hợp nhiên liệu và không khí.

Quá trình hoạt động của tín hiệu IGT:

ECU nhận dữ liệu: ECU nhận tín hiệu từ các cảm biến (như cảm biến tốc độ động cơ, cảm biến nhiệt độ động cơ, cảm biến áp suất, v.v.) để xác định các điều kiện làm việc của động cơ.

Tính toán thời điểm đánh lửa: Dựa trên các thông số thu thập được, ECU tính toán thời điểm tối ưu để đánh lửa. Việc điều chỉnh này có thể thay đổi linh hoạt trong suốt quá trình vận hành của động cơ.

Gửi tín hiệu IGT: Sau khi xác định thời điểm đánh lửa, ECU gửi tín hiệu IGT đến mô-đun đánh lửa.

Mô-đun đánh lửa kích hoạt bugi: Mô-đun đánh lửa nhận tín hiệu IGT và kích hoạt bugi để tạo ra tia lửa, đánh lửa hỗn hợp nhiên liệu và không khí trong buồng đốt.

Ưu điểm của hệ thống đánh lửa sớm điện tử:

Tối ưu hóa hiệu suất động cơ: Điều chỉnh thời điểm đánh lửa giúp tối ưu hóa quá trình cháy, tăng hiệu suất công suất và giảm mức tiêu thụ nhiên liệu.

Giảm khí thải: Việc kiểm soát thời điểm đánh lửa chính xác giúp giảm thiểu khí thải độc hại, bao gồm CO, HC, và NOx.

Giảm gõ máy: Điều chỉnh thời điểm đánh lửa giúp ngăn ngừa hiện tượng gõ máy (knocking) trong động cơ, giúp động cơ hoạt động ổn định hơn và kéo dài tuổi thọ.

Nhược điểm:

Phức tạp trong việc bảo dưỡng: Hệ thống đánh lửa điện tử yêu cầu các cảm biến và mô-đun phải hoạt động đúng, nếu gặp sự cố có thể dẫn đến khó khăn trong việc phát hiện và sửa chữa.

Chi phí thay thế linh kiện: Các linh kiện điện tử trong hệ thống đánh lửa như mô-đun đánh lửa và các cảm biến có thể tốn kém khi cần thay thế.

Ứng dụng:

Các loại động cơ ô tô và xe máy hiện đại: Hệ thống đánh lửa sớm điện tử được sử dụng rộng rãi trong các động cơ hiện đại, giúp tối ưu hóa hiệu suất và giảm thiểu phát thải.

Động cơ xe đua và xe thể thao: Các động cơ yêu cầu hiệu suất cao cũng sử dụng hệ thống này để tối đa hóa sức mạnh và hiệu quả trong các điều kiện hoạt động khắc nghiệt.

3.7. Van ISC (Điều khiển tốc độ không tải)

3.7.1. Khái quát

Van ISC (Idle Speed Control Valve) là một thành phần quan trọng trong hệ thống điều khiển động cơ, được sử dụng để điều chỉnh tốc độ không tải của động cơ. Tốc độ không tải là tốc độ mà động cơ duy trì khi không có tải, tức là khi xe không đang di chuyển hoặc không có yêu cầu công suất. Van ISC giúp giữ cho động cơ hoạt động ổn định trong suốt quá trình khởi động, đặc biệt khi động cơ còn lạnh, và khi xe đang dừng lại.

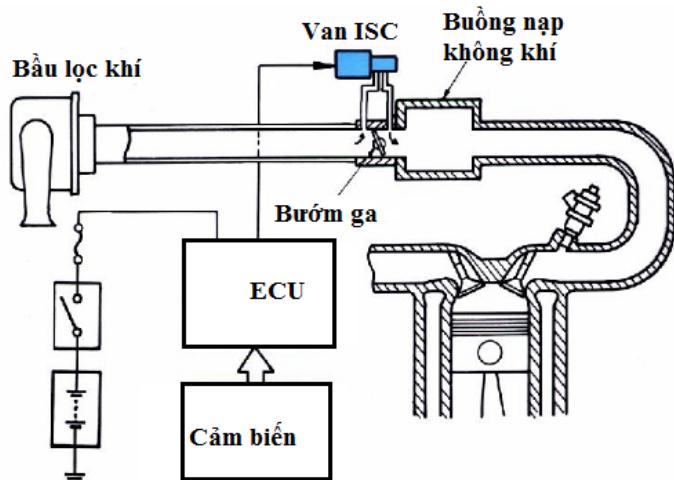
3.7.2. Van ISC

Van ISC thường được lắp đặt trong hệ thống đường khí nạp của động cơ. Khi động cơ đang hoạt động ở chế độ không tải, van ISC điều chỉnh lượng khí vào động cơ thông qua một cơ chế mở hoặc đóng cửa van. Cơ chế điều khiển có thể là điện tử (sử dụng động cơ điện hoặc cuộn dây từ tính) hoặc cơ học (sử dụng bộ điều khiển nhiệt độ hoặc tốc độ động cơ).

- Cấu tạo của van ISC:**

- **Cơ cấu van:** Van ISC có một bộ van điều chỉnh được mở hoặc đóng tùy theo tín hiệu điều khiển từ ECU động cơ.
- **Mạch điện:** Được nối với ECU để nhận tín hiệu điều khiển, giúp thay đổi trạng thái của van.
- **Cảm biến nhiệt độ và tốc độ động cơ:** Cung cấp thông tin cho ECU về trạng thái động cơ (nóng hay lạnh, tốc độ động cơ cao hay thấp), từ đó ECU sẽ điều chỉnh van ISC cho phù hợp.

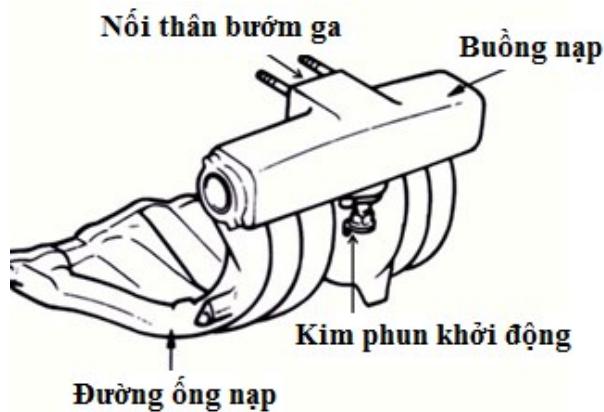
Van ISC dùng để điều khiển lượng không khí đi tắt qua bướm ga, van được bố trí ở thân bướm ga hoặc bố trí ở buồng nạp. Van ISC dùng để điều khiển cầm chừng nhanh và một số điều khiển khác, van này được trình bày kỹ ở phần hệ thống điều khiển tốc độ cầm chừng (hình 2.5).



Hình 2.5: Vị trí van ISC.

Buồng nạp và đường ống nạp:

Không khí sau khi đi qua thân bướm ga, nó sẽ đi vào buồng nạp. Từ buồng nạp không khí sẽ được phân phối đến các đường ống nạp để đi vào các xy lanh của động cơ. Ở hệ thống phun đơn điểm động cơ không có buồng nạp (hình 2.6).



Hình 2.6: Buồng và đường ống nạp không khí.

3.7.3. Chức năng của ECU động cơ

ECU (Electronic Control Unit) động cơ có nhiệm vụ điều khiển hoạt động của van ISC để đảm bảo động cơ duy trì tốc độ không tải ổn định. Cụ thể, ECU thực hiện các chức năng sau:

- **Điều chỉnh lượng khí qua van ISC:** ECU nhận tín hiệu từ các cảm biến như cảm biến tốc độ động cơ và cảm biến nhiệt độ động cơ. Dựa trên các tín hiệu này, ECU tính toán lượng khí cần thiết để duy trì tốc độ không tải phù hợp. Khi động cơ lạnh, van ISC sẽ mở

rộng để cung cấp nhiều không khí hơn, giúp động cơ dễ dàng khởi động. Khi động cơ nóng lên, ECU sẽ đóng van ISC lại để giảm lượng không khí vào động cơ.

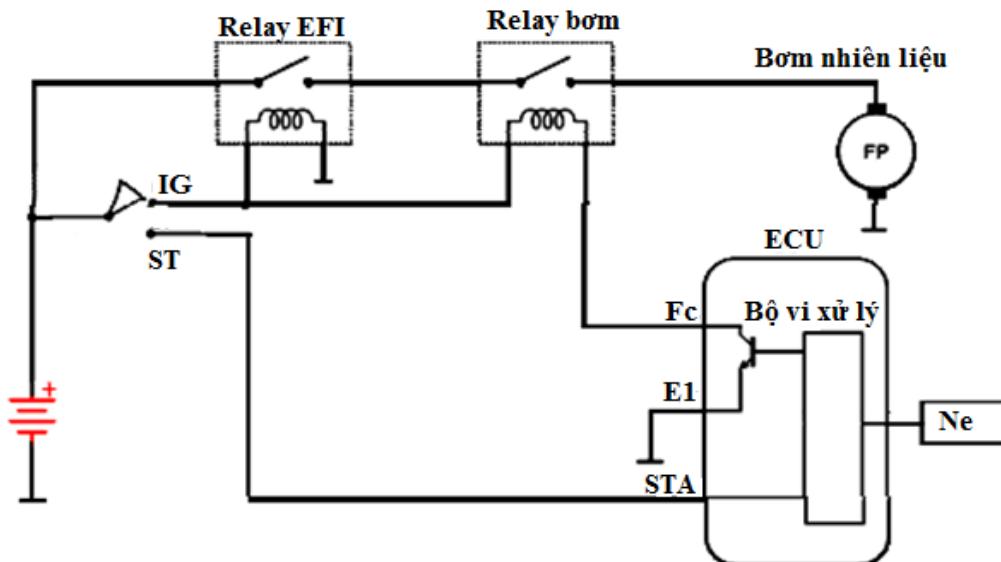
- **Giảm rung động và tiếng ồn:** ECU điều chỉnh van ISC để đảm bảo tốc độ động cơ không bị dao động mạnh, giúp giảm rung động và tiếng ồn trong quá trình vận hành.
- **Tối ưu hóa hiệu suất động cơ:** Bằng cách duy trì tốc độ không tải ổn định, ECU giúp động cơ hoạt động hiệu quả và tiết kiệm nhiên liệu. Khi van ISC hoạt động chính xác, động cơ sẽ duy trì sự ổn định ngay cả khi có sự thay đổi về tải hoặc điều kiện vận hành.
- **Điều chỉnh theo điều kiện nhiệt độ và tải động cơ:** Tốc độ không tải có thể được điều chỉnh theo nhiệt độ của động cơ. Khi động cơ nguội, van ISC sẽ cho phép một lượng không khí lớn hơn vào động cơ để giữ cho tốc độ không tải cao hơn, hỗ trợ quá trình khởi động. Khi động cơ nóng lên, ECU sẽ giảm tốc độ không tải để tối ưu hóa hiệu suất và tiết kiệm nhiên liệu.

Nhờ vào van ISC và sự điều khiển chính xác của ECU, động cơ có thể duy trì hoạt động ổn định, dễ dàng khởi động và vận hành mượt mà trong suốt quá trình sử dụng.

Sơ đồ mạch điện hệ thống nhiên liệu:

1. Điều khiển ON/OFF một tốc độ bằng ECU:

- Hiện nay để đơn giản hóa trong mạch điện điều khiển bơm nhiên liệu, hãng Toyota và một số hãng khác sử dụng relay bơm gồm: tiếp điểm và cuộn dây. Phương pháp điều khiển giống hãng Honda (hình 3.6).



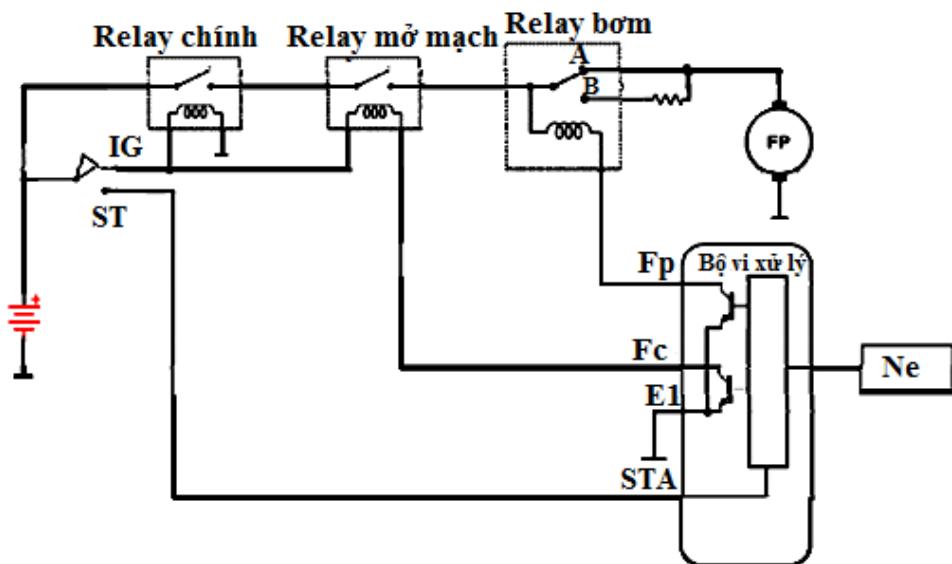
Hình 3.6: Sơ đồ mạch điện điều khiển ON/OFF một tốc độ bằng ECU (ôtô đời mới)

- Khi contact máy On: Dòng điện từ cực IG contact máy cung cấp cho cuộn dây của relay chính, làm cho tiếp điểm relay chính đóng.

- Khi khởi động: Dòng điện từ cực ST -> STA (ECU). ECU điều khiển transistor mở -> dòng điện đi qua cuộn dây relay bơm. Dòng điện cung cấp cho bơm xăng như sau: + Accu -> tiếp điểm relay chính -> tiếp điểm relay bơm -> bơm xăng.

- Khi động cơ hoạt động, có tín hiệu số vòng quay động cơ Ne gửi về ECU, ECU tiếp tục điều khiển để giữ cho tiếp điểm relay bơm đóng và bơm tiếp tục quay. Khi contact máy từ ON chuyển sang OFF bơm tiếp tục quay trong khoảng thời gian là 2 giây.

1. Điều khiển bơm quay hai tốc độ bằng relay và điện trở:



Hình 3.7: Sơ đồ mạch điện điều khiển bơm quay hai tốc độ bằng relay và điện trở.

- Ở kiểu này khác kiểu trên là khi khởi động, có tín hiệu khởi động từ contact máy ở vị trí ST gửi về ECU ở cực STA, ECU điều khiển transistor bên dưới mở, nên relay mở mạch là On làm cho bom nhiên liệu quay khi khởi động (hình 3.7).

- Ở tốc độ chậm: Khi động cơ hoạt động ở tốc độ chậm, ECU điều khiển để nối mát cho cực Fp ở ECU, dòng điện qua cuộn dây relay bơm và về mát ở ECU, tiếp điểm relay bơm bị hút xuống ở vị trí B và dòng điện cung cấp cho bơm xăng như sau: + ác quy -> tiếp điểm relay chính -> tiếp điểm relay mở mạch -> tiếp điểm relay bơm -> điện trở -> bơm xăng. Bơm quay ở tốc độ chậm để giảm sự mài mòn của bơm.

- **Ở tốc độ cao và khi khởi động:** ECU không điều khiển nối mát cho cuộn dây relay bơm, lò xo kéo tiếp điểm relay bơm bật trở lại vị trí A và dòng điện cung cấp cho bơm không qua điện trở nên bơm hoạt động ở số vòng quay cao.

3. Sơ đồ mạch điện điều khiển kim phun:

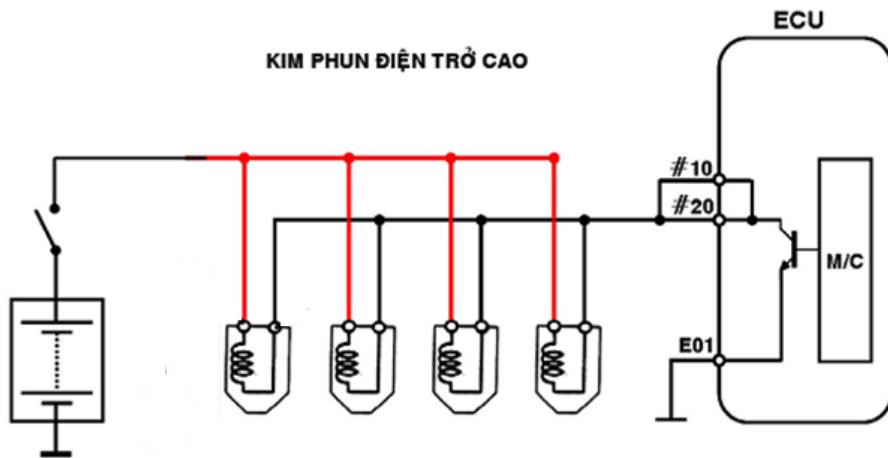
3.1. Mạch dẫn động kim phun:

Có hai phương pháp dẫn động kim phun.

- ❖ Kiểu điều khiển bằng điện áp:

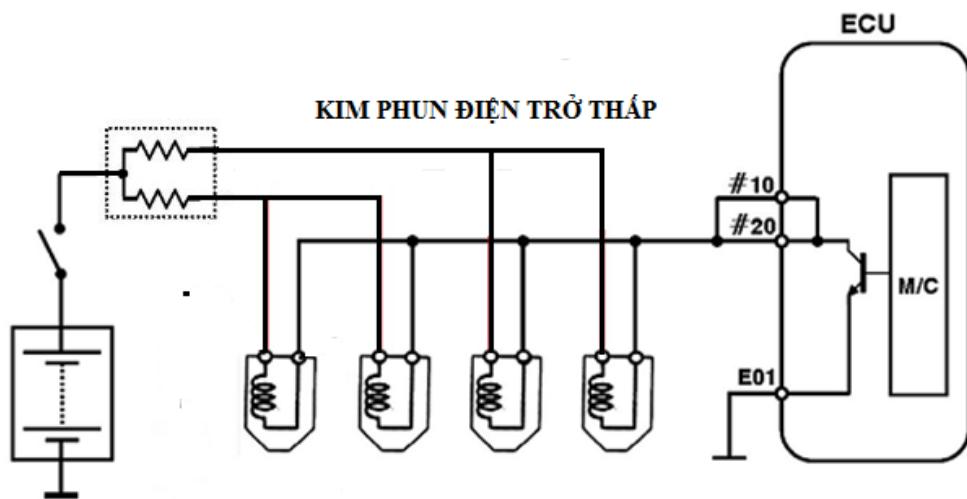
- Kiểu điều khiển bằng điện áp được sử dụng cho kim phun có điện trở cao và cho kim phun có điện trở thấp. Khi sử dụng kim phun có điện trở thấp thì trong mạch điện phải mắc nối tiếp một điện trở.

- Điện dương từ ác quy được cung cấp đến cực #10 và số #20 của ECU qua các cầu chì, contact máy và các kim phun. Khi bộ vi xử lý điều khiển transistor trong ECU mở thì sẽ có dòng điện đi qua kim phun, làm cho van kim được nhắc lên và nhiên liệu được phun vào đường ống nạp (hình 3.8).



Hình 3.8: Mạch điện kim phun điện trở cao.

- Kim phun điện trở thấp có số vòng dây của cuộn dây kim phun ít, làm tăng được độ nhạy của kim phun. Đối với loại này để giảm cường độ dòng điện qua cuộn dây của kim phun, bắt buộc phải mắc nối tiếp một điện trở trong mạch điện điều khiển kim phun (hình 3.9).



Hình 3.9: Mạch điện kim phun điện trở thấp.

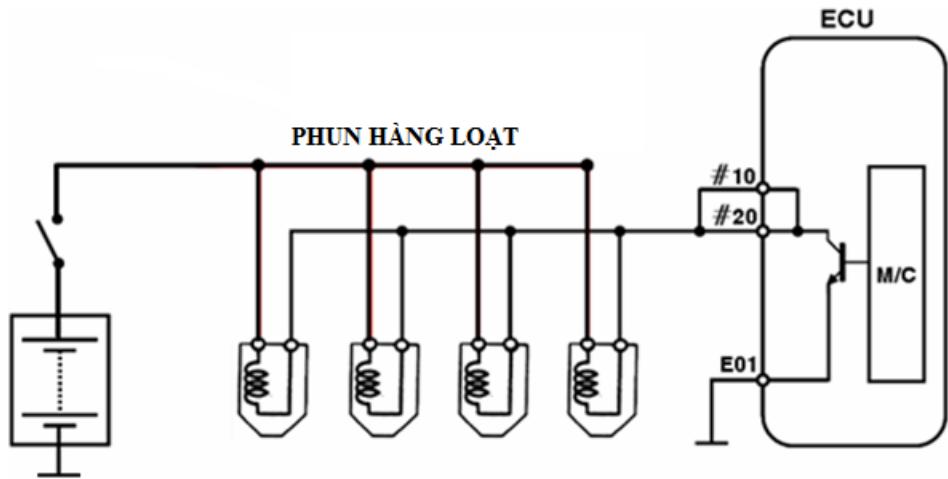
❖ Kiểu điều khiển bằng cường độ dòng điện:

- Kiểu điều khiển bằng cường độ dòng điện được sử dụng cho kim phun có điện trở rất thấp khoảng $1,5 \Omega$ đến $1,7 \Omega$ và trong mạch điện không mắc nối tiếp một điện trở, được sử dụng với mục đích là tăng độ nhạy của kim phun nhưng kiểu điều khiển này rất ít được sử dụng.
 - Khi kim phun bắt đầu mở thì dòng điện qua kim phun rất lớn khoảng 8A để van kim nhắc lèn nhanh chóng, sau đó ECU điều khiển dòng điện qua kim phun là 2A để giữ cho kim phun mở ở tần số khoảng 20 kHz.

3.2. Sơ đồ mạch các kiểu phun xăng:

❖ **Động cơ sử dụng kiểu phun hàng loạt:**

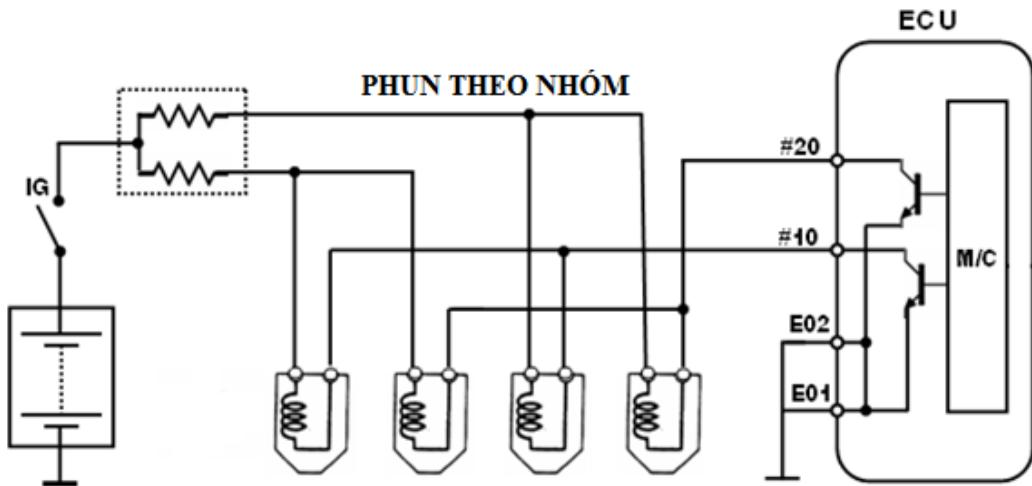
- Ở kiểu phun này trong một chu kỳ làm việc của động cơ các kim phun phun đồng thời và phun hai lần, mỗi lần phun bằng phân nửa lượng nhiên liệu cần thiết trong một chu kỳ. Kiểu phun này có khuyết điểm là ở một số xy lanh nhiên liệu phun vào ở kỳ nạp nên sự hình thành hỗn hợp của các xy lanh này kém (hình 3.10).



Hình 3.10: Kiểu phun hàng loạt.

❖ **Động cơ sử dụng kiểu phun theo nhóm:**

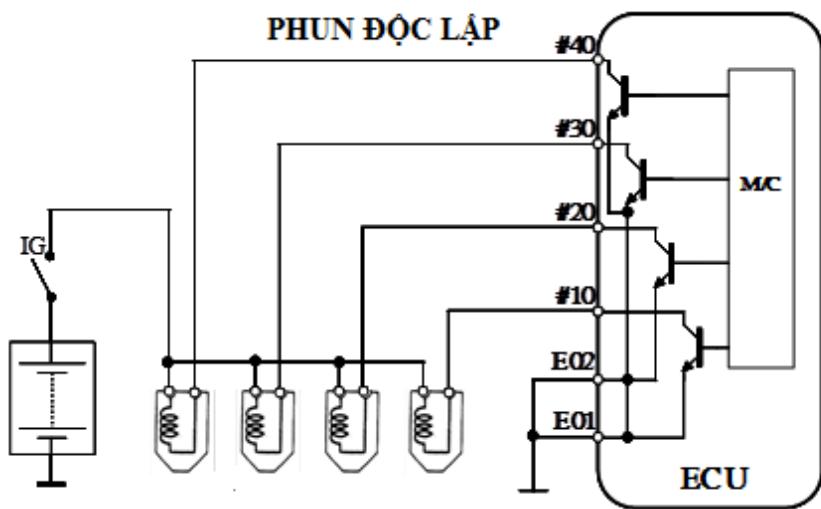
- Phương pháp này thường được áp dụng cho động cơ có số xy lanh từ 4 trở lên. Các kim phun có thể chia làm hai nhóm, ba nhóm, bốn nhóm...tùy theo số xy lanh động cơ (hình 3.11).



Hình 3.11: Kiểu phun theo nhóm

❖ **Động cơ sử dụng kiểu phun theo thứ tự công tác**

- Kiểu phun này thường được áp dụng khá phổ biến ở động cơ 4 và 6 xy lanh. Trong một chu kỳ mỗi kim phun chỉ mở một lần và mở theo thứ tự công tác của động cơ (hình 3.12).



Hình 3.12: Kiểu phun theo thứ tự công tác.

III. Hiện tượng, nguyên nhân hư hỏng của hệ thống nhiên liệu:

1. Hiện tượng và nguyên nhân hư hỏng của bầu lọc xăng:

- Động cơ khó khởi động, công suất động cơ giảm, hoặc chết máy khi hoạt động ở tốc độ cao, khó lên tốc, hệ thống có nhiều cặn bẩn.
- Do lọc nhiên liệu không được thay thế đúng thời gian quy định, trong thùng nhiên liệu có nhiều cặn bẩn.
- Lọc nhiên liệu là chi tiết có chức năng lọc những tạp chất có trong nhiên liệu. Lượng nhiên liệu đưa đến động cơ giảm đi khi lượng tạp chất tích tụ nhiều ở lọc nhiên liệu từ đó có khả năng làm hư hỏng nghiêm trọng các chi tiết của hệ thống nhiên liệu.

2. Hiện tượng và nguyên nhân hư hỏng của bơm xăng:

- Động cơ quay bình thường nhưng khó khởi động
- Xảy ra hiện tượng cháy không hoàn toàn ngắt quãng (khởi động động cơ không nổ)
- Động cơ chạy không tải không ổn định (không êm)
- Í động cơ, tăng tốc kém (khả năng tải kém)
- Động cơ chết máy sau khi khởi động một thời gian ngắn
 - Với những hiện tượng như trên ngoài nguyên nhân do hệ thống điều khiển động cơ hỏng, còn do bơm xăng hoặc mạch điện điều khiển bơm xăng hỏng. Khi đó chúng ta cần phải tiến hành các công việc kiểm tra cụ thể để xác định hư hỏng của từng bộ phận.

3. Hiện tượng và nguyên nhân hư hỏng của bộ điều áp:

- Hệ thống nhiên liệu có áp suất quá cao nguyên nhân do bộ điều áp kẹt không làm việc nên không giảm được áp suất trong hệ thống.
- Hệ thống nhiên liệu bị tụt áp suất dẫn đến động cơ khó khởi động, không tải kém và tổn thất công suất.

4. Hiện tượng và nguyên nhân hư hỏng của kim phun:

- Động cơ làm việc bình thường nhưng khó khởi động.
- Động cơ chết máy ngay sau khi khởi động.
- Khởi động nhưng động cơ không nổ được.
- Í động cơ khả năng tăng tốc kém (tải kém)

Lỗ phun bị tắc hoặc giảm tiết diện: do trong quá trình sử dụng muội than bám vào đầu kim phun làm tắc lỗ phun. Kim phun mòn: tăng khe hở phần dẫn hướng làm giảm áp suất phun, lượng nhiên liệu hồi tăng lên giảm lượng nhiên liệu cung cấp vào buồng cháy, công suất động cơ giảm.