

## Giới thiệu hệ thống phun xăng Điện tử của Toyota

### ***1. Giới thiệu hệ thống điện điều khiển động cơ, hệ thống phun xăng điện tử EFI***

- Trên thế giới hệ thống phun xăng điện tử trên xe hơi đã được sử dụng hết sức phổ biến kể từ những năm cuối thập niên 1980. Qua các thời kỳ hệ thống phun xăng điện tử đã được phát triển và ngày càng trở nên hoàn thiện hơn

- 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 nên không thực hiện. Đầu thế kỷ 20, người Đức áp dụng hệ thống phun nhiên liệu trong động cơ xăng 4 thì tĩnh tại (nhiên liệu dùng trên động cơ này là dầu hoả 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 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 - Jetriconic, L- Jetriconic, Motronic,...

- Tên tiếng anh của K - Jetriconic là CIS ( Continuous Injection System) đặc trưng cho các hãng xe châu âu có 4 loại cơ bản cho CIS là: K - Jetriconic, K - Jetriconic với cảm biến oxy và KE-Jetriconic (có kết hợp điều khiển điện tử) hoặc KE - Motronic (kèm điều khiển góc đánh lửa sớm). Do hệ thống phun cơ khí có 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-Jetriconic (lượng nhiên liệu được xác định nhờ cảm biến đo lưu lượng khí nạp) và D-Jetriconic (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- Jetriconic và D - Jetriconic trên các xe của hãng Toyota (dùng với động cơ 4A - ELU). Đến năm 1987 hãng Nissan dùng L-Jetriconic thay cho bộ chế hoà khí của 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 niên 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 lập trình, chúng giúp động cơ đáp ứng 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.

### **Ưu điểm của hệ thống phun xăng:**

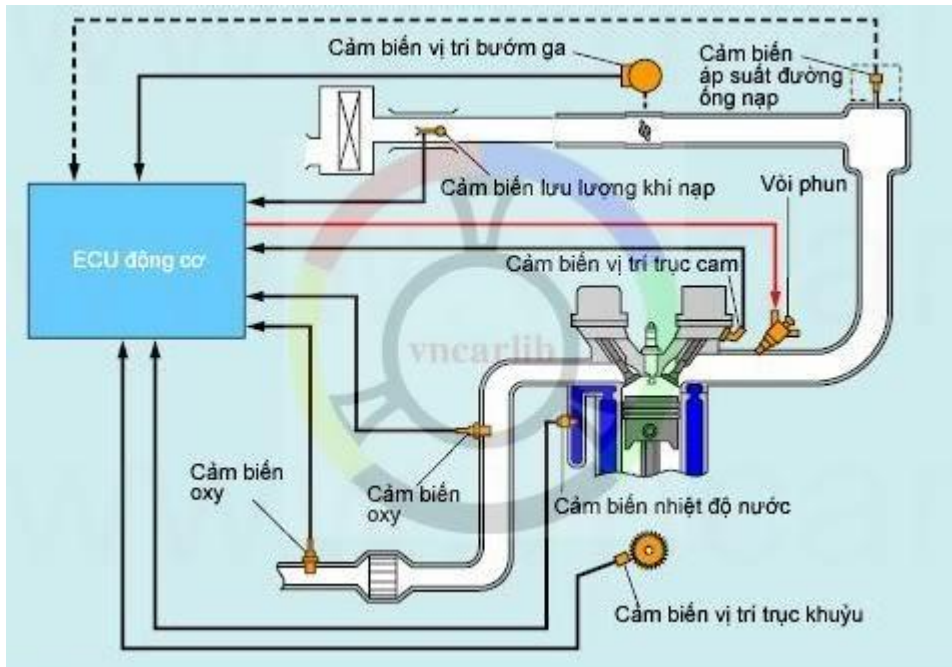
- Có thể cấp hỗn hợp khí - nhiên liệu đồng đều đến từng xy lanh.

- Có thể đạt tỷ lệ khí - nhiên liệu chính xác với tất cả các dải tốc độ động cơ.
- Đáp ứng kịp thời 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 bố trí gần supap hút nên dòng khí nạp trên ống góp hút có khối lượng thấp (chưa chộn với nhiên liệu) sẽ đạt tốc độ xoáy lốc cao, nhờ vậy, nhiên liệu sẽ không còn thất thoát trên đường ống nạp và hoà khí sẽ được trộn tốt hơn.
- Như chúng ta đã biết , hiện nay phần lớn các ô tô sử dụng ở Việt Nam và trên thế giới đều được trang bị hệ thống điều khiển điện tử, để điều khiển các hoạt động của ô tô như: điều khiển phun xăng, điều khiển đánh lửa, điều khiển hệ thống phanh ABS, điều khiển hộp số, điều khiển hệ thống treo...nhằm mục đích thỏa mãn nhu cầu ngày càng cao của người sử dụng, cũng như các tiêu chuẩn về môi trường. Tuy nhiên, cùng với sự tăng trưởng về số lượng và chất lượng của ô tô đã nảy sinh vấn đề mới đối với ô tô sử dụng hệ thống phun xăng điện tử ở nước ta:
- Hệ thống phun xăng điện tử còn khá mới mẻ ở Việt Nam, nên khi sử dụng xe có trang bị hệ thống điều khiển phun xăng điện tử, người sử dụng và thợ sửa xe thường gặp khó khăn trong sửa chữa và thay thế các bộ phận của hệ thống nhiên liệu.
- Hệ thống phun xăng điện tử chưa được đào tạo rộng rãi và chuyên sâu tại các trường học và trung tâm dạy nghề do thiếu trang thiết bị, mô hình dạy học và hạn chế trong việc nắm bắt lý thuyết hệ thống phun xăng điện tử của giáo viên.
- Các ô tô sau một thời gian sử dụng có thể bị hư hỏng hộp điều khiển điện tử ECU hay đều bị dư xăng hoặc thiếu xăng do các nguyên nhân gây ra trong ECU ( nếu thấy mới giá thành rất đắt, trong khi ở Việt Nam chưa chế tạo được hộp điều khiển điện tử ECU). Dẫn đến tình trạng động cơ không hoạt động được hoặc làm giảm tính kinh tế nhiên liệu và làm ô nhiễm môi trường xung quanh.
- Giá thành phụ tùng thay thế, đặc biệt là hộp ECU khá đắt.

## ***II. Trình bày nguyên lý cấu tạo và hoạt động của hệ thống phun xăng điện tử EFI, hệ thống điều khiển và các bộ phận liên quan.***

### ***II.1. Trình bày nguyên lý cấu tạo và hoạt động của hệ thống phun xăng điện tử EFI***

Hệ thống EFI sử dụng các cảm biến khác nhau để phát hiện tình trạng của động cơ và điều kiện chạy của xe. Và ECU động cơ tính toán lượng phun nhiên liệu tối ưu và làm cho các vòi phun phun nhiên liệu.



Hình 1: Kết cấu cơ bản của EFI

- ECU động cơ: ECU này tính thời gian phun nhiên liệu tối ưu dựa vào các tín hiệu từ các cảm biến.

- Cảm biến lưu lượng khí nạp hoặc cảm biến áp suất đường ống nạp: Cảm biến này phát hiện khối lượng không khí nạp hoặc áp suất của ống nạp.

- Cảm biến vị trí trục khuỷu: Cảm biến này phát hiện góc quay trục khuỷu và tốc độ của động cơ.

Cảm biến vị trí trục cam: Cảm biến này phát hiện góc quay chuẩn và thời điểm của trục cam.

- Cảm biến nhiệt độ nước: Cảm biến này phát hiện nhiệt độ của nước làm mát.

- Cảm biến vị trí bướm ga: Cảm biến này phát hiện góc mở của bướm ga.

- Cảm biến oxy: Cảm biến này phát hiện nồng độ của oxy trong khí xả.

### II.1.1. Các loại EFI: ( hình 2 )

Có hai loại hệ thống EFI được phân loại theo phương pháp phát hiện lượng không khí nạp.

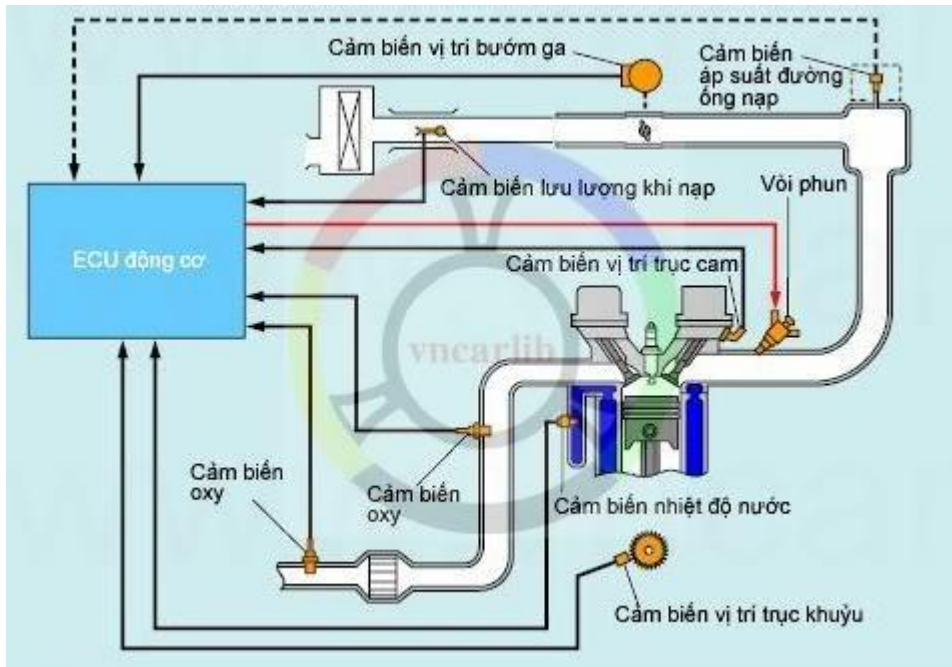
#### a. L - EFI (Loại điều khiển lưu lượng không khí)

Loại này sử dụng một cảm biến lưu lượng khí nạp để phát hiện lượng không khí chạy vào đường ống nạp.

Có hai phương pháp phát hiện: Một loại trực tiếp đo khối không khí nạp, và một loại thực hiện các hiệu chỉnh dựa vào thể tích không khí.

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

Loại này đo áp suất trong đường ống nạp để phát hiện lượng không khí nạp theo tỷ trọng của không khí nạp.



Hình 2: các loại EFI

### II.1.2. Hệ thống nhiên liệu:

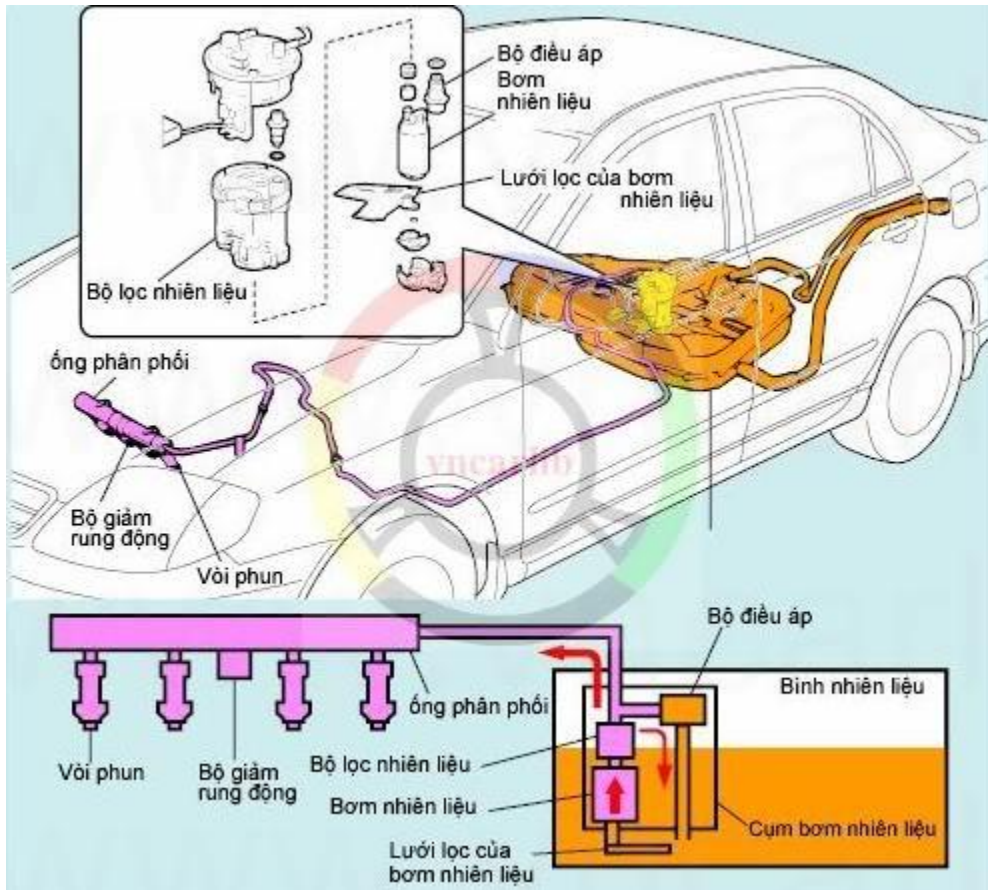
#### II.1.2.1. Mô tả:

Nhiên liệu được lấy từ bình nhiên liệu bằng bơm nhiên liệu và được phun dưới áp suất bởi vòi phun.

Áp suất nhiên liệu trong đường ống nhiên liệu phải được điều chỉnh để duy trì việc phun nhiên liệu ổn định bằng bộ điều áp và bộ giảm rung động.

Các bộ phận chính: ( hình 3 )

- Bình nhiên liệu.
- Cụm bơm nhiên liệu.
- Bơm nhiên liệu .
- Lưới lọc của bơm nhiên liệu.
- Bộ lọc nhiên liệu.
- Bộ điều áp.
- Ống phân phối.
- Vòi phun.
- Bộ giảm rung động.



Hình 3: các bộ phận chính của hệ thống nhiên liệu.

a. Bơm nhiên liệu:

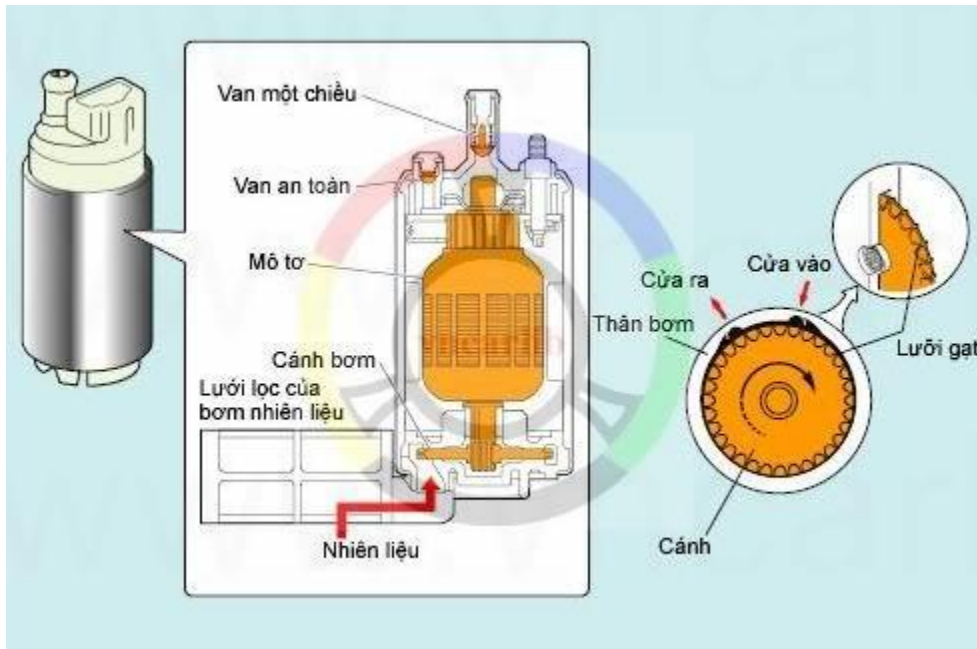
Bơm nhiên liệu được lắp trong bình nhiên liệu và được kết hợp với bộ lọc nhiên liệu, bộ điều áp, bộ đo nhiên liệu, v.v...

Cánh bơm được mô tơ quay để nén nhiên liệu.

Van một chiều đóng lại khi bơm nhiên liệu dừng để duy trì áp suất trong đường ống nhiên liệu và làm cho việc khởi động động cơ dễ dàng hơn.

Nếu không có áp suất dư, dễ xảy ra hiện tượng khoá hơi ở nhiệt độ cao, làm cho việc khởi động lại khó khăn.

Van an toàn mở ra khi áp suất ở phía cửa ra trở nên quá cao, nhằm ngăn chặn áp suất nhiên liệu trở nên quá cao này.



Hình 4: Bơm nhiên liệu.

b. Bộ điều áp:

Bộ điều áp này điều chỉnh áp suất nhiên liệu vào vòi phun ở 324 kPa (3.3 kgf/cm<sup>2</sup>). (Các giá trị này có thể thay đổi tùy theo kiểu của động cơ)

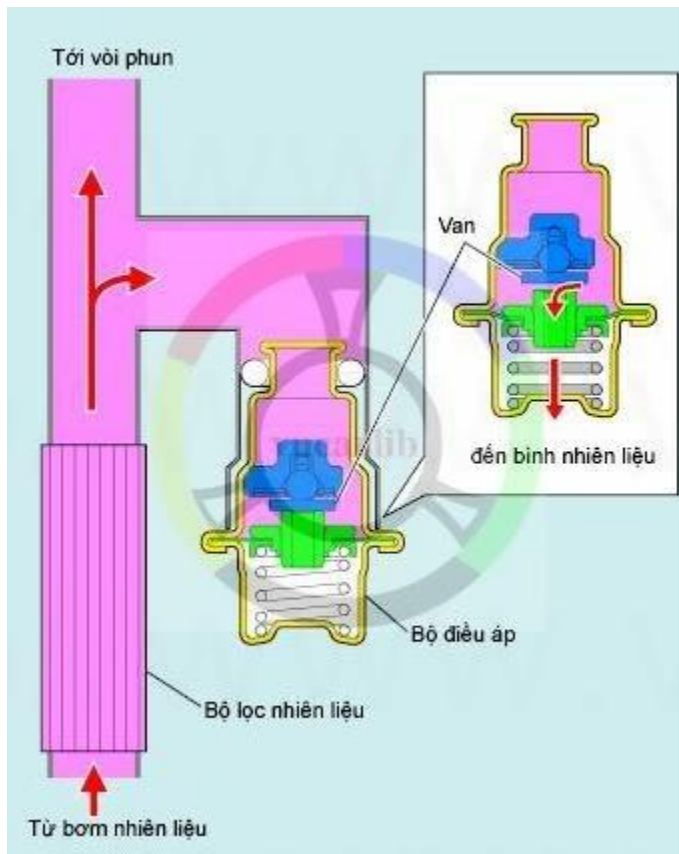
Ngoài ra, bộ điều áp còn duy trì áp suất dư trong đường ống nhiên liệu cũng như cách thức duy trì ở van một chiều của bơm nhiên liệu.

Có hai loại phương pháp điều chỉnh nhiên liệu.

Loại 1 ( hình 5)

Loại này điều chỉnh áp suất nhiên liệu ở một áp suất không thay đổi.

Khi áp suất nhiên liệu vượt quá lực ép của lò xo trong bộ điều áp, van này mở ra để trả nhiên liệu trở về bình nhiên liệu và điều chỉnh áp suất.



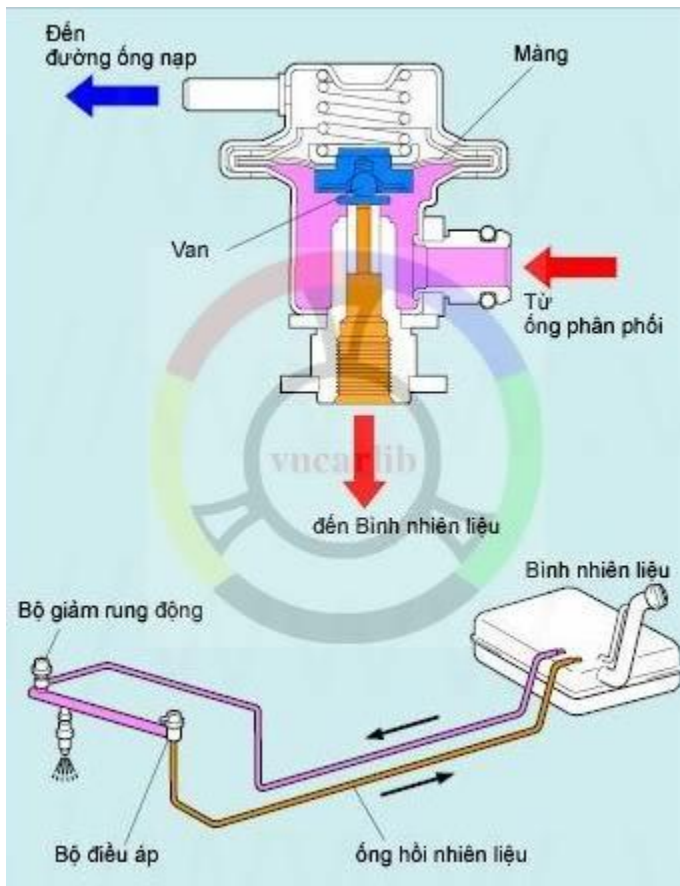
Hình 6

- Loại 2 ( hình 7)

Loại này có ống phân phối liên tục điều chỉnh áp suất nhiên liệu để giữ cho áp suất nhiên liệu cao hơn áp suất được xác định từ áp suất đường ống nạp.

Hoạt động cơ bản cũng giống như loại 1, nhưng độ chân không của đường ống nạp được đặt vào buồng trên của màng chắn, áp suất nhiên liệu được điều chỉnh bằng cách thay đổi áp suất nhiên liệu khi van mở ra theo độ chân không của đường ống nạp.

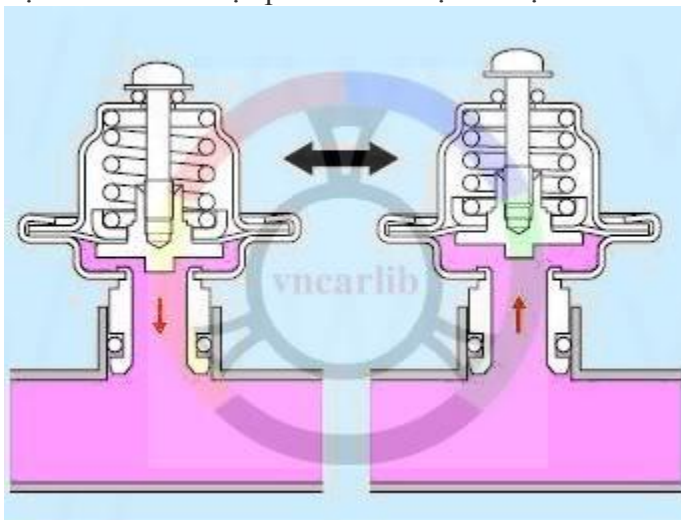
Nhiên liệu được trả về bình nhiên liệu qua ống hồi nhiên liệu.



Hình 7

c. Bộ giảm rung động (hình 18)

Bộ giảm rung này dùng một màng ngăn để hấp thụ một lượng nhỏ xung của áp suất nhiên liệu sinh ra bởi việc phun nhiên liệu và độ nén của bơm nhiên liệu



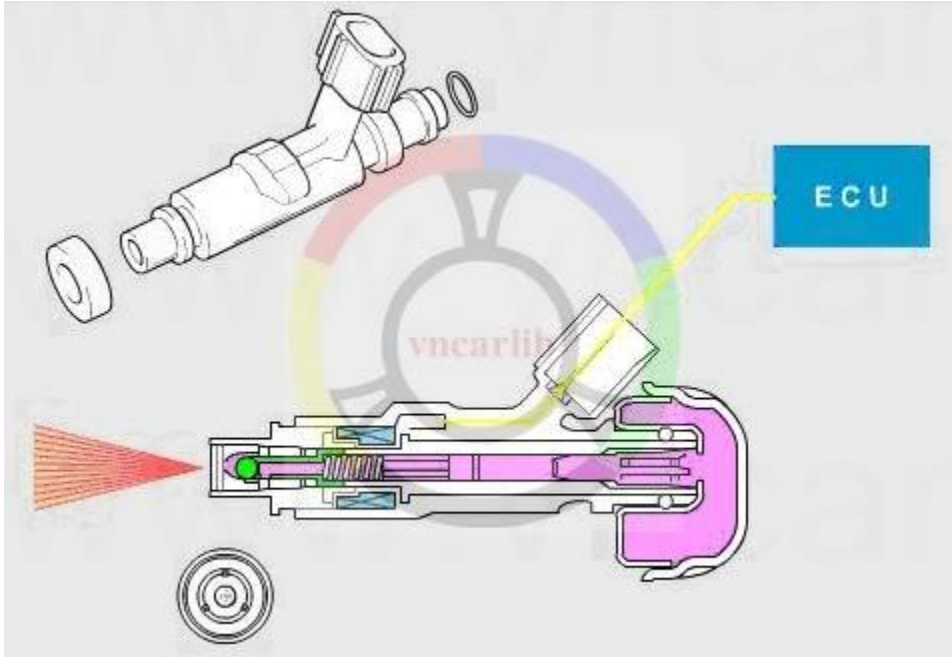
Hình 8 Bộ giảm rung động.

d. Vòi phun: ( hình 9)

Vòi phun phun nhiên liệu vào các cửa nạp của các xi lanh theo tín hiệu từ ECU động cơ.



Các tín hiệu từ ECU động cơ làm cho dòng điện chạy vào cuộn dây điện từ, làm cho pittông bơm bị kéo, mở van để phun nhiên liệu.  
 Vì hành trình của pittông bơm không thay đổi, lượng phun nhiên liệu được điều chỉnh tại thời điểm dòng điện chạy vào cuộn điện từ này.



Hình 9 Vòi phun.

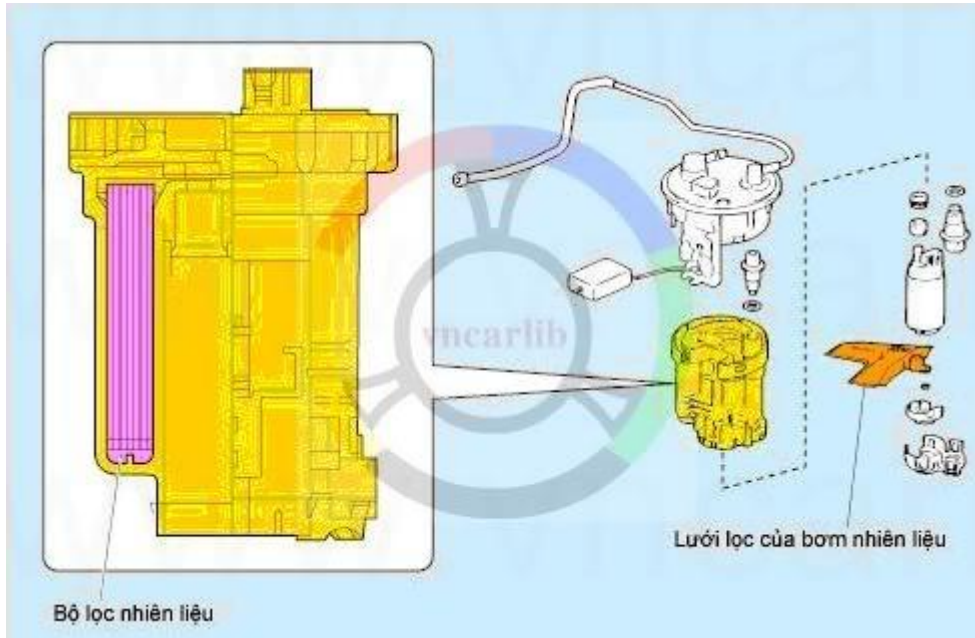
e. Bộ lọc nhiên liệu và lưới lọc của bơm nhiên liệu: ( hình 10 )

- Bộ lọc nhiên liệu

Bộ lọc nhiên liệu khử bụi bẩn và các tạp chất trong nhiên liệu được bơm lên bởi bơm nhiên liệu.

- Lưới lọc của bơm nhiên liệu

Lưới lọc của bơm nhiên liệu khử bụi bẩn và các tạp chất ra khỏi nhiên liệu trước khi đi vào bơm nhiên liệu.



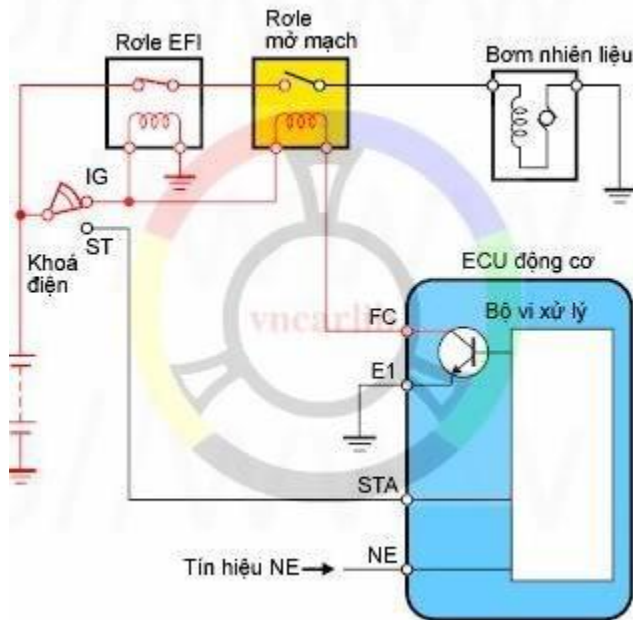
Hình 10: Bộ lọc nhiên liệu và lưới lọc.

II.1.2.2. Điều khiển bơm nhiên liệu:

a. Hoạt động cơ bản:

Bơm nhiên liệu chỉ hoạt động khi động cơ đang nổ máy.

Thậm chí khi khoá điện được bật đến vị trí ON, nếu động cơ chưa nổ máy, thì bơm nhiên liệu sẽ không làm việc.



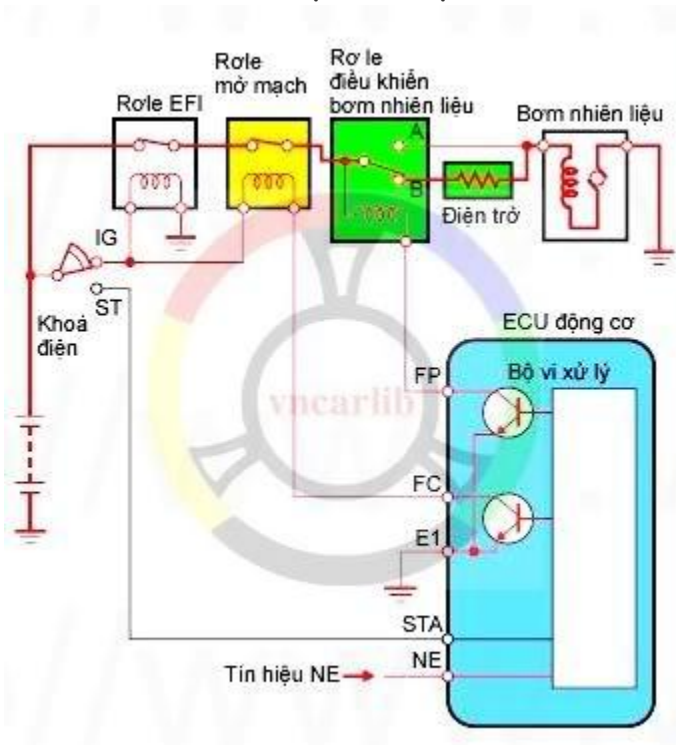
Hình 11: sơ đồ mạch điện điều khiển bơm nhiên liệu.

b. Điều khiển tốc độ của bơm nhiên liệu

( hình 12)

Việc điều khiển này làm giảm tốc độ của bơm nhiên liệu để giảm độ mòn của bơm và điện năng khi không cần nhiều nhiên liệu, như khi động cơ đang chạy ở tốc độ thấp. Khi dòng điện chạy vào bơm nhiên liệu qua tiếp điểm B của role điều khiển bơm và điện trở, bơm nhiên liệu sẽ làm việc ở tốc độ thấp.

Khi động cơ đang quay khởi động, khi động cơ đang chạy ở tốc độ cao, hoặc ở tải trọng lớn, ECU động cơ chuyển mạch tiếp điểm của role điều khiển bơm nhiên liệu sang A để điều khiển bơm nhiên liệu ở tốc độ cao.



Hình 12: điều khiển tốc độ bơm nhiên liệu

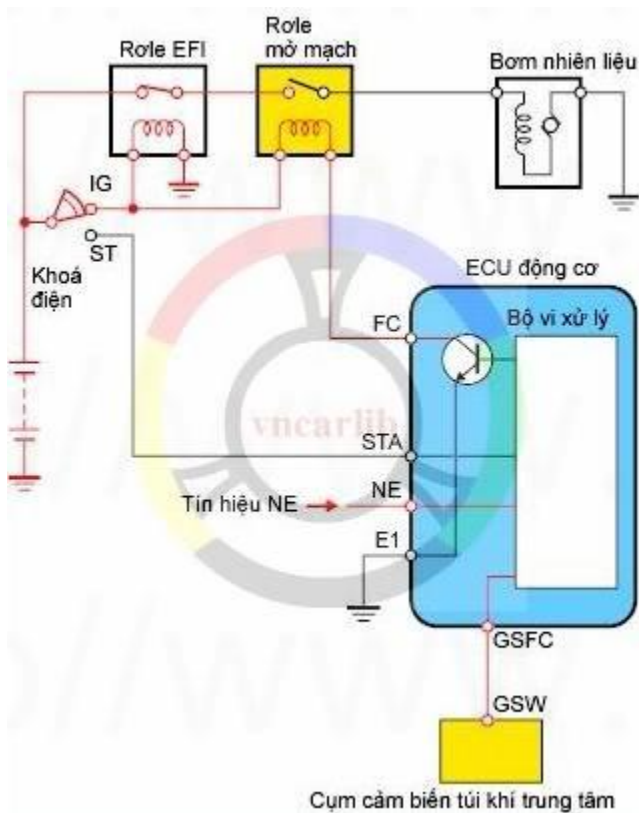
c. Hệ thống ngắt bơm nhiên liệu:

Ở một số xe có một cơ cấu để điều khiển làm ngừng hoạt động của bơm nhiên liệu trong các điều kiện sau đây để duy trì an toàn.

- Khi túi khí nổ:

Khi túi khí SRS của lái xe, của hành khách phía trước phồng lên, việc điều khiển ngắt nhiên liệu làm bơm nhiên liệu không hoạt động. ( hình 13 ).

Khi ECU động cơ phát hiện một tín hiệu phồng lên của túi khí từ cụm cảm biến túi khí trung tâm, ECU động cơ sẽ ngắt role mở mạch để ngừng hoạt động của bơm nhiên liệu. Sau khi điều khiển ngắt bơm nhiên liệu, việc điều khiển này sẽ được loại bỏ bằng cách tắt khoá điện về vị trí OFF, làm cho bơm nhiên liệu làm việc trở lại.



Hình 13

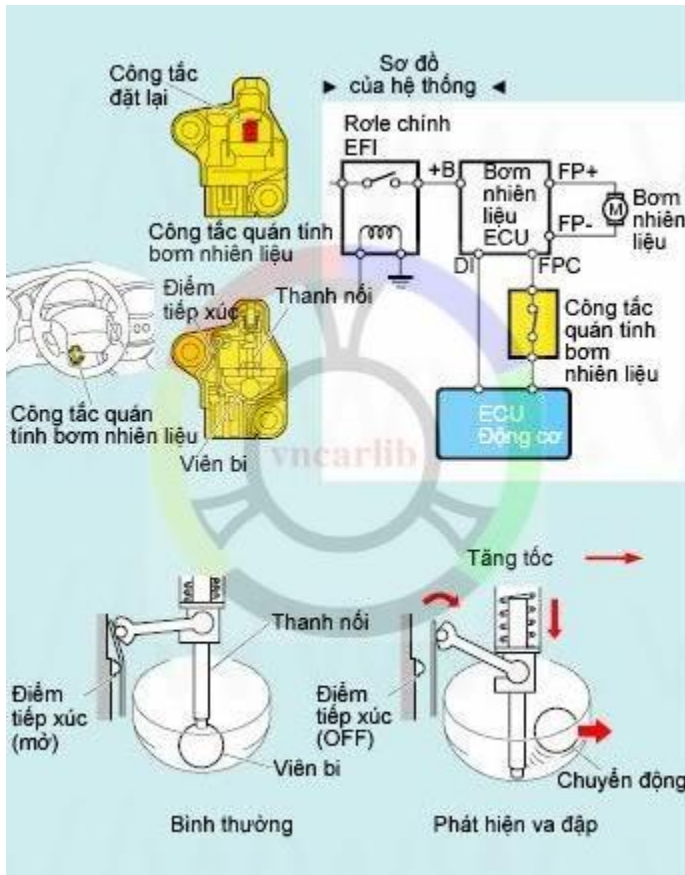
- Khi xe bị đâm hoặc bị lật ( hình 14 ).

Khi xe bị đâm, công tắc quán tính của bơm nhiên liệu sẽ ngắt bơm nhiên liệu để giảm thiểu sự rò rỉ nhiên liệu.

Công tắc quán tính của bơm nhiên liệu được đặt giữa ECU bơm nhiên liệu và ECU động cơ.

Khi viên bi trong công tắc này dịch chuyển vì có va đập, công tắc này bị tách khỏi tiếp điểm để xoay nó về vị trí OFF và ngừng hoạt động của bơm nhiên liệu.

Sau khi cắt nhiên liệu, đẩy công tắc về vị trí ban đầu để ngừng việc điều khiển cắt nhiên liệu, làm cho bơm nhiên liệu hoạt động trở lại.

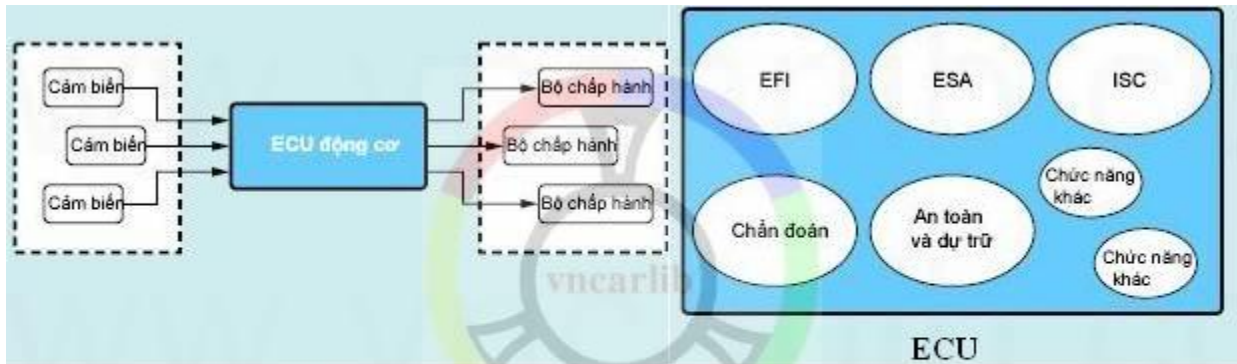


Hình 14

## II.2. Trình bày nguyên lý cấu tạo và hoạt động của hệ thống điều khiển và các bộ phận liên quan.

### II.2.1. Mô tả:

Hệ thống điều khiển động cơ gồm có ba nhóm các cảm biến (và các tín hiệu đầu ra của cảm biến), ECU động cơ, và các bộ chấp hành. Chương này giải thích các cảm biến (các tín hiệu), sơ đồ mạch điện và sơ đồ nối mát, và các điện áp cực của cảm biến. ( hình 15 ) Các chức năng của ECU động cơ được chia thành điều khiển EFI, điều khiển ESA, điều khiển ISC, chức năng chẩn đoán, các chức năng an toàn và dự phòng, và các chức năng khác. Các chức năng này và các chức năng của bộ chấp hành được giải thích ở các chương riêng.



Hình 15

II.2.1.1. Mạch nguồn

Mạch nguồn là các mạch điện cung cấp điện cho ECU của động cơ. Các mạch điện này bao gồm khoá điện, role chính EFI, v.v.

Mạch nguồn được xe ô tô sử dụng thực sự gồm có 2 loại sau đây.

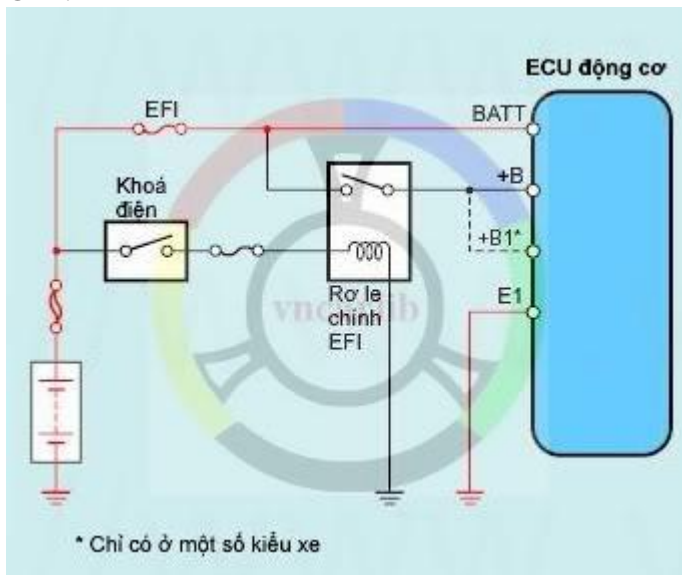
- Loại điều khiển bằng khoá điện
- Loại điều khiển bằng ECU động cơ

a. Loại điều khiển bằng khoá điện ( hình 16)

Như trình bày ở hình minh họa này, sơ đồ chỉ ra loại trong đó role chính EFI được điều khiển trực tiếp từ khoá điện.

Khi bật khoá điện ON, dòng điện chạy vào cuộn dây của role chính EFI, làm cho tiếp điểm đóng lại. Việc này cung cấp điện cho các cực + B và + B1 của ECU động cơ.

Điện áp của ắc quy luôn luôn cung cấp cho cực BATT của ECU động cơ để tránh cho các mã chẩn đoán và các dữ liệu khác trong bộ nhớ của nó không bị xóa khi tắt khoá điện OFF.



Hình 16: Mạch nguồn loại điều khiển bằng khoá điện.

b. Loại điều khiển bằng ECU:

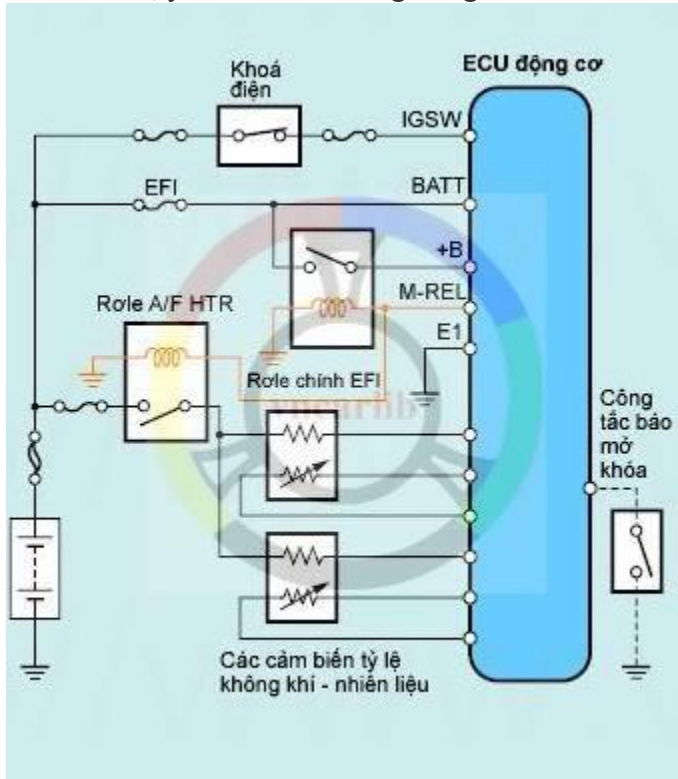
Mạch nguồn trong hình minh họa là loại trong đó hoạt động của role chính EFI được điều khiển bởi ECU động cơ.

Loại này yêu cầu cung cấp điện cho ECU động cơ trong vài giây sau sau khi tắt khoá điện OFF. Do đó việc đóng hoặc ngắt của role chính EFI được ECU động cơ điều khiển.

Khi bật khoá điện ON, điện áp của ắc quy được cấp đến cực IGSW của ECU động cơ và mạch điều khiển role chính EFI trong ECU động cơ truyền một tín hiệu đến cực M-REL của ECU động cơ, bật mở role chính EFI. Tín hiệu này làm cho dòng điện chạy vào cuộn dây, đóng tiếp điểm của role chính EFI và cấp điện cho cực +B của ECU động cơ.

Điện áp của ắc quy luôn luôn cung cấp cho cực BATT có lí do giống như cho loại điều khiển bằng khoá điện.

Ngoài ra một số kiểu xe có một role đặc biệt cho mạch sấy nóng cảm biến tỷ lệ không khí - nhiên liệu, yêu cầu một lượng dòng điện lớn.



Hình 17: Sơ đồ mạch nguồn điều khiển bằng ECU.

### II.2.1.2. Mạch nối mát

ECU động cơ có 3 mạch nối mát cơ bản sau đây.

- Nối mát để điều khiển ECU động cơ (E1)

Cực E1 này là cực tiếp mát của ECU động cơ và thường được nối với buồng nạp khí của động cơ.

- Nối mát cho cảm biến (E2, E21)

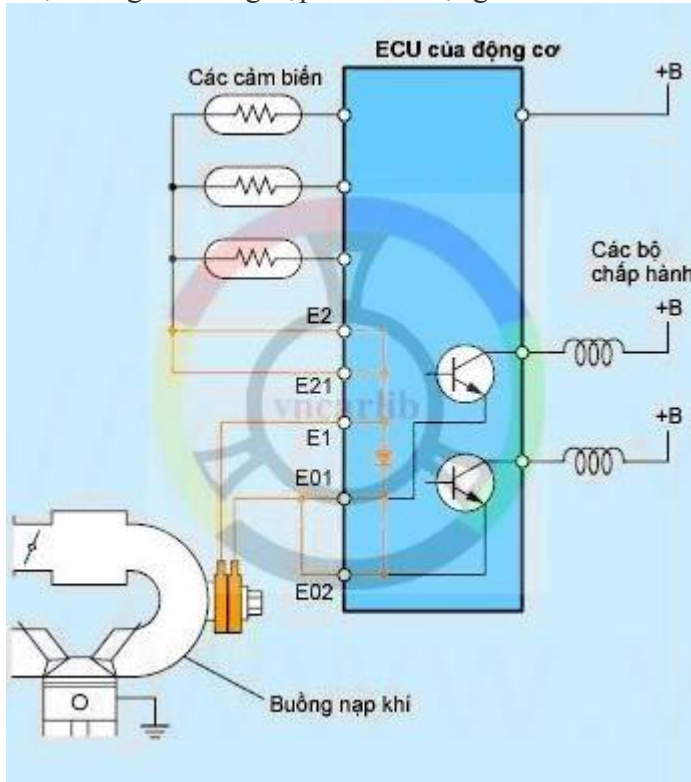
Các cực E2 và E21 là các cực tiếp mát của cảm biến, và chúng được nối với cực E1 trong ECU động cơ.

Chúng tránh cho các cảm biến không bị phát hiện các trị số điện áp lỗi bằng cách duy trì

điện thế tiếp mát của cảm biến và điện thế tiếp mát của ECU động cơ ở cùng một mức.

- Nối mát để điều khiển bộ chấp hành (E01, E02)

Các cực E01 và E02 là các cực tiếp mát cho bộ chấp hành, như cho các bộ chấp hành, van ISC và bộ sấy cảm biến tỷ lệ không khí-nhiên liệu. Cũng giống như cực E1, E01 và E02 được nối gần buồng nạp khí của động cơ.



Hình 18: Sơ đồ mạch nối mát của ECU.

## II.2.2. Các cảm biến và tín hiệu.

### II.2.2.1. Cảm biến lưu lượng khí nạp:

Cảm biến lưu lượng khí nạp là một trong những cảm biến quan trọng nhất vì nó được sử dụng trong EFI kiểu L để phát hiện khối lượng hoặc thể tích không khí nạp.

Tín hiệu của khối lượng hoặc thể tích của không khí nạp được dùng để tính thời gian phun cơ bản và góc đánh lửa sớm cơ bản.

Cảm biến lưu lượng khí nạp chủ yếu được chia thành 2 loại, các cảm biến để phát hiện khối lượng không khí nạp, và cảm biến đo thể tích không khí nạp, cảm biến đo khối lượng và cảm biến đo lưu lượng không khí nạp có các loại như sau.

Cảm biến đo khối lượng khí nạp:

- Kiểu dây sấy

Cảm biến đo lưu lượng khí nạp:

- Kiểu cánh.

- Kiểu gió xoáy quang học Karman

Hiện nay hầu hết các xe sử dụng cảm biến lưu lượng khí nạp khí kiểu dây nóng vì nó đo chính xác hơn, trọng lượng nhẹ hơn và độ bền cao hơn.

Cảm biến đo khối lượng khí nạp kiểu dây sấy:

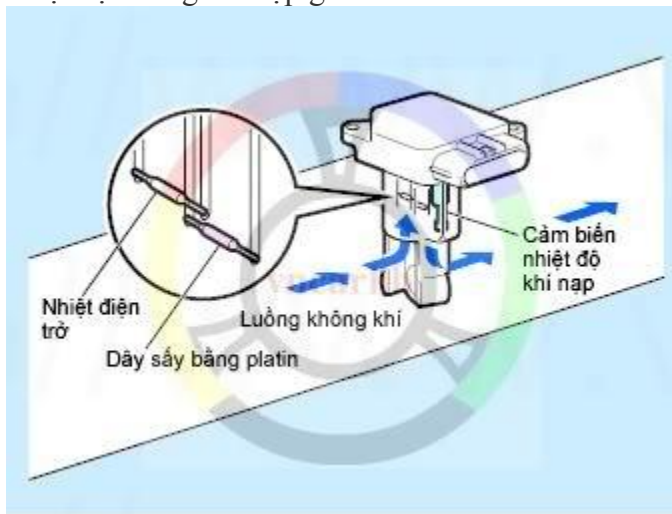


- Cấu tạo :

Như trình bày ở hình minh họa, cấu tạo của cảm biến lưu lượng khí nạp kiểu dây nóng rất đơn giản.

Cảm biến lưu lượng khí nạp gọn và nhẹ như được thể hiện trong hình minh họa ở bên trái là loại cảm phích được đặt vào đường không khí, và làm cho phân không khí nạp chạy qua khu vực phát hiện. Như trình bày trong hình minh họa, một dây nóng và nhiệt điện trở, được sử dụng như một cảm biến, được lắp vào khu vực phát hiện. Bằng cách trực tiếp đo khối lượng không khí nạp, độ chính xác phát hiện được tăng lên và hầu như không có sức cản của không khí nạp. Ngoài ra, vì không có các cơ cấu đặc biệt, dụng cụ này có độ bền tuyệt hảo.

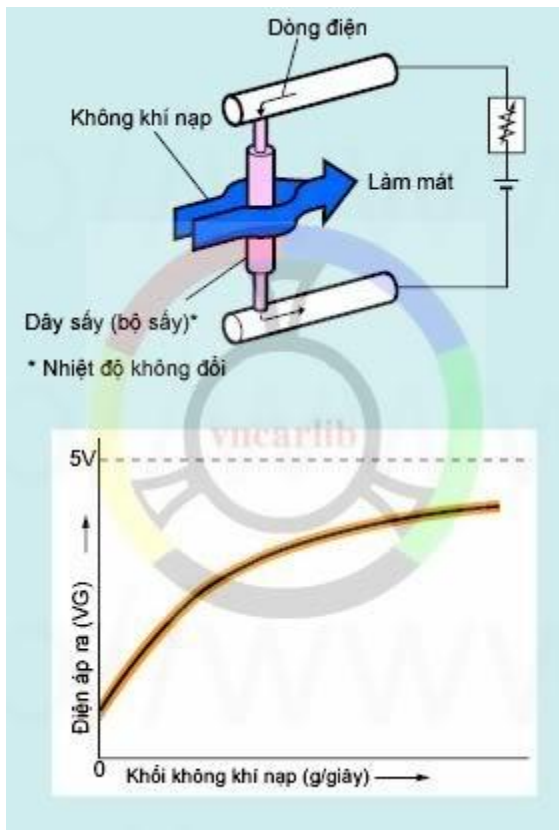
Cảm biến lưu lượng khí nạp được thể hiện trong hình minh họa cũng có một cảm biến nhiệt độ không khí nạp gắn vào.



Hình 19: Cảm biến lưu lượng khí nạp loại dây sấy

- Hoạt động và chức năng:

Như thể hiện trong hình minh họa, dòng điện chạy vào dây sấy (bộ sấy) làm cho nó nóng lên. Khi không khí chạy quanh dây này, dây sấy được làm nguội tương ứng với khối không khí nạp. Bằng cách điều chỉnh dòng điện chạy vào dây sấy này để giữ cho nhiệt độ của dây sấy không đổi, dòng điện đó sẽ tỷ lệ thuận với khối không khí nạp. Sau đó có thể đo khối lượng không khí nạp bằng cách phát hiện dòng điện đó. Trong trường hợp của cảm biến lưu lượng khí nạp kiểu dây sấy, dòng điện này được biến đổi thành một điện áp, sau đó được truyền đến ECU động cơ từ cực VG.



Hình 20

- Mạch điện bên trong: ( hình 21)

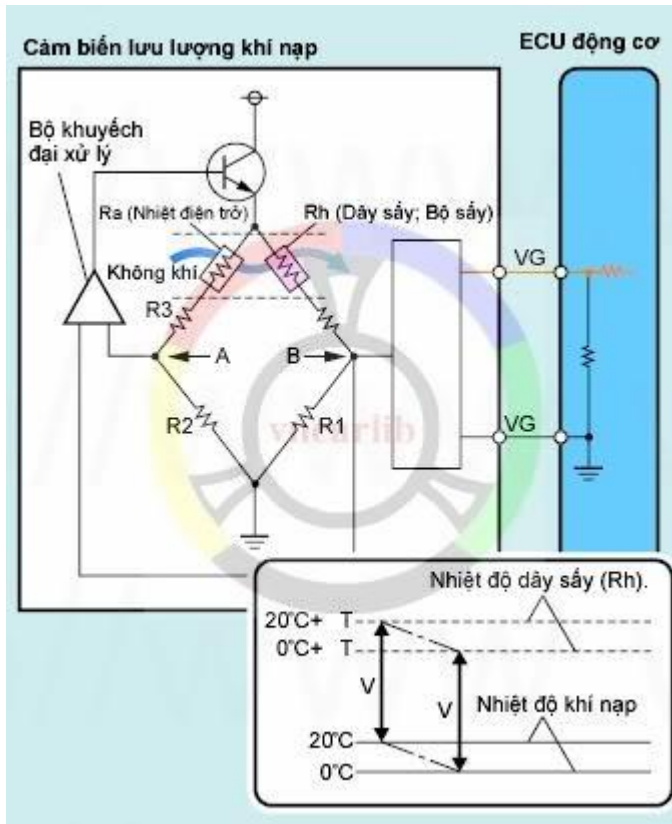
Trong cảm biến lưu lượng khí nạp thực tế, như trình bày ở hình minh họa, một dây sấy được ghép vào mạch cầu. Mạch cầu này có đặc tính là các điện trở tại điểm A và B bằng nhau khi tích của điện trở theo đường chéo bằng nhau ( $[R_a + R_3] \cdot R_1 = R_h \cdot R_2$ ).

Khi dây sấy này ( $R_h$ ) được làm mát bằng không khí nạp, điện trở tăng lên dẫn đến sự hình thành độ chênh giữa các điện thế của các điểm A và B. Một bộ khuếch đại xử lý phát hiện chênh lệch này và làm tăng điện áp đặt vào mạch này (làm tăng dòng điện chạy qua dây sấy ( $R_h$ )). Khi thực hiện việc này, nhiệt độ của dây sấy ( $R_h$ ) lại tăng lên dẫn đến việc tăng tương ứng trong điện trở cho đến khi điện thế của các điểm A và B trở nên bằng nhau (các điện áp của các điểm A và B trở nên cao hơn).

Bằng cách sử dụng các đặc tính của loại mạch cầu này, cảm biến lưu lượng khí nạp có thể đo được khối lượng không khí nạp bằng cách phát hiện điện áp ở điểm B.

Trong hệ thống này, nhiệt độ của dây sấy ( $R_h$ ) được duy trì liên tục ở nhiệt độ không đổi cao hơn nhiệt độ của không khí nạp, bằng cách sử dụng nhiệt điện trở ( $R_a$ ). Do đó, vì có thể đo được khối lượng khí nạp một cách chính xác mặc dù nhiệt độ khí nạp thay đổi, ECU của động cơ không cần phải hiệu chỉnh thời gian phun nhiên liệu đối với nhiệt độ không khí nạp.

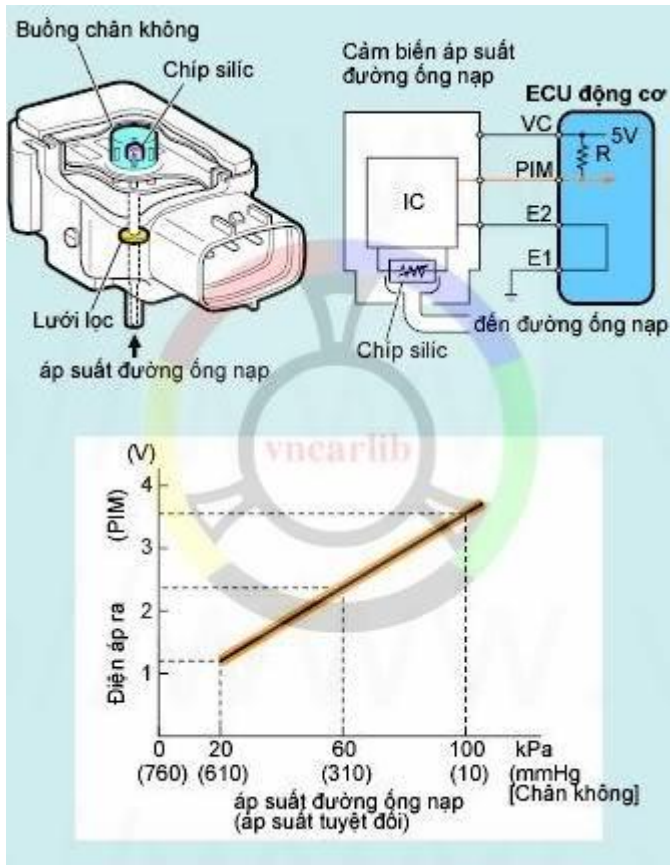
Ngoài ra, khi mật độ không khí giảm đi ở các độ cao lớn, khả năng làm nguội của không khí giảm xuống so với cùng thể tích khí nạp ở mức nước biển. Do đó mức làm nguội cho dây sấy này giảm xuống. Vì khối khí nạp được phát hiện cũng sẽ giảm xuống, nên không cần phải hiệu chỉnh mức bù cho độ cao lớn.



Hình 21

II.2.2.2. Cảm biến áp suất đường ống nạp ( Cảm biến chân không ).

Cảm biến áp suất đường ống nạp được dùng cho hệ thống EFI kiểu D để cảm nhận áp suất đường ống nạp. Đây là một trong những cảm biến quan trọng nhất trong EFI kiểu D. Bằng cách gắn một IC vào cảm biến này, cảm biến áp suất đường ống nạp cảm nhận được áp suất đường ống nạp như một tín hiệu PIM. Sau đó ECU động cơ xác định được thời gian phun cơ bản và góc đánh lửa sớm cơ bản trên cơ sở của tín hiệu PIM này. Như trình bày ở hình minh họa, một chip silic kết hợp với một buồng chân không được duy trì ở độ chân không định trước, được gắn vào bộ cảm biến này. Một phía của chip này được lộ ra với áp suất của đường ống nạp và phía bên kia thông với buồng chân không bên trong. Vì vậy, không cần phải hiệu chỉnh mức bù cho độ cao lớn vì áp suất của đường ống nạp có thể đo được chính xác ngay cả khi độ cao này thay đổi. Một thay đổi về áp suất của đường ống nạp sẽ làm cho hình dạng của chip silic này thay đổi, và trị số điện trở của chip này dao động theo mức biến dạng này. Tín hiệu điện áp, mà IC biến đổi từ sự dao động của giá trị điện trở này gọi là tín hiệu PIM.

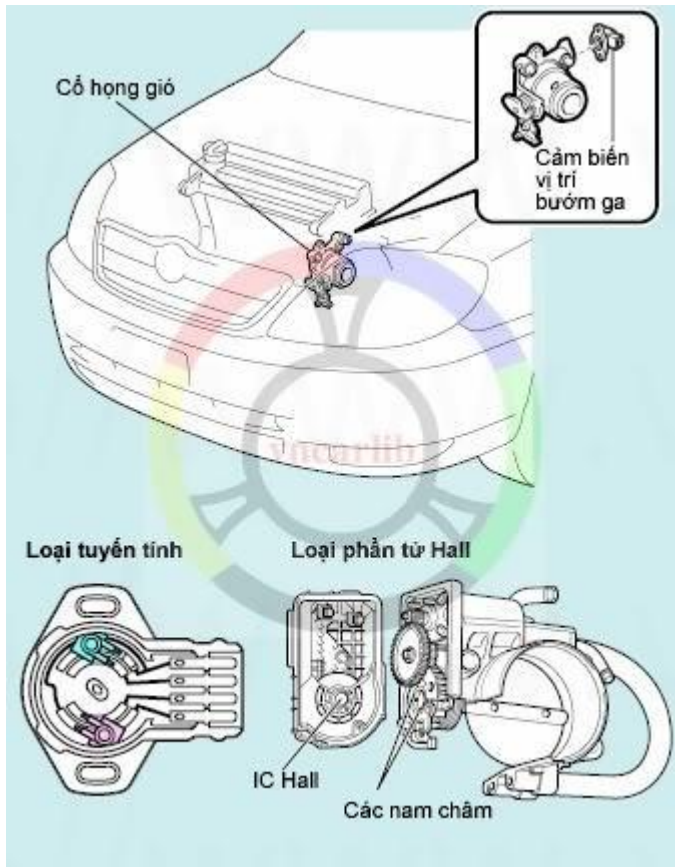


Hình 22

### II.2.2.3. Cảm biến vị trí bướm ga:

Cảm biến vị trí bướm ga được lắp trên cổ họng gió. Cảm biến này biến đổi góc mở bướm ga thành điện áp, được truyền đến ECU động cơ như tín hiệu mở bướm ga (VTA). Ngoài ra, một số thiết bị truyền một tín hiệu IDL riêng biệt. Các bộ phận khác xác định nó lúc tại thời điểm chạy không tải khi điện áp VTA này ở dưới giá trị chuẩn.

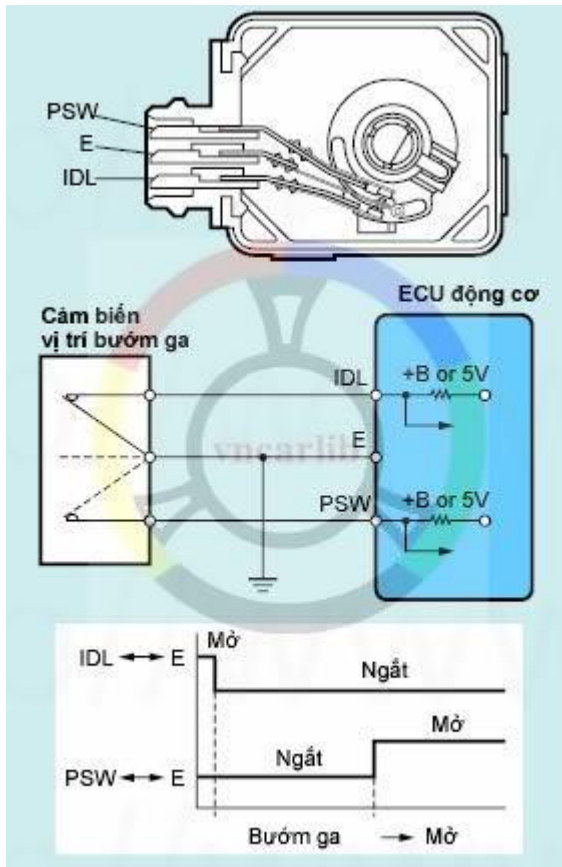
Hiện nay, có 2 loại, loại tuyến tính và loại có phân tử Hall được sử dụng. Ngoài ra, đầu ra 2 hệ thống được sử dụng để tăng độ tin cậy.



Hình 23

a. Loại tiếp điểm:

Loại cảm biến vị trí bướm ga này dùng tiếp điểm không tải (IDL) và tiếp điểm trợ tải (PSW) để phát hiện xem động cơ đang chạy không tải hoặc đang chạy dưới tải trọng lớn. Khi bướm ga được đóng hoàn toàn, tiếp điểm IDL đóng ON và tiếp điểm PSW ngắt OFF. ECU động cơ xác định rằng động cơ đang chạy không tải. Khi đạp bàn đạp ga, tiếp điểm IDL sẽ bị ngắt OFF, và khi bướm ga mở quá một điểm xác định, tiếp điểm PSW sẽ đóng ON, tại thời điểm này ECU động cơ xác định rằng động cơ đang chạy dưới tải nặng.

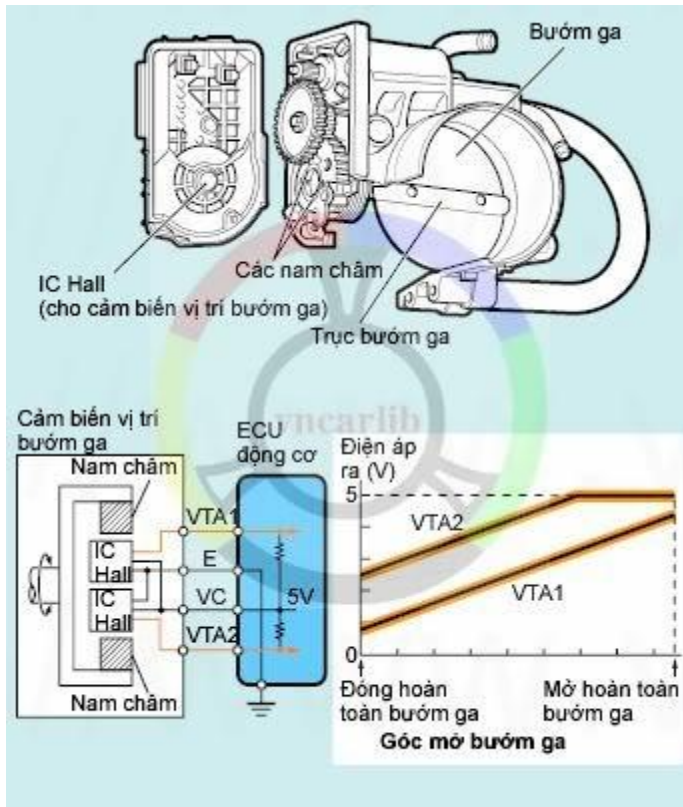


Hình 24

b. Loại tuyến tính:

Như trình bày trong hình minh họa, cảm biến này gồm có 2 con trượt và một điện trở, và các tiếp điểm cho các tín hiệu IDL và VTA được cung cấp ở các đầu của mỗi tiếp điểm. Khi tiếp điểm này trượt dọc theo điện trở đồng thời với góc mở bướm ga, điện áp này được đặt vào cực VTA theo tỷ lệ thuận với góc mở của bướm ga. Khi bướm ga được đóng lại hoàn toàn, tiếp điểm của tín hiệu IDL được nối với các cực IDL và E2.

Một số kiểu sử dụng tín hiệu ra hai hệ thống (VTA1, VTA2) để tăng độ tin cậy

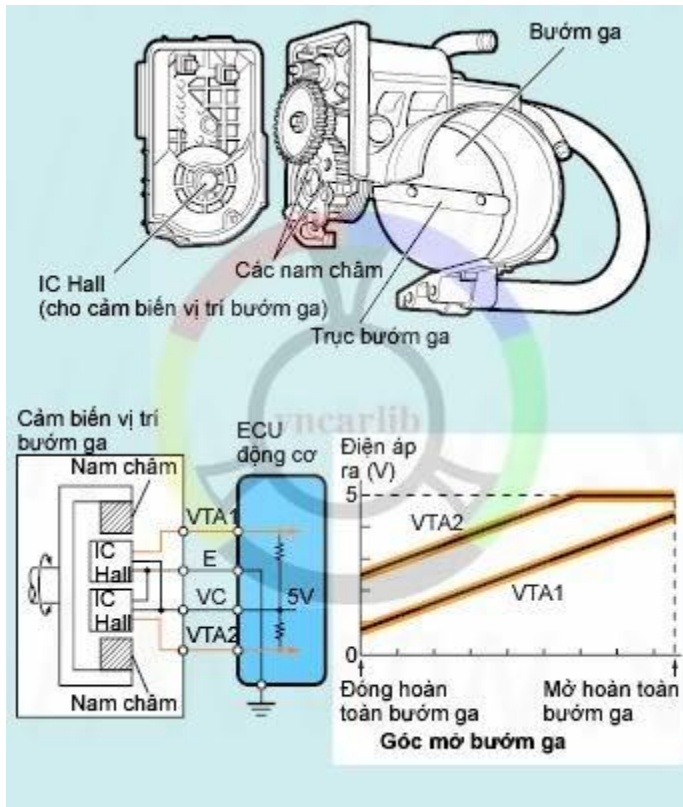


Hình 25

c. Loại phân tử Hall:

Cảm biến vị trí bướm ga loại phân tử Hall gồm có các mạch IC Hall làm bằng các phân tử Hall và các nam châm quay quanh chúng. Các nam châm được lắp ở trên trục bướm ga và quay cùng với bướm ga.

Khi bướm ga mở, các nam châm quay cùng một lúc, và các nam châm này thay đổi vị trí của chúng. Vào lúc đó, IC Hall phát hiện sự thay đổi từ thông gây ra bởi sự thay đổi của vị trí nam châm và tạo ra điện áp ra của hiệu ứng Hall từ các cực VTA1 và VTA2 theo mức thay đổi này. Tín hiệu này được truyền đến ECU động cơ như tín hiệu mở bướm ga. Cảm biến này không chỉ phát hiện chính xác độ mở của bướm ga, mà còn sử dụng phương pháp không tiếp điểm và có cấu tạo đơn giản, vì thế nó không dễ bị hỏng. Ngoài ra, để duy trì độ tin cậy của cảm biến này, nó phát ra các tín hiệu từ hai hệ thống có các tính chất khác nhau.



Hình 26

II.2.2.4. Cảm biến vị trí bàn đạp ga:

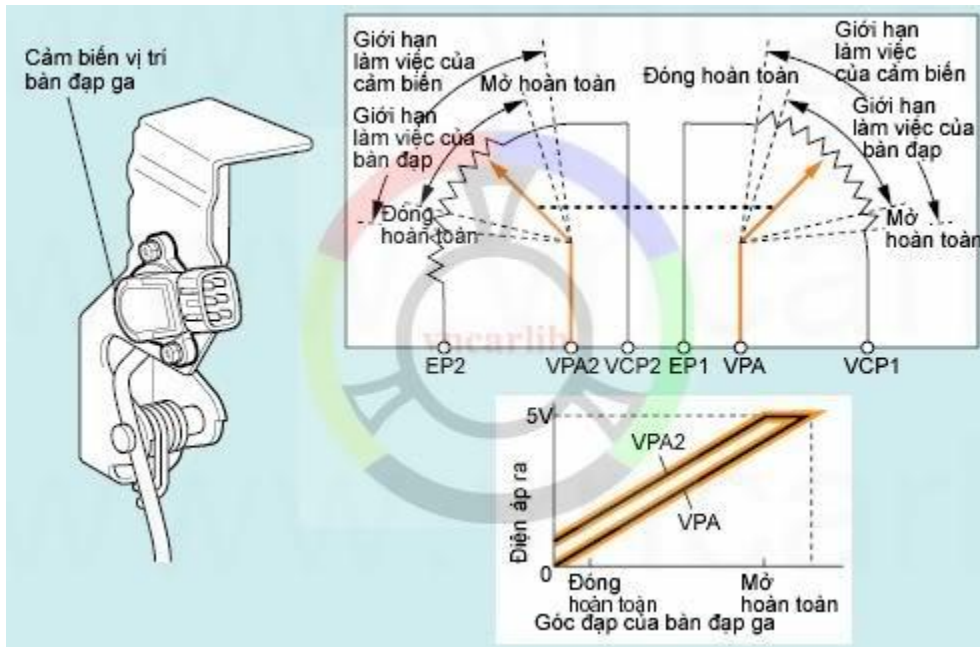
Cảm biến vị trí của bàn đạp ga biến đổi mức đạp xuống của bàn đạp ga (góc) thành một tín hiệu điện được chuyển đến ECU động cơ. Ngoài ra, để đảm bảo độ tin cậy, cảm biến này truyền các tín hiệu từ hai hệ thống có các đặc điểm đầu ra khác nhau. Có hai loại cảm biến vị trí bàn đạp ga, loại tuyến tính và loại phân tử Hall.

a. Loại tuyến tính:

Cấu tạo và hoạt động của cảm biến này cơ bản giống như cảm biến vị trí bướm ga loại tuyến tính.

Trong các tín hiệu từ hai hệ thống này, một là tín hiệu VPA truyền điện áp theo đường thẳng trong toàn bộ phạm vi bàn đạp ga. Tín hiệu khác là tín hiệu VPA2, truyền điện áp bù từ tín hiệu VPA.



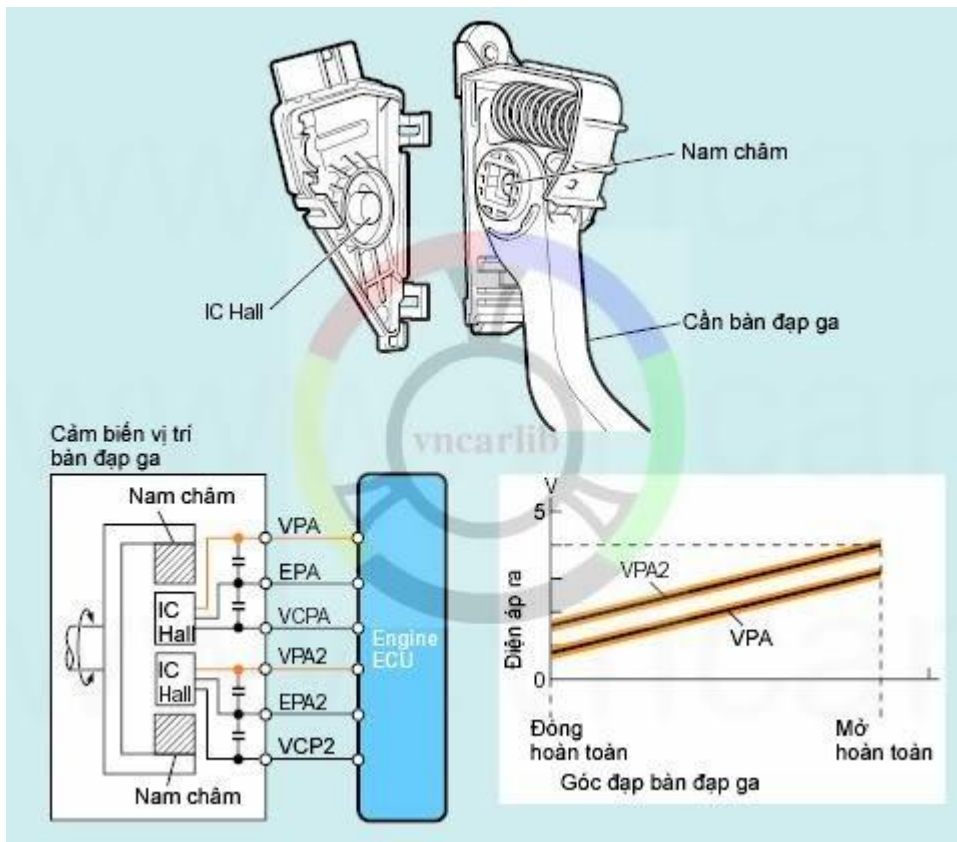


Hình 27

b. Loại phân tử Hall

Cấu tạo và hoạt động của cảm biến này cơ bản giống như cảm biến vị trí bướm ga loại phân tử Hall.

Để đảm bảo độ tin cậy cao hơn, phải cung cấp một mạch điện độc lập cho từng hệ thống một.

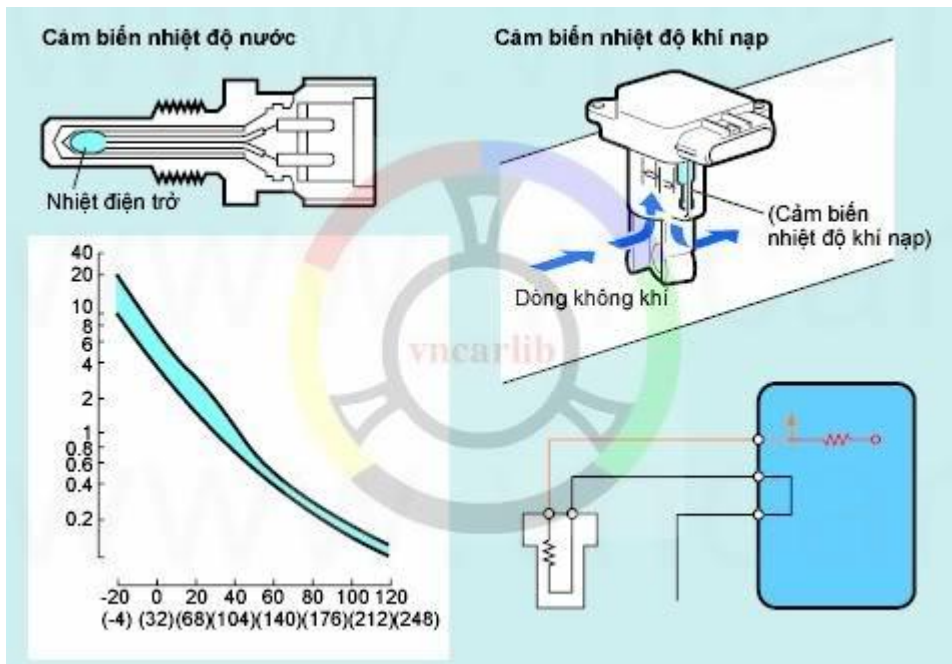


Hình 28

II.2.2.5. Cảm biến nhiệt độ nước và cảm biến nhiệt độ khí nạp ( hình 29 )

Cảm biến nhiệt độ nước và cảm biến nhiệt độ khí nạp đã được gắn các nhiệt điện trở bên trong, mà nhiệt độ càng thấp, trị số điện trở càng lớn, ngược lại, nhiệt độ càng cao, trị số điện càng thấp. Và sự thay đổi về giá trị điện trở của nhiệt điện trở này được sử dụng để phát hiện các thay đổi về nhiệt độ của nước làm mát và không khí nạp.

Như được thể hiện trong hình minh họa, điện trở được gắn trong ECU động cơ và nhiệt điện trở trong cảm biến này được mắc nối tiếp trong mạch điện sao cho điện áp của tín hiệu được phát hiện bởi ECU động cơ sẽ thay đổi theo các thay đổi của nhiệt điện trở này. Khi nhiệt độ của nước làm mát hoặc khí nạp thấp, điện trở của nhiệt điện trở sẽ lớn, tạo nên một điện áp cao



Hình 30: cảm biến nhiệt độ nước làm mát và cảm biến nhiệt độ khí nạp

a. Cảm nhiệt độ nước làm mát:

Cảm biến nhiệt độ nước đo nhiệt độ của nước làm mát động cơ. Khi nhiệt độ của nước làm mát động cơ thấp, phải tăng tốc độ chạy không tải, tăng thời gian phun, góc đánh lửa sớm, v.v... nhằm cải thiện khả năng làm việc và để hâm nóng. Vì vậy, cảm biến nhiệt độ nước không thể thiếu được đối với hệ thống điều khiển động cơ.

b. Cảm biến nhiệt độ khí nạp:

Cảm biến nhiệt độ khí nạp này đo nhiệt độ của không khí nạp. Lượng và mật độ không khí sẽ thay đổi theo nhiệt độ của không khí. Vì vậy cho dù lượng không khí được cảm biến lưu lượng khí nạp phát hiện là không thay đổi, lượng nhiên liệu phun phải được hiệu chỉnh. Tuy nhiên cảm biến lưu lượng khí nạp kiểu dây sấy trực tiếp đo khối lượng không khí. Vì vậy không cần phải hiệu chỉnh.

II.2.2.6. Cảm biến ôxy ( cảm biến O<sub>2</sub> ) ( hình 31 )

Đối với chức năng làm sạch khí xả tối đa của động cơ có TWC (bộ trung hoà khí xả 3 thành phần) phải duy trì tỷ lệ không khí-nhiên liệu trong một giới hạn hẹp xoay quanh tỷ lệ không khí-nhiên liệu lý thuyết. Cảm biến oxy phát hiện xem nồng độ ôxy trong khí xả là giàu hơn hoặc nghèo hơn tỷ lệ không khí - nhiên liệu lý thuyết. Cảm biến này chủ yếu được lắp trong đường ống xả, nhưng vị trí lắp và số lượng khác nhau tùy theo kiểu động cơ.

Cảm biến oxy có một phần tử làm bằng zirconium ôxít (ZrO<sub>2</sub>), đây là một loại gốm. Bên trong và bên ngoài của phần tử này được bọc bằng một lớp platin mỏng. Không khí chung quanh được dẫn vào bên trong của cảm biến này, và phía ngoài của cảm biến lộ ra phía khí thải.

Ở nhiệt độ cao (400°C [752°F] hay cao hơn), phần tử zirconium tạo ra một điện áp như là do sự chênh lệch lớn giữa các nồng độ của ôxy ở phía trong và phía ngoài của phần tử zirconium này.

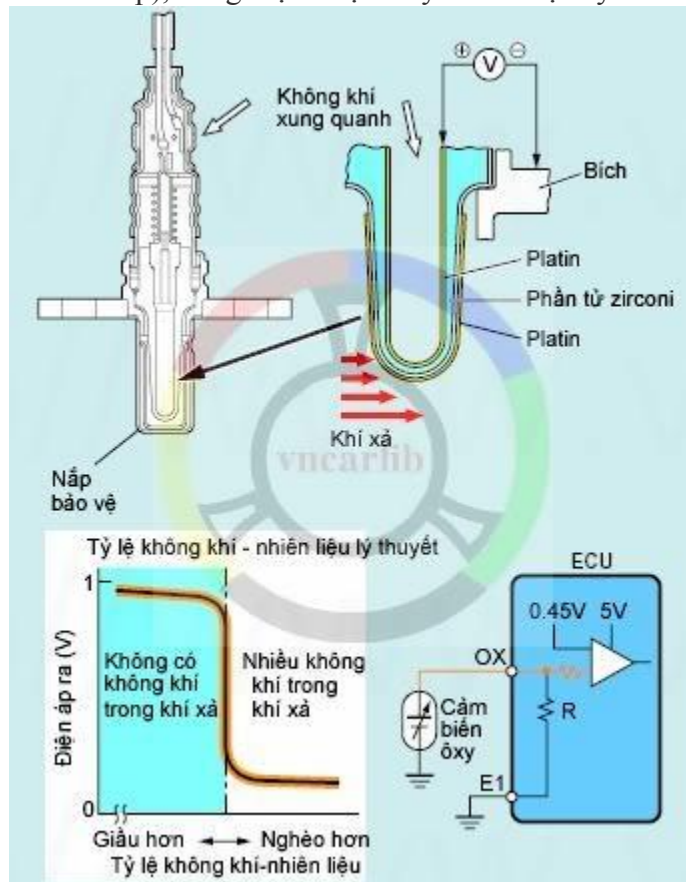
Ngoài ra, platin tác động như một chất xúc tác để gây ra phản ứng hóa học giữa oxy và

cácbon monoxit (CO) trong khí xả. Vì vậy, điều này sẽ làm giảm lượng oxy và tăng tính nhạy cảm của cảm biến.

Khi hỗn hợp không khí - nhiên liệu nghèo, phải có oxy trong khí xả sao cho chỉ có một chênh lệch nhỏ về nồng độ của oxy giữa bên trong và bên ngoài của phần tử zirconi. Do đó, phần tử zirconi sẽ chỉ tạo ra một điện áp thấp (gần 0V). Ngược lại, khi hỗn hợp không khí - nhiên liệu giàu, hầu như không có oxy trong khí xả. Vì vậy, có sự khác biệt lớn về nồng độ oxy giữa bên trong và bên ngoài của cảm biến này để phần tử zirconi tạo ra một điện áp tương đối lớn (xấp xỉ 1 V).

Căn cứ vào tín hiệu OX do cảm biến này truyền đến, ECU động cơ sẽ tăng hoặc giảm lượng phun nhiên liệu để duy trì tỷ lệ không khí - nhiên liệu trung bình ở tỷ lệ không khí - nhiên liệu lý thuyết.

Một số cảm biến oxy zirconi có các bộ sấy để sấy nóng phần tử zirconi. Bộ sấy này cũng được ECU động cơ điều khiển. Khi lượng không khí nạp thấp (nói khác đi, khi nhiệt độ khí xả thấp), dòng điện được truyền đến bộ sấy để làm nóng cảm biến này.



Hình 31: Cảm biến oxy

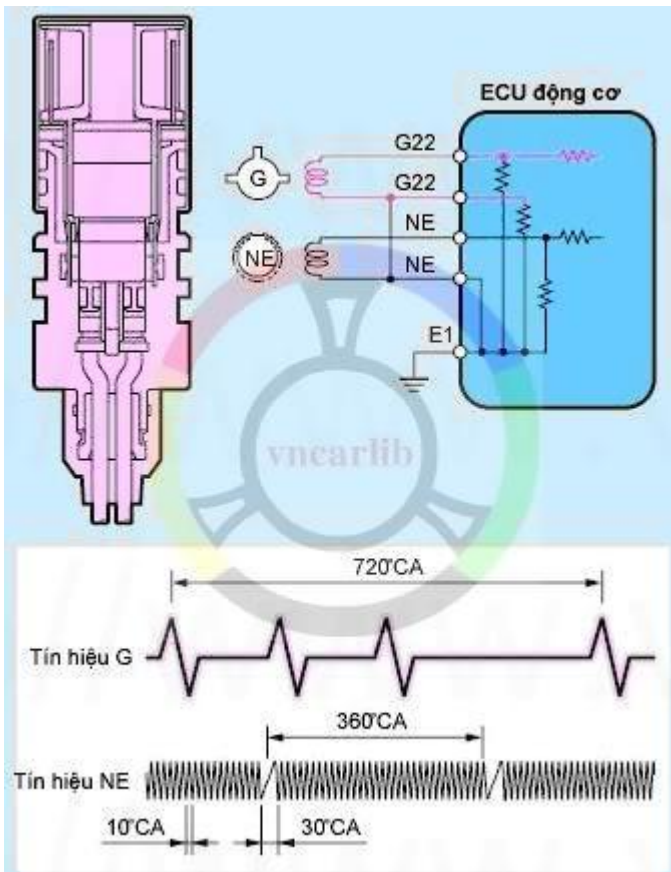
#### II.2.2.7. Các bộ tạo tín hiệu G và NE

Tín hiệu G và NE được tạo ra bởi cuộn nhận tính hiệu, bao gồm một cảm biến vị trí trục cam hoặc cảm biến vị trí trục khuỷu, và đĩa tín hiệu hoặc rôto tín hiệu. Thông tin từ hai tín hiệu này được kết hợp bởi ECU động cơ để phát hiện đầy đủ góc của trục khuỷu và tốc độ động cơ.

Hai tín hiệu này không chỉ rất quan trọng đối với các hệ thống EFI mà còn quan trọng đối với cả hệ thống ESA.

a. Cảm biến vị trí trục cam (bộ tạo tín hiệu G) ( hình 32 )

Trên trục cam đối diện với cảm biến vị trí trục cam là đĩa tín hiệu G có các răng. Số răng là 1, 3 hoặc một số khác tùy theo kiểu động cơ. (Trong hình vẽ có 3 răng). Khi trục cam quay, khe hở không khí giữa các vấu nhô ra trên trục cam và cảm biến này sẽ thay đổi. Sự thay đổi khe hở tạo ra một điện áp trong cuộn nhận tín hiệu được gắn vào cảm biến này, sinh ra tín hiệu G. Tín hiệu G này được chuyển đi như một thông tin về góc chuẩn của trục khuỷu đến ECU động cơ, kết hợp nó với tín hiệu NE từ cảm biến vị trí của trục khuỷu để xác định TDC (điểm chết trên) kỳ nén của mỗi xi lanh để đánh lửa và phát hiện góc quay của trục khuỷu. ECU động cơ dùng thông tin này để xác định thời gian phun và thời điểm đánh lửa.



Hình 32: Cảm biến vị trí trục cam.

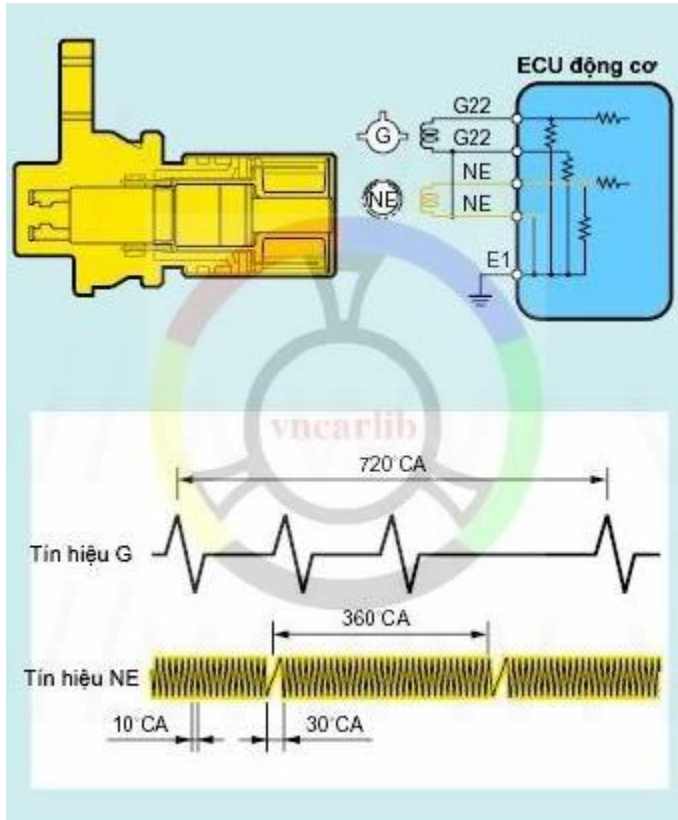
b. Cảm biến vị trí của trục khuỷu (bộ tạo tín hiệu NE). ( hình 33 )

Tín hiệu NE được ECU động cơ sử dụng để phát hiện góc của trục khuỷu và tốc độ của động cơ. ECU động cơ dùng tín hiệu NE và tín hiệu G để tính toán thời gian phun cơ bản và góc đánh lửa sớm cơ bản.

Đối với tín hiệu G, tín hiệu NE được tạo ra bởi khe không khí giữa cảm biến vị trí trục khuỷu và các răng trên chu vi của rôto tín hiệu NE được lắp trên trục khuỷu.

Hình minh họa trình bày một bộ tạo tín hiệu có 34 răng ở chu vi của rôto tín hiệu NE và một khu vực có 2 răng khuyết. Khu vực có 2 răng khuyết này có thể được sử dụng để phát hiện góc của trục khuỷu, nhưng nó không thể xác định xem đó là TDC của chu kỳ nén hoặc TDC của kỳ xả. ECU động cơ kết hợp tín hiệu NE và tín hiệu G để xác định đây

đủ và chính xác góc của trục khuỷu. Ngoài loại này, một số bộ phát tín hiệu có 12, 24 hoặc một răng khác, nhưng độ chính xác của việc phát hiện góc của trục khuỷu sẽ thay đổi theo số răng. Ví dụ, Loại có 12 răng có độ chính xác về phát hiện góc của trục khuỷu là 30°CA.



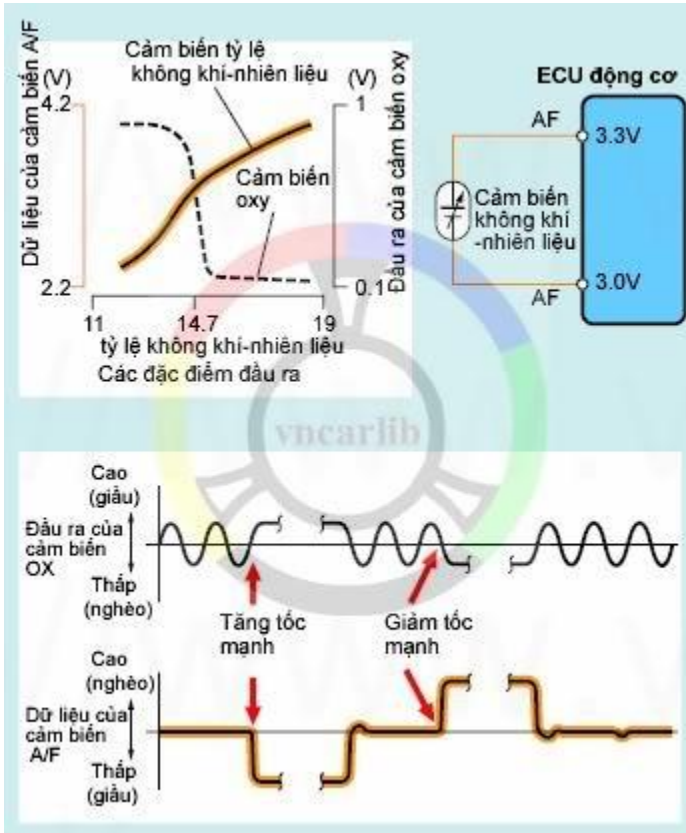
Hình 33: Cảm biến vị trí trục khuỷu

#### II.2.2.8. Cảm biến tỷ lệ không khí-nhiên liệu (A/F)

Giống như cảm biến oxy, cảm biến tỷ lệ không khí - nhiên liệu phát hiện nồng độ oxy trong khí xả. Các cảm biến oxy thông thường phải làm sao cho điện áp đầu ra có xu hướng thay đổi mạnh tại giới hạn của tỷ lệ không khí - nhiên liệu lý thuyết. Khi so sánh, cảm biến tỷ lệ không khí - nhiên liệu đặt một điện áp không thay đổi để nhận được một điện áp gần như tỷ lệ thuận với nồng độ của oxy. Điều này làm tăng độ chính xác của việc phát hiện tỷ lệ không khí-nhiên liệu.

Hình minh họa trình bày một cảm biến tỷ lệ không khí-nhiên liệu được hiển thị trong máy chẩn đoán cầm tay. Một mạch duy trì điện áp không đổi ở các cực AF+ và AF- của ECU động cơ gắn trong đó. Vì vậy, vôn kế không thể phát hiện tình trạng đầu ra của cảm biến tỷ lệ không khí-nhiên liệu. Hãy sử dụng máy chẩn đoán này.

Các đặc điểm đầu ra của cảm biến tỷ lệ không khí-nhiên liệu làm nó có thể hiệu chỉnh ngay khi có sự thay đổi về tỷ lệ không khí-nhiên liệu, làm cho việc hiệu chỉnh tín hiệu phản hồi tỷ lệ không khí-nhiên liệu nhanh hơn và chính xác hơn.

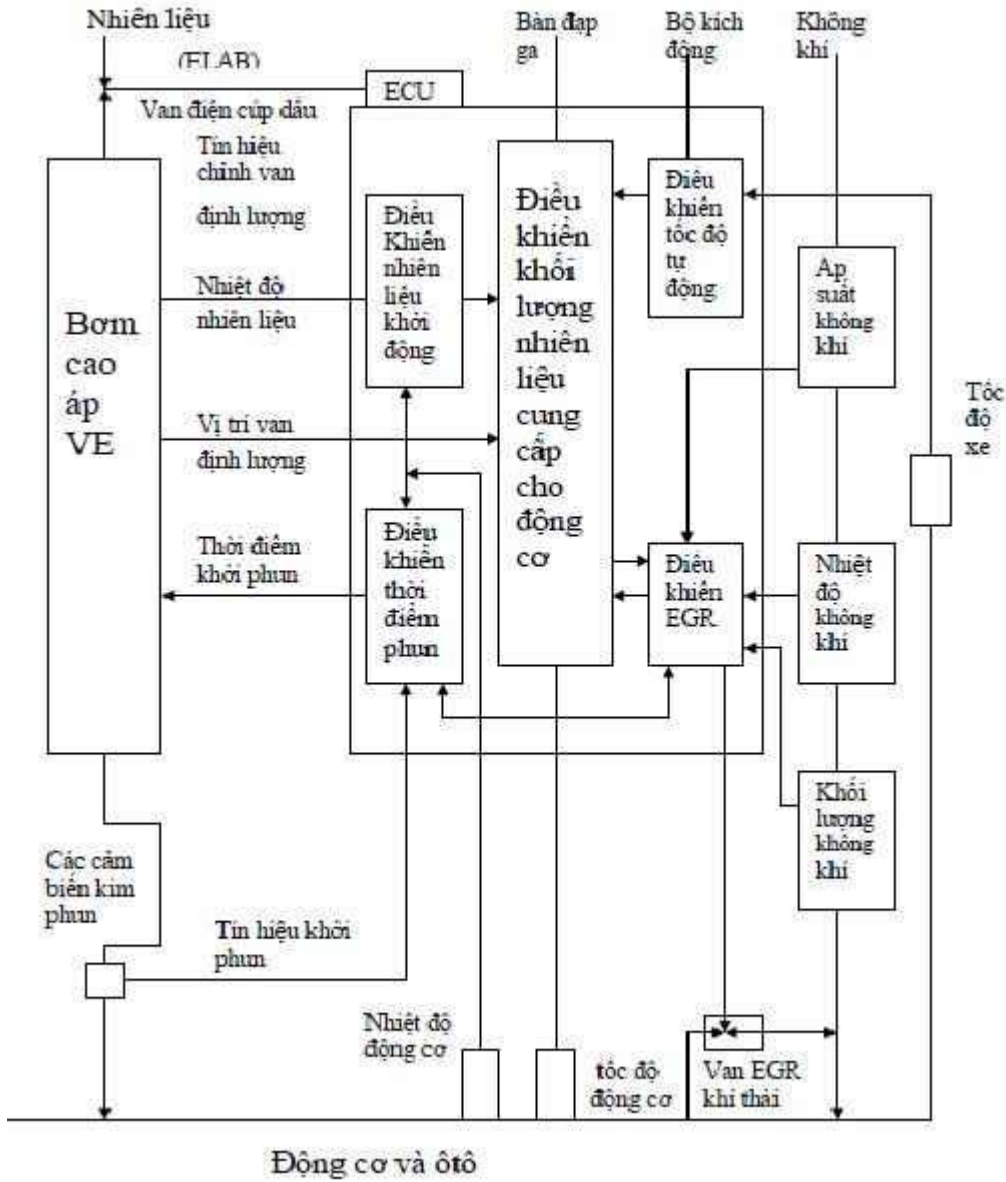


Hình 34: cảm biến A/F

Giống như cảm biến oxy, cảm biến tỷ lệ không khí - nhiên liệu cũng có một bộ sấy để duy trì hiệu suất phát hiện khi nhiệt độ khí xả thấp. Tuy nhiên bộ sấy của cảm biến tỷ lệ không khí - nhiên liệu cần nhiều điện hơn các bộ sấy trong các cảm biến oxy.

**Sơ lược về phun đầu điện tử**

Sơ lược về phun dầu điện tử



1- 1. Sơ lược về hệ thống

Hệ thống nhiên liệu khiển năng cơ diesel bằng nhiên tử trong một thời gian dài chậm phát triển so với năng cơ xăng. Đó là nhờ vậy là vì bản thân năng cơ diesel thải ra ít chất độc hơn nên áp dụng về vấn đề môi trường liên tục nhau sâu xuất ô tô không lộn. Hơn nữa, do nổ êm dịu không cao nên diesel ít nổ sâu dưới gầm xe du lịch. Trong thời gian này, các hãng chủ yếu sử dụng hệ thống nhiên liệu khiển bơm cao áp bằng nhiên tử trong các hệ thống EDC (electronic diesel control). Hệ thống EDC vẫn sử dụng bơm cao áp kiểu cũ nhưng còn thêm một số cảm biến và cơ cấu chấp hành, chủ yếu để choáng ô nhiễm và nhiên tử bằng nhiên tử.



Trong những năm gần đây, hệ thống nhiên liệu khiếm môi – hệ thống VE bằng nhiên liệu diesel nhiều khiếm kim phun bằng nhiên liệu diesel phát triển và ứng dụng rộng rãi.

### 1- 2. Lính vực ứng dụng

- Phạm vi ứng dụng rộng rãi (cho xe du lịch và xe tải nhỏ có công suất tới tới 30 kW/xylanh, cũng như xe tải nặng, xe buýt, và tàu thủy có công suất tới tới 200 kW/xylanh).
- Áp suất phun tới tới 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.

### 1- 3. Hoạt động và cấu tạo

Trong bơm cao áp VE thì nguyên tác của dầu thủy lực, bộ phận dẫn nhiên liệu. . .hoạt động giống bơm VE thông thường, nó chia nhau công việc bơm nhiên liệu, cách ghi nhận và phân phối thông tin từ ECU

Vì nhiên liệu phải phun vào động cơ áp suất cao nên dầu thủy lực, bơm cao áp và các bộ phận dẫn nhiên liệu duy trì thành một hệ thống kín để kiểm soát của bộ nhiên liệu bằng nhiên liệu. Bộ phận dẫn nhiên liệu tới sẽ nhiên liệu chính và trí van bơm nhiên liệu, nghĩa là nhiên liệu chính hành trình cung cấp nhiên liệu bơm. Việc phun sơ khởi dẫn nhiên liệu vào áp lực nhiên liệu trong bơm qua việc nhiên liệu của một van nhiên liệu.

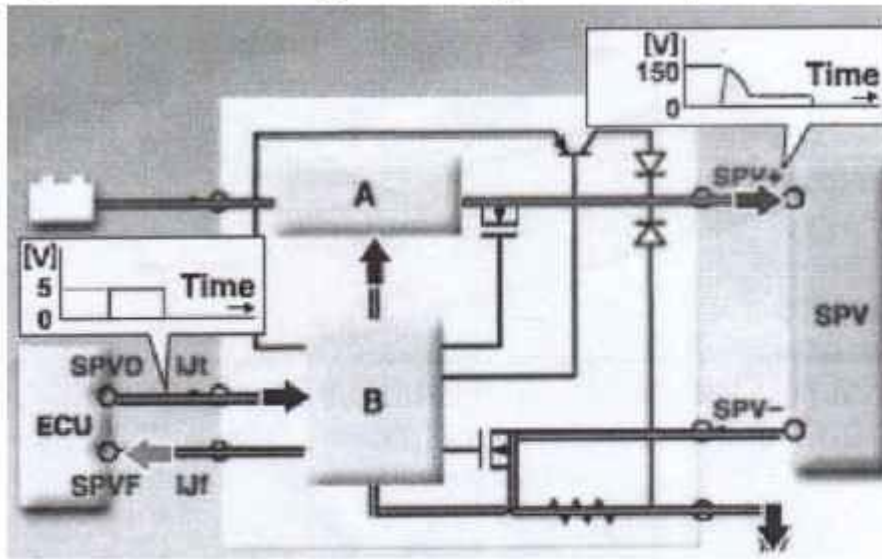
Việc tải ra áp suất và việc phun nhiên liệu hoạt động tách biệt với nhau trong hệ thống VE nhiều khiếm bằng nhiên liệu. Áp suất phun sơ khởi tải ra các áp lực tới tới động cơ và bơm nhiên liệu phun ra. Nhiên liệu sơ khởi tới tới áp suất cao trong bộ tích áp áp suất cao (high-pressure accumulator) và sẵn sàng để phun. Bơm nhiên liệu phun ra sơ khởi quyết

định bơm tải xe, và thời điểm phun cũng như áp lực phun sơ khởi tính toán bằng ECU dựa trên các biểu đồ đã lưu trong bộ nhớ của nó. Sau đó, ECU sẽ nhiên liệu các kim phun tại mỗi xylanh nhiên liệu để phun nhiên liệu. Một hệ thống diesel bằng nhiên liệu có thể có các bộ phận (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 khối lượng khí (air mass sensor)

Dầu có áp lực tới tới thành tích áp lực tới tới các kim phun bằng

caùc oáng daãn cao àùp. Boã tín hiệu trung tâm ñöôïc truyeàn tín hiệu ñeán maïch ñieàu khiển cuøa boã khuyeách ñaïi töø. Luøc naøy maïch khuyeách ñaïi ñieän töø taïo ra tín hiệu cao àùp laøm naâng ñoùt kim cuøa voøi phun, daøu coù àùp ñöôïc phun ra töø caùc loã tia phun vaøo buøn chàùy. Löõng phun vaø thôøi ñieäm phun ñöôïc ñieàu khiển baèng thôøi ñieäm nhaïc kim phun vaø thôøi gian choát kim phun



Sơ đồ điều khiển kim phun  
 A- mạch điện tạo cao áp  
 B- mạch điều khiển

#### 1- 4. Cơ cấu điều khiển.

Cơ cấu điều khiển trong hệ thống phun dầu điện tử được trình bày như hình 6.42 Có nhiệm vụ nhận tín hiệu từ các cảm biến đầu vào

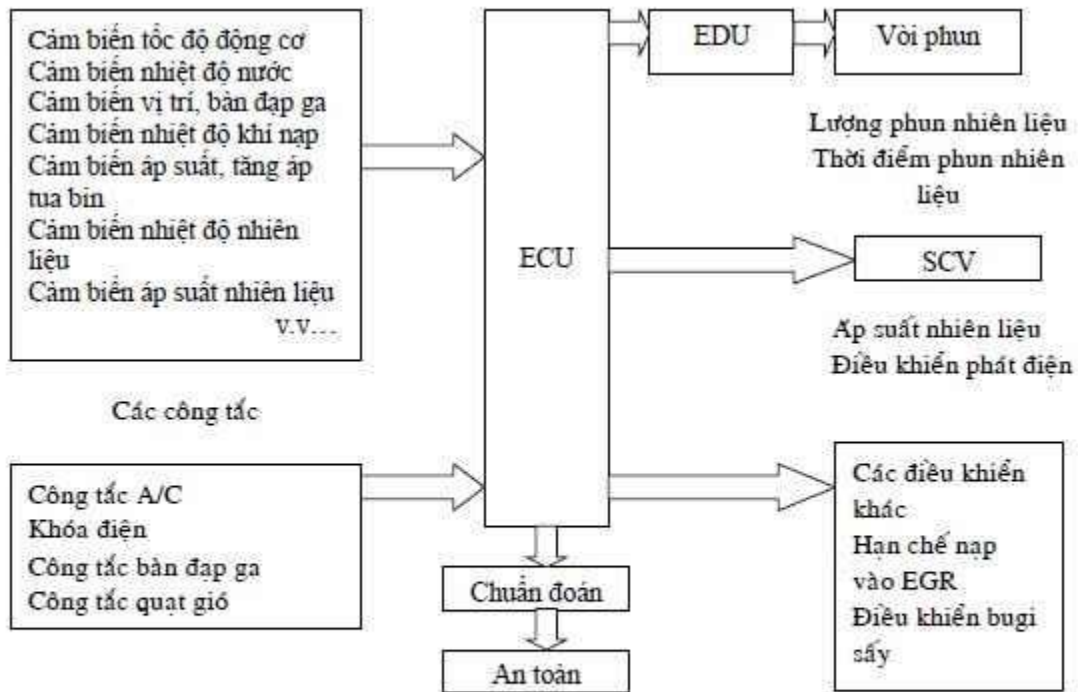
- Cảm biến tốc độ động cơ
- Cảm biến nhiệt độ làm mát
- Cảm biến vị trí bướm ga
- Cảm biến bàn đạp ga
- Cảm biến lưu lượng khí nạp
- Cảm biến áp suất nhiên liệu...vv

Sau đó, xử lý số liệu và chuyển tín hiệu điều khiển tới cơ cấu chấp hành gọi là tín hiệu ra

- Tín hiệu nhắc kim phun
- Tín hiệu áp suất nhiên liệu
- Tín hiệu sấy nóng không khí nạp
- Tín hiệu hạn chế tốc độ
- Tín hiệu hạn chế đường khí nạp...vv

Các tín hiệu vào và ra bộ xử lý trung tâm phải đồng bộ và linh hoạt mới có khả năng đáp ứng được các chế độ hoạt động khắc nghiệt của động cơ diesel. Các động cơ diesel đời mới với xu hướng giảm ô nhiễm môi

trường, tiết kiệm nhiên liệu à độ ồn thấp thì các tín hiệu và cơ cấu chấp hành đồng ra ngoài các yếu tố đồng bộ và linh hoạt thì các cấu chấp hành còn có moat yêu cầu khác là độ nhạy phải cao. Ngoài các yếu tố trên để đáp ứng đầy đủ các yêu cầu điều khiển thì bộ điều khiển trung tâm còn có bộ nhớ lớn mới có đủ khả năng lưu giữ chương trình trình khiển các chế độ cao động cơ.



Sơ đồ điều khiển hệ thống nhiên liệu động cơ