

Hệ thống phun xăng trực tiếp GDI trên ô tô

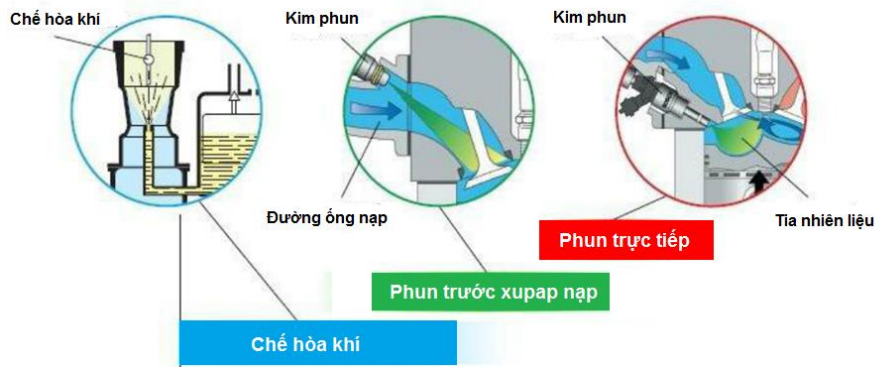
Th.s. Nguyễn Lương Căn

1. Lịch sử hình thành

Động cơ phun xăng trực tiếp GDI (Gasoline Direct Injection) là phun nhiên liệu trực tiếp vào buồng đốt động cơ. Công nghệ này được giới thiệu những năm 1925 trên động cơ Hesselman giành cho máy bay. Tiếp sau đó, trong những năm 50, Mercedes cũng đã ứng dụng công nghệ này trên chiếc xe Mercedes Benz Gullwing (1953), những động cơ phun xăng trực tiếp khi đó không giống với GDI hiện tại nhưng nó tạo nên nền tảng cho công nghệ phun xăng trực tiếp GDI sau này.

2. Nguyên lý hoạt động của GDI

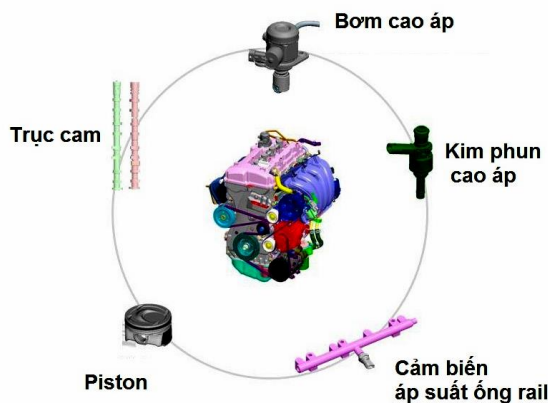
Khác với động cơ xăng thông thường, động cơ dầu diesel nhiên liệu được phun thẳng trực tiếp vào buồng đốt dưới áp suất cao trong kỳ nén, do nhiên liệu phun dưới áp suất cao hòa trộn với không khí được nén tới nhiệt độ cao làm hòa khí tự động bốc cháy và sinh công mà không cần tia lửa điện đốt cháy như trên động cơ xăng.



Lấy từ ý tưởng đó, thay vì phun nhiên liệu trước xupap nạp như những động cơ phun xăng đa điểm MPI (Multi - Port Injection) thông thường, động cơ GDI phun nhiên liệu trực tiếp vào trong buồng đốt của động cơ hoàn toàn giống như động cơ dầu, chỉ có một yếu tố khác biệt là có thêm tia lửa điện để đốt cháy hòa khí.

3. Tổng quan về hệ thống GDI

Các bộ phận chính của hệ thống phun xăng trực tiếp

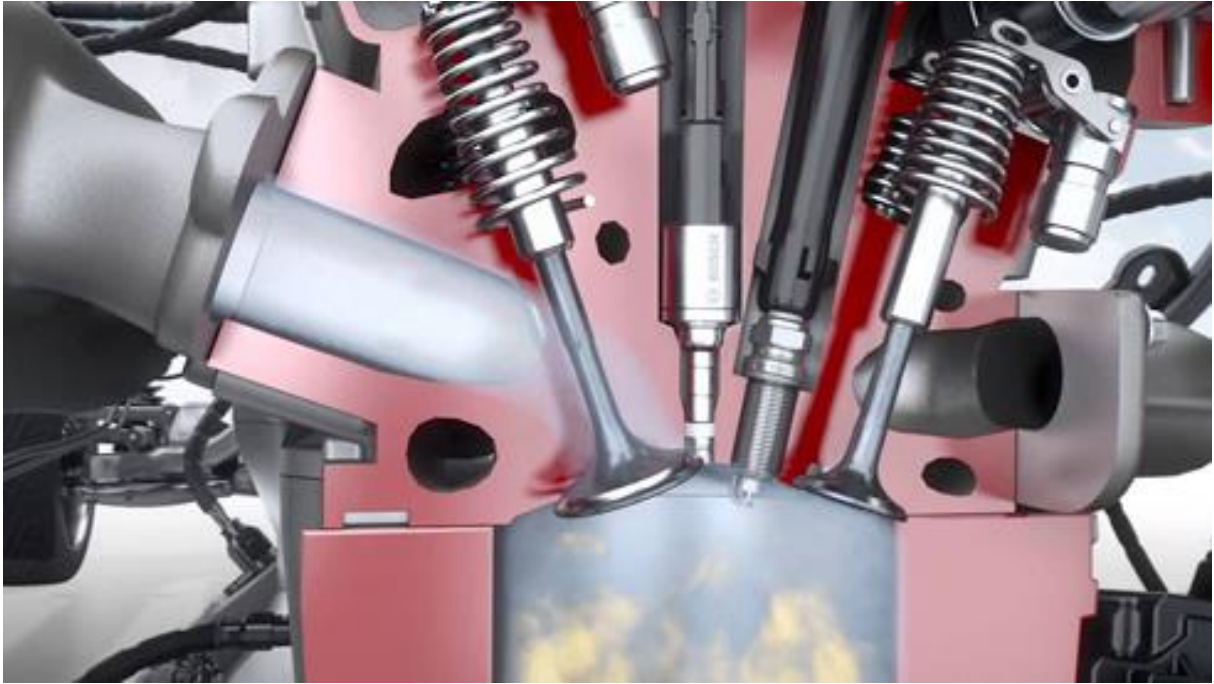


Hệ thống gồm: Trục cam, bơm cao áp, kim phun, cảm biến áp suất ống rail, piston.

- Trục cam xả sẽ có thêm vấu cam để dẫn động bơm cao áp và cả hai trục cam xả và nạp đều được xẻ rãnh để làm giảm khối lượng.

- Piston được thiết kế dạng lõm theo vị trí đặt bugi, kết hợp với nắp máy tạo nên buồng đốt có hình dạng đặc biệt để tập trung nhiên liệu vị trí gần bugi, cộng thêm việc tạo xoáy giúp quá trình đốt cháy tốt hơn.

4. Cấu tạo và hoạt động của hệ thống phun xăng trực tiếp

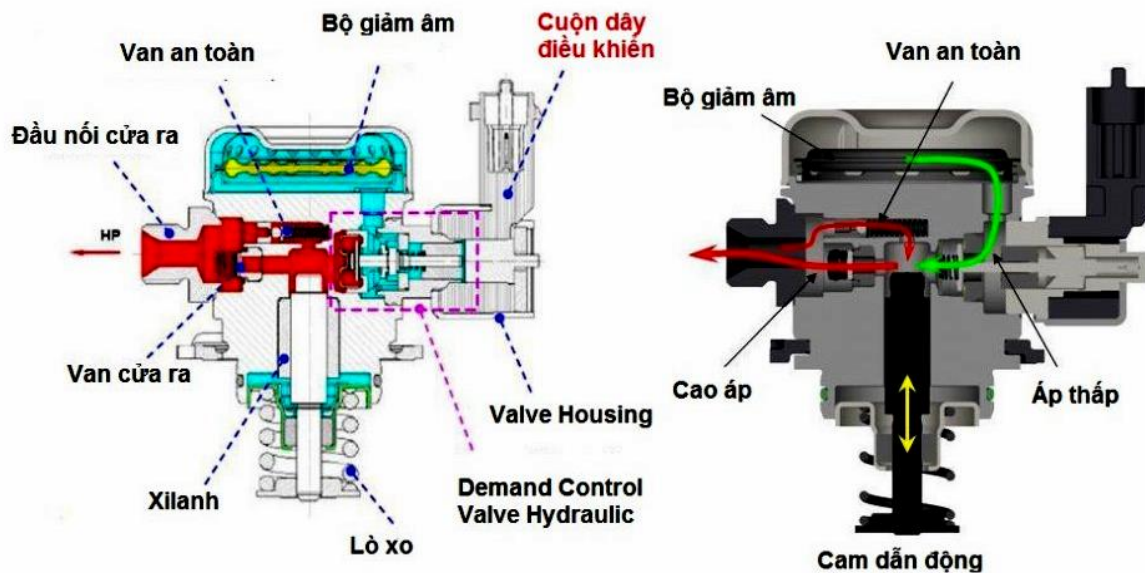


Cấu tạo: Hệ thống phun xăng trực tiếp GDI bao gồm 2 phần chính: Phần thấp áp, phần cao áp.

* **Phần thấp áp:** Cấu tạo phần thấp áp hoàn toàn giống với hệ thống phun xăng đa điểm MPI thông thường: Gồm có bơm xăng, lọc xăng, van điều áp, tất cả được đặt trong thùng xăng. Xăng được bơm hút qua lọc thô, lọc tinh theo đường ống nhiên liệu dẫn đến bơm cao áp. Áp suất nhiên liệu thấp áp: từ 4.5 – 6 kg/cm² tùy theo xe, nhìn chung áp suất này cao hơn áp suất của hệ thống phun xăng đa điểm MPI thông thường nhằm duy trì sự mạnh và ổn định lên bơm cao áp.

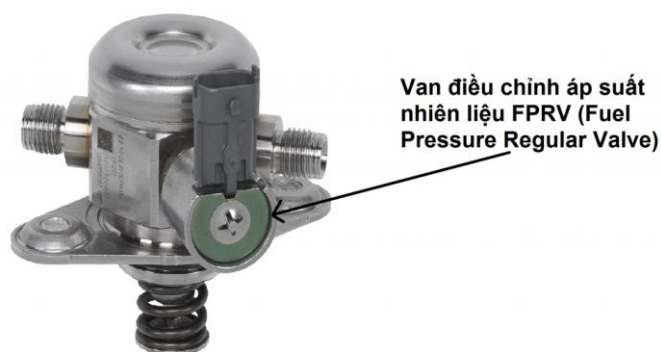
* **Phần cao áp:** Phần áp suất cao áp gồm có bơm cao áp, ống rail, cảm biến áp suất ống rail và kim phun

a. Bơm cao áp: Bơm cao áp có nhiệm vụ nén nhiên liệu áp suất thấp từ bơm xăng lên thành nhiên liệu có áp suất cao để tích trữ trong ống rail. Nhờ có cảm biến áp suất ống rail mà ECU nhận biết được áp suất thực tế trong ống rail là bao nhiêu để điều chỉnh van FPRV (Fuel Pressure Regular Valve: van điều áp) trên bơm cao áp. Sau đó ECM sẽ điều khiển kim phun nhiên liệu phun dưới áp suất cao vào buồng đốt động cơ.



Trong bơm cao áp có cả van an toàn để đưa nhiên liệu về trường hợp áp suất cao bất thường. Bơm cao áp được dẫn động bởi trục cam, do đó bơm được đặt trên nắp giàn cò và tiếp xúc với vấu cam. Thường thì bơm này được dẫn động bởi 2, 3 hoặc 4 vấu cam. Một số động cơ dạng chữ V có thể có tới 2 bơm cao áp (mỗi dãy 1 bơm).

Trong bơm cao áp có một van solenoid điều khiển điện, thường gọi là van điều chỉnh áp suất nhiên liệu FPRV (Fuel Pressure Regular Valve) van này có chức năng giống như van SCV (Suction Control Valve) trên động cơ phun dầu điện tử. Van có 2 dây được điều khiển từ hộp ECM động cơ theo dạng điều chế độ rộng xung. Nếu van mở càng nhiều, lượng dầu đi qua sẽ càng nhiều dẫn đến áp suất nhiên liệu tăng cao và ngược lại. Van này thường được kiểm tra bằng cách đo điện trở nằm trong khoảng 0.5Ω kết hợp với việc kích hoạt trên máy chẩn đoán, khi kích hoạt, van di chuyển và có nghe tiếng kêu có nghĩa là van vẫn còn hoạt động.



b. Cảm biến áp suất ống rail FPS

Cảm biến áp suất ống rail FPS (Fuel Pressure Sensor) thường được gắn ở đầu ống rail dùng để đo áp suất nhiên liệu thực tế ở bên trong ống rail gửi tín hiệu về ECM dưới dạng điện áp. Cảm biến áp suất ống rail có 3 dây: 1 dây dương 5V lấy từ hộp, 1 dây mass hộp và 1 dây tín hiệu đưa về hộp

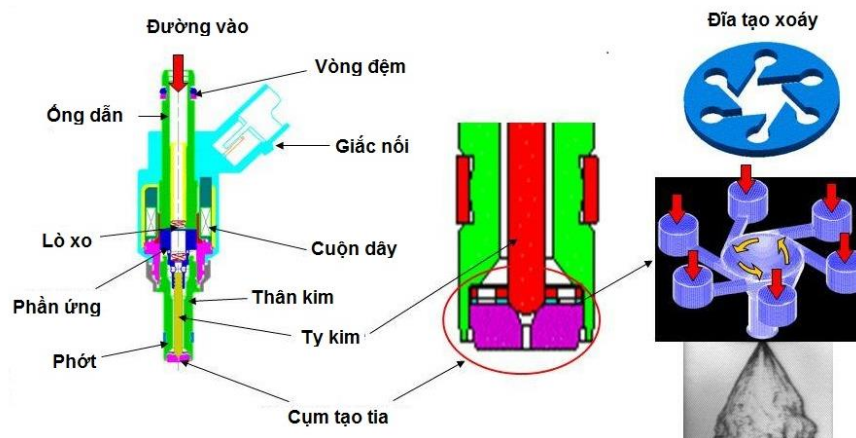
Chức năng: ECM dựa vào tín hiệu này để điều khiển lượng phun nhiên liệu vào trong buồng đốt động cơ. Điều khiển van FPRV như đã nói ở trên tùy thuộc vào từng chế độ hoạt động của động cơ. Giám sát van FPRV có hoạt động tốt hay không.

c. Các đường ống cao áp và ống rail

Tất cả các đường ống này đều được làm từ thép hợp kim không gỉ chống ăn mòn về hóa học. Ống rail thuật ngữ rail này lấy từ hệ thống phun dầu điện tử Common Rail vì hình dạng của nó tương tự bên hệ thống phun dầu và nhiệm vụ cũng là để tích trữ nhiên liệu áp suất cao từ bơm cao áp lên.

d. Kim phun

Một chi tiết quan trọng trong hệ thống là kim phun. Không giống như động cơ phun xăng thông thường, kim phun GDI được thiết kế với độ chính xác và phun áp suất cao hơn rất nhiều. Nếu như động cơ phun xăng đa điểm MPI, kim phun phun vào trước đường ống nạp thì động cơ GDI, kim phun phun thẳng trực tiếp vào trong buồng đốt của động cơ giống như động cơ Diesel. Ở động cơ MPI, kim phun được cấp nguồn dương sẵn 12V và được điều khiển mass. Còn trên GDI cả hai dây của kim phun đều được điều khiển bởi hộp ECM. Đối với loại kim bằng cuộn từ điện áp mở kim khoảng từ 50 - 60 V tùy loại.



Hoạt động: Nhiên liệu được bơm từ bình chứa qua lọc đến bơm cao áp với áp suất khoảng 0,35 MPa. Bơm cao áp được dẫn động từ động cơ sẽ đưa nhiên liệu đến ống phân phối với áp suất 4-13 MPa. Áp suất này được xác định bởi cảm biến áp suất và có thể được điều chỉnh bằng các dữ liệu ứng dụng dựa trên chế độ làm việc của động cơ. Việc giữ cho áp suất trong ống phân phối được cố định là vô cùng quan trọng vì nó ảnh hưởng đến công suất động cơ, lượng khí phát thải và tiếng ồn. Do đó có một van điều áp để ổn định áp suất trong ống phân phối. Van này sẽ cho một lượng nhiên liệu vừa đủ quay lại bình chứa. Bộ phận quan trọng nhất của hệ thống GDI chính là kim phun, được gắn trên giữa ống phân phối và buồng cháy và được điều khiển đóng mở bởi ECU.

Ở động cơ GDI, có 2 chế độ nạp cơ bản là nạp phân tầng (stratified charge) và nạp đồng nhất (homogeneous charge), Ở chế độ tải nhỏ và vừa, chế độ nạp phân tầng-phun trễ được sử dụng. Nhiên liệu được phun vào trong kì nén. Chế độ đồng nhất-

phun sớm được sử dụng khi động cơ ở chế độ tải nặng. Nhiên liệu được phun vào trong kì nạp để tạo thời gian giúp hòa khí có được đạt đồng nhất. Hầu hết ở chế độ này, động cơ hoạt động với tỷ lệ hòa khí cân bằng hoặc hơi giàu nếu ở tải nặng. Ở điều kiện tải thấp hơn, động cơ hoạt động với tỷ lệ hòa khí hơi loãng (khoảng 20-25) nhằm tiết kiệm nhiên liệu.

5. Ưu và nhược điểm của động cơ phun xăng trực tiếp

+ Ưu điểm

- Tỷ số nén được tăng lên: Động cơ phun xăng trực tiếp GDI có tỷ số nén cao hơn động cơ phun xăng đa điểm thông thường. Do vậy áp suất nén cũng được tăng theo.

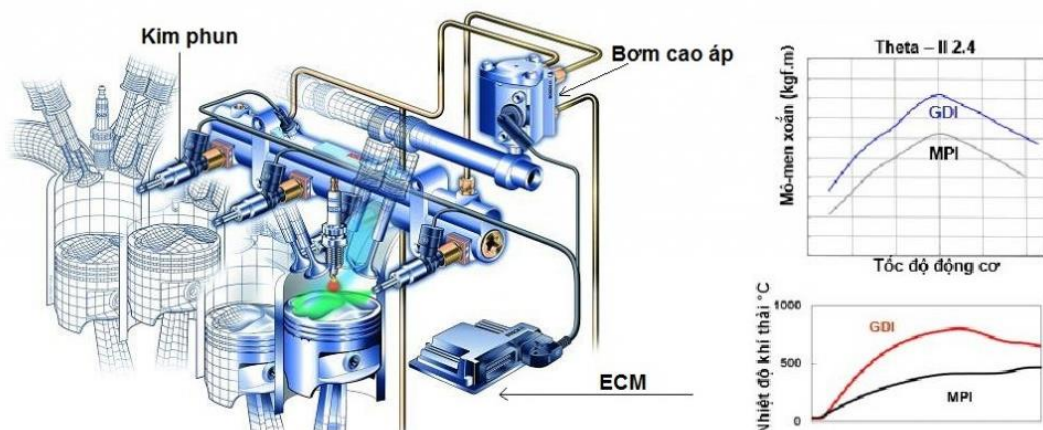
- Nhờ phun nhiên liệu trực tiếp với áp suất cao, nhiên liệu mịn hơn, hạt nhỏ mịn hơn nên dễ dàng bốc hơi. Khi nhiên liệu bốc hơi như vậy sẽ hấp thụ nhiệt lượng làm cho nhiệt độ khí nạp thấp hơn. Nhiệt độ khí nạp thấp làm cho lượng không khí nạp vào cao hơn dẫn đến tăng hiệu suất nạp. Tăng hiệu suất nạp sẽ làm tăng hiệu suất của động cơ 6 - 14%. Bên cạnh đó giảm nhiệt độ khí nạp còn giúp giảm hiện tượng kích trong khi động cơ này rất dễ bị kích nổ bởi có tỷ số nén cao.

- Hiệu quả quét sạch khí cháy được cải thiện nhờ tăng góc trùng điệp xupap giúp khí nạp được sạch hơn.

- Nhiệt độ khí xả tăng nhanh rút ngắn thời gian nung nóng bầu catalytic làm giảm lượng khí thải độc hại thải ra môi trường. Lượng nhiên liệu được đốt cháy gần như tối ưu làm giảm khí thải 50%.

- Tăng công suất và mô men trong khi kích thước động cơ nhỏ hơn

- Hiệu suất động cơ cao giúp tăng tính kinh tế nhiên liệu từ 8 – 22%



Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm cũng có những hạn chế của loại động cơ này

- Tăng tải điện cho kim phun

- Các chi tiết phụ tùng đắt đỏ hơn

- Rất nhiều chi tiết bắt buộc phải dùng 1 lần: các seal

- Công nghệ mới đòi hỏi phải đào tạo kỹ thuật nhiều

- Đòi hỏi bảo dưỡng đúng và chính xác

- Cần đến nhiều công cụ hỗ trợ, các tool chuyên dùng trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa động cơ.