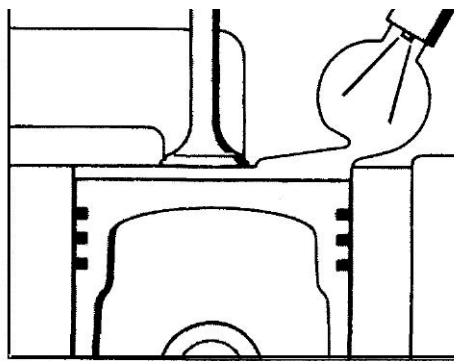


فصل هفتم - سیستم سوخت رسانی دیزل با کنترل الکترونیکی

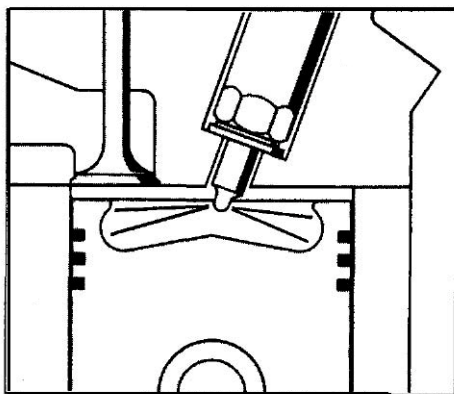
پاشش مستقیم و غیر مستقیم سوخت: در عمل دست یافتن به عملکرد نرم موتورهای رفت و برگشتی با پاشش مستقیم سوخت، با دشواریهایی همراه است. برای بطرف کردن این مشکل، پاشش غیرمستقیم سوخت بطور گسترده ای استفاده می شود.

در موتورهای با پاشش غیرمستقیم (IDI-indirect injection engine)، سوخت در يك محفظه احتراق اولیه یا محفظه احتراق گردابی طراحی شده در سرسیلندر، که در امتداد محفظه احتراق اصلی است، پاشیده می شود. در طول کورس تراکم، هوای داغ متراکم شده، به محفظه گردابی یعنی جایی که حرکت گردابی سریعی پیدا می کند، وارد می شود. سپس سوخت توسط انژکتورها به داخل محفظه احتراق گردابی پاشش شده و با هوای در گردش، مخلوط می شود. که نهایتاً احتراق نرمی را در محفظه احتراق اصلی موجب می گردد.

موتورهای پاشش غیرمستقیم سوخت، دارای بازده کمتری نسبت به موتورهای با پاشش مستقیم سوخت (DI-direct injection engine) می باشند؛ و از طرفی به مرحله پیش گرمایش بیشتری در استارت سرد موتور نیاز دارند. اما این معایب با کارکرد نرم و آرام موتور قابل جبران و چشم پوشی است. تا این اواخر موتورهای با پاشش مستقیم سوخت تنها بر روی خودروهای سواری كوچك نصب می شدند. اما اخیراً با استفاده از سیستمهای الکترونیکی کنترل موتور دیزل، مانند سیستم ریل مشترك (انباره ریلی-common rail)، استفاده از موتورهای پاشش مستقیم سوخت افزایش یافته است؛ و از آنها در موتورهای كوچك خودروهای سواری در سراسر جهان استفاده می شود.



Direct injection into a swirl chamber



Direct injection

شکل ۱-۷- پاشش غیرمستقیم (شکل بالا) و پاشش مستقیم (شکل پایین) سوخت

واحد انژکتور (unit injector): این سیستم وظیفه پمپ انژکتور و انژکتورها را تماماً بر

عهده دارد. در موتورهای مجهز به واحد انژکتور، به تعداد سیلندرها از این واحدها استفاده می شود.

این پمپ انژکتورها که در سرسیلندر تعبیه می شوند، از میل بادامک موتور نیرو گرفته و سوخت فشار

بالا را تامین می نمایند (در برخی از سیستمها تا ۲۰۰۰ بار).

پمپ انژکتور توسط سیگنال ارسالی از واحد کنترل الکترونیکی (ECU) کنترل شده، و بصورت

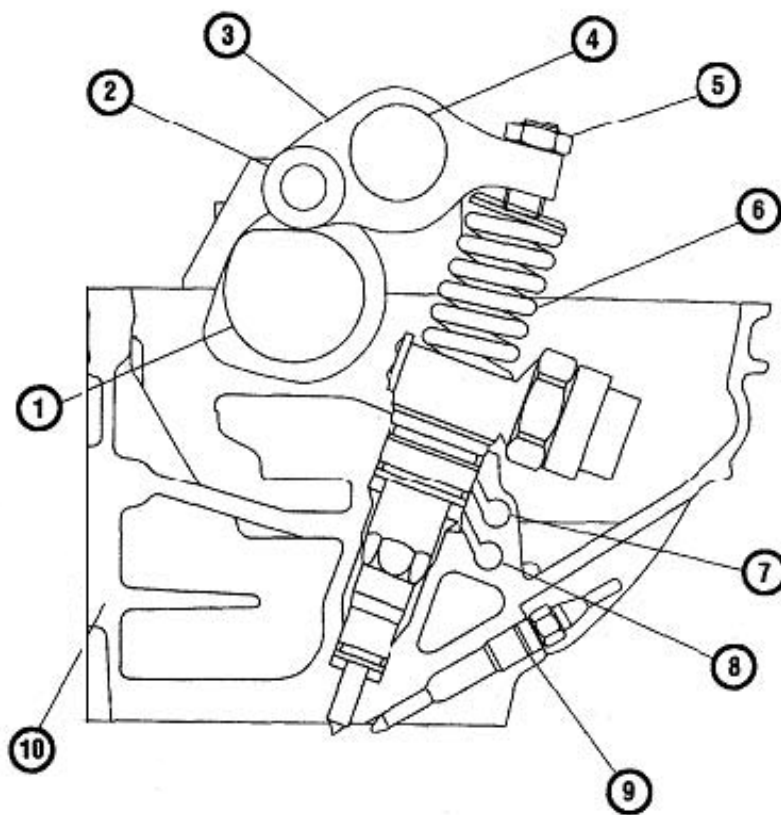
الکترومغناطیسی عمل می کند.

سوپاپهای کنترلی، فشار سوخت را در ریل سوخت رسانی و مسیرهای برگشت ثابت نگه می دارند.

چون در این سیستم، سوخت تحت فشار بالایی می باشد، بنابراین سوختهای مسیر برگشت بسیار داغ

می شوند. به همین دلیل از سیستم خنک کننده سوخت، برای کاهش دمای سوخت برگشتی به باک استفاده می شود.

اگر دمای سوخت برگشتی به باک کاهش نیابد، باعث افزایش دمای باک شده، و به همین ترتیب دمای سوخت ارسالی به انژکتورها افزایش می یابد. در شرایط کاری با فشار بالای انژکتور، این دمای زیاد باعث کاهش سوخت تحویلی توسط انژکتور می شود.



Pump injector installation

شکل ۲-۷- واحد انژکتور

- | | |
|--------------------------|---------------------------------|
| 1-camshaft injection lob | خارج از مرکز انژکتور میل بادامک |
| 2-rocker roller | غلطک اسبک |
| 3-rocker | اسبک |
| 4-rocker shaft | میل اسبک |
| 5-ball pin adjuster | تنظیم کننده |
| 6-pump injector | پمپ انژکتور |
| 7-fuel return line | مسیر برگشت سوخت |

8-fuel supply line

9-glow plug

10-cylinder head

مسیر تحویل سوخت

شمع گرمایی

سرسیلندر

پمپ انژکتورهای مکانیکی با کنترل الکترونیکی: در سالهای اخیر استفاده از سیستمهای

کنترل الکترونیکی موتور دیزل، بمنظور افزایش راندمان موتور و کاهش آلایندهای خروجی خودرو، افزایش چشمگیری داشته است.

برای اینکه موتور دیزل بازدهی خوبی داشته باشد، ضروری است که مقدار مشخصی از سوخت، با فشار مناسب و در زمان مناسبی توسط انژکتورها پاشش شود. که انحراف هر کدام از آن دو (فشار سوخت، و زمان پاشش) باعث افزایش آلایندهای خروجی، افزایش سروصدا و افزایش مصرف سوخت می شود.

وظیفه اصلی پمپ انژکتور، تامین سوخت مورد نیاز انژکتورهای دیزل، با فشار مناسب و در لحظه مناسبی از پروسه احتراق است. و در بازه زمانی طولانی تر، باید بازده واکنش احتراق را تضمین نماید.

پمپ انژکتورهای معمول مکانیکی توسط کابلی که به پدال گاز متصل است، کنترل می شوند. با این شیوه عملکردی شاید برای سیستم کنترل مکانیکی دیزل مشکل باشد که بتواند به تقاضاهای روزافزون از موتور دیزل و کنترل آلایندهای خروجی پاسخ دهد.

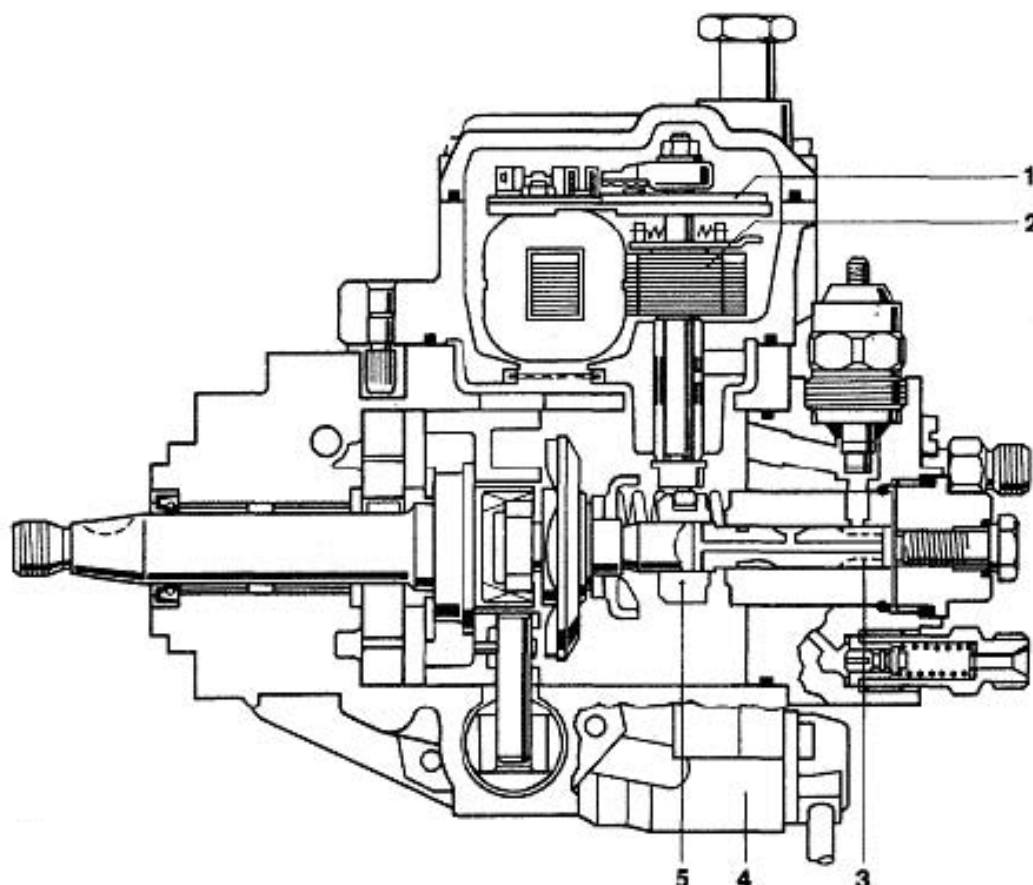
بسیاری از سیستمهای کنترل الکترونیکی موتور دیزل از پمپ انژکتورهای تو راهی یا ردیفی استفاده می کنند. اما تایمینگ پاشش سوخت و مقدار سوخت پاشش شده بجای روشهای مکانیکی بطور الکترونیکی کنترل می شوند.

در این سیستمها از سنسورهای الکترونیکی برای اندازه گیری متغیرها استفاده می شود. از جمله این

متغیرها عبارتند از:

موقعیت پدال گاز - سرعت میل لنگ موتور - موقعیت میل بادامک موتور - جرم هوای ورودی به موتور - فشار تقویت شده توربو شارژر - دمای مایع خنک کننده موتور - دمای هوای ورودی موتور

و...



شکل ۳-۷- کنترل الکترونیکی پمپ انژکتور مکانیکی

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1-control spool position sensor | سنسور موقعیت کنترل کننده قرقره ای |
| 2-electrical actuator | کار انداز الکتریکی |
| 3-pump plunger | پلانجر پمپ |
| 4-cavity pressure control solenoid | سولنوئید کنترل فشار محفظه |
| 5-control spool | کنترل کننده قرقره ای |

اطلاعات ورودی از سنسورهای مختلف بصورت سیگنال به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می شود. ECU این مقادیر ورودی را با مقادیر نموداری ذخیره شده در حافظه خود مقایسه کرده، و زمان و مقدار پاشش سوخت را تعیین می کند. ECU این قابلیت را دارد که بتواند اطلاعات زیادی را در کسری از ثانیه آنالیز کرده و دستورهای لازم را به کار اندازها (actuator) بدهد.

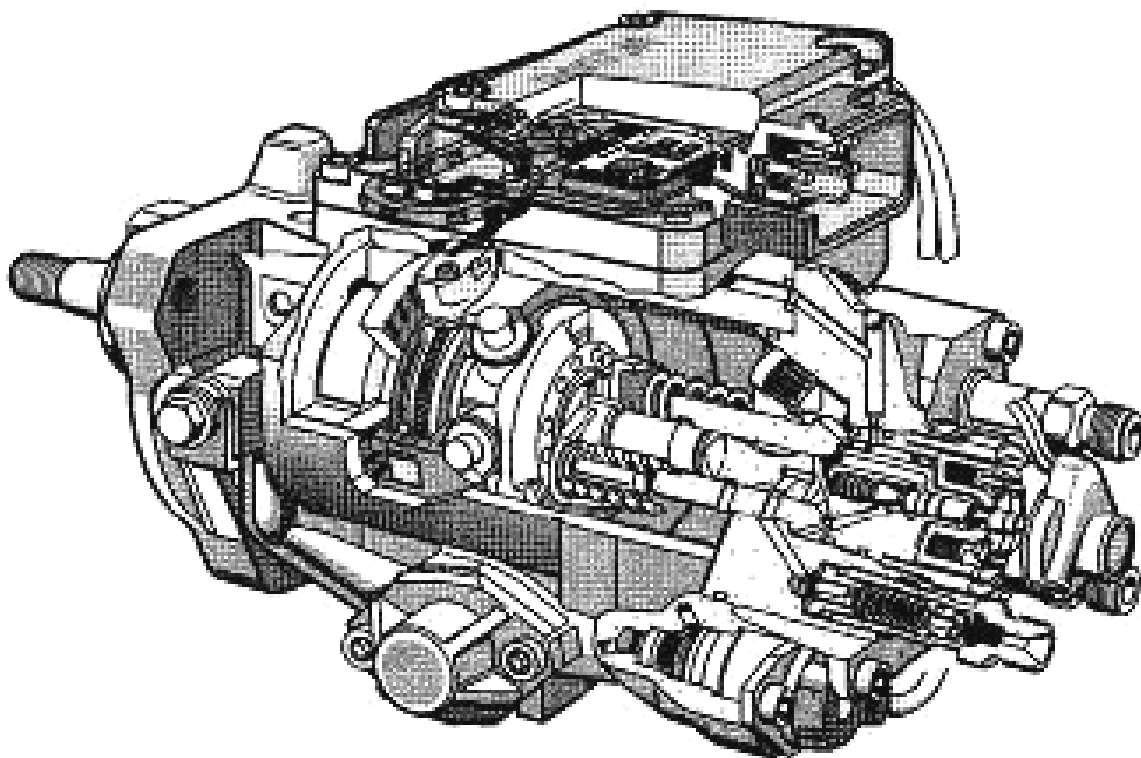
پمپ انژکتورهای کنترل شونده با سویاپ سولنوئیدی: درپمپهای ردیفی کنترل

شونده با سویاپ الکترونیکی سولنوئیدی، انژکتور سوخت به وسیله سویاپ سولنوئیدی فشار بالا کنترل می شود.

با استفاده از این روش، انعطاف پذیری بیشتری در اندازه گیری مقدار سوخت و کنترل متغیرهای شروع پاشش سوخت حاصل می شود.

در این پمپها، سوخت فشار بالا وارد محفظه فشار بالا (high pressure chamber) شده و سویاپ تحویل سوخت (delivery valve) را باز می کند؛ سپس از مسیر فشار بالا به انژکتورها می رسد. فشار پاشش انژکتور ۱۴۰۰ بار بوده، و سوخت اضافی از مسیر برگشت (return lines) به باک باز می گردد.

اگر سویاپ سولنوئیدی فشار بالا (high – pressure solenoid valve) دچار نقصی شود، پاشش سوخت متوقف می شود تا از افزایش ناگهانی دور موتور جلوگیری شود.



شکل ۴-۷- پمپ انژکتور کنترل شونده با سوپاپ سولنوئیدی

واحد کنترل الکترونیکی (ECU): سیستم کنترل الکترونیکی شامل اجزای زیرمی باشد:

- ۱- واحد کنترل الکترونیکی (ECU)
- ۲- پمپ مکشی سوخت (fuel lift pump)
- ۳- سنسور موقعیت/ سرعت میل لنگ (crankshaft speed / position sensor)
- ۴- سنسور دمای مایع خنک کننده (coolant temperature sensor)
- ۵- سنسور موقعیت میل بادامک (camshaft position sensor)
- ۶- سنسور موقعیت پدال گاز (accelerator pedal position sensor)
- ۷- سنسور فشار تقویتی توربوشارژر (turbocharger boost pressure sensor)
- ۸- سنسور دمای هوا (air temperature sensor)

۹- سنجش جرم هوای ورودی به موتور (air mass meter)

۱۰- سنسور فشار سوخت (fuel pressure sensor)

۱۱- انژکتورهای سوخت (fuel injector)

۱۲- سوپاپ کنترل فشار سوخت (fuel pressure control valve)

۱۳- مدار کنترلی پیش گرمکن (preheating control circuit)

۱۴- کارانداز سوپاپ بازخورانی گازهای خروجی (EGR valve actuator)

ECU شامل نقشه های الکترونیکی ای می باشد که می تواند مقدار سوخت مورد نیاز برای پاشش هر انژکتور را در شرایط مختلف موتور تعیین نماید.

سیستم پاشش ریل سوخت مشترك با كنترل الكترونيكي: سیستم انژکتوری ریل

سوخت مشترك (common- rail) بوش، مرحله مهمی از توسعه سیستم سوخت رسانی را رقم زده است. اولین اتومبیل دیزلی مجهز به این سیستم، آلفا رومئو ۱۵۶ بوده است.

مراحل پیشرفت این سیستم بترتیب زیر بوده است:

۱۹۹۷ : - اولین سیستم ریل سوخت مشترك برای خودروهایی سواری.

- فشار سوخت : ۱۳۵۰ بار.

- اولین سیستم از این نوع بر روی آلفا رومئو (alfa romeo) و مرسدس بنز (Mercedes-benz) نصب شد.

۱۹۹۹ : - سیستم ریل سوخت مشترك برای کامیونها.

- فشار سوخت : ۱۴۰۰ بار.

- اولین سیستم از این نوع بر روی محصولات رنو (Renault) نصب شد.

۲۰۰۱ : - دوّمین نسل سیستم ریل سوخت مشترك برای خودورهای سواری.

- مزایای این سیستم : اقتصاد بهتر سوخت- آرامتر کار کردن موتور- کاهش آلایندگی های خروجی - قدرت بیشتر موتور.

- فشار سوخت : ۱۶۰۰ بار.

- اولین سیستم از این نوع بر روی محصولات ولوو (Volvo) و بی ام و (BMW) نصب شد.

۲۰۰۲ : - دوّمین نسل سیستم ریل سوخت مشترك برای کامیونها.

- مزایای این سیستم : کاهش آلایندگی های خروجی - اقتصاد بهتر سوخت - قدرت بیشتر موتور.

- فشار سوخت : ۱۶۰۰ بار.

- اولین سیستم از این نوع بر روی کامیونهای مان (MAN) نصب شد.

۲۰۰۳ : - سومین نسل سیستم ریل سوخت مشترك با انژکتورهای پیزویی برای خودورهای سواری.

- مزایای این سیستم : بیشتر از ۲۰٪ کاهش آلایندگی های خروجی - بیشتر از ۵٪ افزایش قدرت موتور- بیشتر از ۳٪ کاهش مصرف سوخت - کاهش صدای موتور.

- اولین سیستم از این نوع بر روی خودورهای آئودی (Audi) نصب شد.



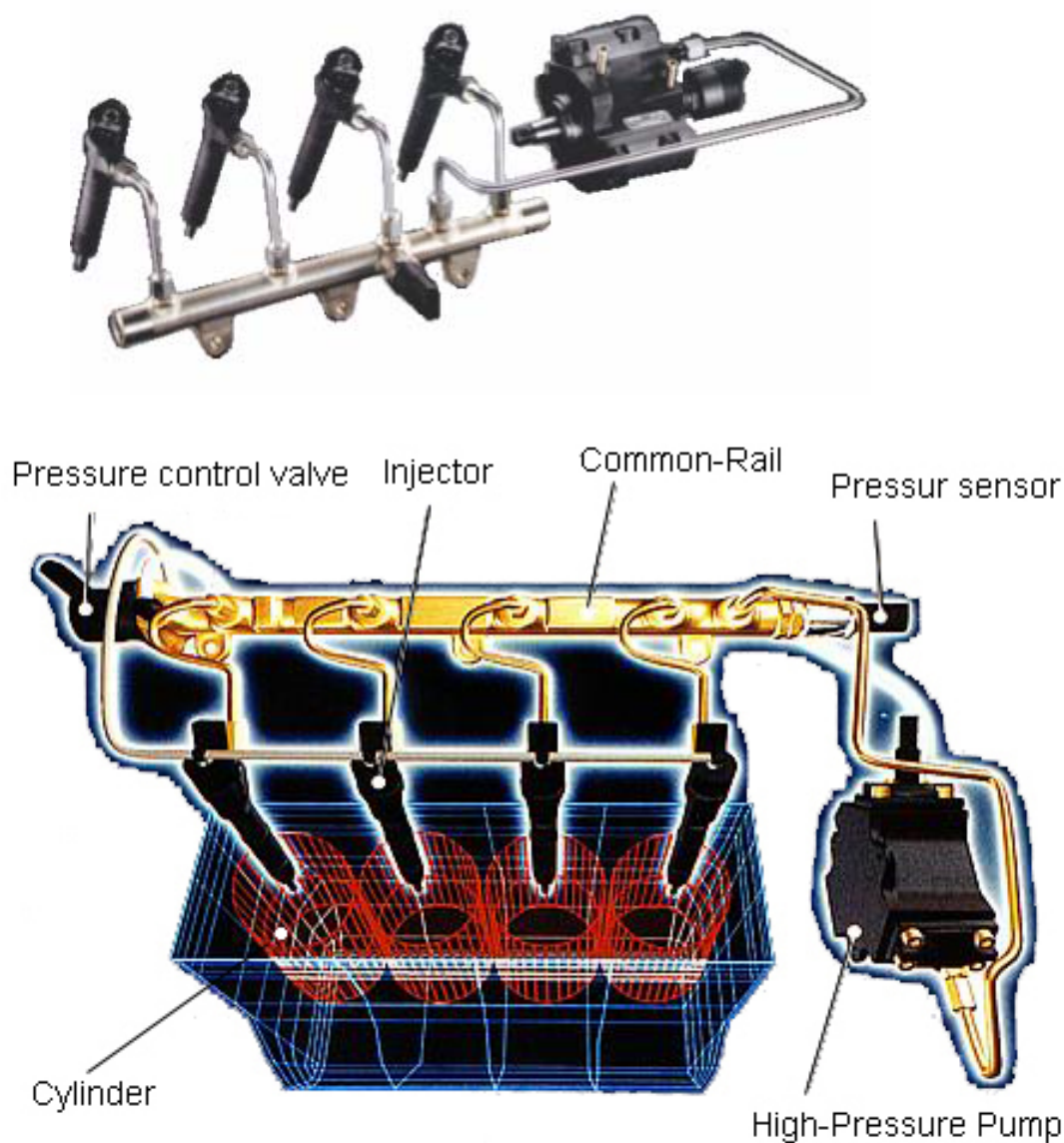
شکل ۵-۷- خودروی آلفا رومئو، مجهز به سیستم سوخت رسانی ریل مشترک
Alfa romeo 156



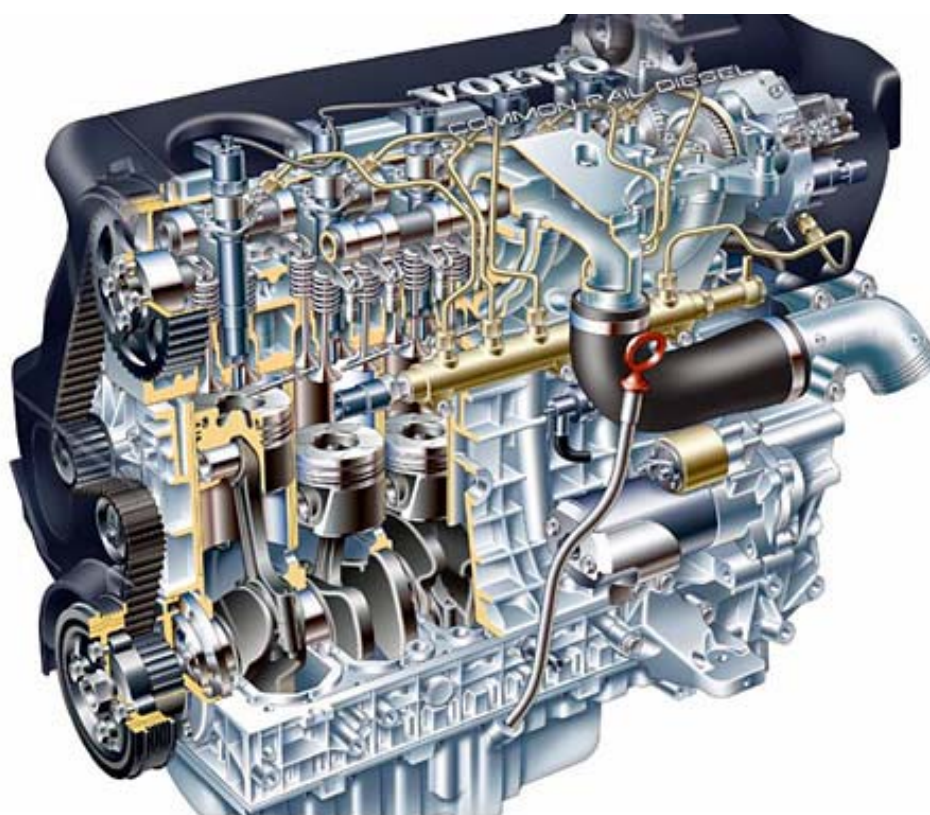
شکل ۶-۷- خودروی مرسدس بنز، مجهز به سیستم سوخت رسانی ریل مشترک
Mercedes - Benz E400 CDI

مزایای سیستم سوخت رسانی ریل مشترک با کنترل الکترونیکی:

- ۱- فشار تزریق بسیار زیاد.
- ۲- متغیر بودن زمان تزریق سوخت.
- ۳- عدم وابستگی فشار تزریق سوخت با سرعت موتور.
- ۴- امکان تزریق اولیه، تزریق اصلی و پس تزریق.
- ۵- تغییر فشار تزریق، متناسب با شرایط متفاوت وارد بر موتور.



شکل ۷-۷- سیستم سوخت رسانی ریل مشترک (common-rail) در این سیستم بجای استفاده از یک پمپ انژکتور ردیفی تعبیه شده در مسیر سوخت رسانی، که سوخت را مستقیماً بین همه انژکتورها تقسیم می کند، از یک پمپ فشار بالا (high-pressure pump) استفاده شده است، که سوخت را با فشار بالا به ریل سوخت (انباره ریلی) می رساند. این ریل، سوخت را با فشار ثابت در خود ذخیره کرده، و انژکتورها را که بطور مجزا توسط سیگنالهای ارسالی از ECU کنترل می شوند، تغذیه می کند.



شکل ۷-۸- برش طولی موتور ولوو، مجهز به سیستم سوخت رسانی ریل مشترک

اجزای این سیستم سوخت رسانی را می توان به سه بخش تقسیم کرد:

۱- سیستم سوخت کم فشار (low-pressure fuel system)

۲- سیستم سوخت پر فشار (high-pressure fuel system)

۳- سیستم کنترل الکترونیکی (electronic control system)

اجزای سیستم سوخت کم فشار عبارتند از: مخزن سوخت- پمپ مکش سوخت- فیلتر سوخت

مجهز به جدا کننده آب- مسیرهای سوخت فشار پایین و خنک کننده سوخت.

وظیفه این سیستم ارسال سوخت فیلتر شده به مدار سوخت فشار بالاست.

اجزای سیستم سوخت پرفشار عبارتند از: پمپ سوخت فشار بالای مجهز به سوپاپ کنترل

فشار- ریل سوخت مجهز به رگولاتور فشار- انژکتورهای سوخت- مسیر سوخت فشار بالا.

سوپاپ کنترل فشار (pressure control valve) توسط ECU تغذیه شده و برای اینکه ECU

بتواند سوپاپ را بطور صحیح کنترل کند، فشار داخل ریل سوخت مشترک (common- rail) توسط

سنسور فشار (pressure sensor) اندازه گیری می شود.

انژکتورهای الکترومغناطیسی سوخت (electromagnetically-controlled fuel injector)،

بطور مستقل عمل کرده و با سیگنالهای ارسالی از ECU، سوخت را بطور مستقیم وارد سیلندر

مربوطه می کنند.

در این سیستم بدلیل مهیا بودن همیشگی سوخت فشار بالا، امکان پاشش انعطاف پذیری نسبت به پمپ

انژکتورهای مکانیکی معمول مهیا می باشد. برای مثال، احتراق در طول پروسه پاشش سوخت اصلی،

می تواند بطور قابل ملاحظه ای با پاشش اولیه و پس تزریق بهبود یابد.

با تحریک شدن سوپاپ سولنوئیدی کنترل انژکتور (injector solenoid control valve) توسط

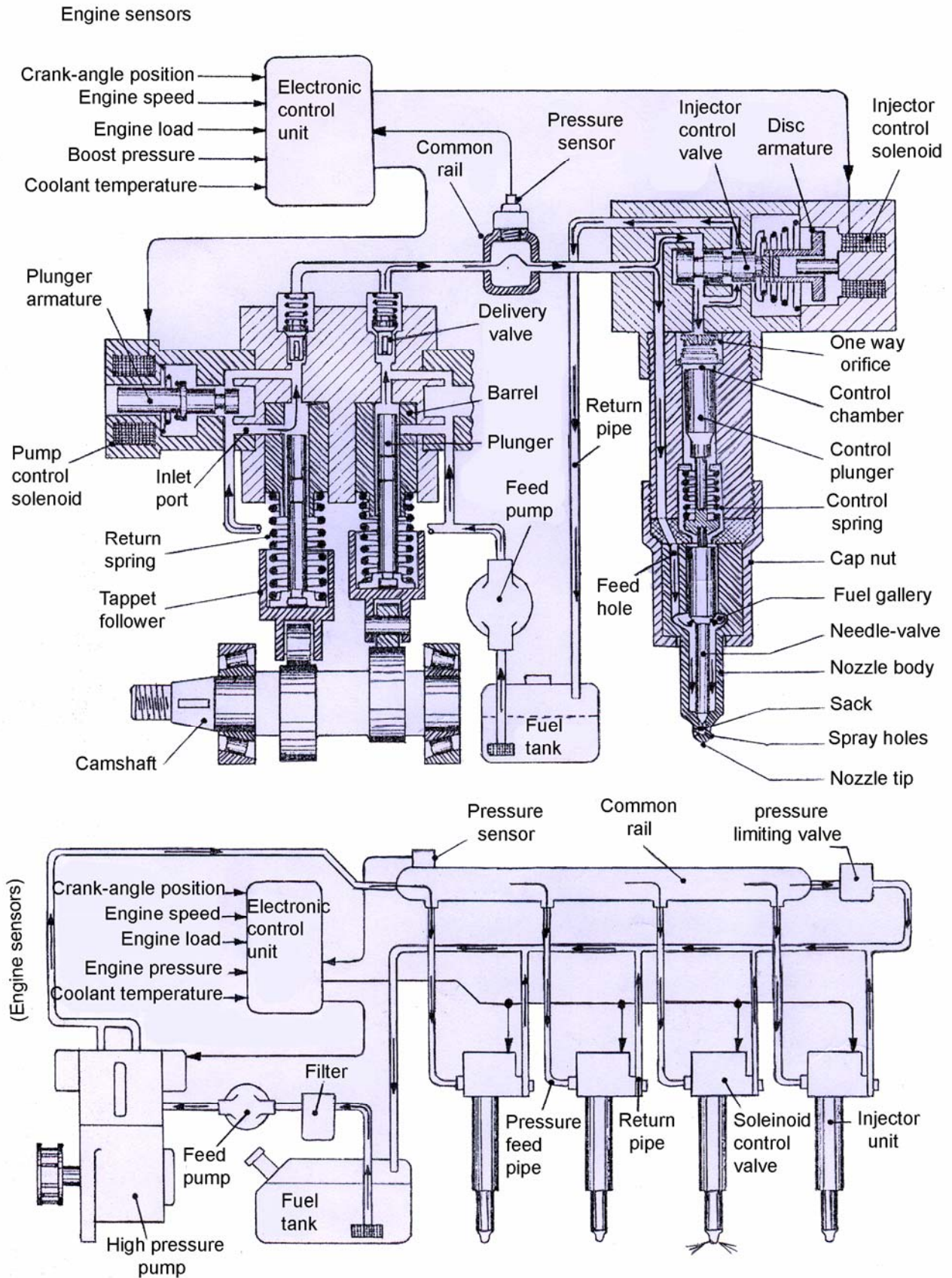
سیگنال ارسالی از ECU، این سوپاپ لوله برگشت (return pipe) سوخت به باک را باز می کند.

در نتیجه محفظه کنترل انژکتور (control chamber) با افت فشار روبرو شده و فشار هیدرولیکی

وارد برپلانجر آن افت می کند. با این افت فشار پشت پلانجر، در صورتی که فشار سوخت ارسالی

از ریل مشترك (common- rail)، بیشتر از فشار موثر بر پلانجر باشد، سوزن انژکتور (needle Valve) به سمت بالا حرکت کرده و سوخت از سوراخهای نازل (spray holes) به داخل محفظه احتراق پاشیده می شود.

در این سیستم سوخت رسانی به دلیل وجود ریل سوخت مشترك که همواره سوخت فشار بالای ثابتی را تامین می کند، فشار تزریق سوخت مستقل از دور موتور می باشد. به همین دلیل در دورهای پایین موتور نیز این سیستم سوخت با فشار بالایی را تامین می کند. در این سیستم سوخت رسانی، مقدار سوخت تزریقی و فشار تزریق، مستقل از هم بوده و متناسب با شرایط وارد بر موتور تغییر می کنند.



شکل ۹-۷- سیستم انژکتوری دیزل ریل مشترک با واحد کنترل الکترونیکی

Electronically controlled unit injector common-rail diesel injection system