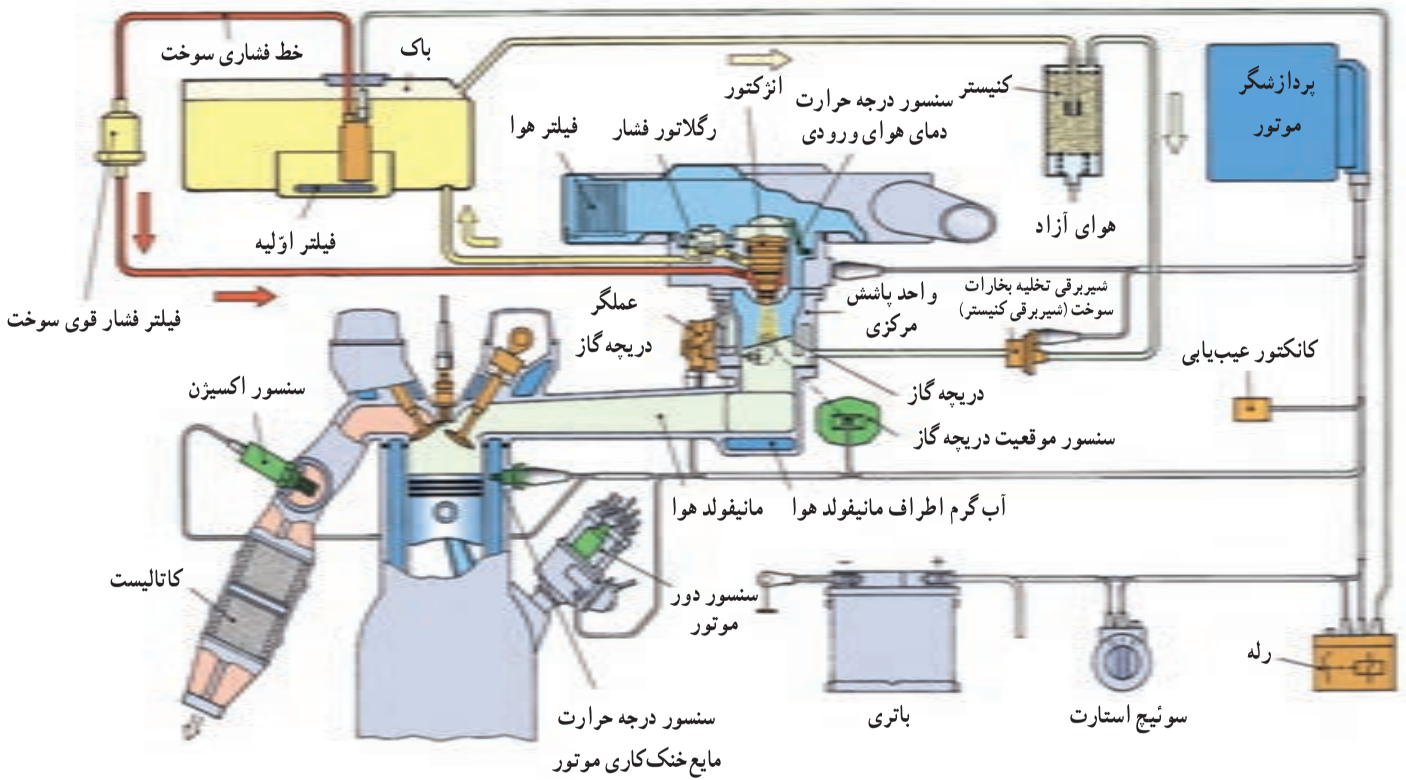
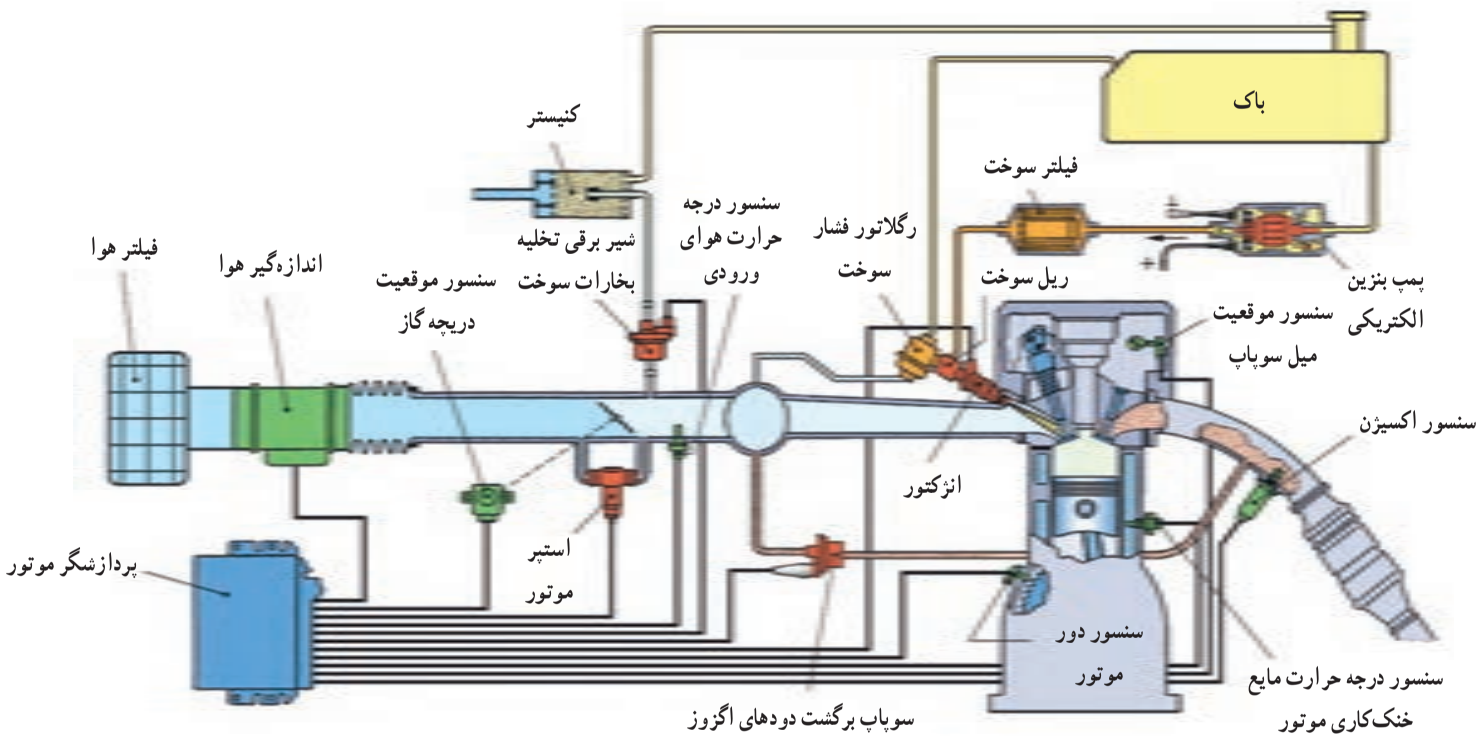
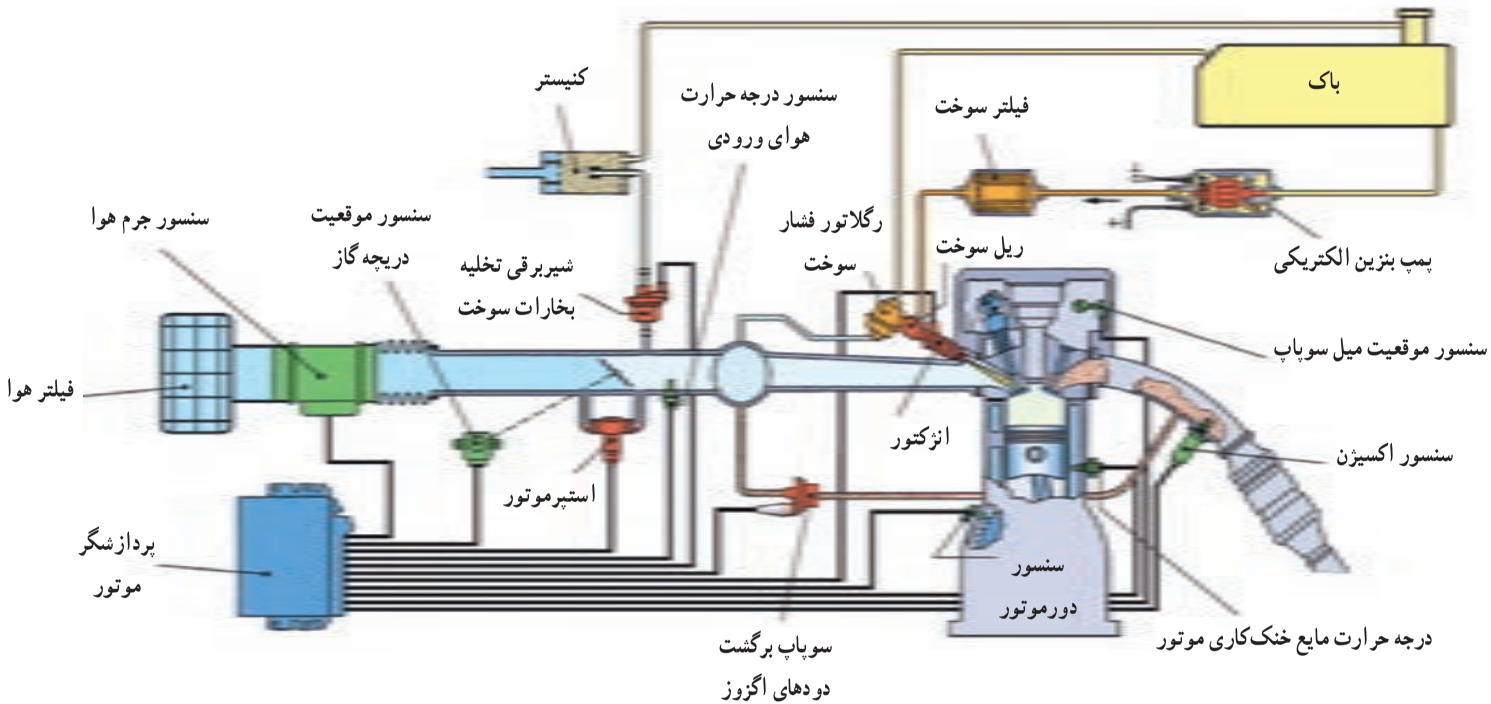


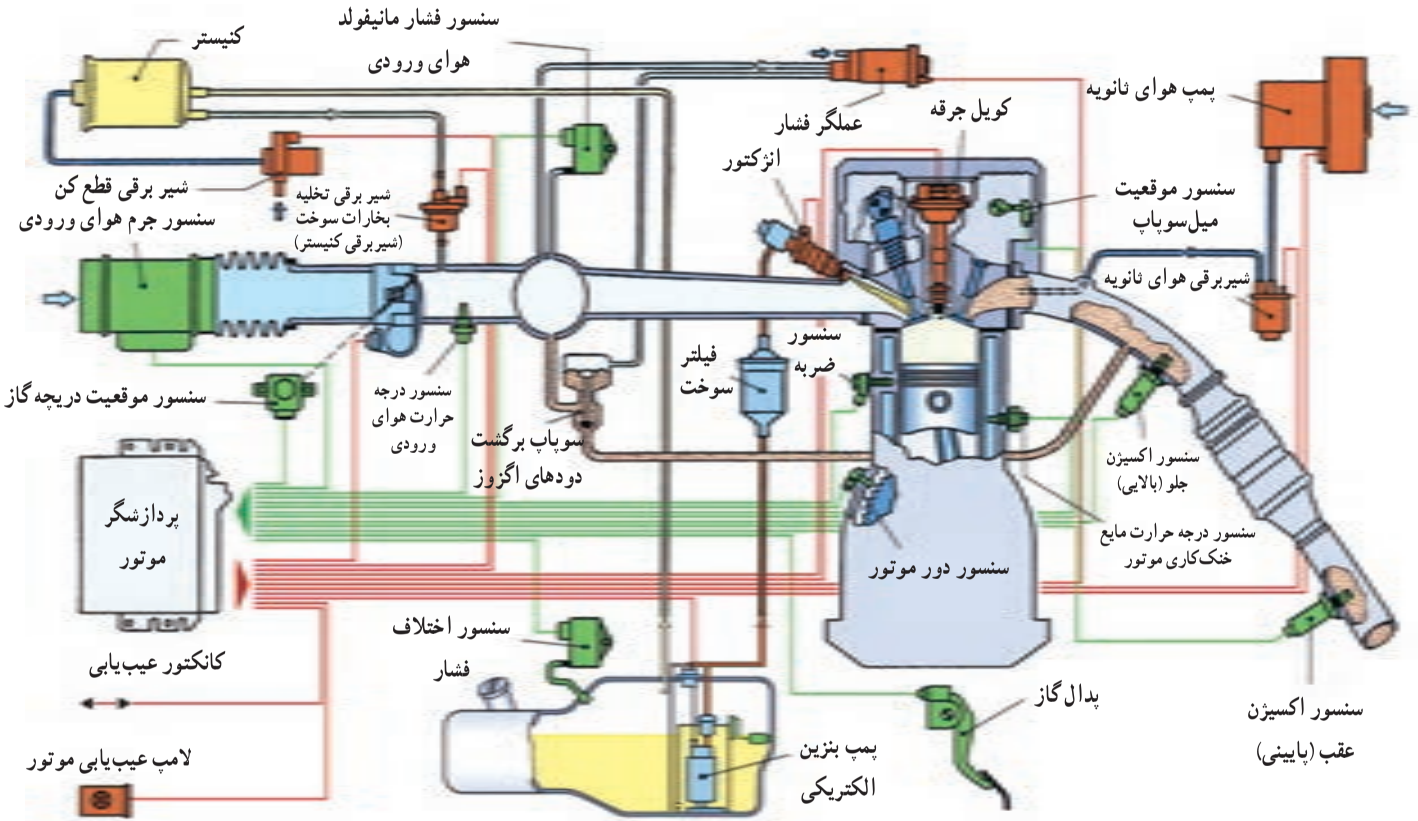
شکل ۳۳ــ۵ــ سیستم تک انژکتور مرکزی



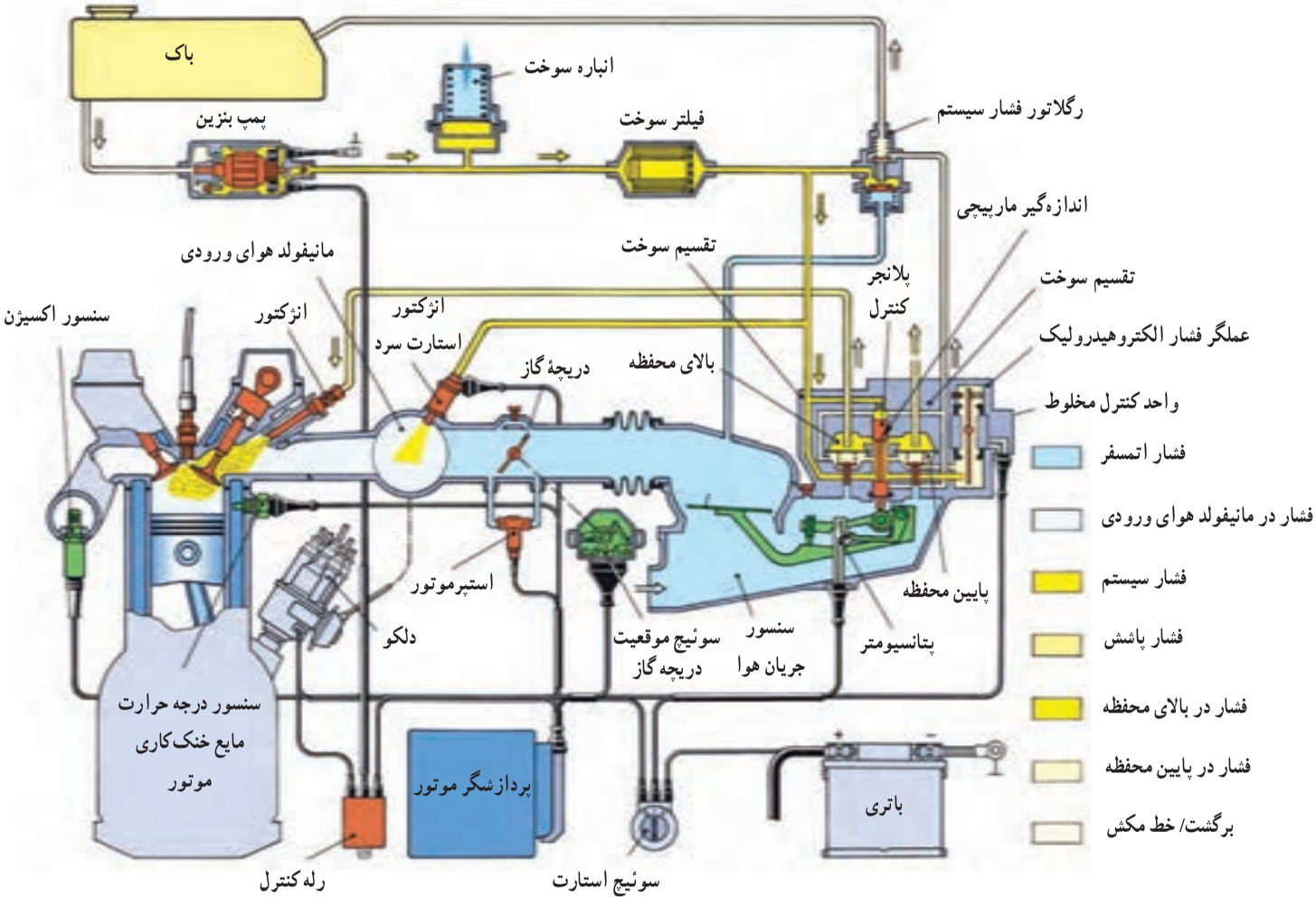
شکل ۳۴ــ۵ــ سیستم انژکتور با اندازه‌گیر هوا



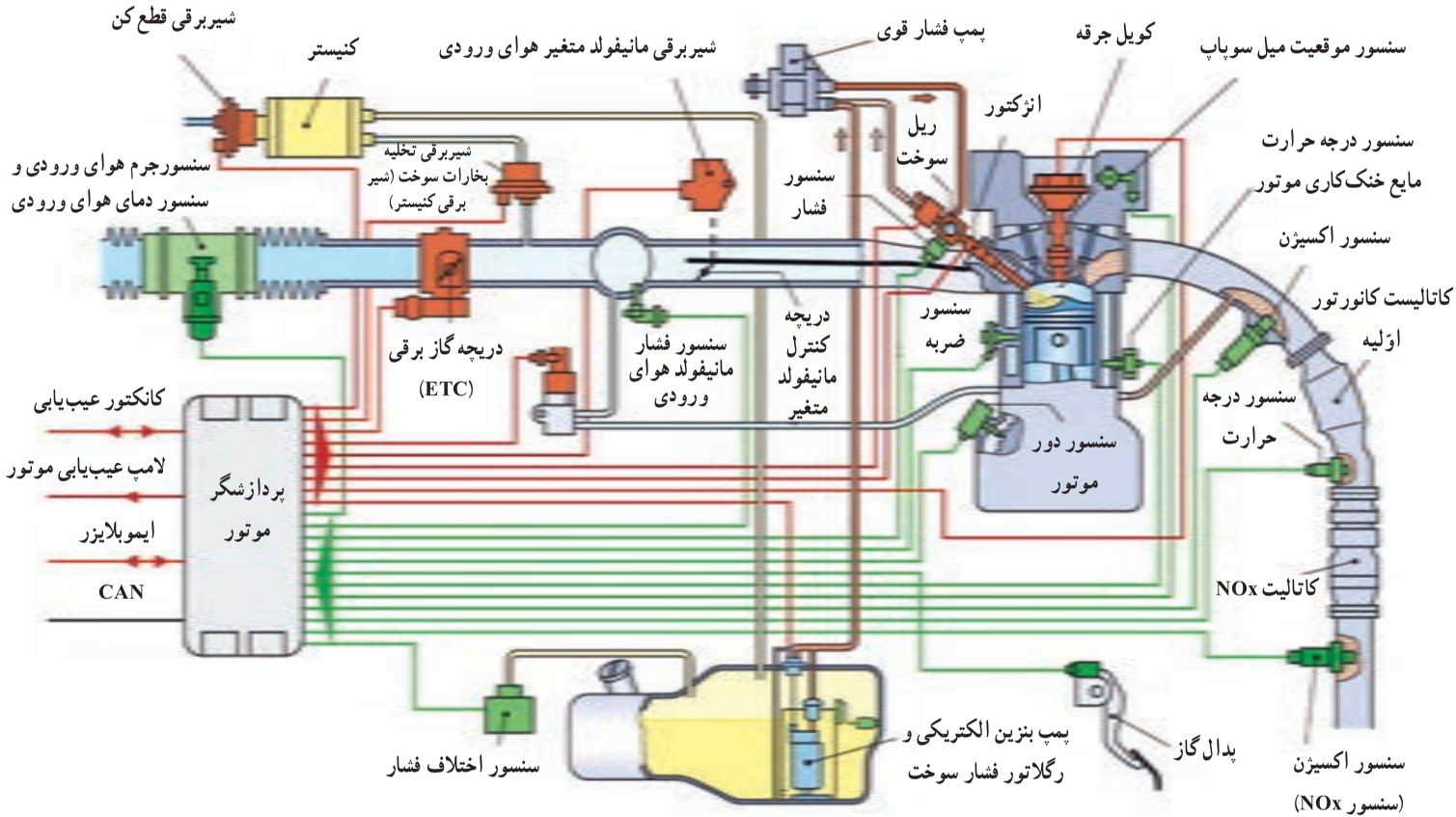
شکل ۳۵ــ۵ــ سیستم انژکتوری با سنسور جرم هوا



شکل ۳۶ــ۵ ــ سیستم انژکتوری با سنسور جرم هوای ورودی



شکل ۳۷ــ۵ــ سیستم انژکتوری با عملگر فشار الکتروهیدرولیک

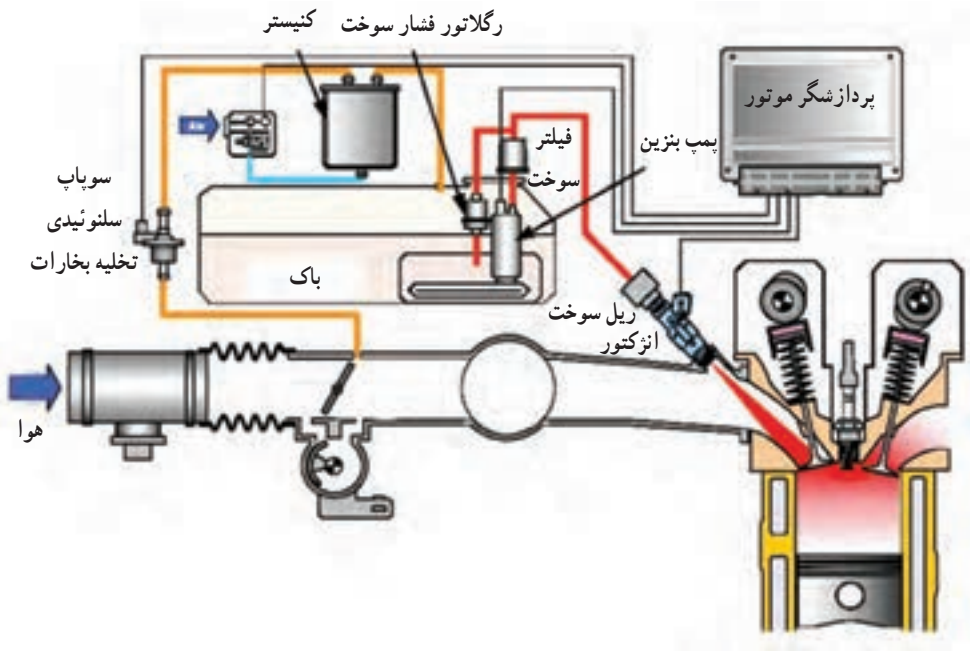


شکل ۳۸ــ۵ــ سیستم انژکتور پاشش مستقیم بنزین (GDI)

۱۱ــ۵ــ عملکرد سیستم تغذیه سوخت

در اکثر خودروها، سیستم تغذیه سوخت از نوع گردشی است و شامل قطعات استفاده شده برای انتقال سوخت از باک به انژکتورها است. سوخت از باک توسط پمپ بنزین کشیده شده و تحت فشار به ریل سوخت ارسال می‌گردد.

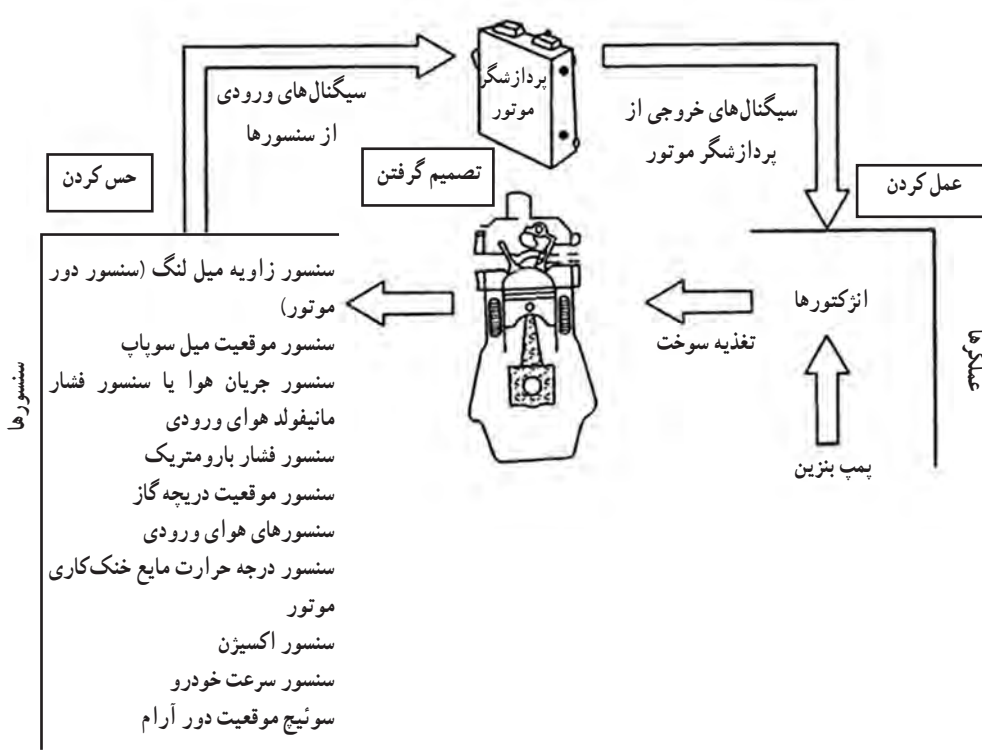
مقدار فشار و حجم سوخت تحویلی به موتور توسط پمپ بنزین بیشتر از نیاز موتور است. لذا رگلاتور فشار سوخت موجود در مدار اجازه می‌دهد که مقداری از سوخت به منظور ثابت نگه‌داشتن فشار سوخت در انژکتور به باک بازگردانده شود (شکل ۳۹ــ۵).



شکل ۳۹ــ۵ــ سیستم تغذیه سوخت

در حال حاضر در بعضی خودروهای انژکتوری از سیستم تغذیه سوخت بدون برگشت سوخت اضافی به باک استفاده می‌نمایند که در قسمت رگلاتور نصب شده در داخل باک توضیح داده خواهد شد.

۱۲ــ۵ــ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی



شکل ۴۰ــ۵

سیستم کنترل الکترونیکی شامل سنسورهای کنترل سوخت، پردازشگر موتور و انژکتورهای سوخت می‌باشد.

پردازشگر موتور با استفاده از فرایند «حس نمودن ــ تصمیم گرفتن ــ عمل نمودن» سوخت را کنترل می‌نماید. سنسورها براساس شرایط موتور و وضعیت رانندگی سیگنال‌های ورودی به پردازشگر موتور را تولید می‌نمایند. پردازشگر موتور این اطلاعات را تجزیه و تحلیل نموده و تصمیم می‌گیرد که چگونه انژکتورهای سوخت را کنترل نماید. سپس پردازشگر موتور انژکتورها را به منظور عملکرد و تحویل مقدار صحیح سوخت به‌کار می‌اندازد (شکل ۴۰ــ۵).

۱۳ــ۵ــ کنترل الکترونیکی پاشش سوخت (EFI)

- **تهیهٔ مقدار مناسب سوخت برای داشتن ماکزیمم قابلیت رانندگی**
- **کاهش سطح آلایندگی گازهای اگزوز**

سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت این قابلیت را دارد که هر انژکتور به‌صورت جداگانه کنترل شود و این فرایند باعث می‌گردد که پردازشگر موتور تحت هر شرایط رانندگی مقدار مناسب سوخت را تهیه نماید و باعث کاهش سطح آلایندگی گازهای اگزوز و حداکثر نمودن قابلیت رانندگی شود (جدول ۳ــ۵).

جدول ۳ــ۵

شرایط موتور	نسبت سوخت و هوا[۱]
استارت‌زدن به موتور	(سوخت) ۱ :۵ــ۱ (هوا)
دور آرام (گرم کردن موتور)	۱۱: ۱
حرکت کردن	۱ :۱۸ ــ۱۲
شتاب‌گیری	۱ :۱۳ــ۱۲

۱ــ۱۳ــ۵ــ روش‌های پاشش سوخت در سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت

- همزمان[۲]
- ترتیبی[۳]
- گروهی[۴]
- مشخصات سیلندر[۵]

چهار نوع روش پاشش سوخت در سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت عبارت‌اند از همزمان، ترتیبی، گروهی و مشخصات سیلندر. در پاشش سوخت همزمان همهٔ انژکتورها به‌صورت همزمان کنترل می‌شوند، یک پاشش سوخت برای هر دور میل لنگ (دو پاشش برای یک سیکل) انجام می‌گیرد، در هر پاشش سوخت، نصف سوخت موردنیاز موتور پاشیده می‌شود (شکل ۴۱ــ۵ و ۴۲ــ۵).

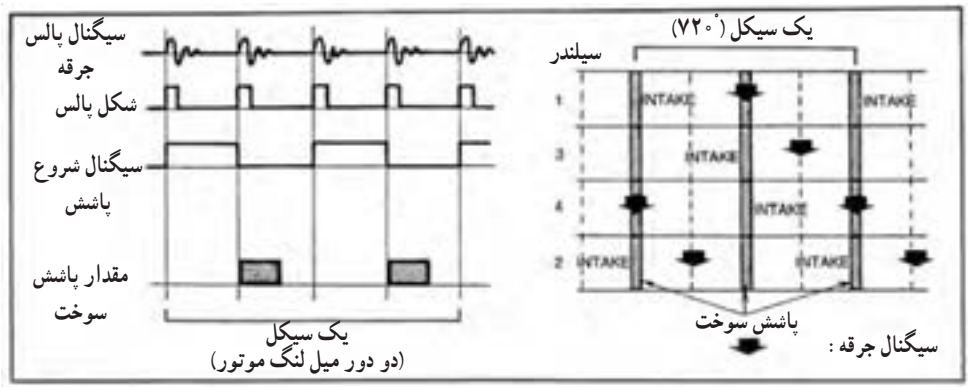
۱ــ Air– Fuel Ratio

۲ــ Simultaneous

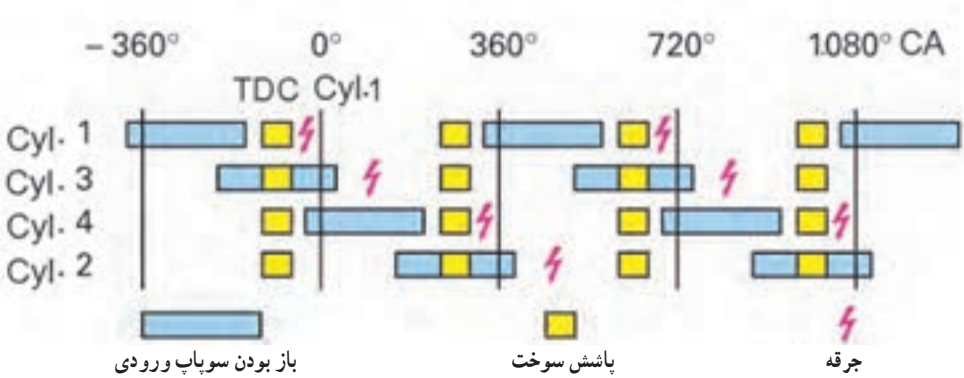
۳ــ Sequential

۴ــ Group

۵ــ Cylinder– Specific Injection

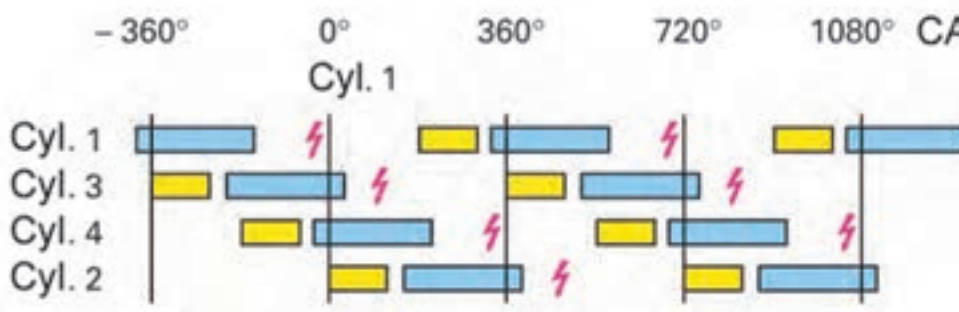


شکل ۴۱ــ۵



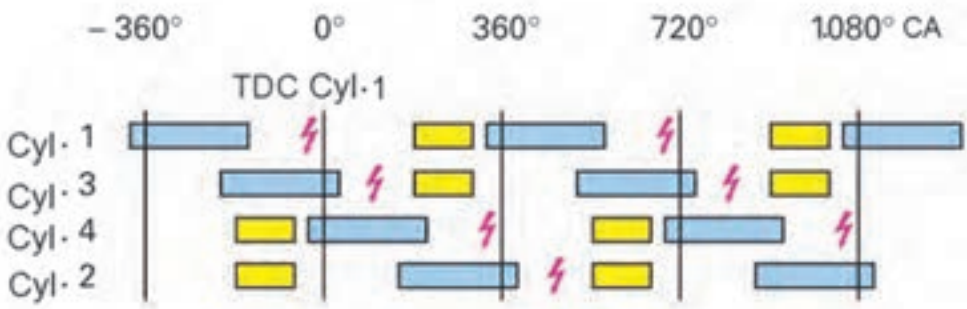
شکل ۴۲ــ۵

در پاشش سوخت ترتیبی، انژکتورها مطابق با ترتیب احتراق خودرو کنترل می‌شوند. از این‌روش پاشش در بیشتر خودروها استفاده می‌گردد (شکل ۴۳ــ۵).

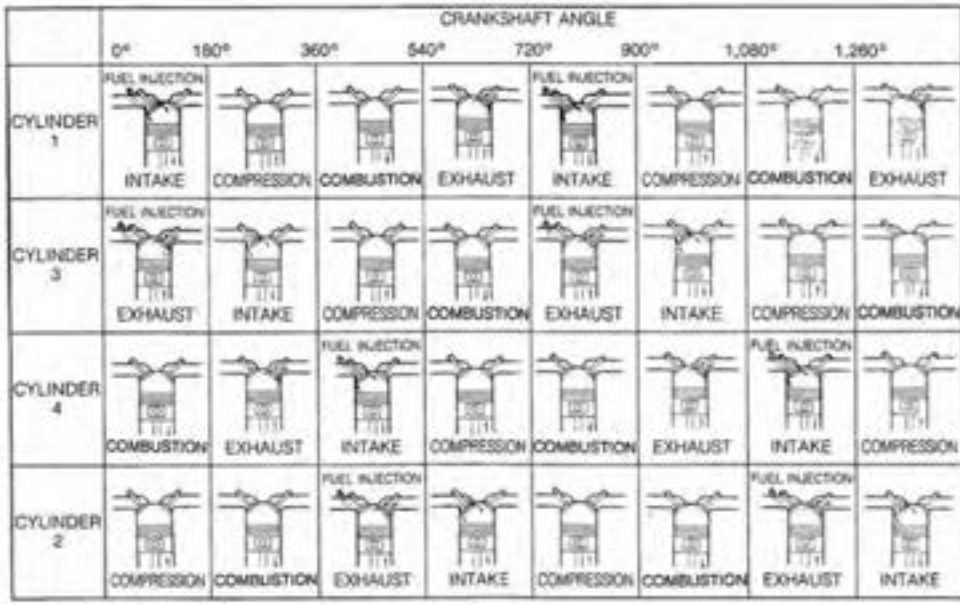


شکل ۴۳ــ۵

در تعدادی از خودروها از روش پاشش سوخت گروهی استفاده می‌شود. در این روش هر جفت از انژکتورها (انژکتورهای شماره ۱ و ۳ و انژکتورهای ۲ و ۴) به صورت همزمان کنترل می‌شوند. در این روش پاشش، کنترل انژکتورها ساده بوده و بیشتر شبیه پاشش ترتیبی می‌باشد (شکل ۴۴ــ۵ و ۴۵ــ۵).

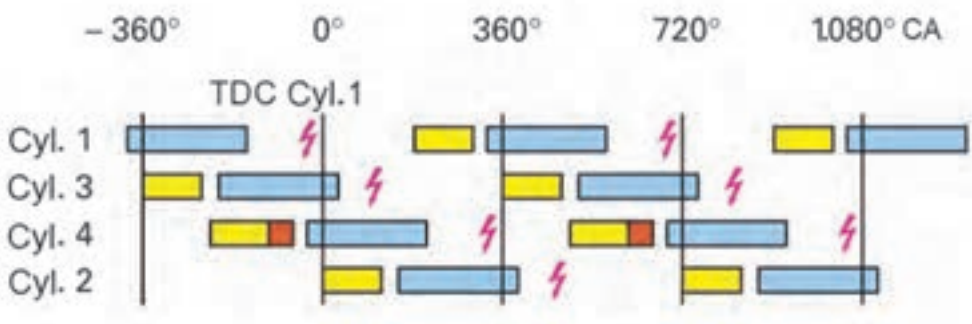


شکل ۴۴ــ۵



شکل ۴۵ــ۵

این نوع پاشش از نوع پاشش ترتیبی می‌باشد. با توجه به پیشرفت تکنولوژی سنسورها و افزایش مهارت کنترل، پردازشگر موتور توانایی تقسیم مقدار سوخت مورد نیاز هر سیلندر را به‌طور جداگانه دارد (شکل ۴۶ــ۵).

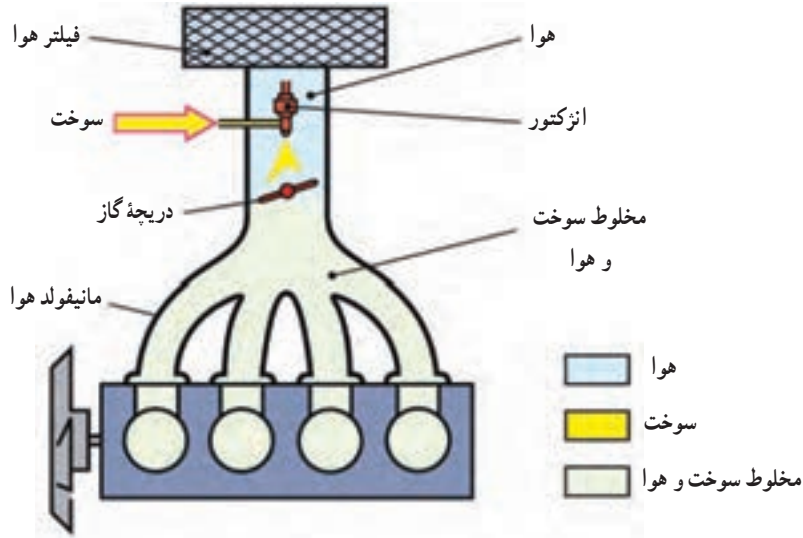


شکل ۴۶ــ۵

۲ــ۱۳ــ۵ــ محل نصب انژکتور : در خودروهای انژکتوری سه روش برای محل نصب انژکتور وجود دارد که عبارتند از :

تک انژکتور (پاشش مرکزی[1]) SPI : در این سیستم یک انژکتور در دریچهٔ گاز قرار دارد و سوخت در داخل مانیفولد هوا پاشش می‌گردد (شکل ۴۷ــ۵ و ۴۸ــ۵).

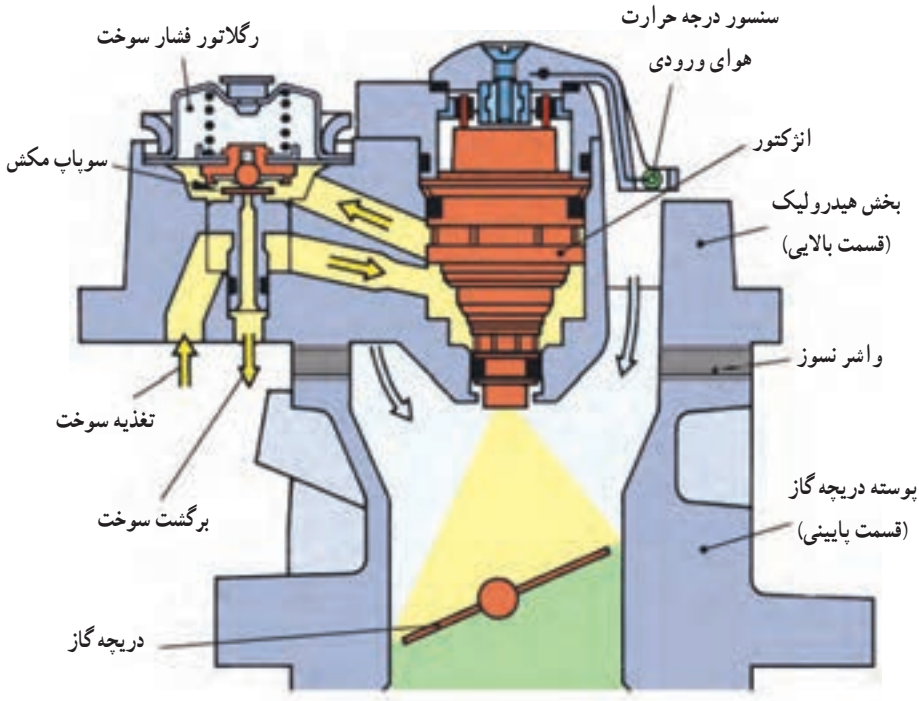
چند انژکتور[2] : هر سیلندر دارای یک انژکتور است و سوخت در پشت سوپاپ هوا پاشیده می‌شود. از این روش در اکثر موتور خودروهای امروزی استفاده می‌شود (شکل ۴۹ــ۵).



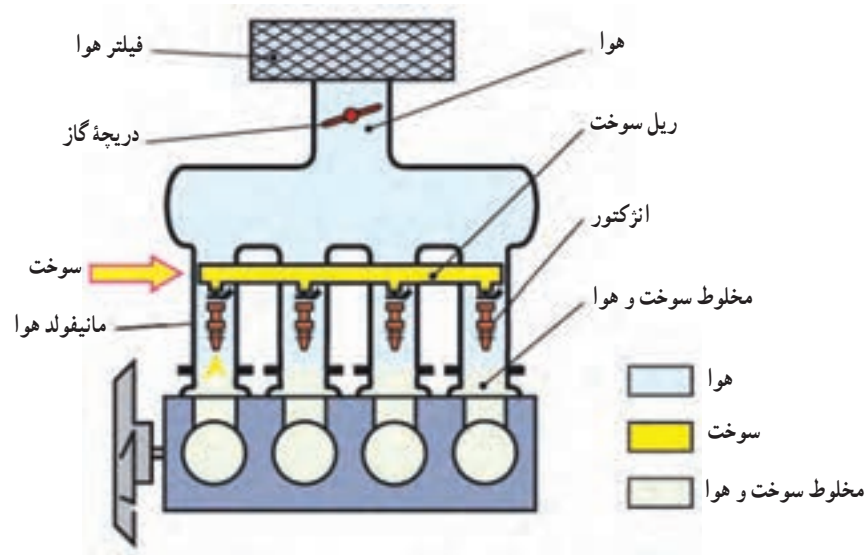
شکل ۴۷ــ۵ــ پاشش مرکزی

۱ــ Single – Point Injection

۲ــ Multi– Point Injection

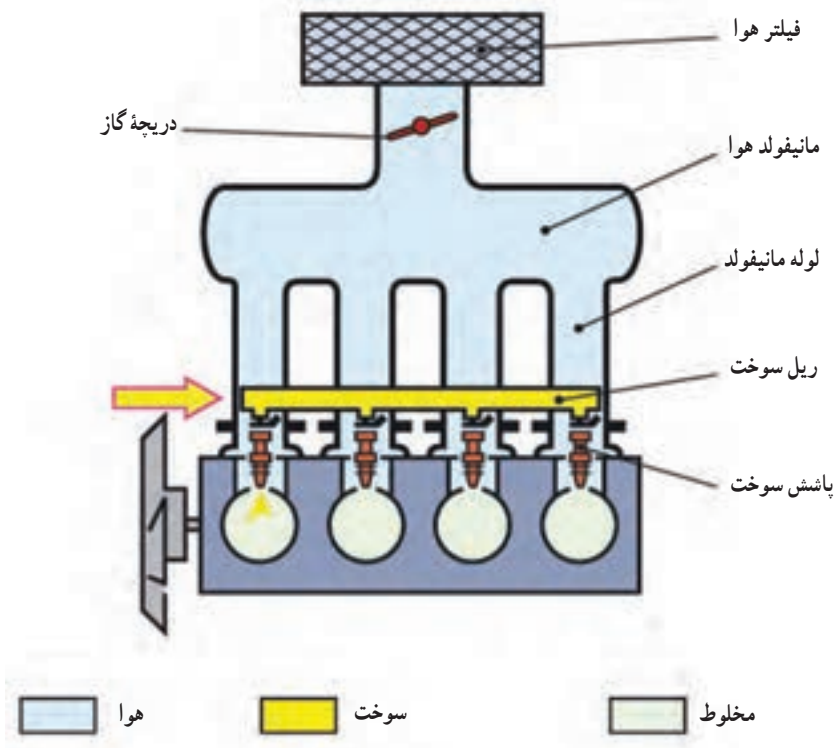


شکل ۴۸ــ۵ــ واحد پاشش مرکزی



شکل ۴۹ــ۵ــ چند انژکتور

پاشش مستقیم بنزین در داخل سیلندر[1] : در این روش بنزین مستقیماً در داخل سیلندر (GDI) پاشیده می‌شود (شکل ۵۰ــ۵).

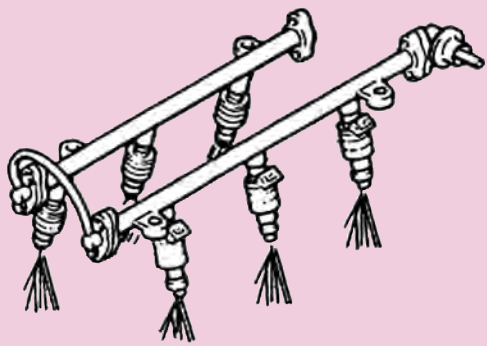


شکل ۵۰ــ۵ــ پاشش مستقیم بنزین

مطالعه آزاد

۳ــ۱۲ــ۵ــ پاشش همزمان

سوخت : در خودروهای با کنترل الکترونیکی پاشش سوخت در دو زمان استارت زدن موتور سرد و ایمنی در حین عیب[2] پاشش همزمان سوخت در همه سیلندرها همزمان با سیگنال سنسور زاویه میل لنگ (دور موتور) مطابق با تشخیص پردازشگر موتور انجام می‌گیرد (شکل ۵۱ــ۵).



شکل ۵۱ــ۵

۱ــ Gasoline Direct Injection

۲ــ Failsafe modes

استارت‌زدن موتور سرد: در زمان استارت زدن موتور سرد، سوخت در همه سیلندرها مطابق با سیگنال سنسور زاویه میل لنگ (دور موتور) پاشیده می‌شود. در زمان سرد بودن موتور، زمان راه‌اندازی انژکتور طولانی‌تر از زمان پاشش نرمال انژکتور می‌باشد. این حالت برای روشن شدن سریع‌تر موتور سرد می‌باشد.

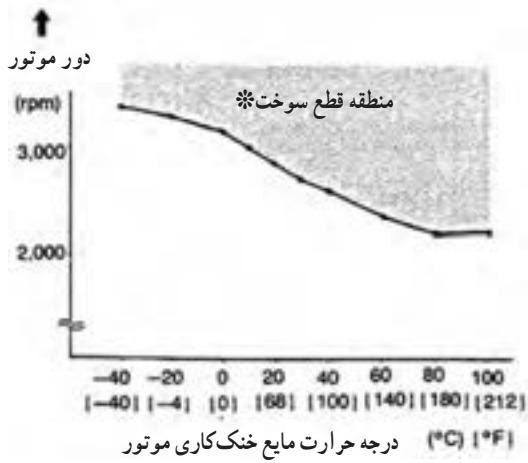
ایمنی در حین عیب : پردازشگر موتور همه انژکتورها را به‌صورت همزمان در حالت ایمنی در حین عیب کنترل می‌نماید. برای مثال اگر پردازشگر موتور سیگنال سیلندر یک را از دست بدهد، همهٔ انژکتورها را برای جلوگیری از خاموش شدن موتور فعال می‌نماید.

۴ــ۱۳ــ۵ــ قطع سوخت[1] : سیستم قطع سوخت شامل موارد زیر است.

قطع سوخت در زمان کاهش سرعت : برای کاهش گازهای آلاینده و مصرف سوخت در زمان کاهش سرعت و ترمز موتوری در سرازیری پاشش سوخت در منطقه قطع سوخت در زمانی‌که دریچه گاز کاملاً بسته است قطع می‌شود.

در زمانی‌که دور موتور به زیر منطقه قطع سوخت می‌رسد، برای پایداری موتور دوباره پاشش سوخت انجام می‌گیرد (شکل ۵۲ــ۵).

قطع سوخت در دورهای بالا : برای جلوگیری از خرابی موتور در دور موتور بالا (منطقه ترمز دورسنج پشت آمپر) پاشش سوخت قطع می‌شود.



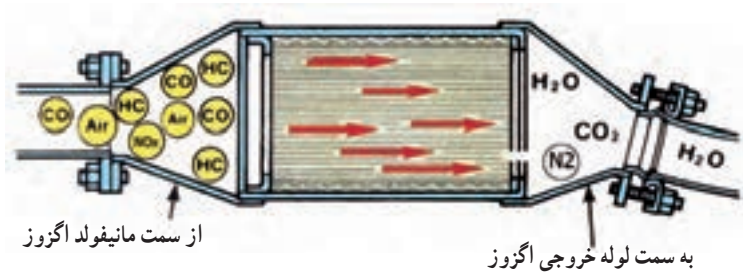
شکل ۵۲ــ۵

۱ــ Fuel Cut

* مطابق نوع موتور متفاوت است.

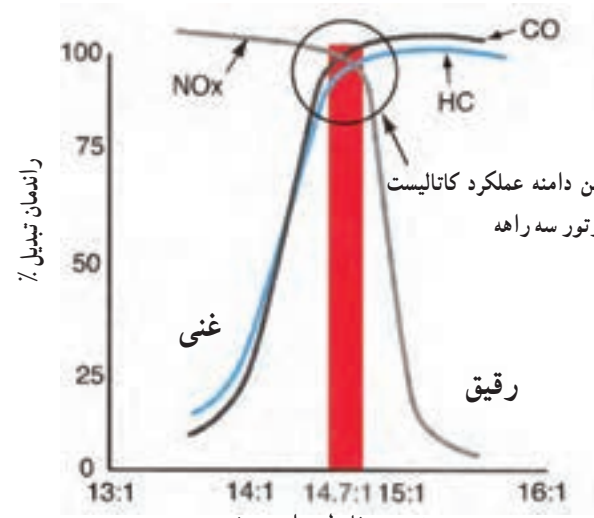
کنترل بازخورد (حلقه بسته) : برای کاهش گازهای آلاینده، سیستم اگزوز در خودروهای جدید به کاتالیست کانورتور سه راهه مجهز شده‌اند. در این کاتالیست کانورتورها مونوکسیدکربن (CO)، هیدروکربن‌ها (HC) و اکسید نیتروژن (NO_X) به دی‌اکسید کربن (CO_2) و آب (H_2O) و نیتروژن (N_2) تبدیل می‌شوند (شکل ۵۳ــ۵).

$$[NO_X] + [CO+HC] \rightarrow N_2+H_2O +CO_2$$



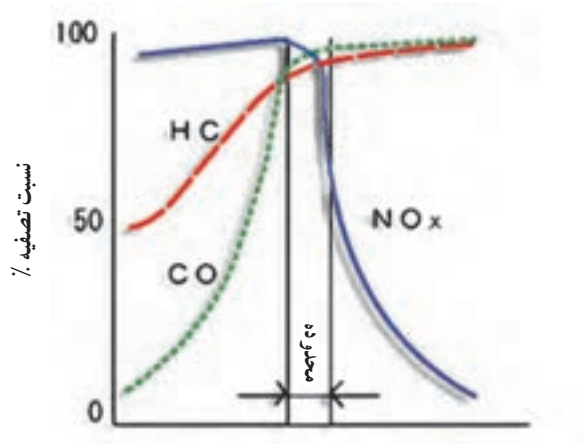
شکل ۵۳ــ۵

برای آنکه کاتالیست کانورتور به‌خوبی از عهدهٔ وظایفش برآید، باید نسبت سوخت و هوا نزدیک به عدد استوکیومتری (۱ :۱۴/۷) نگه داشته شود، از این‌رو به سنسور اکسیژن نیاز می‌باشد (شکل ۵۴ــ۵).



شکل ۵۴ــ۵

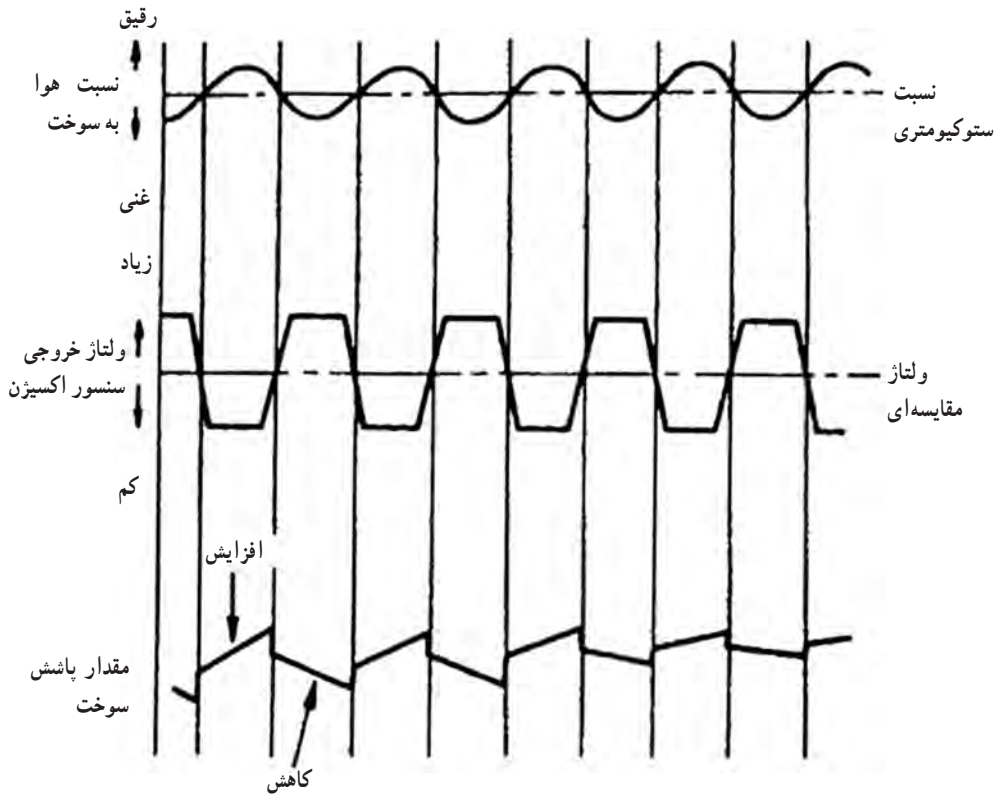
۶ــ۱۳ــ۵ــ کنترل بازخورد : پردازشگر موتور، در زمان عملکرد نرمال موتور (شامل دور آرام) انژکتورها را برای رسیدن به نسبت سوخت و هوای استوکیومتری کنترل می‌نماید، برای مطمئن شدن از راندمان ماکزیمم کاتالیست کانورتور از سیگنال سنسور اکسیژن استفاده می‌گردد (شکل ۵۵ــ۵).



شکل ۵۵ــ۵ــ نسبت هوا به سوخت استوکیومتری

وقتی که نسبت سوخت و هوا غنی‌تر از نسبت استوکیومتری می‌گردد و مقدار اکسیژن در دودهای خروجی کم باشد، ولتاژ خروجی سنسور اکسیژن افزایش می‌یابد. بنابراین پردازشگر موتور یک سیگنال «مخلوط غنی» دریافت می‌نماید. بنابراین پردازشگر موتور مقدار پاشش سوخت را کاهش می‌دهد.

زمانی‌که نسبت سوخت و هوا رقیق‌تر از نسبت استوکیومتری می‌گردد، به این معنی است که اکسیژن در دودهای خروجی زیاد می‌باشد، لذا ولتاژ خروجی سنسور اکسیژن کاهش می‌یابد، بنابراین پردازشگر موتور یک سیگنال «مخلوط رقیق» دریافت می‌نماید. بنابراین پردازشگر موتور، مقدار پاشش سوخت را افزایش می‌دهد. شرایط بالا به معنی آن است که نسبت مخلوط سوخت و هوا باید در محدوده نسبت استوکیومتری کنترل و حفظ شود (شکل ۵۶ــ۵).



شکل ۵۶ــ۵

در شرایط زیر کنترل حلقه بسته برای افزایش قابلیت رانندگی انجام نمی‌شود :

۱ــ در زمان استارت زدن موتور

۲ــ در زمان گرم شدن موتور، زمانی‌که درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور کمتر از $45^{\circ}C$ (درجه سانتی‌گراد) می‌باشد.

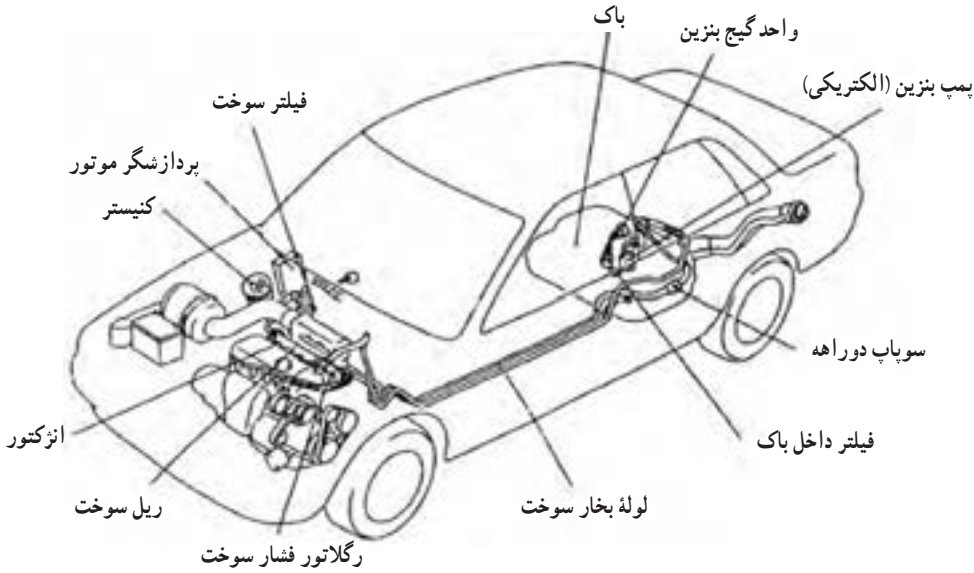
۳ــ در زمان شتاب‌گیری / ترمزگیری

۴ــ در زمانی که بار وارد بر موتور زیاد است.

۵ــ در زمانی که سنسور اکسیژن خراب است.

۱۴ــ۵ــ عملکرد قطعات

سیستم سوخت شامل انژکتورهای نوع الکترومگنتی[۱]، ریل سوخت[۲]، رگلاتور فشار سوخت[۳] در این سیستم پمپ بنزین الکتریکی که تحت فشار مدار سوخت را تغذیه می‌نماید و پردازشگر موتور که انژکتورها و پمپ بنزین را براساس اطلاعاتی که از انواع سنسورها دریافت کرده، فعال و کنترل می‌نماید (شکل ۵۷ــ۵). در این سیستم دو نوع فیلتر سوخت وجود دارد، یکی در داخل باک بنزین و دیگری در محفظه موتور یا زیر خودرو تعبیه شده است (در خودروهای قدیمی هر دو نوع در داخل باک قرار داشتند). سیستم کنترل آلایندگی بخارات سوخت که شامل لوله‌های بخار سوخت، کنیستر[۴] و سایر اجزاء می‌باشد، برروی خودرو نصب شده‌اند (شکل ۵۸ــ۵). در بعضی از خودروها سیستم کنترل آلایندگی بخارات سوخت وجود ندارد.



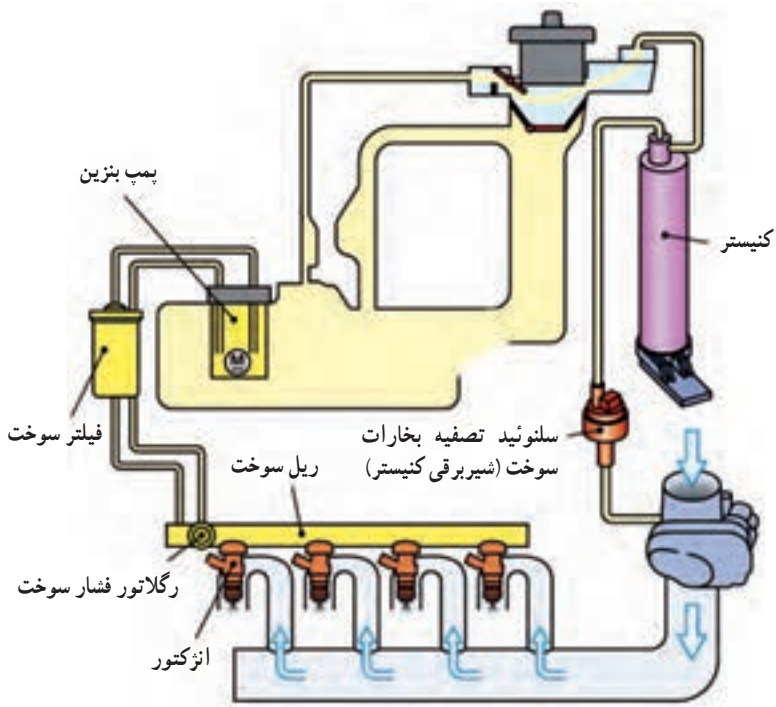
شکل ۵۷ــ۵

۱ــ Electromagnetic Type Injectors

۲ــ Delivery pipe

۳ــ Fuel Pressure Regulator

۴ــ Canister



شکل ۵۸ــ۵

۱ــ۱۴ــ۵ــ پمپ بنزین

پمپ بنزین براساس محل قرارگیری آن به دو نوع بیرون از باک[۱] و داخل باک[۲] تقسیم‌بندی می‌شود.

الف) پمپ بنزین نوع بیرون از باک : این نوع پمپ بنزین در خارج از باک در مسیر لولهٔ ارسال سوخت قرار می‌گیرد که امروزه به علّت داشتن سرو صدای بیشتر و آلوده شدن به خاک و گِل (به دلیل نداشتن محافظ و احتمال نشتی سوخت) دیگر از این نوع پمپ بنزین استفاده نمی‌شود (شکل ۵۹ــ۵).

این نوع پمپ بنزین شامل یک موتور، مجموعه پمپ، سوپاپ یکطرفه[۳]، سوپاپ اطمینان[۴] و

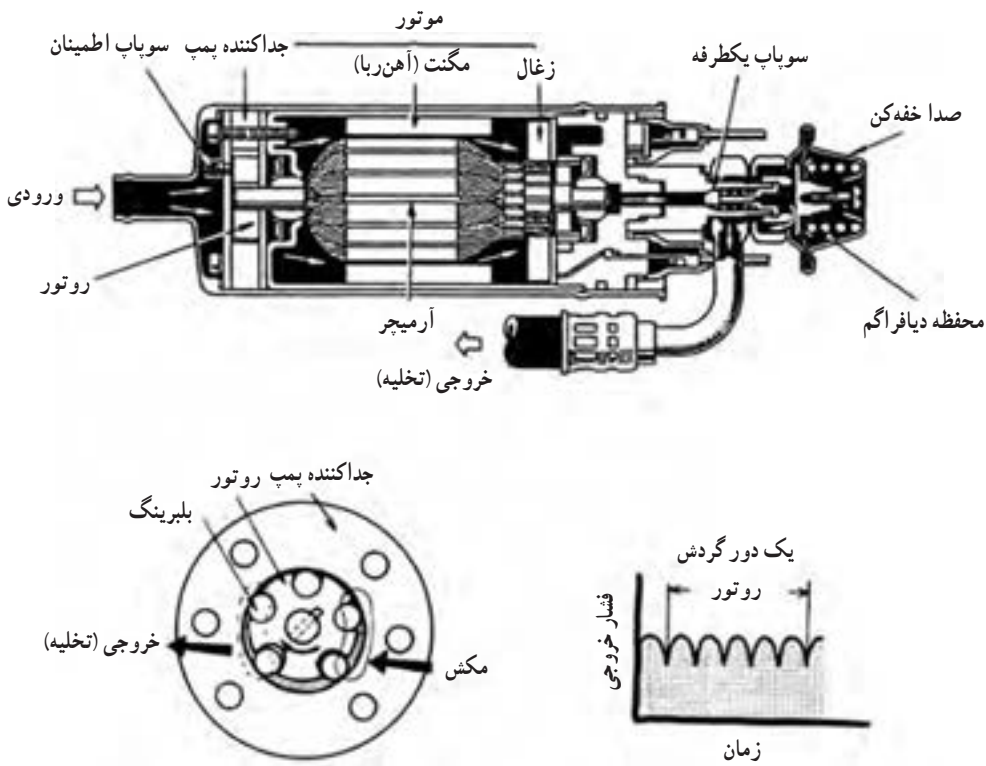
۱ــ IN – TANK TYPE

۲ــ IN– LINE TYPE

۳ــ Check Valve

۴ــ Relief Valve

صدا خفه‌کن می‌باشد. صدا خفه‌کن ضربان فشار سوخت تولید شده توسط پمپ را جذب نموده و صدای پمپ را کاهش می‌دهد.



شکل ۵۹ــ۵

ب) پمپ بنزین نوع داخل باک : این نوع از پمپ بنزین در داخل باک خودرو قرار می‌گیرد. این نوع پمپ بنزین به دلیل دارابودن ویژگی‌هایی از قبیل جلوگیری از نشتی سوخت و قفل گازی و سروصدای کمتر بسیار متداول‌تر می‌باشد. بر روی این نوع از پمپ بنزین‌ها یک سوپاپ یکطرفه و یک سوپاپ اطمینان نصب شده است (شکل ۶۰ــ۵).

الف) سوپاپ یکطرفه : سوپاپ یکطرفه زمانی که موتور خاموش می‌گردد، جلوی برگشت سوخت از ریل سوخت و لوله ارسال سوخت را می‌بندد. بنابراین، فشار سوخت بین پمپ بنزین و رگلاتور فشار سوخت ثابت می‌ماند. این عملکرد باعث روشن شدن سریع موتور می‌گردد.