

سیستم‌های سوخت رسانی

هدف‌های رفتاری : پس از آموزش این فصل از هنرجو انتظار می‌رود :

- ۱- سیستم کنترل پاشش سوخت (بنزین) را توضیح دهد.
- ۲- سیستم تغذیه سوخت را توضیح دهد.
- ۳- سیستم جرقه را توضیح دهد.
- ۴- سیستم کنترل هوا را توضیح دهد.
- ۵- سیستم کنترل آلایندگی را توضیح دهد.
- ۶- اجزای سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را توضیح دهد.
- ۷- تفاوت‌های سوخت‌رسانی کارابراتوری و اثرکتوری را توضیح دهد.
- ۸- عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را توضیح دهد.
- ۹- عملکرد سیستم تغذیه سوخت را توضیح دهد.
- ۱۰- عملکرد اجزای سیستم سوخت‌رسانی اثرکتوری را توضیح دهد.

۱-۵- سیستم کنترل پاشش سوخت (بنزین)

سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین امروزه در اکثر خودروها شامل سیستم تغذیه سوخت^۱، سیستم جرقه^۲، سیستم کنترل هوای ورودی^۳ و سیستم کنترل آلایندگی^۴ می‌باشد (شکل ۱-۵).

سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین عملکرد موتور را برای شرایط زیر کنترل می‌کند :

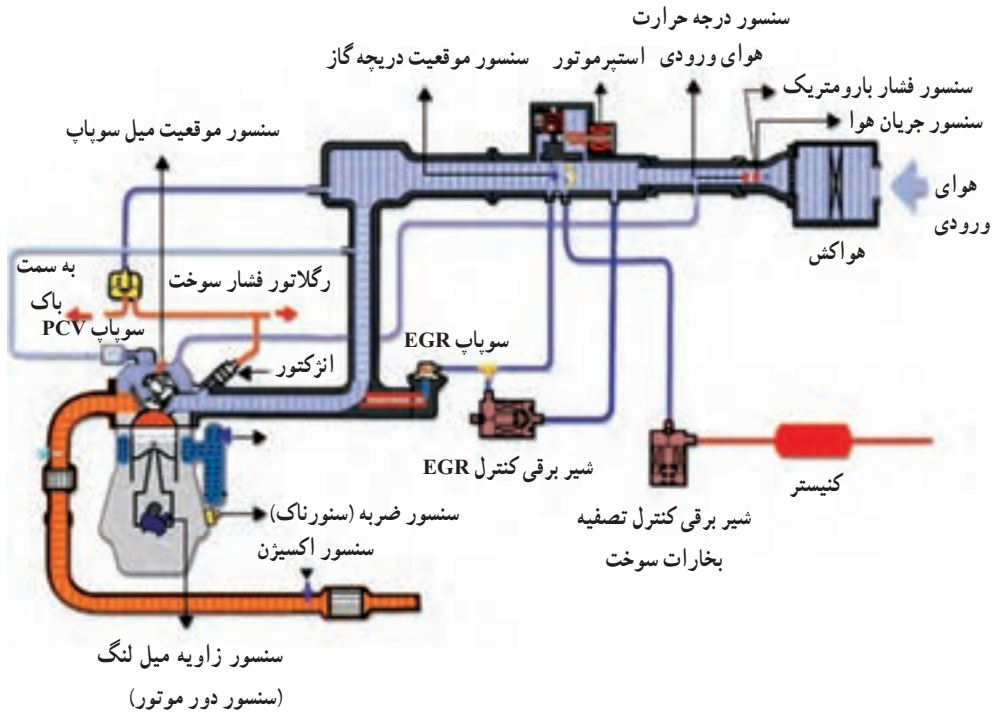
● ماکزیمم قدرت خروجی موتور

۱- Fuel Supply System

۲- Ignition System

۳- Air Control System

۴- Emission Control System



شکل ۱-۵- دیگرام سیستم الکترونیکی پاشش بنزین

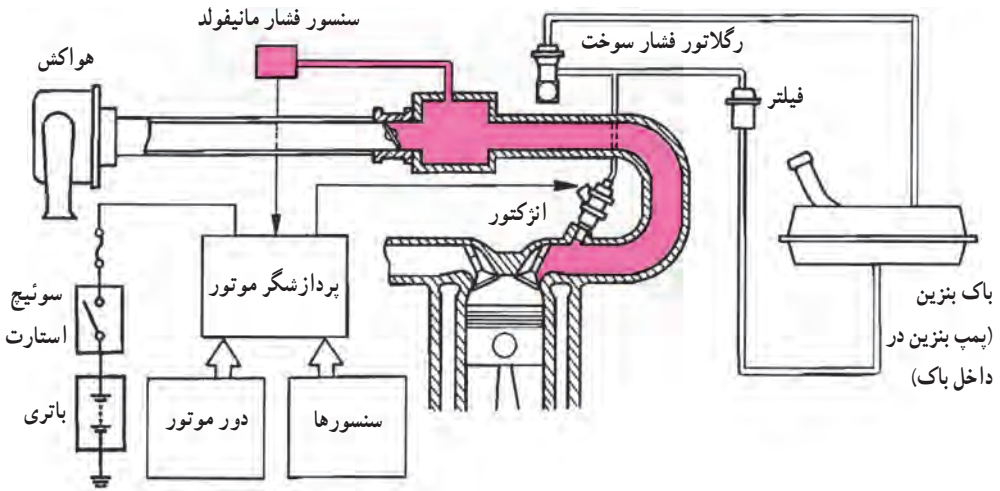
- مصرف سوخت کم
- کاهش آلایندگی گازهای خروجی موتور
- بهبود روشن شدن موتور در هوای سرد
- بهبود قابلیت رانندگی

می‌توان سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را مطابق با روش استفاده شده برای سنجش مقدار هوای ورودی به دو نوع تقسیم بندی نمود.

۱-۱-۵- نوع کنترل (چگالی - سرعت) فشار مانیفولد (D-EFI) ^۱: در این نوع فشار و دما در مانیفولد ورودی اندازه گیری شده و مقدار هوای ورودی محاسبه می‌گردد (شکل ۲-۵).

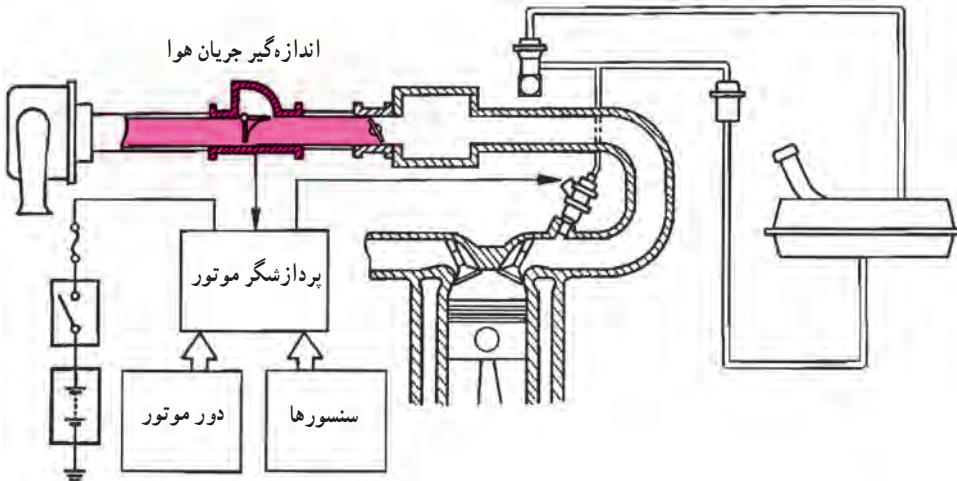
۱- D-EFI معادل کلمه D-Jetronic شرکت بوش آلمان می‌باشد که D اول کلمه Druck به معنی فشار و Jetronic به معنای

پاشش می‌باشند.



شکل ۲-۵- سیستم الکترونیکی پاشش بنزین نوع کنترل فشار مانیفولد (D-EFI)

۲-۱-۵- نوع کنترل جریان هوا (L-EFI)^۱: در این نوع مستقیماً مقدار هوای ورودی به مانیفولد هوا به وسیله یک اندازه‌گیر جریان هوا^۲ سنجیده می‌شود. امروزه از این نوع در بیشتر خودروها استفاده می‌شود (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵- سیستم الکترونیکی پاشش بنزین نوع کنترل جریان هوا (L-EFI)

۱- L-EFI معادل کلمه L-Jetronic شرکت بوش آلمان می‌باشد که L مخفف کلمه Luft به معنی هوا می‌باشد.

۲- Air Flow Meter

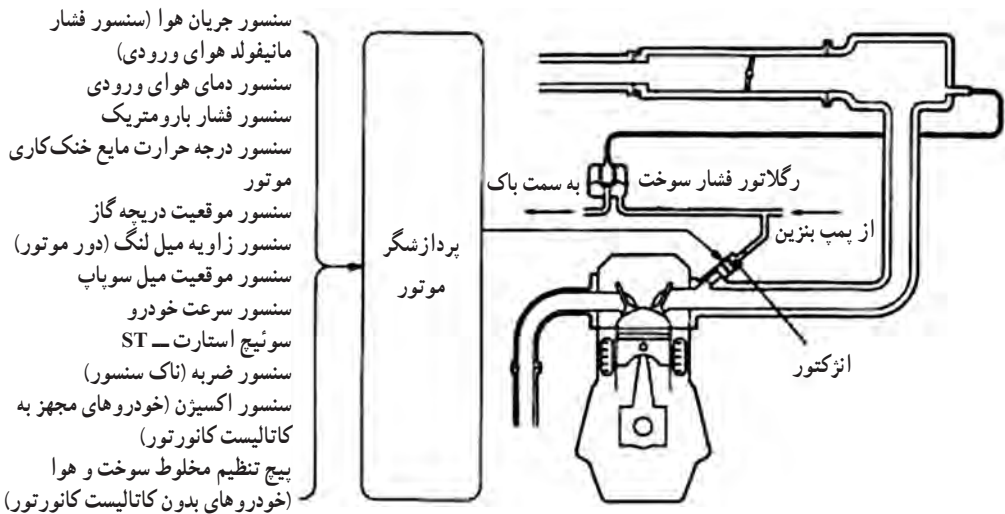
۲-۵- سیستم تغذیه سوخت

سیستم تغذیه سوخت برای رساندن مقدار دقیق سوخت مورد نیاز و به منظور نگه داشتن بهترین بالانس قدرت بین سیلندرها، مصرف سوخت اقتصادی و کمترین آلایندگی دودهای خروجی طراحی شده است.

پردازشگر موتور با استفاده از سنسورهای مربوطه مقدار پاشش سوخت را برای بهترین نسبت سوخت و هوا در وضعیت‌های عملکردی مختلف موتور کنترل می‌نماید. زمانی که وضعیت عملکردی موتور تغییر پیدا می‌کند، تغذیه سوخت به اندازه نیاز تنظیم می‌شود (شکل ۴-۵).

این وضعیت عملکردی عبارت‌اند از:

- فشار مانیفولد یا مقدار هوای ورودی
- زاویه میل لنگ
- دور موتور
- شتاب‌گیری / کاهش شتاب
- دمای مایع خنک‌کننده موتور
- دمای هوای ورودی و ...



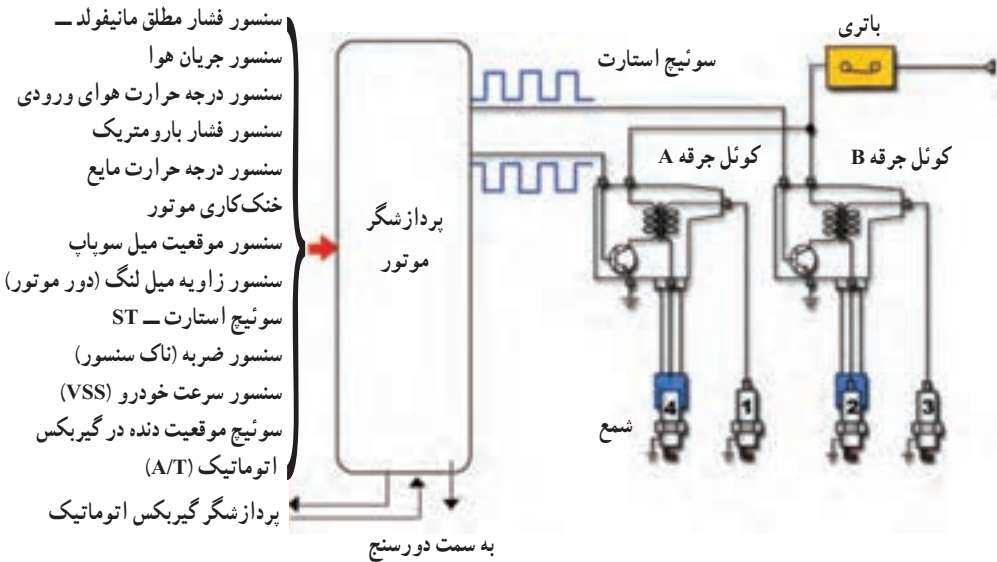
شکل ۴-۵- دیگران سیستم تغذیه سوخت

۳-۵- سیستم جرعه

برای داشتن احتراق کامل، سیستم جرعه باید در زمان دقیق مخلوط سوخت و هوا را محترق نماید. با تصحیح تایمینگ جرعه، احتراق در زمان مناسب شروع شده و نتیجتاً فشار مؤثر حاصل از احتراق با موقعیت حرکت پیستون تنظیم می‌شود.

پردازشگر موتور سیگنال‌هایی از سنسورهای مربوطه دریافت کرده و تایمینگ جرعه را کنترل می‌نماید (شکل ۵-۵). این سیگنال‌ها عبارت‌اند از:

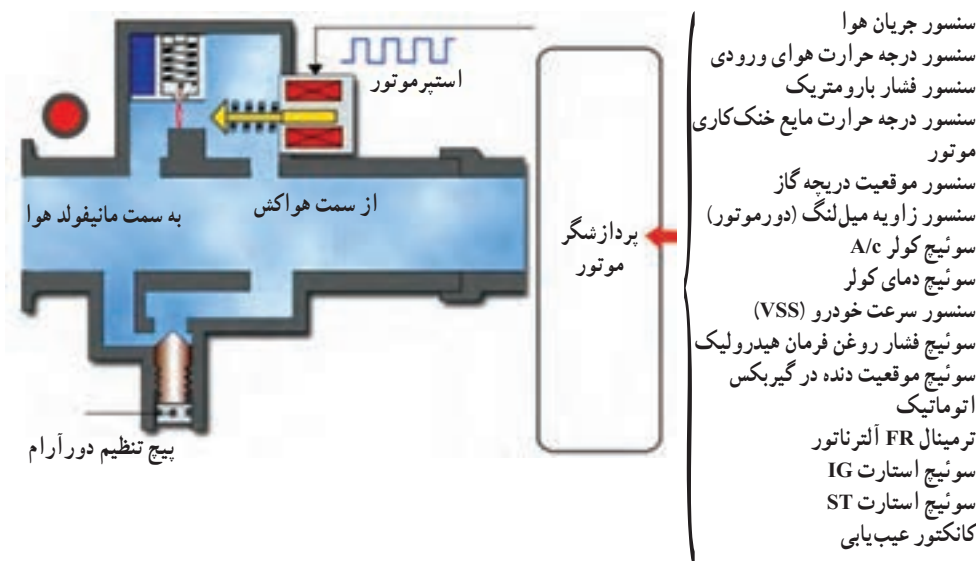
- دور موتور
- زاویه میل لنگ
- فشار مانیفولد یا مقدار هوای ورودی
- دمای مایع خنک کاری موتور و ...



شکل ۵-۵- دیاگرام سیستم جرعه

۴-۵- سیستم کنترل هوا

سیستم کنترل هوا شامل یک سیستم کنترل هوا در دور آرام و سیستم کنترل هوای ورودی در دورهای مختلف می‌باشد. سیستم کنترل هوای ورودی مقدار بهینه جریان هوا را در وضعیت‌های رانندگی معمولی توسط دریچه گاز کنترل می‌نماید. سیستم کنترل دور آرام مقدار سرعت جریان هوا به مانیفولد را در زمانی که دریچه گاز کاملاً بسته است تنظیم می‌نماید (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶- دیاگرام سیستم کنترل دور آرام

در بعضی از سیستم‌های کنترل دور آرام در زمانی که موتور سرد است از دو سوپاپ جداگانه برای کنترل دور آرام استفاده شده است. در زمان استارت زدن (موتور سرد) محدودکننده بی‌متالی اجازه می‌دهد هوای بیشتری وارد مانیفولد ورودی شده و در نتیجه دور موتور افزایش می‌یابد. وقتی موتور به درجه حرارت نرمال می‌رسد محدودکننده بی‌متالی بسته شده و هوای موردنیاز موتور در دور آرام فقط از طریق یک سوپاپ کنترلی الکتریکی (اسپرموتور) کنترل می‌گردد.

سیستم کنترل هوا، سیگنال‌های مختلفی را از سنسورهای مربوطه دریافت نموده و در کنترل

هوای ورودی به کار می‌برد.

این سیگنال‌ها عبارت‌اند از:

- دمای مایع خنک کاری موتور
- روشن یا خاموش بودن کولر (A/C) و ...

۵-۵-۵- آلاینده‌های موتور

۵-۵-۱- اکسیدهای ازت: به دلیل واکنش اتمی اکسیژن و نیتروژن در حین فرایند احتراق، اکسیدهای ازت (NO_x) در تمام محفظه احتراق تشکیل می‌شوند. واکنش‌های تشکیل‌دهنده NO_x به شدت وابسته به دما هستند، بنابراین خروجی NO_x از یک موتور نسبتاً به بارگذاری موتور بستگی دارد. میزان تولید NO_x در هنگام راه اندازی و مرحله گرم شدن موتور، نسبتاً پایین است. در موتورهای اشتعال جرقه‌ای، جزء مشهود NO_x ، اکسیدنیتروژن (NO) می‌باشد، این در حالی است که غلظت دی‌اکسیدنیتروژن، NO_2 فقط در حدود ۱ تا ۲٪ باشد.

۵-۵-۲- مونواکسیدکربن: مونواکسیدکربن در گازهای خروجی موتورهای که به صورت غلیظ کار می‌کنند ظاهر می‌شود، زیرا در این حالت اکسیژن کافی برای تبدیل تمام سوخت به دی‌اکسیدکربن وجود ندارد. مهم‌ترین پارامتر موتور که بیشترین تأثیر را روی آلاینده‌های مونواکسیدکربن دارد، نسبت هم‌ارزی سوخت به هوا است، دیگر متغیرها تأثیری از مرتبه دوم دارند. بدین ترتیب نتایج به دست آمده از تغییر نسبت سوخت - هوا کم و بیش در خصوص تمامی موتورها صحت دارد. توجه داشته باشید که در شرایط نزدیک به مقادیر استوکیومتریک، آلاینده مونواکسیدکربن یک تابع غیرخطی از نسبت هم‌ارزی می‌باشد. تحت این شرایط، در موتورهای چند سیلندر، لازم است تا اطمینان حاصل شود که نسبت سوخت به هوای یکسانی به هر سیلندر وارد می‌شود. اگر نیمی از موتورها به صورت رقیق و نیمی دیگر به صورت غلیظ کار کنند، آنگاه سیلندرهای رقیق CO بسیار کمتری نسبت به سیلندرهای غلیظ تولید می‌کنند. میانگین آلاینده CO برای چنین موتوری متناظر با نسبت هم‌ارزی میانگین نخواهد بود بلکه متناظر با نسبت هم‌ارزی میانگین غلیظ‌تری خواهد بود که متعاقباً منجر به تولید CO بیشتر از حد معمول می‌شود.

۵-۵-۳- هیدروکربن‌ها

آلاینده‌های هیدروکربنی به واسطه حضور سوخت نسوخته در سیستم اکروز موتور به وجود می‌آیند. سوخت‌های هیدروکربنی از ۱۰ تا ۲۰ گونه اصلی و حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گونه فرعی تشکیل شده‌اند. بیشتر این گونه‌ها در گازهای خروجی یافت می‌شود. البته، برخی از هیدروکربن‌های موجود در گازهای خروجی، در سوخت مادر (اولیه) دیده نمی‌شوند. این گونه‌های هیدروکربنی ناشی از سوختی است که درون سیلندر و طی واکنش‌هایی که کامل نشده‌اند، تغییر ساختار داده‌اند. این مواد حدود ۵۰٪ کل هیدروکربن‌های انتشار یافته می‌باشد.

این محصولات واکنش ناقص شامل استالئید، فرمالدئید، بوتادین و بنزین می‌باشد. این محصولات در مؤسسه حفاظت از محیط‌زیست به‌عنوان آلاینده‌های سمی شناخته می‌شوند. آلاینده‌های هیدروکربنی ناشی از موتور، به گروه‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند، که شامل هیدروکربن‌های کلی^۱ و هیدروکربن‌های بی‌متان^۲ می‌باشند. آلاینده‌های هیدروکربنی باعث کاهش بازده شده و همچنین آلوده‌کننده هوا نیز می‌باشند. بیشترین مقدار تولید آلاینده‌های هیدروکربنی در حالت راه‌اندازی و مرحله گرم شدن موتور است. دلیل افزایش آلاینده‌گی موتور در این حالات کاهش تبخیر و اکسیداسیون سوخت می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۳-۳ بیان شده است، هیدروکربن‌ها در سیستم خروجی از ۶ طریق اصلی صورت می‌پذیرد، این ۶ روش عبارت‌اند از: ۱- شکاف و درزها^۳ ۲- لایه‌های روغن ۳- رسوبات کربن ۴- سوخت مایع ۵- خاموشی شعله روی دیواره سیلندر^۴ ۶- نشتی سوپاپ دود. روش‌های درز و شکاف بیشترین تأثیر را داشته و حدود ۴٪ از آلاینده‌های هیدروکربنی موتور از این راه انجام می‌شود.

جدول ۱-۵- منابع تولید آلاینده‌های هیدروکربنی

منبع	درصد سوخت فرار کرده از احتراق	درصد آلاینده‌های هیدروکربنی نسوخته
درزها	۵/۲	۳۸
لایه روغن	۱	۱۶
رسوبات	۱	۱۶
سوخت مایع	۱/۲	۲۰
خاموش شدن شعله	۰/۵	۵
نشتی سوپاپ خروجی	۰/۱	۵
مجموع	۹	۱۰۰

۱- Total Hydrocarbons (THC)

۲- Non-Methane Hydrocarbons (NMHC)

۳- Crevice

۴- Quenching

درز و شکاف‌ها مناطق نازکی در محفظه احتراق هستند که شعله نمی‌تواند در آنها نفوذ کند. این شکاف‌ها در نزدیکی پیستون، واشر سرسیلندر، شمع و نشیمنگاه‌های سوپاپ وجود دارند. بزرگترین شکاف، ناحیه بین رینگ پیستون و دیواره سیلندر است. در مراحل تراکم و مراحل اولیه احتراق، فشار سیلندر افزایش یافته و درصد کوچکی از مخلوط سوخت و هوا را به داخل شکاف‌ها وارد می‌کند. زمانی که فشار سیلندر در بخش انتهایی مرحله تراکم کاهش می‌یابد، گازهای نسوخته داخل شکاف دو مرتبه به سمت داخل سیلندر جریان می‌یابند.

در زمان خود اشتعالی، مخلوط بیش از حد غلیظ سوخت و هوا نیز وجود دارد. البته، در صورتی که گازها به اندازه کافی داغ باشند این مخلوط به وسیله اختلاط‌های اضافی می‌سوزند. از آنجا که مقداری از مخلوط سوخت و هوا تا اواخر مرحله انبساط به نسبت سوخت به هوای استوکیومتریکی نمی‌رسند، برخی هیدروکربن‌ها نیز تولید می‌شوند.

۴-۵-۵- ذرات معلق^۱: دود مرئی یا دوده در گازهای خروجی نشان دهنده غلظت بالای ذرات معلق (PM) در گازهای خروجی است. از آنجا که استنشاق ذرات معلق می‌تواند مشکلات تنفسی ایجاد کند، لذا این گونه آلاینده‌ها به شدت کنترل می‌شود. آلاینده‌های ذرات معلق یک مشکل بزرگ در موتورهای دیزل هستند و عملکرد آنها را در هنگام تولید دوده با محدودیت مواجه می‌سازد. از آنجا که در موتورهای بنزینی از سوخت بدون سرب استفاده می‌شود، ذرات معلق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای مشکل جدی به‌شمار نمی‌آیند.

به هر ماده‌ای غیر از آب که بتواند در آگروز به وسیله فیلتر کردن جمع‌آوری شود، ذرات معلق می‌گویند. ذرات معلق جمع‌آوری شده روی یک فیلتر را می‌توان به دو مؤلفه کلی تقسیم نمود. یک مؤلفه، کربن جامد یا دوده است و مؤلفه دیگر، یک ماده آلی است که شامل هیدروکربن و محصولات اکسیداسیون ناقص آنها می‌باشد. این مواد آلی روی فیلتر، افزایش چگالی پیدا کرده‌اند و یا جذب دوده می‌شوند. بخش آلی به وسیله فرایندهایی که گازهای خروجی را با هوای خروجی از موتور رقیق می‌کند تحت تأثیر قرار می‌گیرد. روش‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری آلاینده‌های ذرات معلق از قبیل تونل‌های رقیق‌سازی، جذب نور، تغییر رنگ فیلتر و جرم حبس شده کاغذ فیلتر در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفته است.

۵-۵-۵- کنترل آلاینده‌گی: از دهه ۱۹۶۰ آلاینده‌های خروجی از موتورها توسط آژانس

حفاظت از محیط‌زیست آمریکا کنترل شده است. تا پیش از ۱۹۶۰ آلاینده‌های تولیدی خودروهای سواری مورد کنترل قرار نمی‌گرفت. ایالت کالیفرنیا در سال ۱۹۶۶ در پاسخ به مشکلات کیفیت هوا، محدودیت‌هایی را برای آلاینده‌های CO و هیدروکربن معرفی نمود. در سال ۱۹۶۸ تنظیمات آلاینده‌ها در سطح کشور آمریکا به اجرا گذاشته شد. با گذشت زمان این محدودیت‌ها سخت‌گیرانه‌تر شدند و امروزه خودروها اجازه تولید آلودگی بسیار کمتری نسبت به مقدار مجاز سال ۱۹۶۸ دارند. این مسئله از طرفی یک چالش اصلی پیش روی خودروسازان است و از طرف دیگر به‌عنوان یک فرصت برای مهندسان خودرو مطرح می‌باشد.

در حال حاضر مهم‌ترین دستگاه پس پالایش، مبدل کاتالیستی سه راهه است. این سیستم در سال ۱۹۷۵ برای اولین بار بر روی سیستم خروجی خودروهای سواری نصب شد. این دستگاه نام خود را از این واقعیت گرفته است که بر روی هر سه آلاینده مورد توجه یعنی اکسیدهای ازت، مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌ها تأثیر می‌گذارد. سرب و گوگرد از جمله موادی می‌باشند که شدیداً بر عملکرد مبدل کاتالیستی تأثیر نامطلوب می‌گذارند. بنابراین سوخت‌های خودرویی دوباره فرمول‌بندی شده‌اند تا سرب و گوگرد کمتری داشته باشند.

چنان‌که در شکل ۷-۵ دیده می‌شود، مبدل‌های کاتالیزوری به شکل لانه زنبوری^۱ و یا ساجمه‌ای^۲ ساخته می‌شوند تا گازهای خروجی در معرض سطح بزرگتر ایجاد شده توسط ذرات یکی از فلزات نجیب یعنی پلاتین (Pt)، پالادیوم (Pd) و رودیوم (Rh) که کمتر از ۵ nm قطر دارند، قرار گیرند. رودیوم فلز اصلی مورد استفاده برای از بین بردن NO است. همچنین پلاتین فلز اصلی جهت از بین بردن CO و HC می‌باشد.

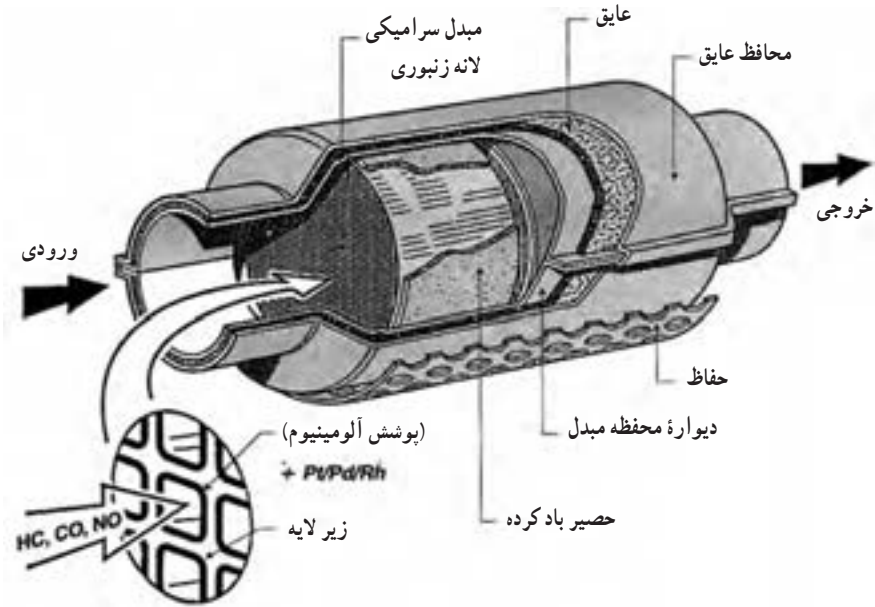
شکل ۸-۵ یک مبدل کاتالیستی سه راهه لانه زنبوری را نشان می‌دهد. با جریان یافتن گازهای خروجی به داخل کاتالیزور، NO از طریق یک واکنش کاهشی روی سطح کاتالیزور با CO، هیدروکربن‌ها و H_۲ واکنش می‌دهد. هیدروکربن‌ها و CO باقیمانده از طریق یک واکنش اکسیداسیون و با تشکیل H_۲O و CO_۲ از بین می‌روند. نرخ اکسیداسیون هیدروکربن‌ها متناسب با وزن مولکولی افزایش می‌یابد، در نتیجه اکسیداسیون سوخت‌های با وزن مولکولی سبک مثل متان در کاتالیزور بسیار آهسته صورت می‌گیرد.

۱- Honeycomb

۲- Pellet



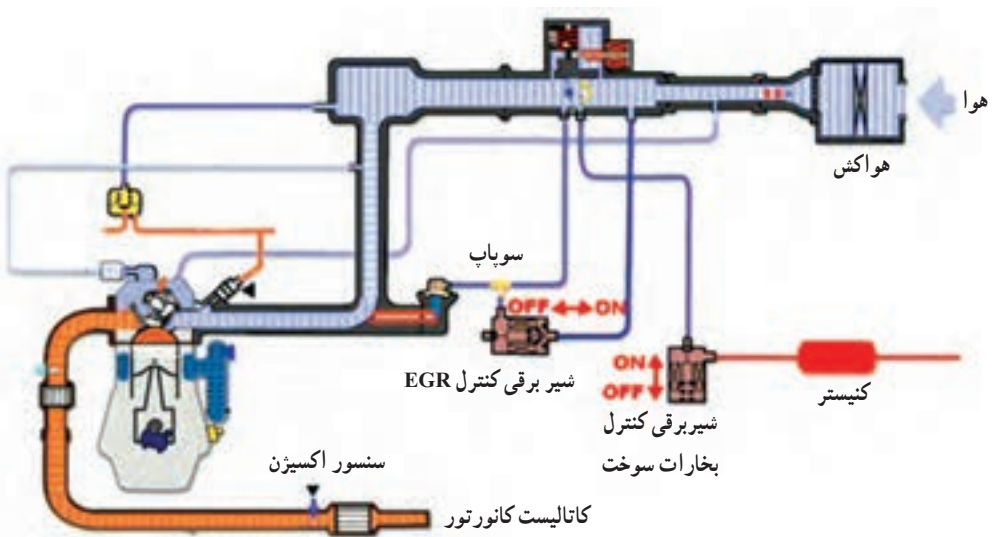
شکل ۷-۵- تصویر برش خورده یک مبدل کاتالیستی



شکل ۸-۵- اجزای یک مبدل کاتالیستی

یک مبدل سه راهه تنها زمانی به درستی عمل می‌کند که ترکیب گازهای خروجی، در حدود $(\pm 1\%)$ احتراق استوکیومتریک باشد. اگر بیش از حد رقیق باشد اکسیدهای ازت از بین نمی‌روند و اگر بیش از حد غنی باشد مونواکسیدکربن و هیدروکربن‌ها از بین نمی‌روند. این باعث می‌شود که یک محدودیت بر روی عملکرد موتور قرار گیرد: برای استفاده از مبدل سه راهه لازم است موتور در یک محدوده باریک حول نسبت استوکیومتریک سوخت - هوا عمل کند. برای ایجاد چنین حالتی از یک سیستم کنترل حلقه بسته به همراه یک سنسور اکسیژن استفاده می‌شود تا نسبت سوخت - هوای واقعی را تعیین نمایند و پاشش‌گر را به گونه‌ای تنظیم کند که موتور در محدوده باریک حول نقطه استوکیومتریک عمل نمایند. کاربراتورها معمولی قادر نیستند نسبت سوخت - هوا را در یک محدوده باریک حول یک نقطه معین نگه دارند.

۶-۵- نمای کلی سیستم کنترل آلاینده‌ها



شکل ۹-۵- دیاگرام سیستم کنترل آلاینده‌ها

سیستم کنترل آلاینده‌ها برای کنترل هیدروکربن‌ها^۱ (HC)، مونوکسیدکربن^۲ (CO) و اکسید

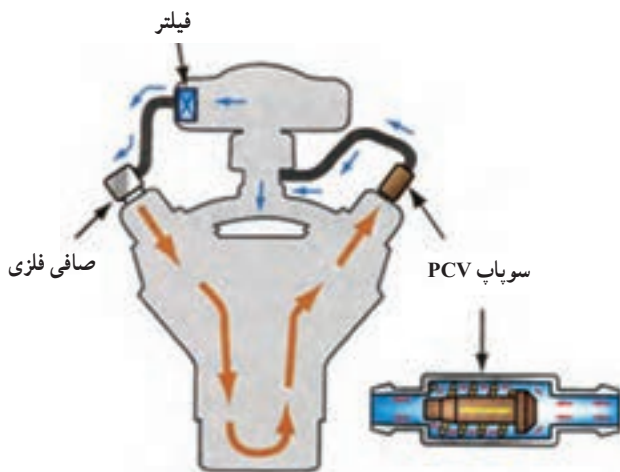
۱- Hydro Carbons

۲- Carbon Monoxide

نیترژن^۱ (NOX) مورد نیاز می‌باشد (شکل ۹-۵). سیستم‌هایی که آلاینده‌گی را در خودروها کنترل می‌نمایند عبارت‌اند از:

۱-۶-۵- سیستم کنترل آلاینده‌گی محفظه میل‌لنگ^۲: گازهای حاصل از احتراق که از بین رینگ‌های پیستون فرار کرده وارد محفظه میل‌لنگ می‌شوند. این گازها برای محیط زیست مضر می‌باشند.

سوپاپ تهویه مثبت محفظه میل‌لنگ^۳ (PCV) قطعه اصلی از این سیستم کنترل آلاینده‌گی محفظه میل‌لنگ بوده، که اجازه می‌دهد، این گازها وارد مانیفولد ورودی شوند و با مخلوط سوخت و هوا در موتور محترق گردند (شکل ۱۰-۵).



شکل ۱۰-۵- سیستم کنترل آلاینده‌گی محفظه میل‌لنگ

۲-۶-۵- سیستم کنترل آلاینده‌گی بخارات سوخت^۴: سیستم کنترل آلاینده‌گی بخارات سوخت، بخارات سوخت را که بیشتر آن هیدروکربن (HC) است در کنیستر^۵ ذخیره می‌نماید. بخارات سوخت در کنیستر نگهداری شده تا با هوای ورودی به موتور مخلوط شده و در محفظه احتراق سوزانده شوند (شکل ۱۱-۵).

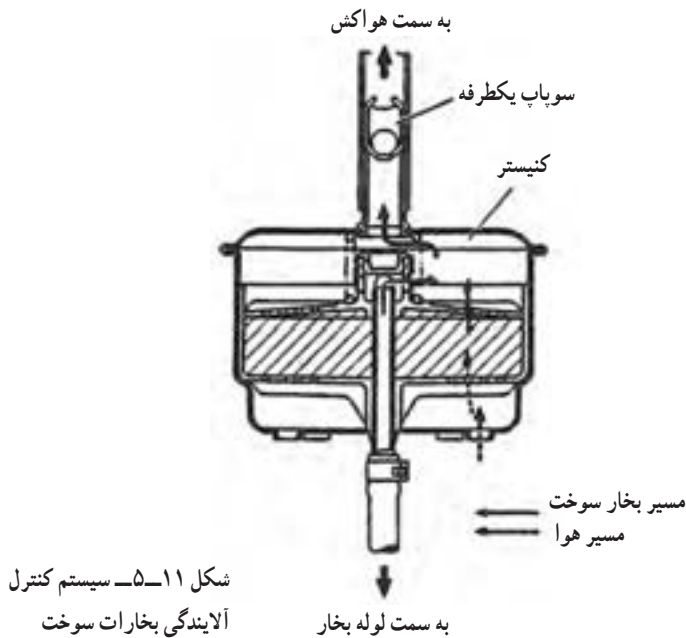
۱- Oxids of Nitrogen

۲- Crankcase Emission Control System

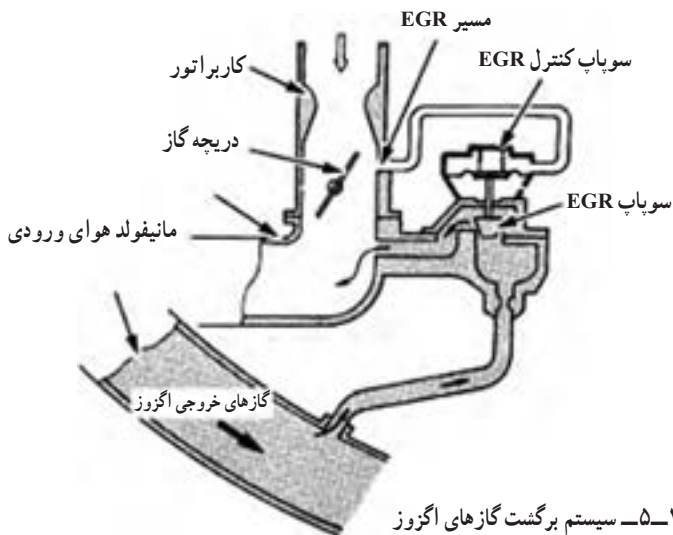
۳- Positive Crankcase Ventilaion Valve

۴- Evaporative Emission Control System

۵- Canister



۳-۶-۵- سیستم برگشت گازهای آگروز (EGR) : برای کاهش دمای محفظه احتراق در زمان‌های معین مقداری از گازهای آگروز به مانیفولد هوای ورودی برگشت داده می‌شود (شکل ۱۲-۵). اکسید نیتروژن (NOX) در نتیجه دمای بالای محفظه احتراق به وجود می‌آید.



۴-۶-۵- کاتالیست کانورتور^۱: کاتالیست کانورتور توسط محفظه احتراق ثانویه به کاهش آلاینده‌گی گازهای آگروز کمک می‌نماید. کاتالیست کانورتور با یک عکس‌العمل شیمیایی به ادامه احتراق گازهای آگروز کمک می‌نماید تا آلاینده‌گی گازهای آگروز را به میزان زیادی کاهش دهد. برای آنکه کاتالیست کانورتور در راندمان بالایی کار نماید، نسبت مخلوط سوخت و هوا باید به دقت کنترل گردد.

۷-۵- قطعات سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین

سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین توسط پردازشگر موتور^۲ کنترل می‌گردد. پردازشگر موتور با استفاده از اطلاعات سنسور^۳های گوناگون، زمان دقیق پاشش سوخت، مقدار سوخت، تایمینگ جرعه و ضریب تصحیح دور آرام را محاسبه می‌نماید. همچنین سیگنال‌های راه‌انداز عملگر^۴های مربوطه را مطابق با نتیجه محاسبات ارسال می‌نماید. قسمت‌های اصلی سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین عبارت‌اند از:

۱-۷-۵- سنسورها: سنسورها وضعیت‌های موردنیاز را برای تغذیه سوخت، تایمینگ جرعه و جریان هوای دور آرام را تعیین می‌کنند. تعدادی از این وضعیت‌ها عبارتند از درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور، مقدار جریان هوای عبوری از مانیفولد، فشار مانیفولد و ... می‌باشد. این سنسورها وضعیت عملکردی را اندازه‌گیری نموده و سیگنال‌های ورودی پردازشگر موتور را تهیه می‌نمایند (شکل ۱۳-۵).

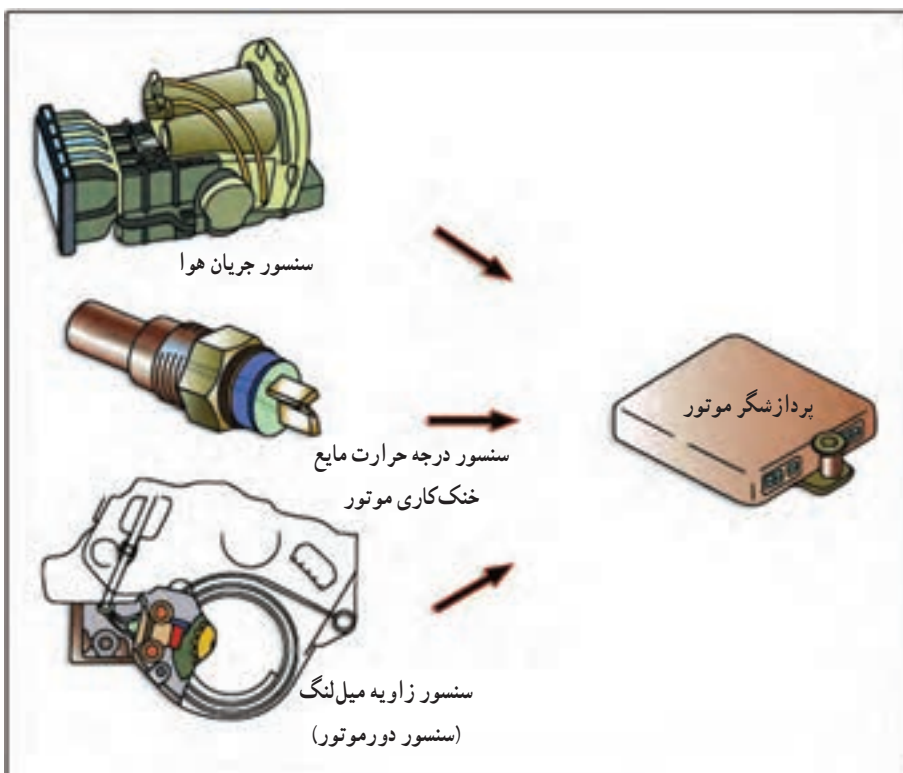
۲-۷-۵- پردازشگر موتور: پردازشگر موتور در برابر نیاز به قدرت موتور در هنگام رانندگی، پاسخ‌های سریعی در مقابل تغییرات عملکردی ارائه می‌نمایند و یک پردازشگر عملکرد موتور را براساس شرایط محیطی کنترل می‌کند و این در حالی است که سیستم کاربراتوری این فعالیت را نمی‌توانست انجام دهد. در نتیجه تغذیه سوخت بسیار دقیق انجام می‌گیرد. پردازشگر موتور شرایط محیطی را تشخیص می‌دهد و با استفاده از نرم‌افزارهای نصب شده می‌تواند تغذیه سوخت، تایمینگ جرعه و سایر موارد را کنترل نماید. بعد از محاسبات، پردازشگر موتور

۱- Catalytic Converter

۲- Engine Electronic Control Unite (E.C.U)

۳- Sensors

۴- Actuators



شکل ۱۳-۵

بر اساس وضعیت عملکرد سنسورها، سیگنال‌های لازم را به عملگرها برای تغذیه مقدار دقیق سوخت و جرقه زدن مخلوط سوخت و هوا در زمان دقیق به عملگرها ارسال می‌نماید. در هنگام تغییر وضعیت عملگر موتور، پردازشگر موتور محاسبات را به منظور تنظیم تغذیه

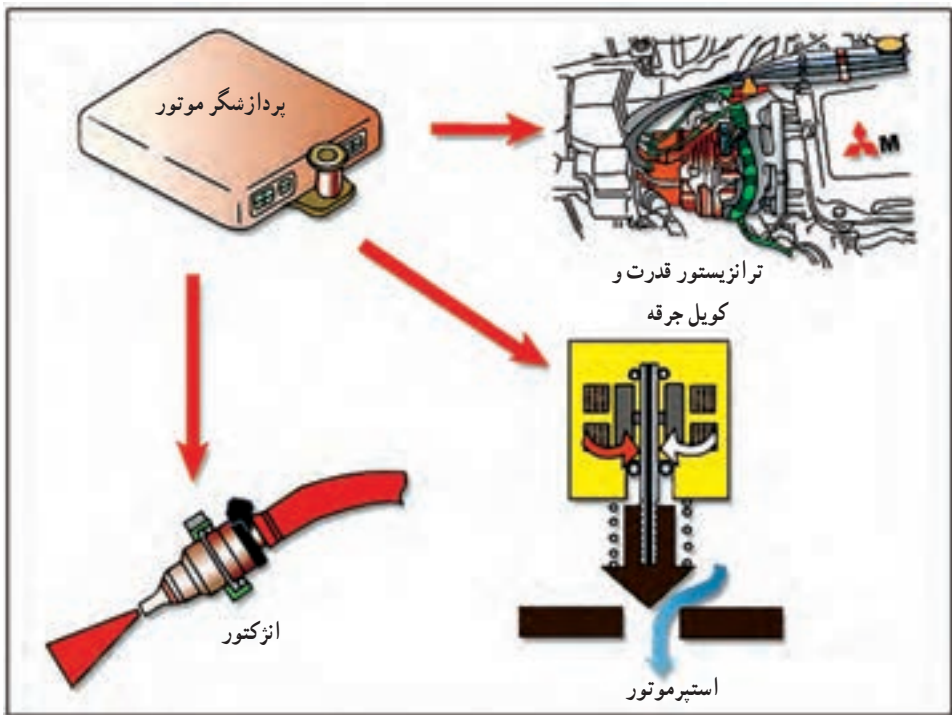
سوخت، تایمینگ جرقه و دیگر تصمیمات کنترلی مورد نیاز انجام می‌دهد و این مراحل در تمام مدت زمانی که موتور روشن است انجام می‌پذیرد. (شکل ۱۴-۵).



شکل ۱۴-۵

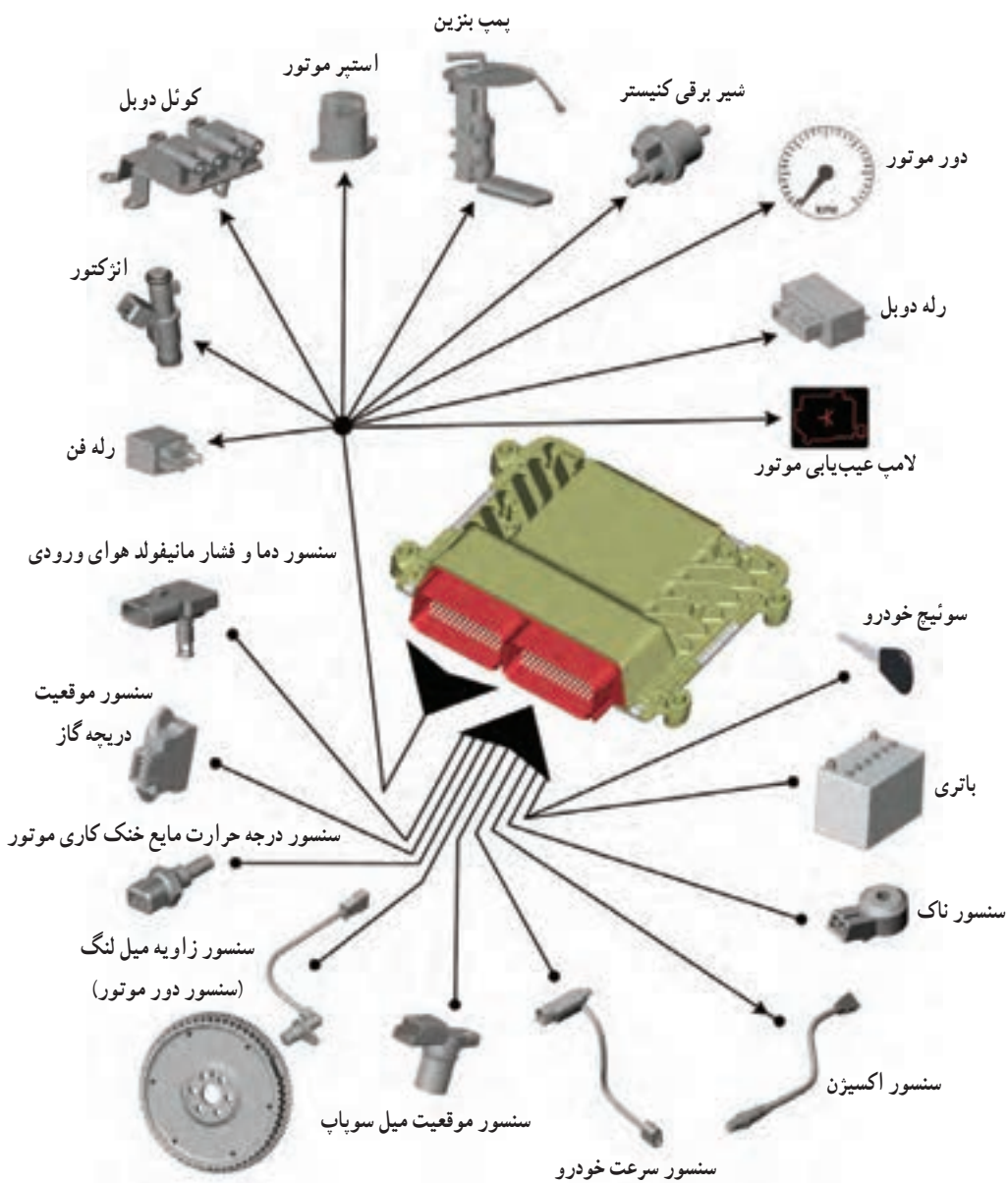
۳-۷-۵- عملگرها : عملگرها وسایلی هستند که براساس تصمیمات کنترلی خارج شده از پردازشگر موتور کار می نمایند و کاربرد آنها برای تغذیه سوخت، تایمینگ جرچه، سرعت دور آرام و در نتیجه کنترل آلایندگی می باشد.

اگر پردازشگر موتور بخواهد دور آرام موتور را افزایش دهد، یک عملگر (استپر موتور) را برای مقدار معینی از جریان هوا در اطراف دریچه گاز به کار می اندازد. بیشتر عملگرها برای پردازشگر موتور سیگنال ارسال نمی کنند. عملگرها، براساس سیگنال های دریافتی از پردازشگر موتور، عمل می نمایند (شکل ۱۵-۵).



شکل ۱۵-۵

در شکل ۱۶-۵ چگونگی ارتباط سنسورها و عملگرها با (Ecu) پردازشگر موتور دیده می شود.

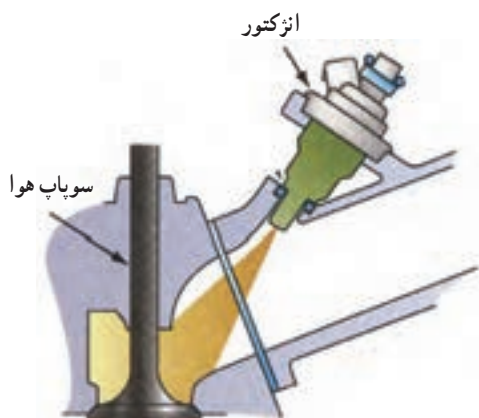


شکل ۱۶-۵- سنسورها و عملگرهای مرتبط با ECU

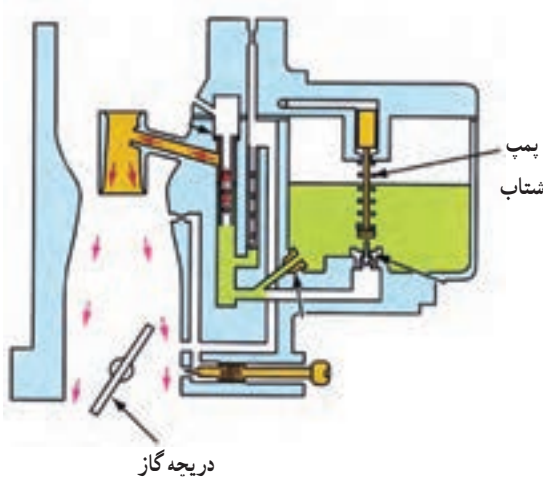
۵-۸- جدول مقایسه بین سیستم کاربراتوری و سیستم انژکتوری بنزینی

جدول ۵-۲

عنوان	سیستم کاربراتوری	سیستم انژکتوری بنزینی
ساختمان	شامل یک وتوری، ژینگلور اصلی، دریچه گاز، شناور و دیگر قطعات نشان داده شده در شکل ۵-۱۶ می باشد.	شامل قطعات هوای ورودی (مانند دریچه گاز)، قطعات پاشش سوخت (مانند انژکتورها)، قطعات کنترلی (مانند پردازشگر موتور و سنسورها) و دیگر قطعات نشان داده شده در شکل ۵-۱۷ می باشد.
روش تغذیه سوخت	<ul style="list-style-type: none"> سرعت جریان هوای عبوری از وتوری به مقدار باز بودن دریچه گاز بستگی دارد. خلأ تولید شده در وتوری به سرعت جریان هوا بستگی دارد. سوخت از میان ژینگلور اصلی براساس خلأ از محفظه شناور کشیده می شود. مقدار سوخت کشیده شده به مقدار خلأ بستگی دارد. سوخت کشیده شده از ژینگلور اصلی در بعضی از مواقع کافی نبوده و باید از طریق مسیر دور آرام و پمپ شتاب جبران شود. 	<ul style="list-style-type: none"> سرعت جریان هوای وارد شده به موتور مستقیماً توسط پردازشگر موتور (مطابق با سیگنال سنسور جریان هوا) یا غیرمستقیم (مطابق با سیگنال سنسور فشار هوا) تعیین می گردد. پردازشگر موتور مقدار سوخت مورد نیاز برای احتراق را مطابق با نسبت جریان هوا محاسبه می نماید. پردازشگر موتور در مقایسه با مقدار سوخت محاسبه شده یک سیگنال برای فعال کردن مدت زمان انژکتور ارسال می نماید. پردازشگر موتور مقدار پاشش سوخت را براساس شرایط عملکردی موتور تصحیح می نماید.



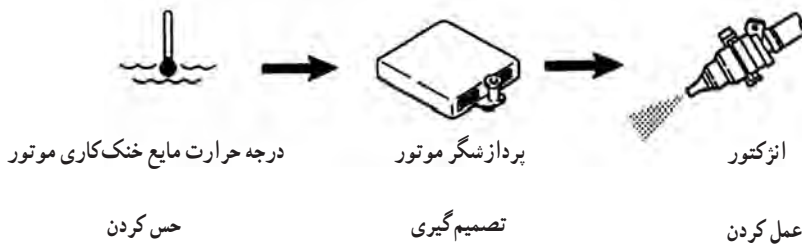
شکل ۵-۱۷



شکل ۵-۱۶

۵-۹- عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین

پردازشگر موتور، سیستم پاشش سوخت را برای کنترل ارسال سوخت بیشتر، تایمینگ جرعه، دور آرام و آلایندگی از طریق «حس کردن^۱ - تصمیم گیری^۲ - عمل کردن^۳» به دقت کنترل می نماید. پردازشگر موتور شرایط عملکرد بسیار دقیق ورودی هایی که از سنسورهای متعدد و سوئیچ ها دریافت می گردد را حس می نماید. پردازشگر موتور، اطلاعات دریافتی از سنسورها را برای تصمیم گیری با توجه به برنامه ریزی داخلی جمع آوری می نماید. سپس پردازشگر موتور سیگنال هایی را برای راه اندازی عملگرها تهیه می نماید (شکل ۵-۱۸).



شکل ۵-۱۸

۵-۹-۱- حس کردن: در سیستم های پاشش سوخت از انواع سنسورها استفاده می شود. سنسورها از نظر سیگنال ارسالی به پردازشگر موتور به چهار گروه مختلف تقسیم بندی می شوند.

۵-۹-۱-۱- سنسورهای روشن/ خاموش (On/Off): سنسورهای روشن/ خاموش (on/off) که معمولاً آنها را ما به عنوان سوئیچ می شناسیم. و کاربرد آنها در سوئیچ کولر (A/C)، سوئیچ موقعیت دور آرام، سوئیچ فشار روغن فرمان هیدرولیک و ... می باشد. ورودی این سنسورها از پردازشگر موتور در زمان خاموش بودن (OFF) ۵ ولت یا ولتاژ سیستم (ولتاژ باتری) و صفر ولت برای حالت روشن بودن (ON) می باشد. (حالت روشن (ON) زمانی است که مسیر سیستم الکتریکی توسط سوئیچ کامل می شود) (شکل ۵-۱۹).

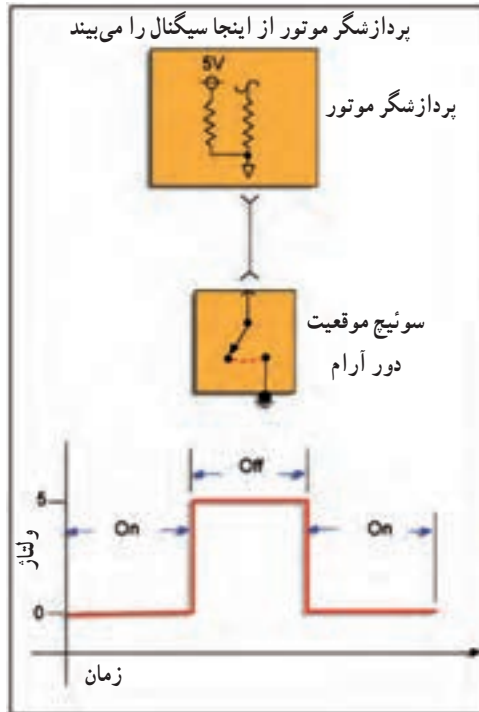
تجهیزات زیر می توانند سیگنال های این نوع از سنسورها را نمایش بدهند:

۱- Sense

۲- Decide

۳- Act

- ولت متر
- دستگاه عیب یاب (بعضی از سیگنال ها را نمایش می دهد)
- اسیلوسکوپ^۱



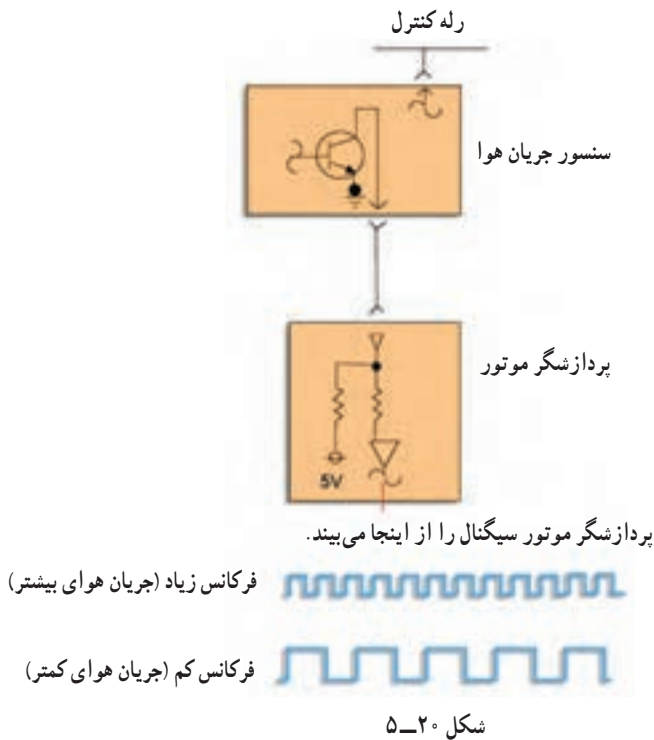
شکل ۱۹-۵

۲-۱-۹-۵- سنسورهای تولید فرکانس^۲: سنسورهای تولید فرکانس در سنسور جریان هوا، سنسور زاویه میل لنگ (دور موتور)، سنسور موقعیت میل سوپاپ و سنسور سرعت خودرو کاربرد دارد (شکل ۲۰-۵).

ورودی این سنسورها به پردازشگر موتور موج مربعی شکل (5V-0V-5V-0V...) با تغییرات فرکانس می باشد.

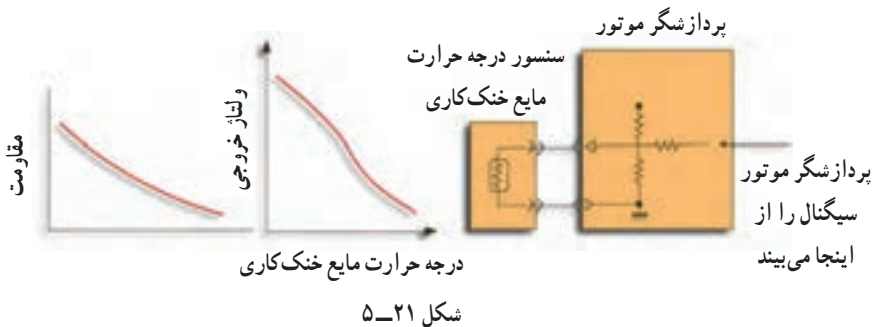
۱- An Oscilloscope

۲- Frequency Generating Sensors



تجهیزات زیر می توانند سیگنال های این نوع از سنسورها را نمایش بدهند :

- بعضی از ولت مترها
 - دستگاه عیب یاب (بعضی از سیگنال ها را نمایش می دهد)
 - اسیلوسکوپ
- ۳-۱-۹-۵- سنسورهای مقاومت متغیر^۱ : سنسورهای مقاومت متغیر در دو نوع ترمیستور^۲



۱- Variable Resistance Sensor

۲- Thermistors

و پتانسیومتر^۱ می‌باشند که در سنسور موقعیت دریچه گاز^۲، سنسور درجه حرارت مایع خنک کاری موتور^۳ و سنسور درجه حرارت هوای ورودی^۴ کاربرد دارد.

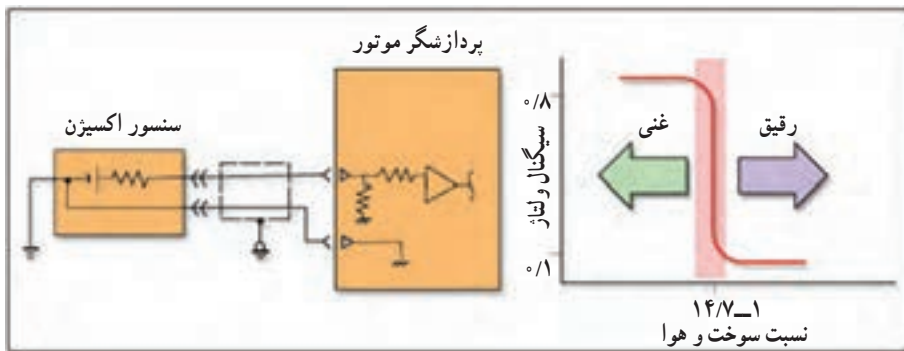
این نوع از سنسورها قسمتی از یک مدار می‌باشند که به پردازشگر موتور یک ولتاژ متغیر ارسال می‌نمایند، که معمولاً بین ۰ و ۵ ولت می‌باشد. در شکل ۲۱-۵ با تغییر مقاومت سنسور مقدار جریانی که به بدنه جاری می‌شود تغییر می‌نماید و این تغییرات به وسیله پردازشگر موتور تشخیص داده می‌شود. تجهیزات زیر می‌توانند سیگنال‌های این نوع از سنسورها را نمایش بدهند.

● ولت متر دیجیتال

● دستگاه عیب‌یاب (بعضی از سیگنال‌ها را نمایش می‌دهد)

● یک اسپلوسکوپ

۴-۱-۹-۵- سنسورهای تولید ولتاژ^۵: سنسورهای تولید ولتاژ در سنسور اکسیژن^۶ و سنسور خودسوزی^۷ (ناک سنسور^۸) کاربرد دارند. ورودی این سنسورها به پردازشگر موتور به شکل سیگنال ولتاژ مطابق با پارامتر اندازه‌گیری می‌باشد. برای مثال سیگنال سنسور اکسیژن می‌تواند بین ۰ و ۱ ولت مطابق با نسبت سوخت و هوا در مدت احتراق باشد (شکل ۲۲-۵).



شکل ۲۲-۵

- ۱- Potentiometers
- ۲- Throttle Position Sensor (TPS)
- ۳- Coolant Temperature Sensor
- ۴- Intake Air Temperature Sensor
- ۵- Voltage Producing Sensors
- ۶- Oxygen Sensor
- ۷- Detonation Sensor
- ۸- Knock Sensor

تجهیزات زیر می‌توانند سیگنال‌های این نوع از سنسورها را نمایش بدهند :

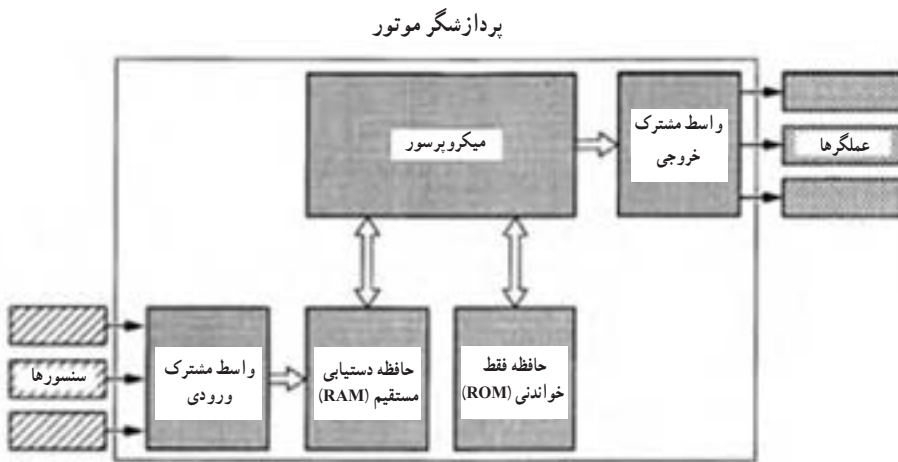
- ولت متر دیجیتال
- دستگاه عیب یاب (بعضی از سیگنال‌ها را نمایش می‌دهد)
- یک اسیلوسکوپ

۲-۹-۵- تصمیم‌گیری : پردازشگر موتور براساس اطلاعات برنامه‌ریزی شده در داخل حافظه خود تصمیم‌گیری اولیه را انجام می‌دهد. در داخل پردازشگر موتور سه نوع حافظه وجود دارد (شکل ۲۳-۵).

۱-۲-۹-۵- حافظه فقط خواندنی^۱ (ROM) : حافظه فقط خواندنی برنامه داخلی دائمی را ذخیره می‌نماید. حافظه فقط خواندنی برای نگه داشتن اطلاعات خودنمایی به برق باتری ندارد.

۲-۲-۹-۵- حافظه دستیابی مستقیم^۲ (RAM) : این نوع از حافظه اطلاعات سنسورها را در خود ذخیره می‌نماید، و برای به‌روز رسانی برنامه داخلی دائمی استفاده می‌گردد. و برای نگه داشتن اطلاعات نیاز به برق باتری دارد.

۳-۲-۹-۵- حافظه فلش^۳ : حافظه‌ای که می‌توان مضمون اطلاعات را به‌صورت الکتریکی پاک یا دوباره رایت نمود.



شکل ۲۳-۵

۱- Read Only Memory (ROM)

۲- Random Access Memory

۳- Flash Memory

۳-۹-۵- عمل کردن : برای کامل شدن مراحل «حس کردن- تصمیم گیری- عمل کردن»،

پردازشگر موتور سیستم های موتور را با استفاده از وسایل الکتریکی به نام عملگر کنترل می نماید.

برای کنترل عملگرها پردازشگر موتور ممکن است مدار تغذیه (برق مثبت) یا مدار بدنه (منفی) را

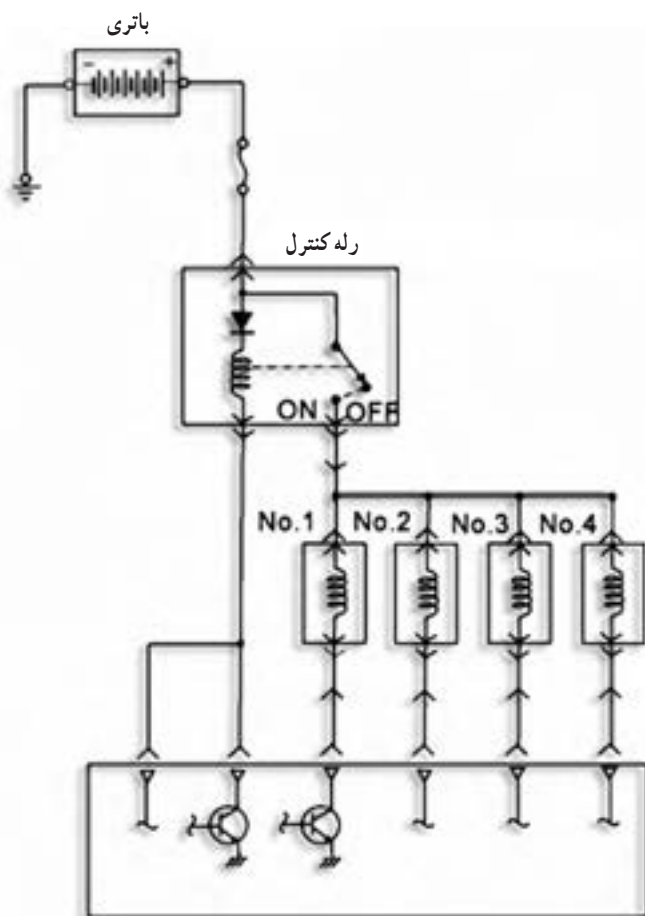
کنترل نماید. امروزه در بیشتر خودروها پردازشگر موتور مدار بدنه را کنترل می نماید.

۱-۳-۹-۵- مدار اثرکتور: مدار اثرکتور (پاشش سوخت) یک مثال از کنترل مدار بدنه

عملگر توسط پردازشگر موتور می باشد (شکل ۲۴-۵).

ولتاژ مثبت باتری از طریق رله به همه اثرکتورها در زمانی که کلید استارت (سوئیچ) در حالت

روشن (ON) یا استارت (START) قرار دارد جریان می یابد.

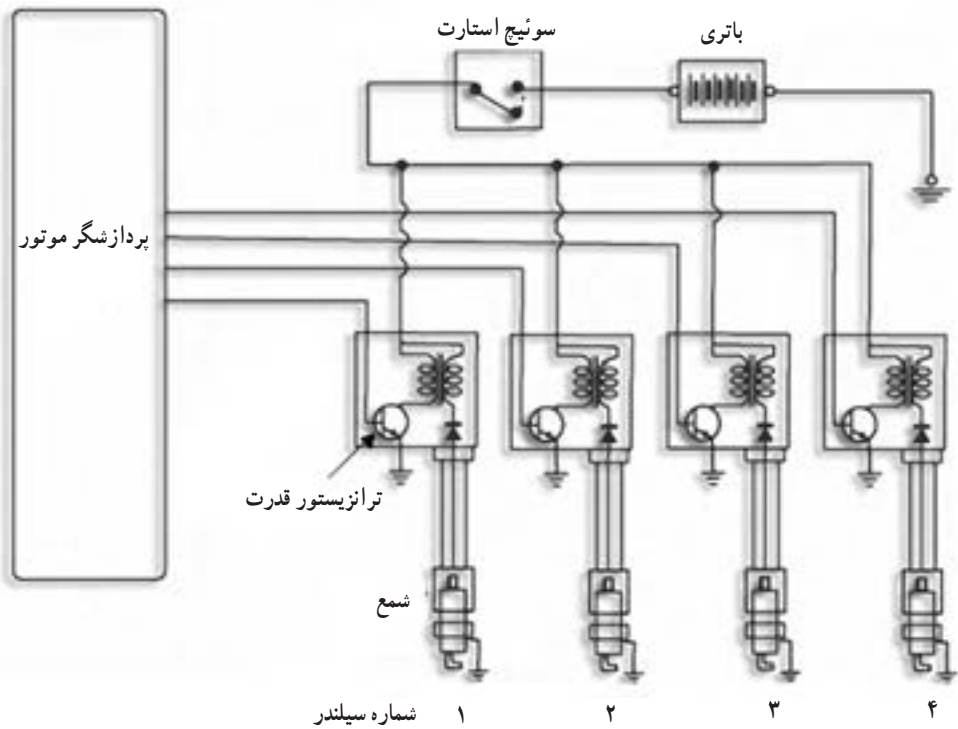


پردازشگر موتور

شکل ۲۴-۵

برای فعال شدن یک اترکتور (روشن شدن اترکتور)، پردازشگر موتور مدار بدنه اترکتور را کامل می نماید. در نتیجه جریان از طریق سیم پیچ اترکتور جاری شده که باعث باز شدن یک سوپاپ سوخت و نازل می شود.

پردازشگر موتور اجازه می دهد جریان به اترکتور سوخت برای یک مقدار دقیق از زمان جاری گردد. مقدار تغذیه سوخت به وسیله زمان روشن اترکتور (ON) تعیین می گردد که به مقدار میلی ثانیه می باشد.



شکل ۲۵-۵

۲-۳-۹-۵- مدار ترانزیستور قدرت^۱: مدار ترانزیستور قدرت نمونه دیگری از کنترل مدار بدنه عملگر از طریق یک سوئیچ الکتریکی (ترانزیستور قدرت) توسط پردازشگر موتور می باشد. (شکل ۲۵-۵)

پردازشگر موتور به صورت الکتریکی مدار بدنه کویل جرقه را از طریق کنترل نمودن ترانزیستور

قدرت باز و بسته می‌نماید. پایه ترانزیستور قدرت از طریق پردازشگر موتور فعال می‌شود. زمانی که ترانزیستور قدرت روشن می‌شود، جریان از طریق سیم پیچ اولیه کویل به بدنه جاری می‌شود. پردازشگر موتور پایه ولتاژ مرجع روی ورودی سنسور و برنامه داخلی را کنترل می‌نماید. ترانزیستور قدرت در بعضی از خودروها در داخل پردازشگر موتور، در داخل کویل جرقه یا روی محفظه موتور قرار دارد.

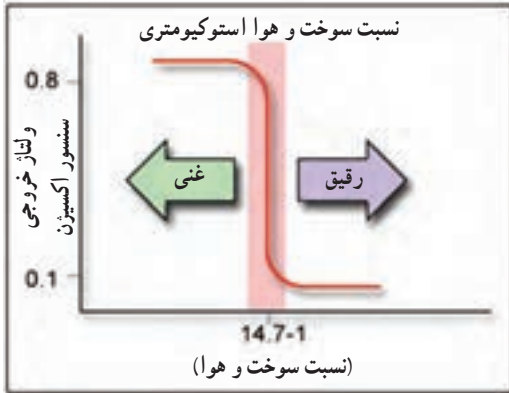
۴-۹-۵- بازخورد کنترل^۱: سنسور اکسیژن، سنسور خودسوزی (سنسور ضربه) و تعداد دیگری از سنسورهای موقعیت، نتایج تصمیم پردازشگر موتور را توسط یک بازخورد به پردازشگر موتور ارسال می‌نمایند. این بازخورد کنترل به پردازشگر موتور اجازه می‌دهد تغذیه سوخت، تایمینگ جرقه و هوای دور آرام را تنظیم کند (شکل ۲۶-۵).



شکل ۲۶-۵

۱-۴-۹-۵- کنترل بازخورد تغذیه سوخت: سنسور اکسیژن در قسمتی از مسیر آگزوز قرار گرفته و یک سیگنال بین یک و صفر ولت که مربوط به مقدار اکسیژن باقی مانده در دودهای خروجی است، تولید می‌نماید. پردازشگر موتور با استفاده از این سیگنال‌ها برنامه تغذیه سوخت را تنظیم می‌نماید. سیگنال بین ۱ (یک) و ۵/۰ ولت نشانگر غنی بودن مخلوط سوخت و هوا و سیگنال ۵/۰ و ۰ (صفر) نشانگر رقیق بودن مخلوط سوخت و هوا می‌باشد (شکل ۲۷-۵). مطابق با سیگنال سنسور اکسیژن تغذیه سوخت تنظیم می‌شود، سنسور اکسیژن سریعاً و همیشه

۱- Feed back control



شکل ۲۷-۵

یک سیگنال به روز شده تولید می نماید. پردازشگر موتور پیوسته به سیگنال به روز شده در یک کنترل بازخورد (حلقه بسته) پاسخ می دهد.

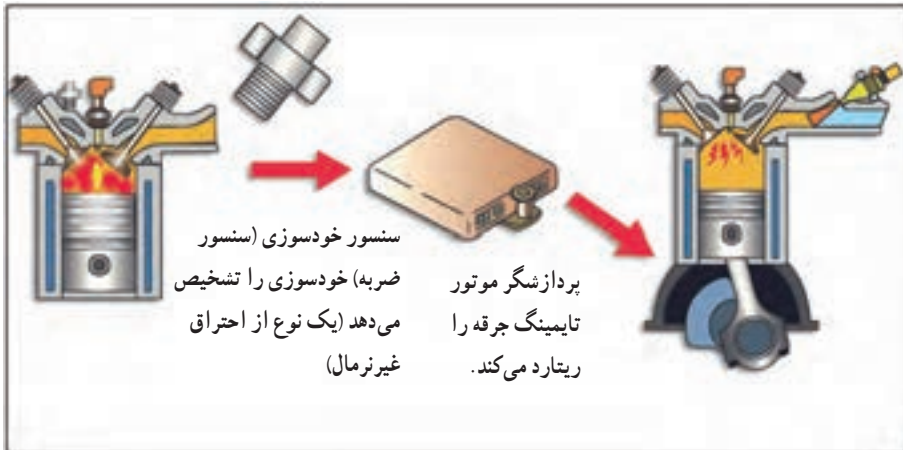
۲-۴-۹-۵- بازخورد تایمینگ

جرقه: سنسور ضربه بر روی بلوکه سیلندر یا سرسیلندر بسته می شود و لرزش موتور را با یک فرکانس خاص آشکار می کند. هر زمان که خودسوزی به وجود می آید، این سنسور

سیگنال های ارسالی به پردازشگر موتور را افزایش می دهد. پردازشگر موتور در پاسخ به افزایش سیگنال های ورودی از این سنسور، تایمینگ جرقه را ریتارد می نماید.

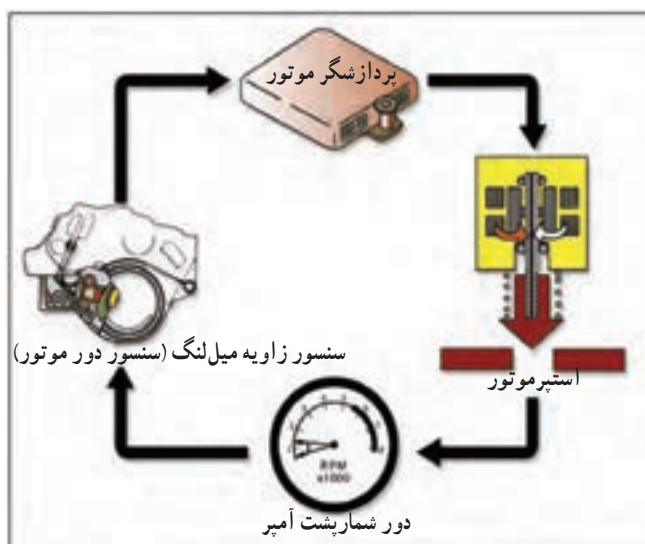
زمانی که لرزش موتور کاهش پیدا می کند و به سطح نرمال باز می گردد، تایمینگ جرقه مطابق با کنترل پردازشگر موتور به حالت آوانس برمی گردد.

فرایند نشان داده شده، تشخیص خودسوزی و تنظیم تایمینگ جرقه به صورت مداوم در یک مکانیزم کنترلی به صورت حلقه بسته انجام می شود (شکل ۲۸-۵).



شکل ۲۸-۵

۳-۴-۹-۵- بازخورد دور آرام: زمانی که پردازشگر موتور سیگنال‌هایی به استپر موتور (عملگر) به منظور افزایش مقدار هوای دور آرام می‌فرستد، سنسور زاویه میل‌لنگ (سنسور دور موتور) در پاسخ به این پیغام یک بازخورد کنترلی در جهت تکمیل این فرایند به موتور ارسال می‌نماید. پردازشگر موتور، معمولاً براساس سیگنال ورودی از سنسور زاویه میل‌لنگ (سنسور دور موتور) جریان هوای دور آرام را تنظیم می‌نماید. به هر حال برنامه کنترلی دور آرام پردازشگر موتور، زمانی که دریچه گاز کاملاً بسته می‌باشد فعال می‌گردد (شکل ۲۹-۵).



شکل ۲۹-۵

۵-۹-۵- عملکرد پردازشگر موتور :

❖ انواع حافظه

• حافظه فقط خواندنی (ROM)

• حافظه دستیابی مستقیم (RAM)

• حافظه فلش

امروزه از یک حافظه دیگر به نام حافظه انطباقی^۱ نیز استفاده می‌نمایند که یک قسمت از

۱- Adaptive Memory

حافظه دستیابی مستقیم (RAM) بوده و در صورتی که کابل باتری قطع شود اطلاعات این حافظه پاک می‌شود.

❖ **کد خطا^۱**: کدهای خطا توسط دستگاه عیب‌یاب خوانده می‌شوند و معرف ایراد در مدار بوده و یا اینکه پردازشگر موتور نمی‌تواند عملکرد خود را به‌طور دقیق انجام دهد می‌باشد. در اکثر کدهای خطا لامپ عیب‌یابی^۲ روشن می‌شود و پردازشگر موتور در حالت ایمنی در (وجود عیب) قرار می‌گیرد. امروزه از کدهای چهاررقمی استفاده می‌شود ولی قبلاً از کدهای دو رقمی استفاده می‌گردید. نمونه‌ای از کدهای خطای دو رقمی در جدول‌های زیر ذکر شده است.

❖ کدهای خطای دورقمی

ردیف	آیتم عیب	کد خطا	
		شماره	حافظه
۱	پردازشگر موتور	-	-
۲	سنسور اکسیژن (جلو)	۱۱	مثبت
			<ul style="list-style-type: none"> • کانکتور یا دسته سیم • سنسور اکسیژن • فشار سوخت • انژکتورها • نشستی در مانیفولد هوا
۳	سنسور جریان هوا	۱۲	مثبت
			<ul style="list-style-type: none"> • کانکتور یا دسته سیم • سنسور جریان هوا
۴	سنسور دمای هوای ورودی	۱۳	مثبت
			<ul style="list-style-type: none"> • کانکتور یا دسته سیم • سنسور دمای هوای ورودی

۱- Diagnosis Code

۲- Check Engine Lamp

کدهای خطا چهار رقمی (بر اساس استاندارد OBD II)

code No.	Diagnosis item	Engine Warning Lamp
—	Engine-A/T-ECU پردازشگر موتور	ON
P0102* ¹	Air flow circuit low input ولتاژ کم ورودی مدار جریان هوا	ON
P0103* ¹	Air flow circuit high input ولتاژ زیاد ورودی مدار جریان هوا	ON
P0107	Manifold absolute pressure circuit low input ولتاژ کم ورودی مدار فشار مطلق مانیفولد	ON



شکل ۳-۵

۶-۹-۵- لامپ «عیب یابی

موتور»: زمانی که یک کد خطا ذخیره می شود، پردازشگر موتور لامپ عیب یابی موتور را روشن می نماید (شکل ۳-۵). کد خطا مستقیماً با استفاده از برق باتری ذخیره می شود و زمانی که سوئیچ جرقه در حالت خاموش off قرار می گیرد کد خطا پاک نمی شود. به هر حال اگر یک ایراد داخلی رخ دهد، لامپ عیب یابی روشن

شده و سپس خاموش می گردد و کد خطا در حافظه ذخیره می شود.

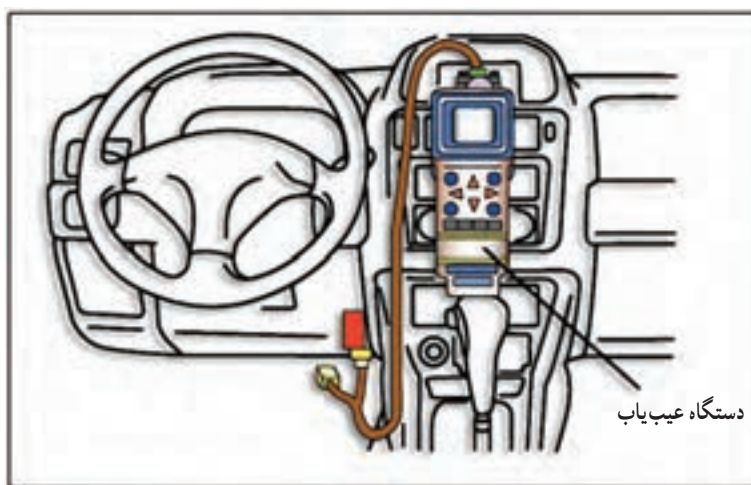
اگر یک قطعه اصلی در سیستم کنترل موتور معیوب گردد، پردازشگر موتور در حالت خود عیب یابی قرار می گیرد تا موتور به کار خود ادامه دهد.

اگر مدار یک قطعه اصلی مانند سنسور زاویه میل لنگ (دور موتور) معیوب شود، پردازشگر موتور نمی تواند سیستم جرقه و کنترل سوخت را راه اندازی نماید.

۷-۹-۵- دستگاه عیب‌یاب: در حال حاضر دستگاه‌های عیب‌یاب به‌طور مستقیم به پردازشگر موتور متصل می‌شوند. کانکتور عیب‌یاب در خودروهای جدید به‌صورت ۱۶ پین می‌باشند که در شکل ۳۱-۵ به نمایش درآمده‌اند در بعضی از خودروهای قدیمی از کانکتورهای عیب‌یاب دو پین یا دوازده پین نیز استفاده می‌گردید. امروزه دستگاه‌های عیب‌یاب خواندن کدهای خطا، پاک کردن کدهای خطا، اطلاعات سرویس (اطلاعات سنسورها)، تست عملگرها به‌صورت دستی و برنامه‌ریزی پردازشگر موتور، سیستم ایموبلایزر (تعریف کلید) و ... را انجام می‌دهند (شکل ۳۲-۵).



شکل ۳۱-۵- کانکتور عیب‌یابی (DLC) ۱








شکل ۳۲-۵- دستگاه عیب‌یاب

۱۰-۵- انواع سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت

انواع مختلفی از دیاگرام‌های سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت موتورهای بنزینی در شکل‌های ۳۳-۵ الی ۳۸-۵ نشان داده شده است. هر دیاگرام قطعات سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت را نشان می‌دهد، پردازشگر موتور سیگنال‌ها را از سنسورهای مختلف دریافت می‌نماید و عملگرهای مختلف را راه‌اندازی (فعال) می‌نماید.

جدول ۲-۵

سیستم	پاشش مرکزی	L-Jetroni	LH-Jetronic	کنترل پاشش توسط فشار مانیفولد ورودی	پاشش مستقیم
ویژگی‌های خارجی	واحد پاشش مرکزی	ریل سوخت و اگزتورهای الکتریکی			پمپ فشار بالا، عملگر و سنسور فشار
		سنسور جریان هوا	سنسور جرم هوا	سنسور فشار مانیفولد هوای ورودی	
					
نوع پاشش	پاشش غیرمستقیم				پاشش مستقیم
محل اگزتور	قبل از دریچه گاز	قبل از سوپاپ ورودی			داخل سیلندر
تعداد اگزتور	پاشش سوخت تک اگزتور	مطابق با تعداد سیلندرها			
ترتیب پاشش	با سنجش زمان	گروهی	ترتیبی	ترتیبی	بر طبق مشخصات سیلندر
کنترل اصلی متغیر	<ul style="list-style-type: none"> زاویه دریچه گاز دور موتور 	<ul style="list-style-type: none"> جریان هوا دور موتور 	<ul style="list-style-type: none"> جرم هوا دور موتور 	<ul style="list-style-type: none"> فشار مانیفولد ورودی دور موتور 	محاسبات براساس گشتاور (جرم هوای ورودی - دور موتور)