بسم الله الرحمن الرحیم

تکنولوژی مولد قدرت

رشتهٔ مکانیک خودرو

زمینهٔ صنعت

شاخهٔ آموزش فنی و حرفه‌ای

۱۳۹۴

همکاران محترم و دانش‌آموزان عزیز :

پیشنهادات و نظرات خود را دربارهٔ محتوای این کتاب به نشانی تـهران ـ صندوق پستی شمارهٔ ۴۸۷۴/۱۵ دفتر تألیـف کتاب‌های درسی فنی‌و حرفه‌ای و کاردانش، ارسال فرمایند.

پیام‌نگار(ایمیل) **tvoccd@medu.ir**

وب‌گاه (وب‌سایت) **www.tvoccd.medu.ir**

وزارت آموزش و پرورش

سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی

برنامه‌ریزی محتوا و نظارت بر تألیف : **دفتر تألیف کتاب‌های درسی فنی و حرفه‌ای و کاردانش**

نام کتاب : **تکنولوژی مولد قدرت ـ ۳۵۹/۴۴**

مؤلفان : **علیرضا نورپور، احمد آقاخانی**

آماده‌سازی و نظارت بر چاپ و توزیع : **ادارهٔ کلّ نظارت بر نشر و توزیع مواد آموزشی**

تهران : خیابان ایرانشهر شمالی ـ ساختمان شمارهٔ ۴ آموزش و پرورش(شهید موسوی)

تلفن : ۹ـ۸۸۸۳۱۱۶۱ ، دورنـگار : ۸۸۳۰۹۲۶۶، کـدپستی : ۱۵۸۴۷۴۷۳۵۹،

وب سایت : www.chap.sch.ir

مدیر امور فنی و چاپ : **لیدا نیک‌روش**

طراح جلد : **مریم کیوان**

صفحه‌آرا : **مریم نصرتی**

حروفچین : **سیده فاطمه محسنی، سیده فاطمه طباطبایی**

مصحح : **مژده ابراهیمی، فاطمه سادات قوامی**

امور آماده‌سازی خبر : **فریبا سیر**

امور فنی رایانه‌ای : **حمید ثابت‌کلاچاهی**

ناشر : **شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران : تهران ـ کیلومتر ۱۷ جادّهٔ مخصوص کرج ـ خیابان ۶۱ (دارو پخش)**

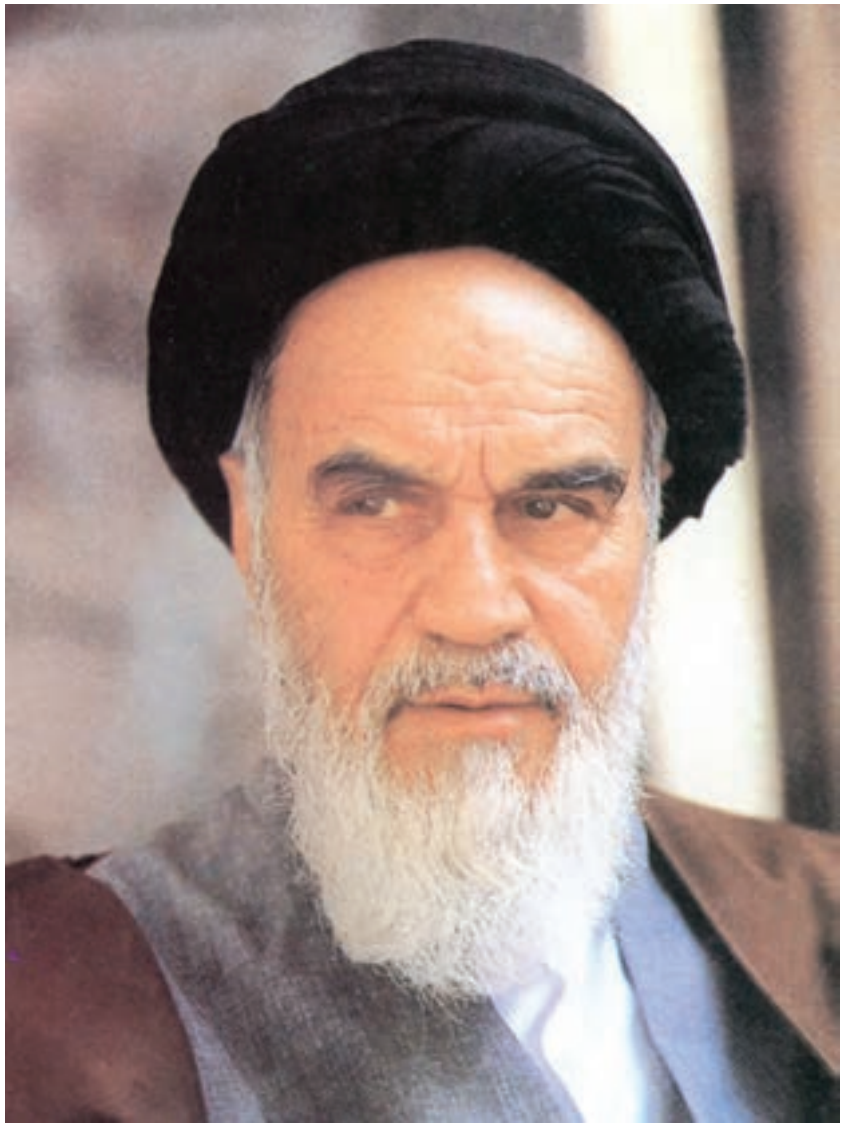
تلفن : ۵ـ ۴۴۹۸۵۱۶۱، دورنگار : ۴۴۹۸۵۱۶۰، صندوق پستی : ۱۳۹ـ۳۷۵۱۵

چاپخانه : **شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران «سهامی خاص»**

سال انتشار و نوبت چاپ : **چاپ چهارم ۱۳۹۴**

حقّ چاپ محفوظ است.

شابک ۷-۲۰۶۹-۰۵-۹۶۴-۹۷۸ ISBN 978-964 - 05 - 2069 - 7



شما عزیزان کوشش کنید که از این وابستگی بیرون آیید و احتیاجات کشور خودتان را برآورده سازید، از نیروی انسانی ایمانی خودتان غافل نباشید و از اتّکای به اجانب بپرهیزید.

امام خمینی «قدّس سرّه الشّریف»

فهرست

مقدمه

فصل اول : مفاهیم و اصول کلی مولد قدرت ۱

۱ـ۱ـ گروه‌بندی اجزای خودرو ۱

۱ـ۲ـ اجزاء و متعلقات موتور ۶

۱ـ۳ـ اصطلاحات فنی ۱۱

۱ـ۴ـ اساس کار موتورهای چهارزمانه اتو ۱۳

۱ـ۵ـ تبدیل انرژی ۲۱

۱ـ۶ـ ترمودینامیک موتور ۲۲

۱ـ۷ـ اصول کار موتورهای پیستونی ۲۳

فصل دوم : اجزاء و ساختمان موتورهای احتراق داخلی ۲۵

۱ـ۲ـ ساختمان موتور ۲۵

۲ـ۲ـ سرسیلندر و اجزای آن ۲۶
۳ـ۲ـ سیلندر ۴۷
۴ـ۲ـ میل‌لنگ و یاتاقان‌های آن ۶۴

فصل سوم : سوخت و احتراق ۷۳
۱ـ۳ـ سوخت ۷۳
۲ـ۳ـ احتراق ۸۳

فصل چهارم : روغن‌کاری موتور ۱۰۰
۱ـ۴ـ اصطکاک موتور ۱۰۰
۲ـ۴ـ روغن‌ها ۱۰۱
۳ـ۴ـ روغن‌کاری موتور ۱۰۴
۴ـ۴ـ روش‌های کنترل روغن‌ریزی ۱۰۹
۵ـ۴ـ پمپ روغن (اویل پمپ) ۱۱۰
۶ـ۴ـ فیلتر روغن ۱۱۹
۷ـ۴ـ سیستم خنک‌کاری موتور ۱۲۲
۸ـ۴ـ سیستم‌های خنک‌کاری جانبی ۱۲۶

فصل پنجم : سیستم‌های سوخت‌رسانی ۱۲۹
۱ـ۵ـ سیستم کنترل پاشش سوخت (بنزین) ۱۲۹
۲ـ۵ـ سیستم تغذیه سوخت ۱۳۲
۳ـ۵ـ سیستم جرقه ۱۳۳
۴ـ۵ـ سیستم کنترل هوا ۱۳۳
۵ـ۵ـ آلاینده‌های موتور ۱۳۵
۶ـ۵ـ نمای کلّی سیستم کنترل آلایندگی ۱۴۰
۷ـ۵ـ قطعات سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین ۱۴۳
۸ـ۵ـ جدول مقایسه بین سیستم کاربراتوری و سیستم انژکتوری بنزین ۱۴۷
۹ـ۵ـ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین ۱۴۸

۵ـ۱۰ـ انواع سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت ۱۶۱
۵ـ۱۱ـ عملکرد سیستم تغذیه سوخت ۱۶۸
۵ـ۱۲ـ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی ۱۶۹
۵ـ۱۳ـ کنترل الکترونیکی پاشش سوخت (EFI) ۱۷۰
۵ـ۱۴ـ عملکرد قطعات ۱۸۰
۵ـ۱۵ـ سنسورها ۱۹۳
۵ـ۱۶ـ سیستم کنترل دور آرام ۲۱۷
۵ـ۱۷ـ سیستم کنترل آلایندگی ۲۲۸

منابع و مآخذ ۲۵۱

مقدمه

موتورهای احتراق داخلی اولین بار در اواخر قرن هفدهم اختراع شد. این موتورها اثرات چشمگیری در جوامع بشری داشته و به‌عنوان یکی از مهمترین تحولات صنعتی قرن گذشته به‌شمار می‌رود. لذا به جرأت می‌توان گفت پایه توسعه بسیاری از تکنولوژی‌های تجاری امروزی محسوب می‌شود. بیشترین کاربرد موتورهای احتراق داخلی در وسایل حمل و نقل زمینی (خودروهای سواری و باری)، ماشین‌های ریلی، زیر دریایی‌ها و هواپیماها می‌باشد.

از اوایل قرن بیستم موتورهای بخار برای به حرکت در آوردن کشتی‌ها و لوکوموتیوها استفاده می‌شد، ولی امروزه از موتورهای دو و چهارزمانه دیزلی به این منظور استفاده می‌شود. همچنین تا پیش از سال ۱۹۵۰ وسایل نقلیه هوایی از موتورهای پیستونی برای پرواز سود می‌جستند، این در حالی است که امروزه از توربین‌های گازی برای رانش هواپیماهای جت استفاده می‌شود و در هواپیماهای کوچک‌تر کماکان موتورهای پیستونی مورد استفاده قرار می‌گیرد. استفاده پیوسته از موتورهای احتراق داخلی در زمینه‌های مختلف، عمدتاً ناشی از هزینه پایین، بازده بالا و مشخصه‌های عملکردی ساده و مقاوم آن‌ها می‌باشد.

از سال ۱۹۷۰ با پر اهمیت شدن نقش کیفیت هوا در سلامت انسان، فعالیت‌های عمده‌ای در زمینه کاهش آلاینده‌های موتورهای درونسوز صورت گرفته است، به‌طوری که امروزه تجهیزات و سیستم‌های کنترل آلایندگی موتور، یکی از فاکتورهای اساسی در طراحی و عملکرد موتورهای درونسوز به شمار می‌روند.

با توجه به افزایش تقاضای جهانی انرژی و به تبع آن بالا رفتن هزینه‌های سوخت، تغییرات اساسی در عملکرد موتور به منظور کاهش مصرف سوخت آن صورت گرفته است. تعریف پروژه یورو موتور به‌صورت مشترک توسط برخی از کشورهای اروپایی به منظور ایجاد تغییرات جدی در نحوه کارکرد موتور به‌طور مثال تبدیل حرکت دورانی میل لنگ به حرکت خطی نمونه‌ای از تحولات در این بخش می‌باشد. توسعه موتورهای دیزل به‌ویژه در بخش خودروهای سواری و موارد بسیار زیادی که شتاب بیش از پیش تغییرات این صنعت را نشان می‌دهد.

امید است این اثر مورد استفاده مفید و مؤثر دانش آموزان و علاقمندان به مباحث مولد قدرت واقع گردد.

مؤلفان

فصل اول

مفاهیم و اصول کلی مولد قدرت

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

۱ــ گروه‌بندی اجزای خودرو را نام ببرد.

۲ــ مولد قدرت را توضیح دهد.

۳ــ مجموعهٔ انتقال قدرت را توضیح دهد.

۴ــ فنربندی و تعلیق خودرو را توضیح دهد.

۵ــ ترمز خودرو را توضیح دهد.

۶ــ بدنه، اتاق و شاسی را توضیح دهد.

۷ــ فرمان خودرو را توضیح دهد.

۸ــ مدارهای الکتریکی در خودرو را توضیح دهد.

۹ــ اجزاء و متعلقات موتور را نام ببرد.

۱۰ــ اصطلاحات فنی را تعریف کند.

۱۱ــ اساس کار موتورهای چهارزمانه اتو را توضیح دهد.

۱۲ــ تبدیل انرژی را توضیح دهد.

۱۳ــ آزاد شدن گرما در حجم ثابت را توضیح دهد.

۱۴ــ آزاد شدن گرما در فشار ثابت را توضیح دهد.

۱۵ــ اصول کار موتورهای پیستونی را توضیح دهد.

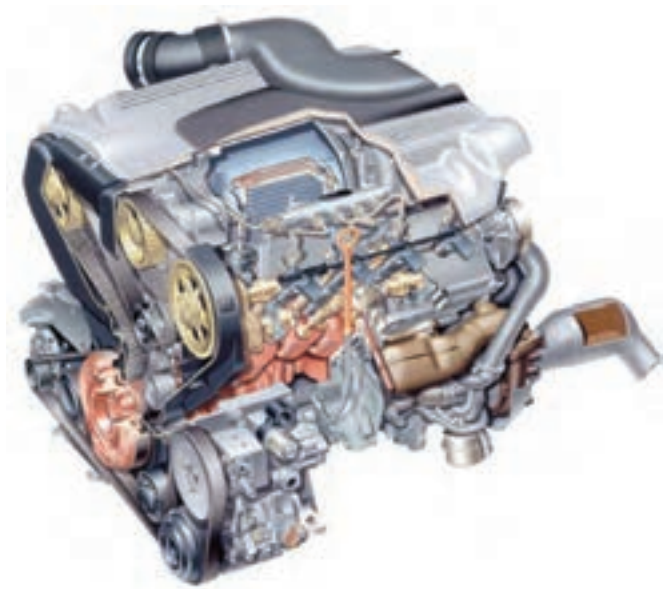
۱ــ۱ــ گروه‌بندی اجزای خودرو

خودرو، مجموعه‌ای از قطعات طراحی شده مختلف می‌باشد که با نظم خاص و در ارتباط با یکدیگر، طوری کنار هم قرار گرفته‌اند که هدف مورد نظر را تأمین نمایند. بنابراین وقتی به شکل ظاهری آن نگاه می‌کنیم فقط تعدادی قطعات فلزی ثابت و متحرک مانند لوله‌ها و بست‌ها و قطعات متحرک

لاستیکی و فلزی و غیره، نظر ما را جلب می‌کند.

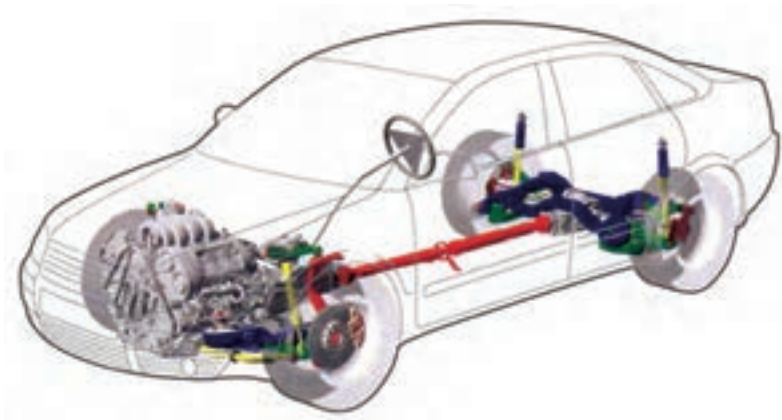
به‌طور متوسط ۱۳۰۰۰ قطعه مختلف در یک اتومبیل معمولی وجود دارد که حدوداً ۱۵۰۰ قطعه آن متحرک، با شرایط خاص و با تلرانس خیلی کم که به ۰/۰۱ میلی‌متر یا حتی کمتر نیز می‌رسد با یکدیگر کار می‌کنند. بیش از پنجاه ماده مختلف، از فولاد و فلزات رنگین گرفته تا مقوا و نایلون و غیره در یک خودرو به‌کار گرفته شده است. قسمت‌های مختلف یک خودرو را می‌توان به هفت گروه اصلی تقسیم‌بندی کرد.

۱ــ۱ــ۱ــ مولّد قدرت (موتور) : در این واحد که انرژی شیمیایی بنزین، به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود،حرارت ناشی از سوختن هیدروکربورها به بالاتر از $700^{\circ}C$ می‌رسد که به علت بازده مفید سیستم، حدود $\frac{1}{4}$ حرارت تولید شده به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود و بقیّه به صورت انتقال حرارت به محیط، گرم کردن آب و خروج گازهای حاصل از احتراق از اگزوز، تلف می‌شود. در یک موتور حدود ۱۲۰ تا ۱۵۰ قطعه متحرّک وجود دارد که نیاز به روغن‌کاری دارند تا بتوانند به‌درستی وظیفه خود را انجام دهند.



شکل ۱ــ۱ــ نمای برش خورده سیستم تولید قدرت (موتور)

۲ــ۱ــ۱ــ انتقال قدرت : این مجموعه، وظیفه دارد قدرت موتور را متناسب با شرایط حرکت خودرو به چرخ‌ها انتقال دهد، که شامل قسمت‌های زیر است (شکل ۲ــ۱) :

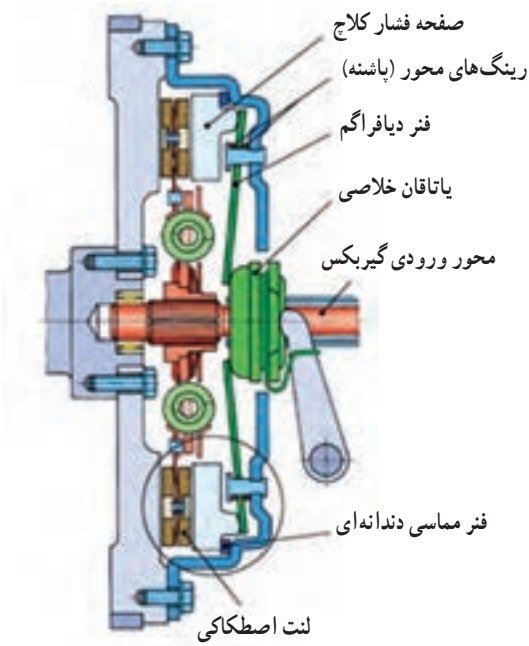


شکل ۲ــ۱ــ سیستم انتقال قدرت در یک خودرو

الف) جعبه دنده یا مبدّل گشتاور و سرعت، که با ثابت بودن قدرت، سرعت دلخواه را در موقعی که مقاومت جادّه اندک است و یا گشتاور دلخواه را در موقعی که مقاومت مسیر حرکت زیاد است، فراهم می‌کند.

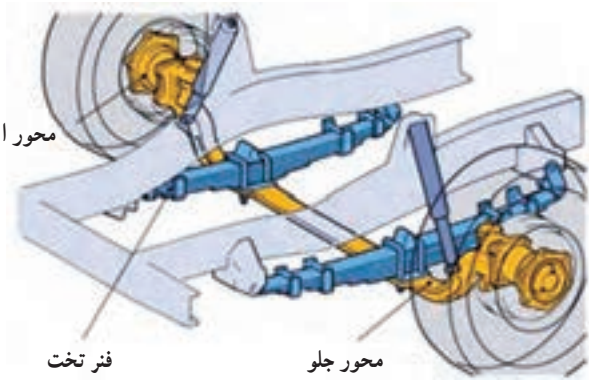
ب)کلاچ، که عامل قطع و وصل قدرت است و امکان تعویض دنده را فراهم می‌کند. باید دانست که برای حرکت در شهرهای بزرگ به ازای پیمودن هر یک صد کیلومتر مسافت، بیش از ۷۰۰ بار عمل تعویض دنده یا گرفتن کلاچ، انجام می‌شود (شکل ۳ــ۱).

ج) محورهای محرک، پلوس و گاردان



شکل ۳ــ۱ــ گروه انتقال قدرت (قسمت کلاچ)

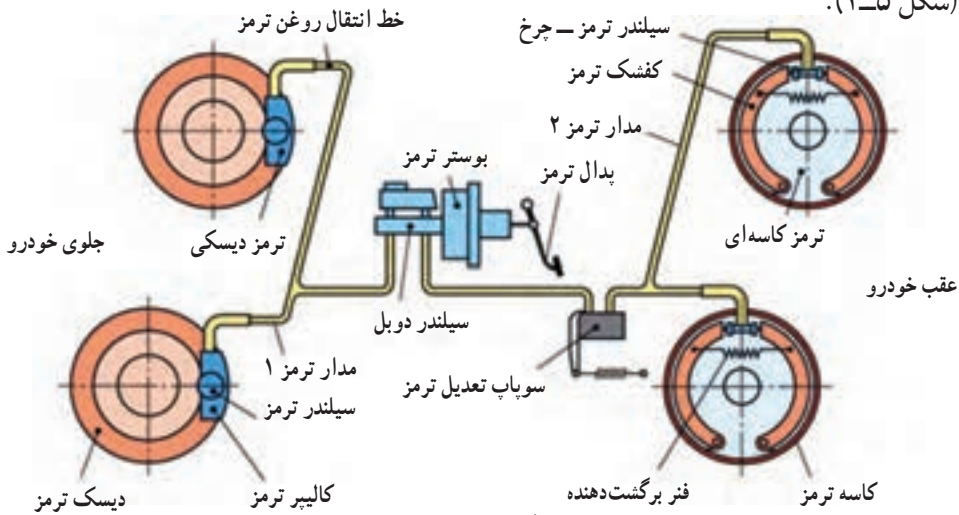
۳ــ۱ــ۱ــ فنربندی و تعلیق : در خودروها، دستگاه فنربندی و تعلیق در هر دقیقه بیش از ۱۰۰۰ تا۱۲۰۰ بار نوسان می‌کنند تا اتاق و شاسی، سرنشینان را در معرض ضربه‌های ناشی از ناهمواری‌های جاده قرار ندهد و آسایش سرنشینان خودرو را فراهم کند و تسلّط راننده بر خودرو نیز افزایش یابد (شکل ۴ــ۱).



شکل ۴ــ۱ــ فنربندی و تعلیق

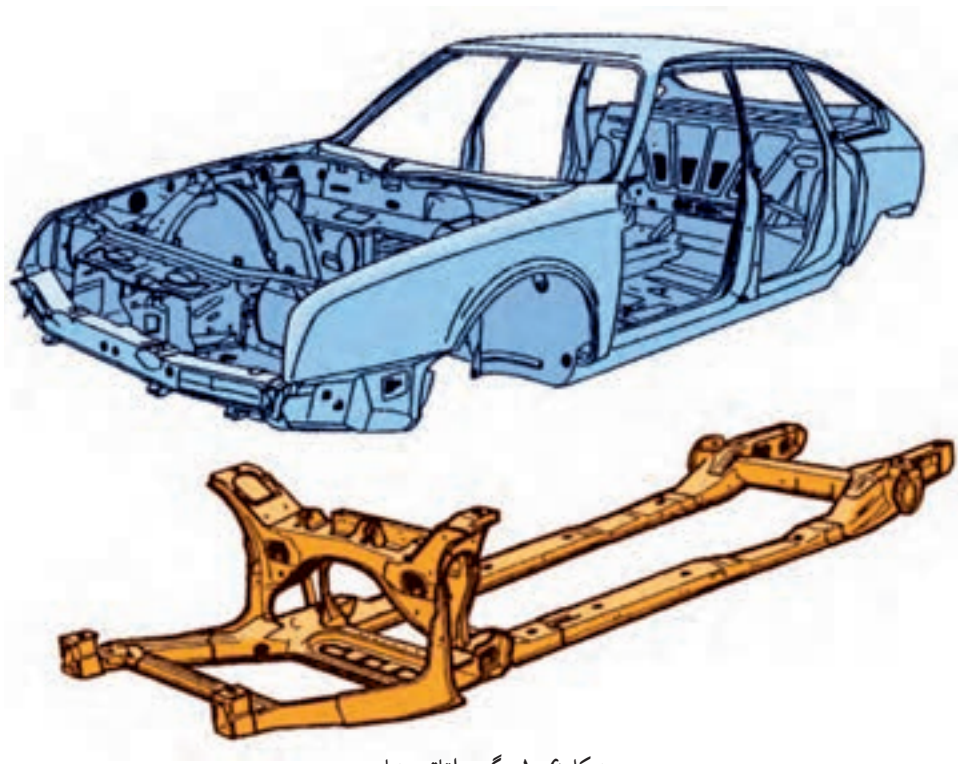
۴ــ۱ــ۱ــ ترمز : به‌طور متوسّط در هر ۹۰۰۰۰ کیلومتر مسافت پیموده شده یا هر شش سال کار خودروها، هر چرخ ۹۵ میلیون بار چرخش می‌کند.

هر بار که سیستم ترمز نیرو صرف می‌کند تا یک اتومبیل با سرعت ۹۰ کیلومتر در ساعت را متوقّف نماید بر اثر اصطکاک، گرمایی تلف می‌شود که می‌تواند یک لیتر آب را به جوش آورد (شکل ۵ــ۱).



شکل ۵ــ۱ــ ترمز

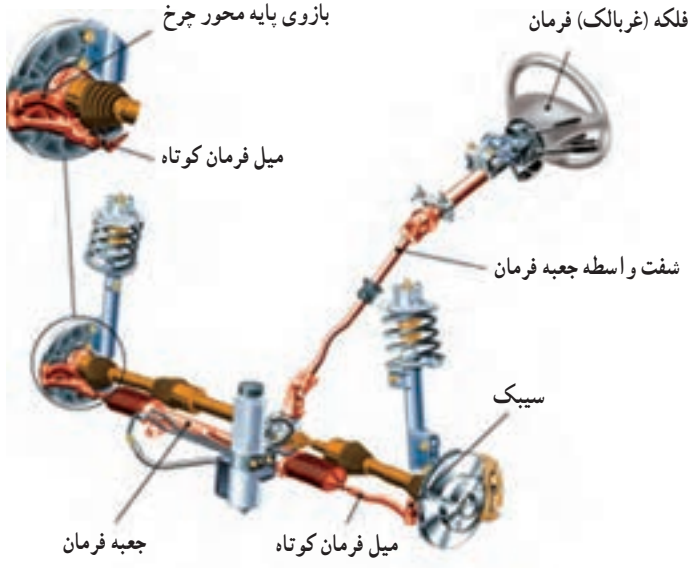
۵ــ۱ــ۱ــ بدنه، اتاق و شاسی : بدنه اتومبیل‌های جدید طوری ساخته می‌شود که بتواند کلیه قطعات دیگر را نگهداری کند. در بدنه اتومبیل‌های متوسط حدود ۴۰ متر مربع ورق فولادی با ضخامت‌های ۰/۴ تا ۱/۲ میلی‌متر به کار می‌رود تا بتواند تنش‌های مختلف را به‌خوبی تحمل کند (شکل ۶ــ۱).



شکل ۶ــ۱ــ گروه اتاق و شاسی

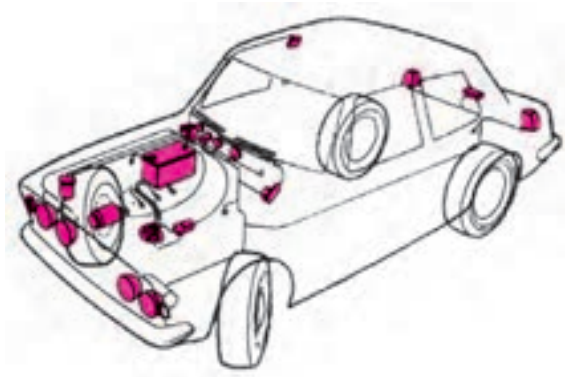
۶ــ۱ــ۱ــ فرمان : مجموعه‌ای از قطعات مکانیکی است که راننده از طریق آنها می‌تواند چرخ‌های جلوی خودرو را به سمت راست یا چپ حرکت داده و خودرو را در مسیر معینی هدایت کند. نیروی متوسّطی که لازم است تا بتوان اتومبیلی را در یک پیچ معمولی هدایت کرد، بین ۵ تا ۱۰ کیلوگرم می‌باشد در سیستم‌فرمان‌های پرقدرت (الکترومکانیکی، هیدرومکانیکی) این نیرو را به حدود ۳۰ گرم تقلیل می‌دهند (شکل ۷ــ۱).

۷ــ۱ــ۱ــ مدارهای الکتریکی : از ۱۲ و ۲۴ ولتی برای راه اندازی و روشن کردن موتور استفاده می‌شود. سیستم جرقه زنی، ولتاژ باتری‌ها را تا ۶۰۰۰۰ ولت لحظه‌ای، افزایش داده، برای



شکل ۷ــ۱ــ سیستم فرمان

جرقه زنی موتور آماده می‌کند. در این گروه همچنین چراغ‌های روشنایی و علایم، برف پاک‌کن‌ها، تهویه مطبوع و دیگر وسایل الکتریکی نصب شده است (شکل ۸ــ۱).



شکل ۸ــ۱ــ سیستم الکتریکی خودرو

۲ــ۱ــ اجزا و متعلقات موتور

● **سرسیلندر** : قطعه‌ای است که به عنوان درپوش بالای بدنه سیلندر قرار می‌گیرد. معمولاً

در سرسیلندر، جای شمع، جای سوپاپ و غیره قرار دارد.

● **راهنمای سوپاپ** : استوانه‌ای که سوپاپ در آن حرکت کرده و حرکت سوپاپ را کنترل می‌کند.

● **مانیفولد** : لوله‌های انتقال دهنده‌ای است که هوای موردنیاز را به موتور وارد یا دوده‌های حاصل از احتراق را به سیستم اگزوز هدایت می‌کند.

● **سیلندر** : استوانه‌ای است توخالی که درون بلوکهٔ سیلندر قرار می‌گیرد و از بالا به‌وسیله سرسیلندر مسدود شده و پیستون درون آن حرکت رفت و برگشتی دارد.

● **سوپاپ** : قطعه فلزّی است قارچی شکل، که در روی راهگاه‌های ورودی و خروجی سرسیلندر قرار گرفته است و در زمان‌های کار موتور، با باز و بسته کردن راهگاه‌ها امکان ورود هوا و سوخت به‌داخل سیلندر و خروج گازهای حاصل از احتراق را فراهم می‌سازد.

● **فنر سوپاپ** : از جنس فولاد فنر می‌باشد که نیروی لازم برای بسته شدن سوپاپ را فراهم می‌کند.

● **اسبک** : وسیله‌ای است که در زمان معینی از کار موتور سوپاپ را باز می‌کند.

● **شمع** : وسیله‌ای است متشکل از دو الکترود و بدنه سرامیکی که بر اثر ولتاژ زیاد ایجاد شده به‌وسیله ترانس افزایندهٔ ولتاژ (کویل) در زمان مناسب طرّاحی شده، ایجاد جرقه می‌نماید و مخلوط متراکم شده سوخت و هوا را معرق می‌کند.

● **پیستون** : قطعه استوانه شکلی است که در داخل سیلندر حرکت رفت و برگشتی دارد و نیروی تراکمی و نیروی انبساط ناشی از احتراق را تحمل می‌کند.

● **شاتون** : اهرمی است که به پیستون و میل لنگ متصّل بوده، باعث تبدیل شدن حرکت خطی پیستون به حرکت چرخشی میل لنگ می‌گردد.

● **میل‌لنگ** : محوری است که کار انجام شده در روی پیستون را به‌صورت گشتاور و دور، به سیستم انتقال قدرت منتقل می‌کند.

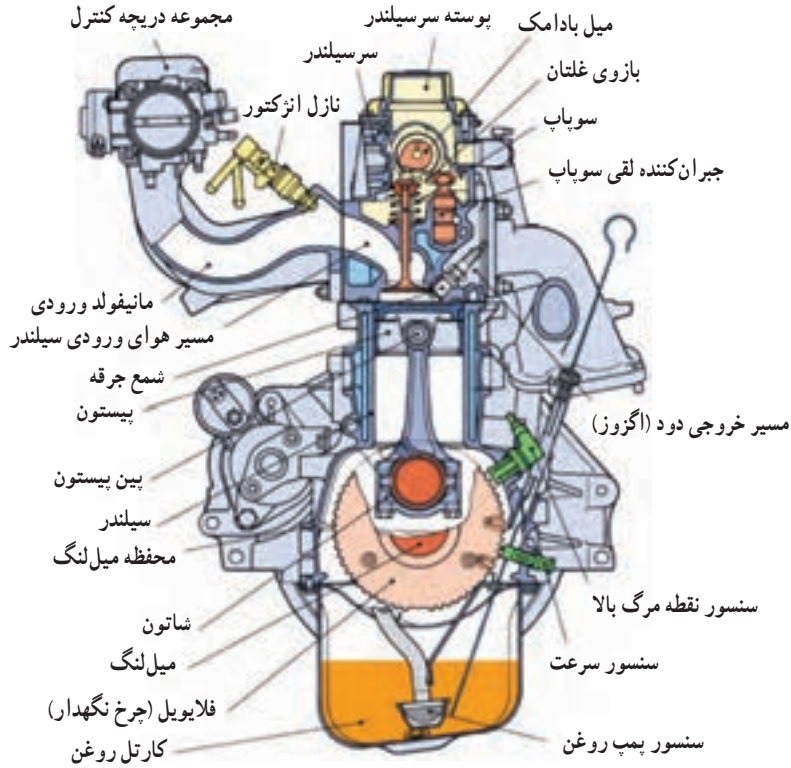
● **راهگاه آب** : محفظه‌های عبور آب در اطراف سیلندر و سرسیلندر می‌باشد که آب در آن گردش کرده، گرمای بیش از اندازه موتور را به رادیاتور انتقال می‌دهد.

● **مقسم برق فشار قوی (دلکو)** : دستگاهی است که برق فشارقوی را در زمان لازم بین شمع‌ها تقسیم می‌کند.

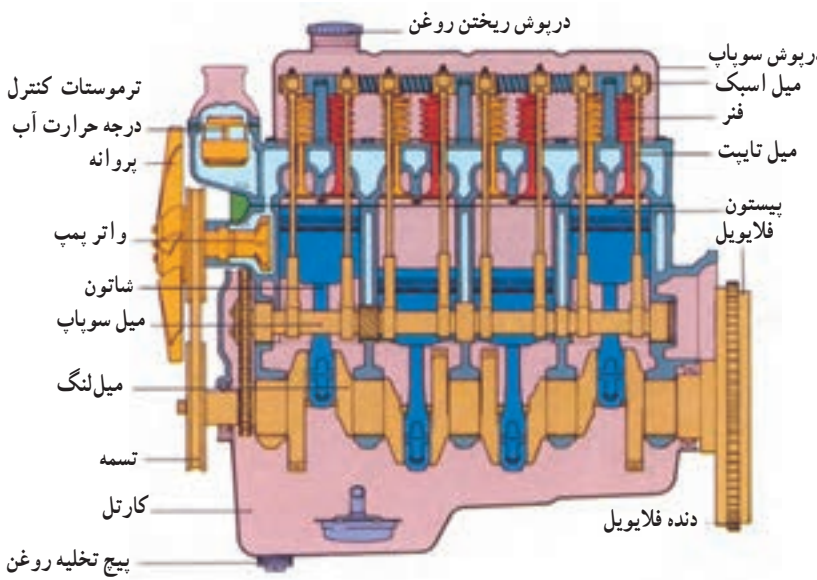
● **پمپ روغن (اویل پمپ)** : دستگاهی است که روغن را با فشار معیّن به قسمت‌های متحرّک

موتور می‌رساند.

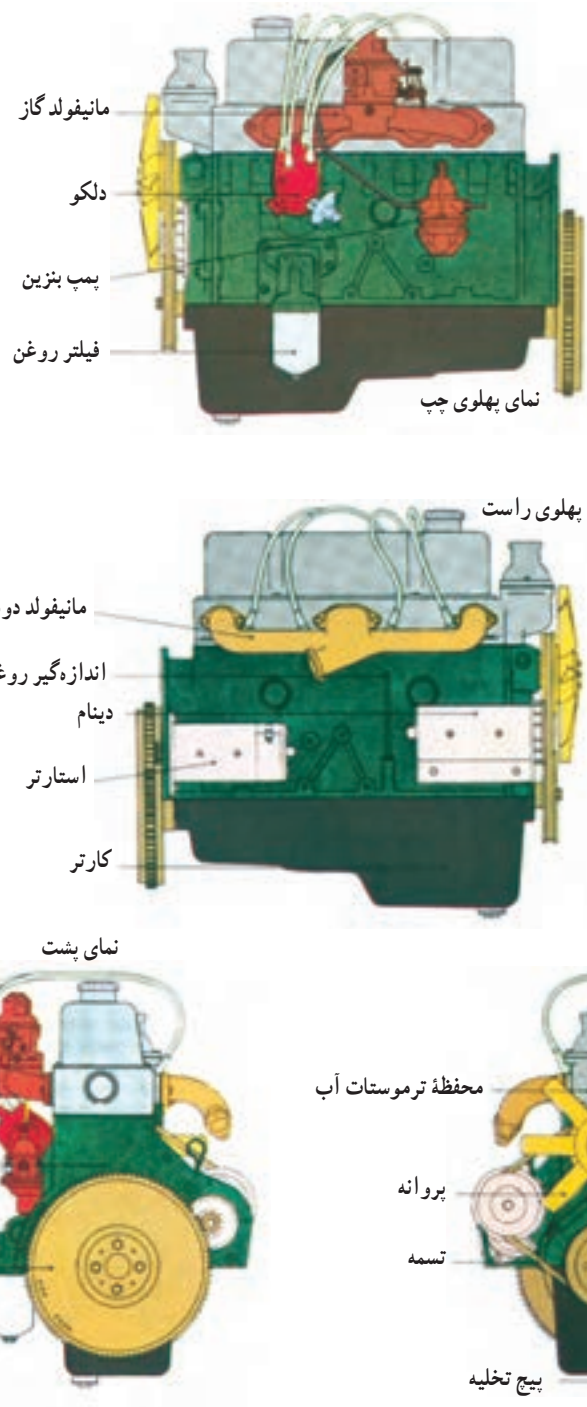
- **فیلتر روغن** : وسیله‌ای است که ناخالصی‌های شناور در روغن را جذب می‌کند.
- **تایپت** : قطعهٔ استوانه‌ای شکل است که حرکت دورانی میل سوپاپ را به‌حرکت خطی تبدیل کرده و سوپاپ را از محل نشست خود بلند می‌کند.
- **میل سوپاپ** : محوری است که حرکت خود را از میل لنگ می‌گیرد و دارای بادامک‌هایی است که به تایپت‌ها حرکت رفت و برگشتی می‌دهد.
- **بادامک** : قطعه‌ای است بادام شکل که در روی محور میل سوپاپ ساخته شده و حرکت دورانی محور را به حرکت خطّی قطعه دیگری که با آن درگیر است، میسر می‌کند.
- **فلایویل (چرخ طیار)** : قطعه‌ای است که در انتهای میل لنگ نصب شده و انرژی تولیدشده در موتور را ذخیره و در زمان مورد نیاز آن را بازپس می‌دهد.
- **کاربراتور** : دستگاهی است که در آن سوخت موتور با نسبت معینی و در شرایط مختلف کارکرد موتور، آماده می‌شود.
- **انژکتور** : انژکتور قطعه‌ای است که سوخت تحت فشار را به‌صورت اتمیزه پشت سوپاپ هوا پاشش می‌کند.
- **ترموستات** : دستگاهی است که در مدار مایع خنک‌کاری موتور قرار گرفته، درجه حرارت آن را کنترل و در حد معینی ثابت نگاه می‌دارد.
- **واتر پمپ** : دستگاهی است که مایع خنک‌کاری را بین موتور و رادیاتور به گردش درمی‌آورد.
- **موتور استارتر** : ماشین الکتریکی است که برای راه اندازی موتور به‌کار می‌رود.
- **میله اندازه‌گیر روغن** : وسیله‌ای است که سطح روغن را در کارتل به‌وسیله آن کنترل می‌کنند.
- **وایرهای فشارقوی** : سیم‌های مخصوص روکش‌دار هستند که برق فشارقوی را از کویل به دلکو و به سر شمع‌ها می‌رسانند.
- **پمپ بنزین** : دستگاهی است که بنزین را از باک به سیستم سوخت‌رسانی انتقال می‌دهد.
- **ژنراتور (آلترناتور)** : دستگاهی است که برق مورد لزوم خودرو را تأمین می‌کند.
- **پروانه** : قطعه‌ای است که هوای محیط خارج را از بالای پره‌های رادیاتور مکیده، آب را خنک می‌کند.



شکل ۹ــ۱ــ ساختمان داخلی موتور و اجزای آن از نمای روبرو



شکل ۱۰ــ۱ــ ساختمان داخلی موتور و اجزای آن از نمای جانبی



شکل ۱۱ــ۱ــ موتور در نماهای مختلف

۳ــ۱ــ اصطلاحات فنی

● **سیکل (چرخه)** : عبارتست از یک دوره کامل که حجم مشخصی سوخت وارد سیلندر شده و پس از احتراق از آن خارج می‌شود. با توجه به اینکه این عمل مدام تکرار می‌شود فرایند مذکور سیکل احتراقی نامیده می‌شود. به‌عبارت دیگر مجموعه چهار زمان کامل موتور است که از مکش، تراکم، قدرت و تخلیه تشکیل می‌گردد.

● **نقطه مرگ پایین BDC(Bottom Dead Center)** : در مسیر حرکت پیستون پایین‌ترین نقطه بوده، در آنجا سرعت پیستون صفر می‌باشد و تغییر جهت حرکت می‌دهد.

● **نقطه مرگ بالا TDC(Top Dead Center)** : در مسیر حرکت پیستون، بالاترین نقطه است که در آنجا سرعت پیستون صفر شده، تغییر جهت حرکت می‌دهد.

● **کورس پیستون** : فاصله بین نقطه مرگ بالا و پایین، کورس یا طول جابه‌جایی پیستون می‌گویند.

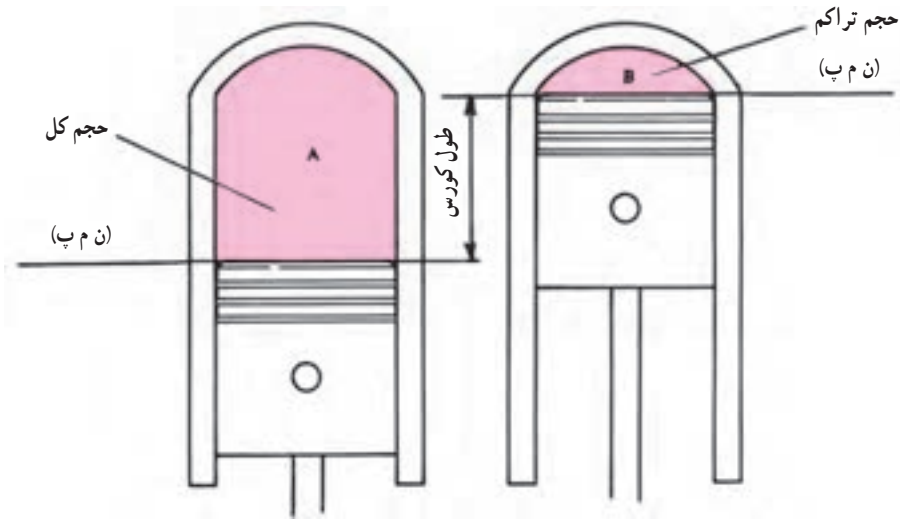
● **حجم جابه‌جایی** : حجم جابه‌جایی موتور فضایی است که بین دو نقطه مرگ بالا و پایین محدود می‌شود. پیستون در این فضا حرکت رفت و برگشتی دارد.

● **حجم تراکم** : حجم تراکم به فضایی که بین پیستون و سرسیلندر ــ وقتی که پیستون در نقطه مرگ بالا قرار دارد ــ گفته می‌شود (شکل ۲۲ــ۱).

● **حجم کل یک سیلندر** : عبارتست از مجموع حجم جابه‌جایی و حجم تراکم.

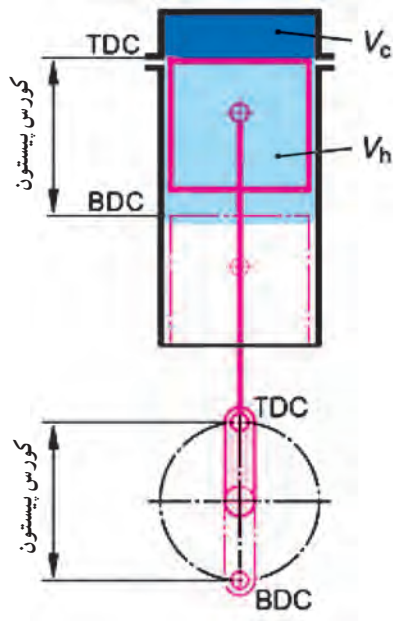
● **حجم جابه‌جایی کل موتور** : حاصل‌ضرب تعداد سیلندر در حجم جابه‌جایی یک سیلندر را حجم جابه‌جایی موتور گویند. حجم جابه‌جایی کل موتور را به‌صورت لیتر یا سانتی‌متر مکعب در کاتالوگ‌های فنی و همچنین در روی بدنه اتاق خودرو مشخّص می‌کنند.

● **نسبت تراکم** : نسبت حجم کل به حجم تراکم یک سیلندر را نسبت تراکم گویند.



پیستون در نقطهٔ مرگ پایین　　پیستون در نقطهٔ مرگ بالا

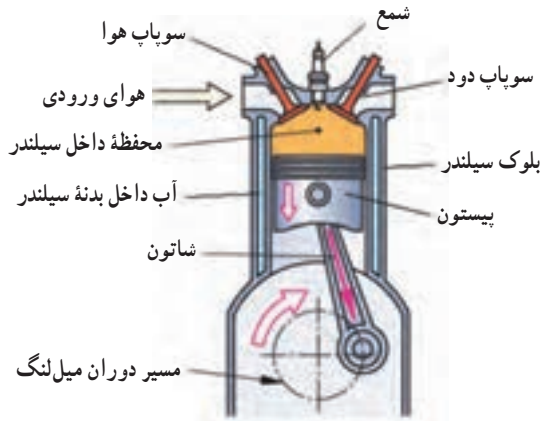
شکل ۱۲ــ۱ــ نسبت تراکم موتور برابر است با : $\frac{\text{حجم A}}{\text{حجم B}}$



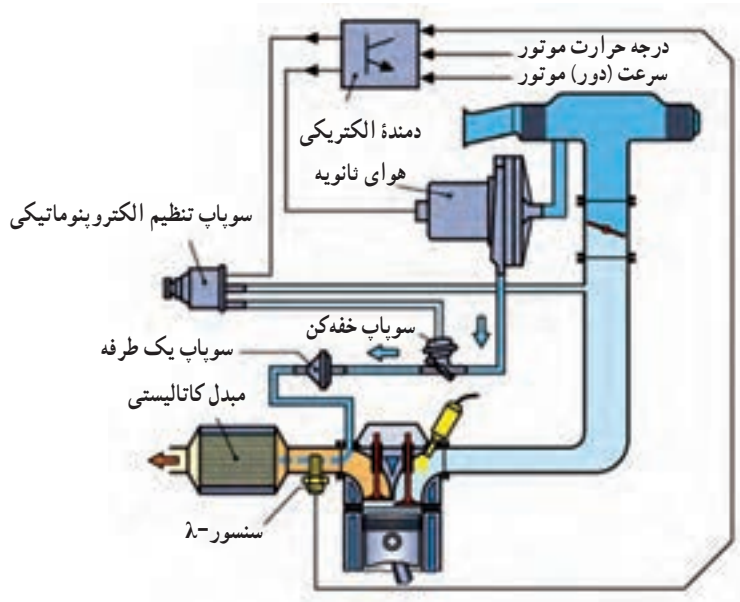
شکل ۱۳ــ۱ــ طول کورس (جابه‌جایی) پیستون

۴ــ۱ــ اساس کار موتورهای چهار زمانه اتو

در موتور چهارزمانه، یک دوره (سیکل) کار در چهار زمان (کورس) انجام می‌شود. یعنی برای انجام کار مکانیکی در هر سیکل، چهار مرتبه پیستون به طرف بالا و پایین حرکت می‌کند (دو حرکت به بالا و دو حرکت به پایین). برای پی بردن به نحوه کار موتور احتراق به یک واحد (سیلندر) از آن در شکل ۱۴ــ۱ نشان داده شده است، توجه می‌کنیم. در این شکل، سیلندر به صورت شفاف نشان داده شده تا قطعات داخلی آن قابل رؤیت باشد. قسمت‌های مختلف آن عبارت است از : سیلندر، پیستون، شاتون، دریچه‌ها، سوپاپ‌ها، شمع و ... .



شکل۱۴ــ۱ــ (الف) اجزای سیلندر موتور



شکل ۱۴ــ۱ــ (ب) اساس کارکرد کلی موتور

۱ــ۴ــ۱ــ مرحله (کورس) مکش : در کورس تنفس، پیستون از بالا به طرف پایین حرکت می‌کند. به علت آب بندی بودن پیستون در سیلندر و سریع پایین رفتن آن و بزرگ شدن ناگهانی حجم بالای پیستون، فشار این منطقه کمتر از فشار هوای محیط می‌شود (خلأ نسبی به‌وجود می‌آید) و با باز شدن سوپاپ گاز (دریچه ورودی)، مخلوطی از سوخت و هوا وارد سیلندر می‌شود و فضای خالی پیستون را پر می‌کند. مقدار بنزین به اندازهٔ لازم به‌وسیله کاربراتور در هوای مصرفی موتور به‌صورت ذرّه پخش گردیده، از طریق لوله‌های انتقال (مانیفولد گاز) به سیلندر ارسال می‌شود. در بیشتر مدّت تنفس سیلندر، سوپاپ دود بسته می‌ماند (شکل ۱۵ــ۱).

شکل ۱۵ــ۱ــ کورس مکش موتور، در این مرحله سوپاپ گاز باز و دود بسته است.

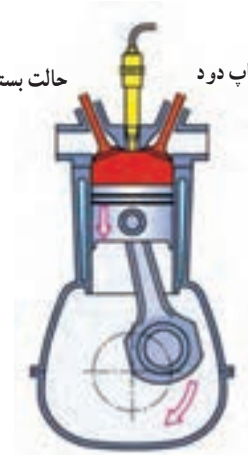
از نظر تئوری چون سوپاپ گاز باز می‌شود و قسمت داخلی سیلندر با هوای محیط مرتبط می‌گردد، بنابرین عمل تنفس در فشار ثابت به وقوع می‌پیوندد. اما از نظر عملی، سرعت پیستون بیشتر از سرعت هوای ورودی است زیرا ذرات سوخت و هوا دارای اینرسی بوده و تمایل به حرکت کردن ندارند. لذا خلأیی در داخل سیلندر ایجاد می‌شود و فشار داخل سیلندر کمتر از فشار جو می‌گردد و در نتیجه سوخت و هوا از موضع پرفشارتر به سیلندر جریان می‌یابد.

۲ــ۴ــ۱ــ مرحله (کورس) تراکم : در این مرحله، پیستون از پایین به بالا حرکت می‌کند و هر دو سوپاپ بسته می‌ماند. در نتیجه مخلوط هوا و سوخت در محفظه احتراق فشرده می‌شود و فشار درون سیلندر در پایان زمان تراکم به ۸ تا ۱۶ آتمسفر می‌رسد. اندازه فشار نهایی گاز در پایان کورس تراکم به عوامل گوناگونی بستگی دارد، از جمله : فضای اطاق احتراق، حجم کل سیلندر، درجه حرارت موتور، فشار هوا، راندمان حجمی موتور و غیره (شکل ۱۶ــ۱).

شکل ۱۶ــ۱ــ کورس تراکم، هر دو سوپاپ بسته هستند.

در نزدیکی رسیدن پیستون به بالاترین نقطه حرارت خود، شمع جرقه می‌زند و مخلوط سوخت و هوای تراکم شده را که به علت کوچک شدن فضای سیلندر مولکول‌هایش بیشتر با هم تصادف کرده و گرم شده اند، می‌سوزاند. از نظر عملی درصد پر شدن سیلندر کمتر می‌باشد زیرا به علّت اینرسی گاز، نمی‌توان در زمان مکش، تمام فضای سیلندر را از سوخت و هوا اشباع کرد. به علاوه حرارت ایجاد شده در اثر تراکم گاز از دیواره به هوا و آب و روغن، انتقال پیدا می‌کند.

۳ــ۴ــ۱ــ مرحله (کورس) قدرت : پس از انفجار گاز فشار در فضای کوچک شده بالای پیستون، به‌شدت افزایش می‌یابد و گاهی تا ۴۰ آتمسفر می‌رسد که وقتی بر سطح پیستون تأثیر کند نیروی قابل توجّهی را به پیستون وارد می‌سازد. مثلاً هرگاه قطر پیستون را ۱۰ cm فرض کنیم نیروی فشاری معادل است با : $F=P.A= ۴۰\times۰/۷۸۵\times۱۰ = ۳۱۴\ kg$ یعنی بیش از سه تن نیرو وارد می‌کند (شکل ۱۷ــ ۱).



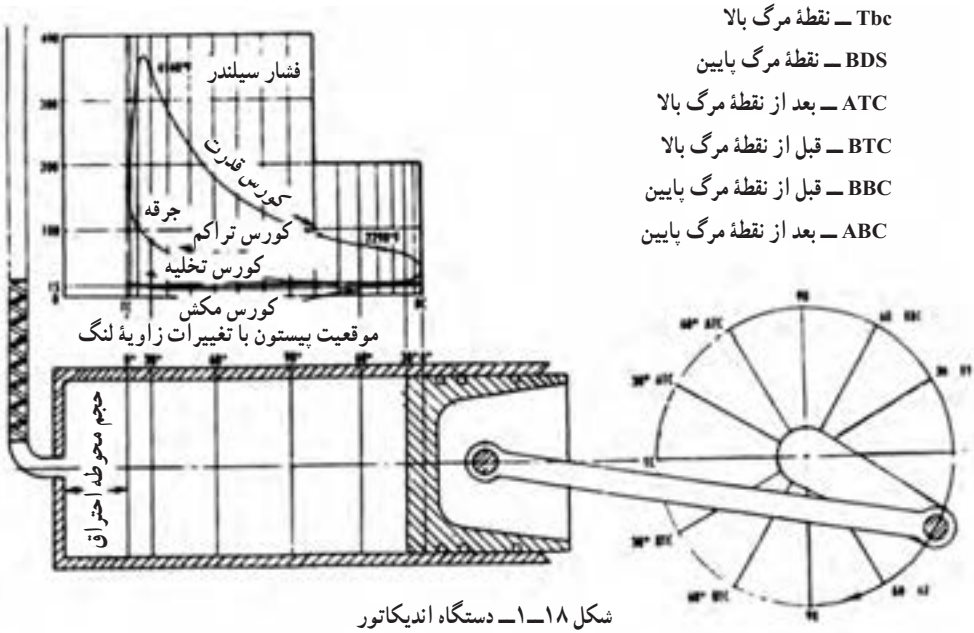
شکل ۱۷ــ۱ــ کورس قدرت، هر دو سوپاپ بسته هستند.

علت بالا رفتن فشار، به‌طور ناگهانی، احتراق گاز در حجم ثابت است که از نظر تئوری این عمل کاملاً در حجم ثابت فرض شده است و در یک لحظه، تمام هیدروکربورهای متراکم شده منجر می‌گردد؛ ولی از نظر عملی به دلایل زیر چنین نمی‌باشد :

۱ــ اشتعال گاز دفعتاً نیست و عمل سوخت $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ ثانیه طول می‌کشد که در این مدت حجم سیلندر تغییر می‌کند.

۲ــ با حرکت پیستون و ازدیاد حجم سیلندر، منحنی فشار احتراق عملاً به شکل منحنی خواهد بود که دستگاه ثبت کننده فشار (اندیکاتور) چگونگی تغییرات فشار را نشان می‌دهد (شکل ۱۸ــ۱).

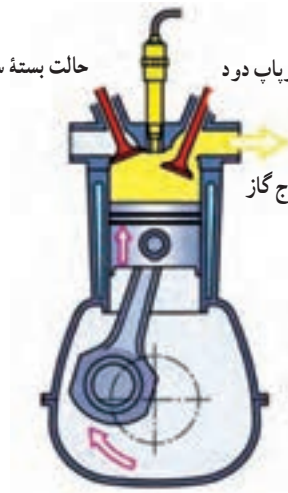
در این زمان، پیستون از بالاترین نقطه به طرف پایین حرکت کرده، به واسطهٔ شاتون، میل‌لنگ را به حرکت در می‌آورد. تنها کورس مفید موتور همین زمان است. در این زمان هر دو سوپاپ بسته می‌مانند.



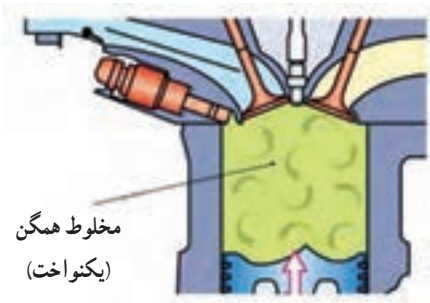
شکل ۱۸ــ۱ــ دستگاه اندیکاتور

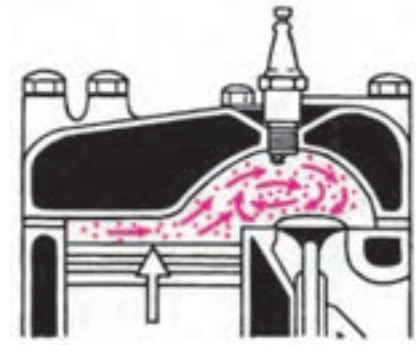
۴ــ۴ــ۱ــ مرحله (کورس) تخلیه : پیستون از پایین‌ترین نقطه به طرف بالا حرکت می‌کند و با باز شدن سوپاپ دود پس مانده‌های حاصل از احتراق، موتور را ترک می‌کنند. از نظر عملی سوپاپ دود کمی قبل از رسیدن به نقطه مرگ پایین، شروع به باز شدن می‌کند (در زمان قدرت) تا عمل تخلیه در فرصت بیشتری انجام شود. به طوری که وقتی پیستون تغییر جهت داده و به طرف بالا حرکت می‌کند مقدار دود خروجی به حدّاکثر می‌رسد. همچنین زمان بسته شدن سوپاپ دود را طوری طراحی می‌کنند

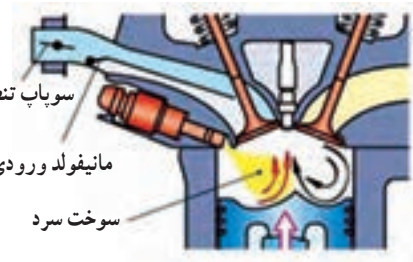
که پس از کورس تخلیه کمی باز بماند تا عمل تخلیه کامل تر صورت پذیرد. ممکن است تصوّر شود که با باز بودن سوپاپ دود و پایین رفتن پیستون در زمان مکش، دود به داخل سیلندر کشیده می‌شود. ولی چنین نیست؛ زیرا دود از مدّتی قبل حرکت کرده، در اثر ازدیاد فشار داخل سیلندر نسبت به خارج، سرعت و اینرسی لازم را باز یافته است. به علاوه گاز ورودی سنگین تر از دود می‌باشد (شکل ۱۹ــ۱).



شکل ۱۹ــ۱ــ کورس تخلیه، سوپاپ دود باز و سوپاپ گاز بسته است.

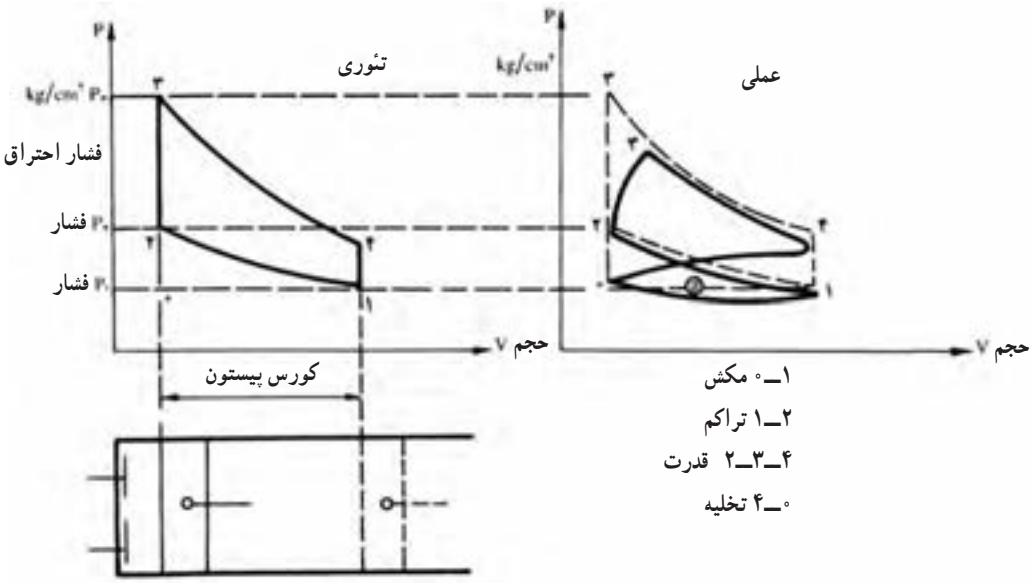




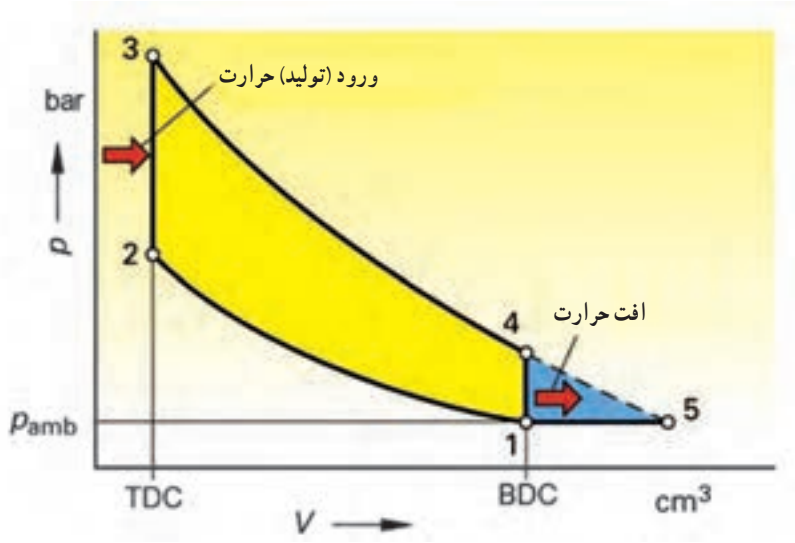


شکل ۲۰ــ۱ــ اشکال مختلف محفظه احتراق به‌منظور اختلاط بهتر سوخت و هوا

۵ــ۴ــ۱ــ منحنی احتراق سیکل چهار زمانه اتو : با نصب دستگاه ثبت کننده فشار به سیلندر، می‌توان تغییرات فشار داخل سیلندر را هر لحظه از سیکل موتور به‌دست آورد (شکل ۲۱ــ۱ــالف و ب).

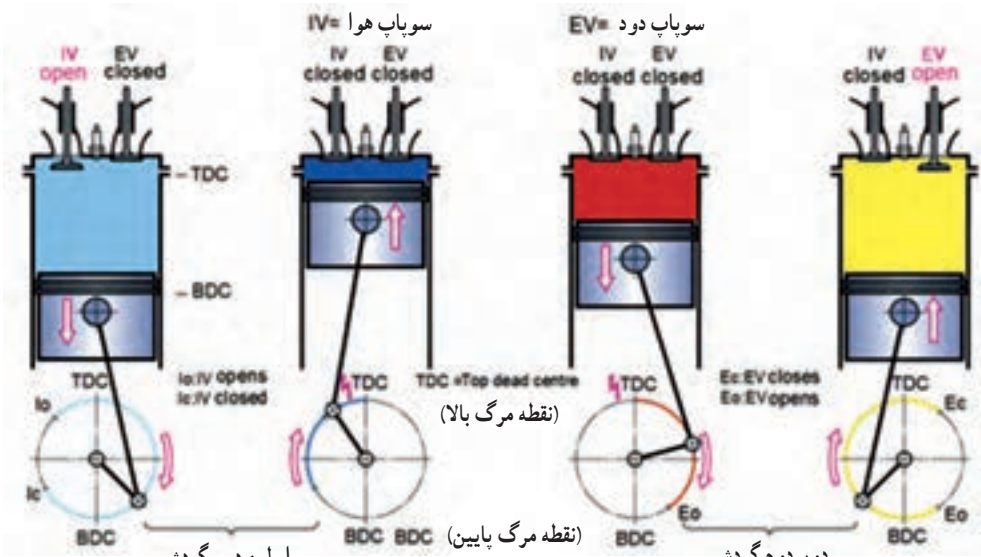


شکل ۲۱ــ۱ــ (الف)



شکل ۲۱ــ۱ــ (ب)

۶ــ۴ــ۱ــ جدول وضعیت کار موتور در زمان‌های مختلف : در جدول ۱ــ۱ مقادیر به‌عنوان مثال داده شده است.



۴ــ کورس تخلیه
سوپاپ گاز بسته مانده و سوپاپ دود کمی قبل از این زمان باز شده است. دود از سیلندر خارج می‌شود.

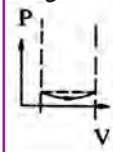
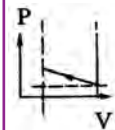
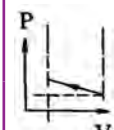
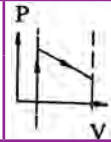
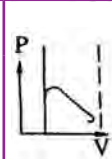
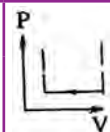
۳ــ کورس قدرت
هر دو سوپاپ بسته می‌مانند و گاز فشرده شده با جرقهٔ شمع منفجر می‌شود. در نتیجه پیستون با نیروی زیاد به طرف پایین حرکت می‌کند.

۲ــ کورس متراکم
هر دو سوپاپ بسته بوده، با بالا رفتن پیستون، مخلوط هوا و سوخت، تحت فشار قرار می‌گیرد و در نتیجه فشار و درجه حرارت آن بالا می‌رود.

۱ــ کورس مکش
سوپاپ گاز باز شده و سوپاپ دود بسته است. با پایین رفتن پیستون، مخلوط هوا و سوخت وارد سیلندر می‌شود.

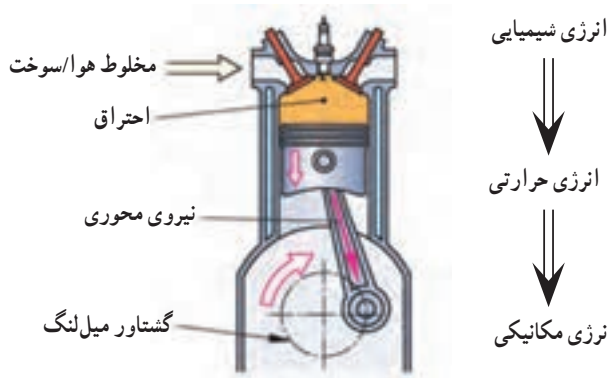
شکل ۲۲ــ۱ــ مراحل احتراق یک موتور چهار زمانه

جدول ۱ــ۱ــ کار موتور چهار زمانه

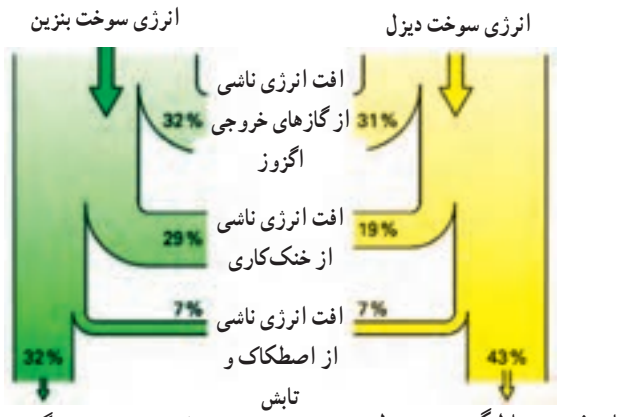
زمان	منحنی‌های زمان‌ها	وضع سوپاپ‌ها		اندازه فشارسنج	حجم سیلندر	درجه حرارت سیلندر	دیاگرام زمانی کار موتور برحسب زاویه گردش میل‌لنگ
مکش	تئوری	تئوری	گاز باز دود بسته	برابر فشار جو	زیاد می‌شود	کم می‌شود	 طول مکش ۱۸۰°
	عملی 	عملی	گاز باز دود فقط ۱۰° باز است	کمتر از فشار جو	زیاد می‌شود	کم می‌شود	 طول مکش ۱۸۰°+۱۰°+۴۵°=۲۳۵°
تراکم		تئوری	گاز بسته دود بسته	۸ تا ۱۶ آتمسفر	کم می‌شود	زیاد می‌شود	 طول تراکم ۱۸۰°
		عملی	گاز فقط ۴۵° باز دود بسته	کمتر از مقدار تئوری	کم می‌شود	زیاد می‌شود	 طول تراکم ۱۸۰°-۴۵°=۱۳۵°
قدرت		تئوری	گاز بسته دود بسته	۳۵ آتمسفر	زیاد می‌شود	کم می‌شود	 طول قدرت ۱۸۰°
		عملی	گاز بسته دود ۴۵° باز	کمتر از مقدار تئوری	زیاد می‌شود	کم می‌شود	 طول قدرت ۱۸۰°-۴۵°=۱۳۵°
تخلیه		تئوری	گاز بسته دود باز	برابر فشار جو	کم می‌شود	کم می‌شود	 طول تخلیه ۱۸۰°
		عملی	گاز ۱۰° باز دود باز	بیشتر از فشار جو	کم می‌شود	کم می‌شود	 طول تخلیه ۱۸۰°+۱۰°+۴۵°=۲۳۵°

۵ــ۱ــ تبدیل انرژی

موتور احتراق داخلی، ماشینی است که در آن انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی و انرژی حرارتی به انرژی مکانیکی تبدیل می‌شود (شکل ۲۳ــ۱). به عبارت دیگر دو مرحله تبدیل انرژی در آن صورت می‌گیرد. در این فرایند تنها بخشی از انرژی شیمیایی سوخت (انرژی اولیه) که به حرارت تبدیل می‌شود منجر به کار مفید و تولید قدرت می‌گردد. بخش عمده این انرژی سبب غلبه بر افت اصطکاکی قطعات و بخش‌های مختلف موتور می‌گردد. به‌طور مثال غلبه بر افت اصطکاک بین یاتاقان‌های ثابت و متحرک میل‌لنگ و یا غلبه بر اصطکاک بین رینگ‌های پیستون و دیواره سیلندر. بخش دیگری از این انرژی صرف کار پمپ آب جهت به گردش درآوردن آب رادیاتور و در تابستان کار کمپرسور جهت تولید هوای خنک برای آسایش سرنشینان می‌شود. بخش زیادی از انرژی حرارتی نیز از اگزوز موتور به محیط بیرون خارج می‌گردد. در شکل ۲۴ــ۱ میزان تقریبی سهم بخش‌های مختلف موتور از انرژی حرارتی نشان داده شده است.



شکل ۲۳ــ۱ــ فرایند تبدیل انرژی در یک موتور احتراق داخلی



شکل ۲۴ــ۱ــ سهم بخش‌های مختلف موتور از انرژی سوخت ورودی به موتور

۶ــ۱ــ ترمودینامیک موتور

۱ــ۶ــ۱ــ آزاد شدن گرما در حجم ثابت : سیکلی که در آن گرما در حجم ثابت آزاد می‌شود سیکل اتو نامیده می‌شود. در این تحلیل فرض می‌شود احتراق به قدری سریع رخ داده که پیستون در حین احتراق حرکتی نکرده است. به زبان دیگر در این سیکل فرض می‌شود احتراق در حجم ثابت رخ داده است. در این حالت احتراق با یک جرقه شروع می‌شود، به همین دلیل موتوری که برمبنای سیکل اتو کار می‌کند، موتور اشتغال جرقه‌ای نام گرفته است. سیکل اتو یک فرایند چهارزمانه است و از مراحل تنفس، تراکم، انبساط و تخلیه تشکیل شده است. بنابراین در این‌گونه موتورها یک سیکل کامل در دو دور موتور انجام می‌شود.

سیکل اتو پس از اختراع موتور چهارزمانه توسط نیکلاس اتو در سال ۱۸۷۶ به اسم او نام گرفت. اتو به عنوان مخترع موتورهای احتراق داخلی مدرن و نیز پایه‌گذار صنایع موتورسازی معروف است. موتور چهارزمانه‌ای که اتو برای اولین بار تولید نمود دارای توان (۲hp) ۱/۵ kW در سرعت موتور ۱۶۰rpm بود.

۲ــ۶ــ۱ــ آزاد شدن گرما در فشار ثابت : این نوع سیکل به سیکل دیزل معروف است و به‌منظور شبیه‌سازی موتورهایی استفاده می‌شود که با کنترل احتراق در آن، ابتدای مرحله انبساط به شکل فشار ثابت صورت گیرد. موتورهای مبتنی بر سیکل دیزل، موتورهای اشتعال تراکمی نیز نامیده می‌شوند.

سیکل مذکور پس از اختراع موتوری با قابلیت پاشش مستقیم سوخت مایع به محفظه احتراق توسط رادلف دیزل در سال ۱۸۹۷ به نام سیکل دیزل نام گرفت.

نسبت تراکم در موتورهای دیزل نسبت به موتورهای اشتعال جرقه‌ای بیشتر است. این نسبت در موتورهای دیزل در حدود ۱۵ الی ۲۰ می‌باشد. این نسبت تراکم باعث می‌شود دمای دیواره‌های سیلندر به اندازه‌ای باشد که موجبات خود اشتعالی مخلوط سوخت و هوا را فراهم آورد. مدت مرحله احتراق به وسیله زمان پاشش و نیز نحوه اختلاط افشانه سوخت کنترل می‌شود.

۳ــ۶ــ۱ــ سیکل‌های دوگانه : عملکرد موتورهای اشتعال تراکمی امروزی به هیچ یک

از سیکل‌های فشار ثابت و حجم ثابت شباهتی ندارد، بلکه در وضعیتی میان آن دو کار می‌کند که در آن بخشی از حرارت به صورت حجم ثابت و بخش دیگر آن به‌صورت فشار ثابت آزاد خواهد شد. سیکل دوگانه، سیکل گازی است که به منظور مدل‌سازی دقیق موتورهایی که در آن احتراق کندتر از حالت حجم ثابت ولی تندتر از حالت فشار ثابت رخ می‌دهد مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از سیکل‌های دوگانه همچنین می‌توان روابط جبری برای پارامترهای کارایی موتور نظیر بازده حرارتی پیشنهاد داد. پخش آزاد شدن گرما دردو گونه مختلف حجم ثابت و فشار ثابت از جمله مسائلی است که طراح موتور می‌تواند آن را با استفاده از نوع سوخت، نوع سیستم تزریق سوخت و هندسه موتور تحت کنترل قرار دهد. با استفاده از کنترل نحوه آزاد شدن گرما می‌توان فشار بیشینه سیلندر را محدود نمود. به همین دلیل سیکل دوگانه را سیکل فشار محدود نیز می‌نامند.

۷ــ۱ــ اصول کار موتورهای پیستونی

در موتورهای پیستونی، انرژی شیمیایی سوخت پس از احتراق که ناشی از جرقهٔ شمع (در موتورهای اشتعال جرقه‌ای) عموماً در موتورهای بنزینی و یا انفجار مخلوط (در موتورهای اشتعال تراکمی) عموماً در موتورهای دیزل صورت می‌گیرد، به واسطهٔ فشار تولیدشده، سبب حرکت پیستون می‌گردد. حرکت رفت و برگشتی پیستون سبب انتقال قدرت به میل‌لنگ و در نهایت به چرخ‌ها می‌گردد. در فصل های بعدی شرح کاملی از عملکرد موتورهای پیستونی ارائه خواهد شد.

موتورهای احتراقی به سه دسته تقسیم می‌شوند : احتراق در حجم ثابت (بنزینی)، احتراق در فشار ثابت (دیزلی) و احتراق پیوسته (توربینی). در جدول زیر مشخصات این نوع از موتورها، نحوه عملکرد، نمونه‌های موجود و موارد مصرف آنها ذکر شده است.

جدول ۲ــ۱ــ مشخصات انواع موتورهای احتراق داخلی

مشخصات	موتورهای انفجاری با سیکل حجم ثابت (بنزینی)	موتورهای احتراقی با سیکل فشار ثابت (سوخت سنگین)	موتورهای احتراق پیوسته (توربینی)
زمان کار	دو و چهار زمانه	دو و چهار زمانه	پایا (دایم)
سوخت‌رسانی	کاربراتوری ــ انژکتوری	انژکتوری	انژکتوری
نوع سوخت	بنزین ــ الکل ــ گاز	گازوئیل و مازوت	نفت سفید

نام سیکل	اتو	دیزل	توربینی
نحوهٔ اشتعال گاز	به‌وسیله جرقه شمع (دستگاه آتش‌زنه)	خودبه‌خود (به‌وسیله گرمای تراکم)	ابتدا با جرقه شمع و سپس به‌طور خودبه‌خود
انواع موتورهای ساخته شده	پیستونی ــ روتوری	دیزل ــ نیم‌دیزل	عکس‌العملی و تور بوشافت
مورد مصرف	در اتومبیل‌های سواری در کاربری‌های سبک	خودروهای سواری و سنگین خودروهای دریایی ماشین‌های کشاورزی موتورهای ثابت و غیره	هواپیماها ترن‌ها

سؤالات

۱ــ گروه‌بندی اجزای موتور را نام ببرید.

۲ــ وظیفه مولد قدرت را تشریح کنید.

۳ــ وظیفه انتقال قدرت خودرو را شرح دهید.

۴ــ اساس کار موتورهای چهارزمانهٔ اتو را شرح دهید.

۵ــ فرایند تبدیل انرژی در یک موتور احتراق داخلی را شرح دهید.

فصل دوم

اجزا و ساختمان موتورهای احتراق داخلی

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

۱ــ ساختمان موتور را توضیح دهد.

۲ــ اجزای ساختمان موتور را نام ببرد.

۳ــ سرسیلندر را توضیح دهد.

۴ــ اجزای سرسیلندر را نام ببرد.

۵ــ بدنهٔ سیلندر را توضیح دهد.

۶ــ اجزای بدنهٔ سیلندر را نام ببرد.

۷ــ سوپاپ‌ها را توضیح دهد.

۸ــ سیستم‌های مختلف فرمان سوپاپ را توضیح دهد.

۹ــ مکانیزم حرکت سوپاپ‌ها را توضیح دهد.

۱۰ــ سیلندر موتور را توضیح دهد.

۱۱ــ انواع سیلندرها را نام ببرد.

۱۲ــ ساختمان پیستون را توضیح دهد.

۱۳ــ عملکرد پیستون‌ها را توضیح دهد.

۱۴ــ اجزای پیستون را توضیح دهد.

۱۵ــ میل‌لنگ و یاتاقان‌های آن را توضیح دهد.

۱ــ۲ــ ساختمان موتور

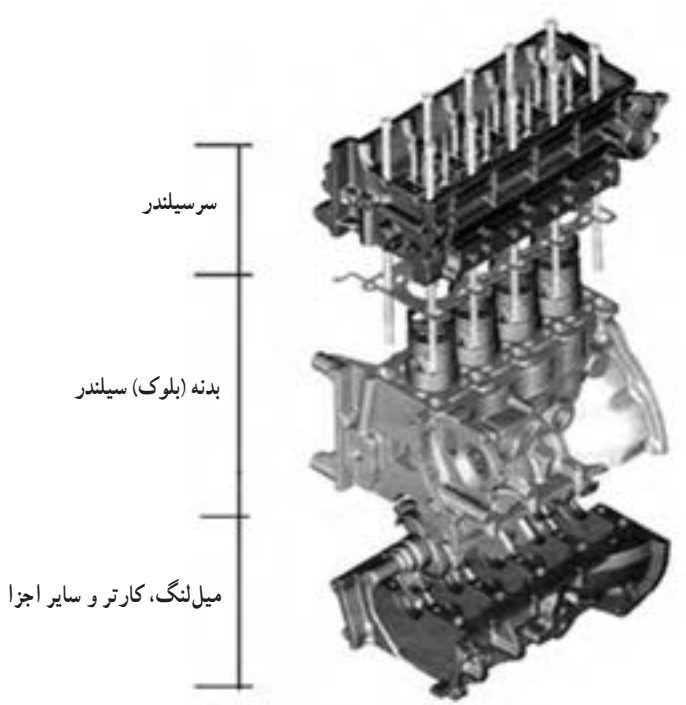
به‌منظور تشریح بخش‌های مختلف موتور، تقسیم‌بندی ساختمان موتور در اینجا به‌صورت طبقاتی از بالا به پایین صورت گرفته است. در قسمت بالای موتور مجموعه سر سیلندر و در قسمت میانی بدنه سیلندر و اجزای داخلی آن و پایین‌ترین قسمت موتور شامل میل‌لنگ، کارتر روغن و سایر

اجزای داخلی آن می‌باشد.

۱ــ۱ــ۲ــ سرسیلندر : شامل مجموعه سوپاپ‌ها و فرمان سوپاپ‌ها، مجاری دود و گاز، مایع خنک کاری، محفظه احتراق، شمع و انژکتور می‌باشد. معمولاً جنس سرسیلندر از چدن و یا آلیاژ آلومینیم می‌باشد.

۲ــ۱ــ۲ــ بدنه (بلوک) سیلندر : شاید بتوان آن‌را بخش اصلی موتور نامید. این بخش شامل محفظه سیلندر، مجاری و راهگاه‌های مایع خنک‌کاری (آب)، مجاری روغن‌کاری، محل یاقان‌های ثابت میل‌لنگ و میل سوپاپ می‌باشد.

۳ــ۱ــ۲ــ میل لنگ و محفظه آن : در پایین‌ترین بخش موتور مجموعه‌هایی شامل میل‌لنگ، شاتون، پیستون، فلایویل و مخزن روغن (کارتر) می‌باشد.

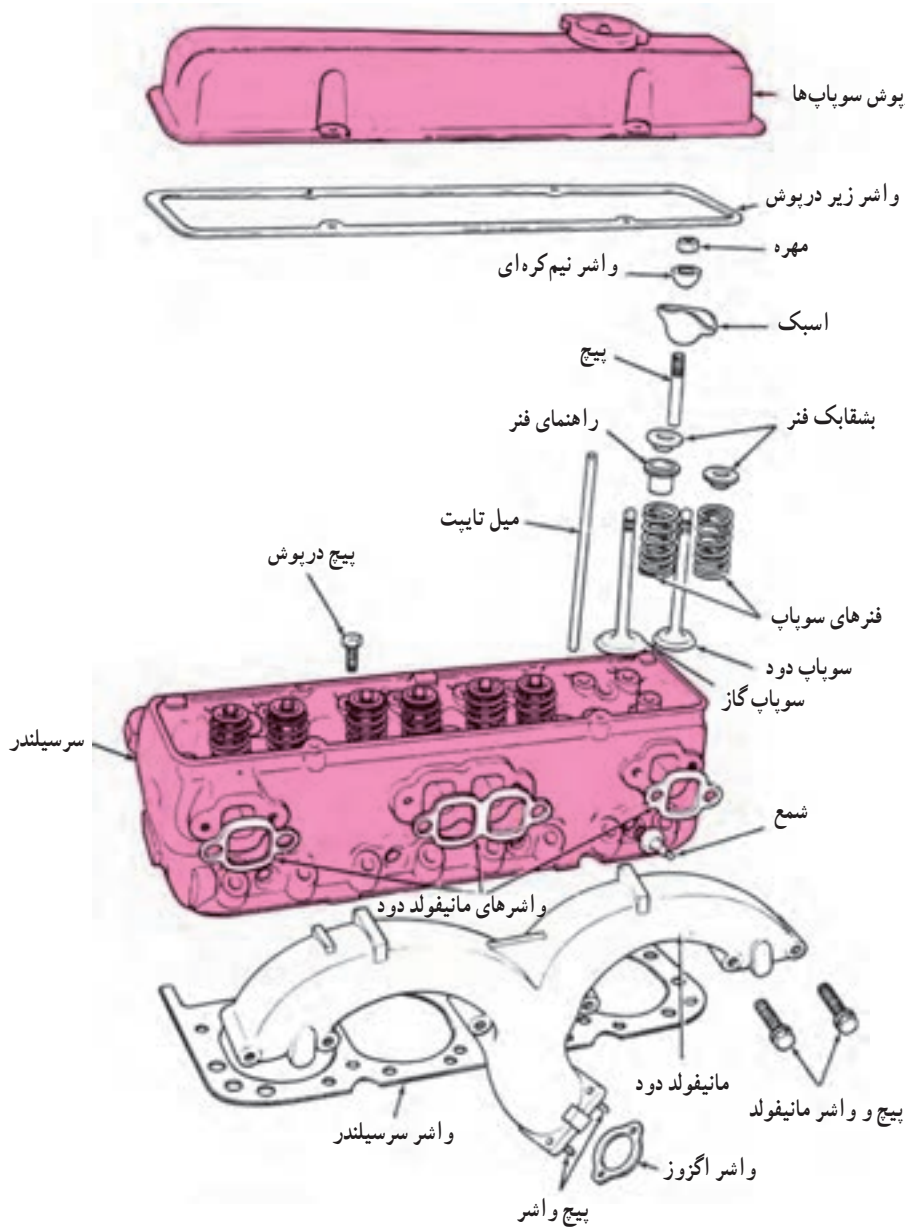


شکل ۱ــ۲ــ تقسیم‌بندی موتور به سه بخش سرسیلندر، بدنه (بلوک) سیلندر و محفظه میل‌لنگ

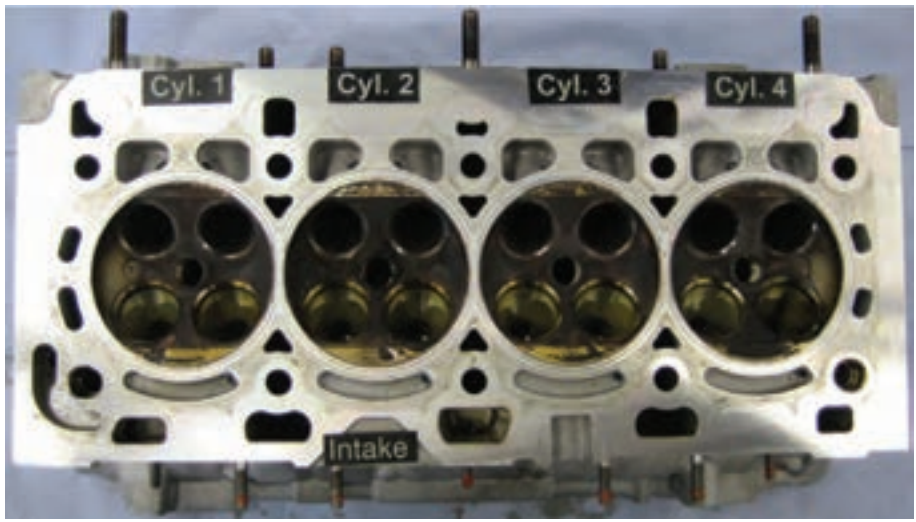
۲ــ۲ــ سرسیلندر و اجزای آن

سرسیلندر از یک بدنه اصلی و تعدادی قطعات که روی آن سوار شده‌اند تشکیل شده است.

بدنه اصلی سر سیلندر به‌وسیله تعدادی پیچ به بدنه (بلوک) سیلندر بسته می‌شود. جهت آب‌بندی اتصال بین سرسیلندر و سیلندر از قطعه‌ای به نام واشر سرسیلندر استفاده می‌شود. در زیر به تشریح اجزای مختلف سر سیلندر و عملکرد آنها اشاره می‌شود.



شکل ۲ــ۲ــ سرسیلندر و اجزای آن



شکل ۳ــ۲ــ بدنه اصلی سرسیلندر یک موتور ۱۶ سوپاپ

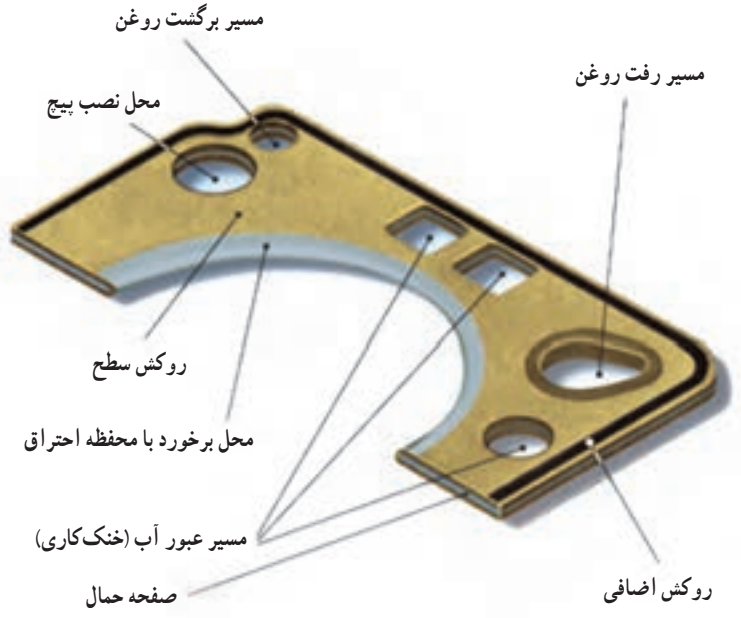
۱ــ۲ــ۲ــ واشر سرسیلندر : اگرچه سطوح اتصال بین بدنه (بلوک) سیلندر و سرسیلندر تراشکاری شده، تراز و صاف می‌باشد، باز هم قدرت آب‌بندی محفظه احتراق را نسبت به محیط خارج و مجاری آب و روغن ندارد. بنابراین واشری در بین سطوح تماس آنها قرار می‌دهند. واشر سرسیلندر باید دارای خواص زیر باشد :

۱ــ شکل‌پذیری: بتواند در پستی و بلندی سطوح بلوکه و سرسیلندر نفوذ نموده، عمل آب‌بندی را به‌خوبی انجام دهد.

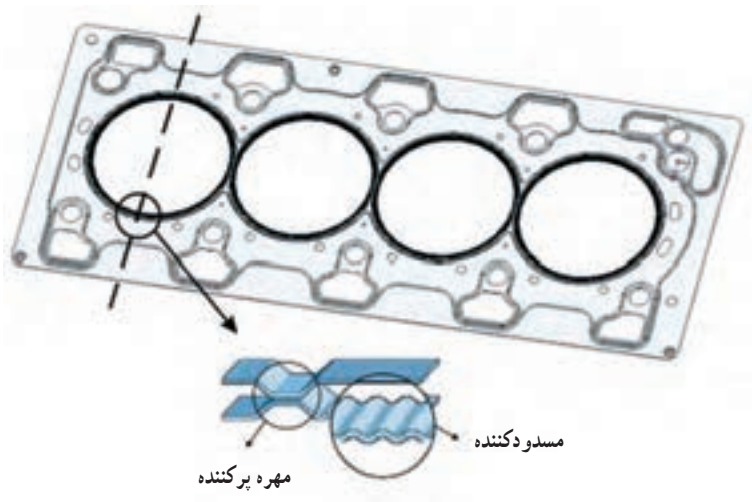
۲ــ ضریب حرارتی بالا : در اثر افزایش درجه حرارت، گرما را به‌خوبی انتقال داده، نسوزد.

۳ــ ارزان بودن : در تعمیر موتور، هر وقت که سرسیلندر باز شود باید واشر سرسیلندر نیز تعویض گردد. پس لازم است که این واشر ارزان باشد تا هزینه تعمیر موتور بالا نرود.

۲ــ۲ــ۲ــ دستگاه فرمان سوپاپ : سوپاپ با فرمان گرفتن از میل سوپاپ در زمان معین باز می‌شود و به‌وسیله فنر سوپاپ دوباره بسته می‌شود. سوپاپ‌های مورد مصرف در موتورهای امروزی، اغلب قارچی شکل هستند و با زاویه ۴۵ درجه یا ۳۰ درجه در نشیمنگاه خود (سیت) قرارگرفته، محفظه احتراق را نسبت به خارج آب‌بندی می‌کنند. وقتی سوپاپ گاز باز می‌شود ارتباط بین سیلندر و مجرای سوخت ــ هوا برقرار می‌گردد و سیلندر از مخلوط ماده سوختنی و هوا پر می‌شود.

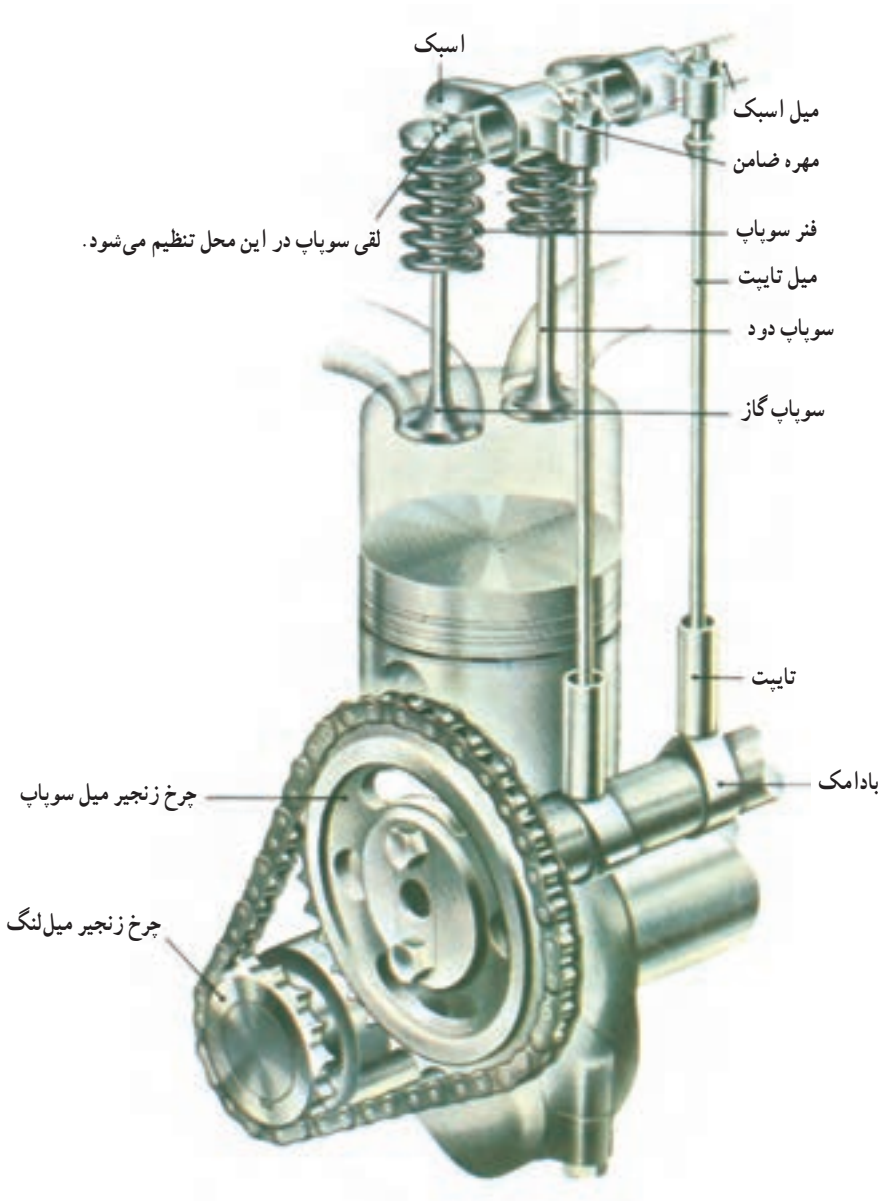


شکل ۴ــ۲ــ اجزای واشر سرسیلندر

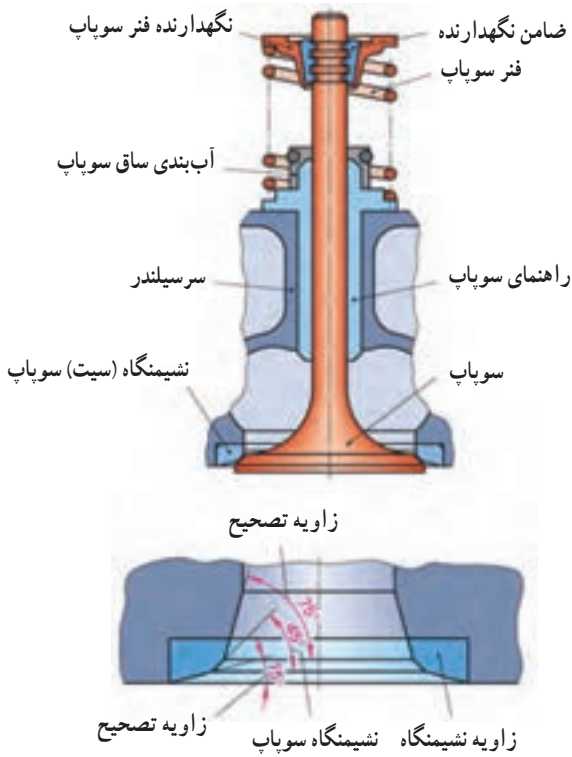


شکل ۵ــ۲ــ واشر سرسیلندر چند لایه فولادی

در حالی که با باز شدن سوپاپ دود، ارتباط بین سیلندر و هوای محیط برقرار می‌گردد و دودهای حاصل از احتراق، سیلندر را ترک می‌کنند. بنابراین در هر سیلندر حداقل یک سوپاپ گاز (ورودی) و یک سوپاپ دود (خروجی) وجود دارد.



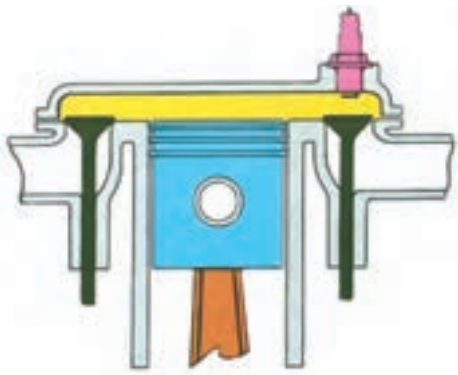
شکل ۶ــ۲ــ مکانیزم حرکت سوپاپ I شکل



شکل ۷ــ۲ــ زوایای شیب نشیمنگاه سر سوپاپ

۳ــ۲ــ۲ــ سیستم‌های مختلف فرمان سوپاپ

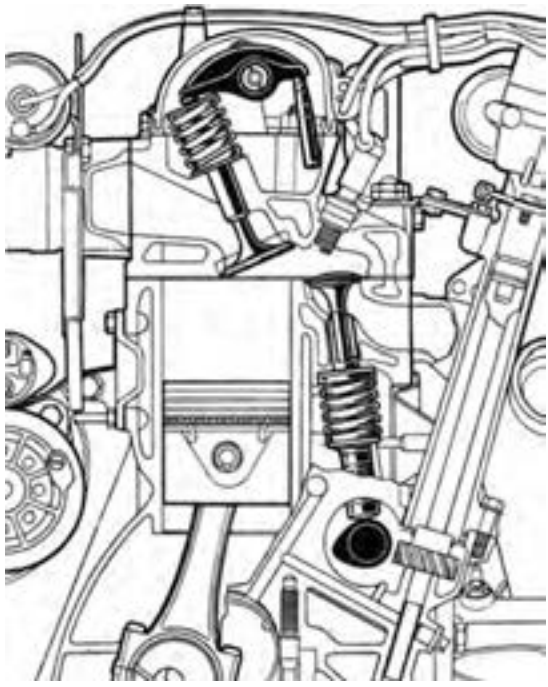
سیستم سوپاپ ایستاده دو ردیفه یا T شکل: این روش که در موتورهای قدیمی به‌کار می‌رفته شامل دو میل بادامک است که با یکی سوپاپ‌های دود و با دیگری سوپاپ‌های گاز فرمان می‌گیرند. در این سیستم راندمان حجمی موتور به علت بد پر شدن سیلندر ۷۵٪ است. خروجی دود و ورودی سوخت به شکل T می‌باشد (شکل ۸ــ۲).



شکل ۸ــ۲ــ موتور با سوپاپ T شکل

شکل ۹ــ۲ــ موتور L شکل

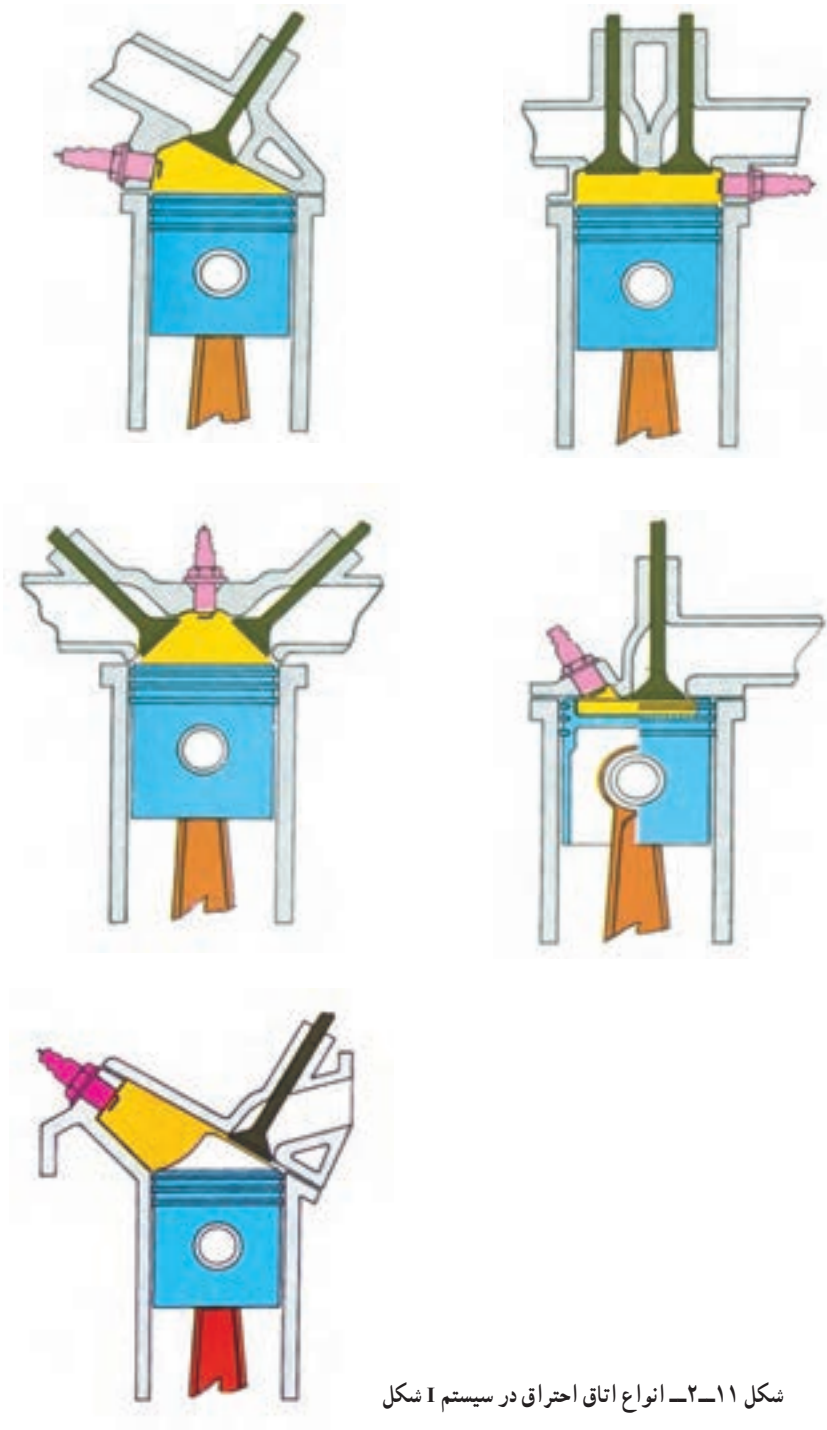
سیستم سوپاپ ایستاده L شکل: این روش جدیدتر از نوع T شکل است و تمام سوپاپ‌های گاز و دود یک طرف بلوک قرار دارند و به‌وسیله یک میل سوپاپ فرمان می‌گیرند. در این روش به علت کوچک شدن محفظه احتراق و فرم خاص آن، پرشدن سیلندر بهتر انجام می‌گیرد و راندمان حجمی موتور به ۸۸٪ می‌رسد. در این روش ورود گاز و خروج دود به شکل L می‌باشد.



شکل ۱۰ــ۲ــ ساختمان سوپاپ‌های ترکیبی یا F شکل

سیستم سوپاپ‌های ترکیبی یا F شکل: در این روش سوپاپ گاز به حالت معلق و سوپاپ دود به حالت ایستاده قرار می‌گیرد تا عمل پر شدن سیلندر به‌علت نزولی بودن جریان سوخت، کامل‌تر شود. در این روش خروج دود و ورود گاز به شکل F می‌باشد.

سیستم سوپاپ معلق یا I شکل: در این روش سوپاپ‌های گاز و دود در سرسیلندر قرار دارد و جهت خروج گاز و دود در یک خطّ مستقیم به شکل I انجام می‌شود. راندمان حجمی موتور در سیستم I شکل، به فرم اتاق احتراق بستگی دارد که در اشکال ۱۱ــ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۱ــ۲ــ انواع اتاق احتراق در سیستم I شکل

۴ــ۲ــ۲ــ مکانیزم حرکت سوپاپ‌ها : در سیستم L شکل ــ در نوع L شکل، سوپاپ به‌وسیله تایپت حرکت می‌کند و نیروی خود را به‌طور مستقیم از میل سوپاپ می‌گیرد. میل سوپاپ نیروی حرکتی را به‌وسیله چرخ دنده از میل‌لنگ می‌گیرد.

در سیستم سوپاپ معلق ــ در روش سوپاپ معلق و ترکیبی، فرمان سوپاپ‌های معلق به روش‌های گوناگون انجام می‌شود.

نسبت حرکت میل سوپاپ در موتور چهار زمانه : با هر روشی که میل سوپاپ را به حرکت درآورند (دنده‌ای، زنجیری، تسمه‌ای) باید سرعت آن $\frac{۱}{۲}$ سرعت میل لنگ باشد زیرا در هر دو دور میل‌لنگ توسط هر سیلندر یک کار انجام می‌شود و در هر دور گردش میل سوپاپ، یک بار سوپاپ گاز و دود تمام سیلندرها باز و بسته می‌شود. بنابراین، در سیکل کامل موتور که میل لنگ دو دور می‌چرخد میل سوپاپ فقط یک بار گردش می‌کند.

میل سوپاپ علاوه بر فرمان دادن به سوپاپ‌ها، پمپ روغن، دلکو و پمپ بنزین را نیز به‌کار می‌اندازد.

۵ــ۲ــ۲ــ تایمینگ سوپاپ‌ها : قدرت بازده موتور، بستگی کامل به مقدار سوخت و هوایی دارد که در هنگام مکش سیلندر را پر می‌کند. مقدار سوخت وارد شده به سیلندر، به اندازه قطر دریچه گاز، مکش سیلندر، مقدار باز بودن سوپاپ گاز و سرعت موتور بستگی دارد.

قطر سوپاپ‌ها اندازه معین و محدودی دارد و نمی‌توان آن را به‌طور دلخواه افزایش داد. مقدار برخاستن سوپاپ‌ها حدود ۹ میلی‌متر است و قطر سوپاپ‌های گاز را حتّی‌المقدور بزرگ‌تر می‌سازند. مثلاً هر گاه قطر سوپاپ دود ۳۸ میلی‌متر باشد، قطر سوپاپ گاز ۴۲ میلی‌متر ساخته می‌شود.

زاویه نشست اغلب سوپاپ‌ها ۴۵ درجه می‌باشد. گاهی هم سوپاپ‌های ۳۰ درجه، ساخته می‌شود. سوپاپ ۳۰ درجه مقدار باز بودن دهانه آزاد سوپاپ را افزایش داده، سیلندر بهتر پر می‌شود. ولی سوپاپ ۴۵ درجه حالت گوه‌ای بهتری دارد و به‌خوبی در سیت خود نشسته، عمل آب‌بندی را بهتر انجام می‌دهد. در روی چرخ دنده‌ها و چرخ زنجیرها علایم تایمینگ برای نصب نمودن آن‌ها حک می‌شود.

۶ــ۲ــ۲ــ تایپت : بین بادامک میل سوپاپ و انتهای ساق سوپاپ، تایپت قرار می‌گیرد. بدنه کوچک سوپاپ نمی‌تواند ضربات سخت و پی در پی را ــ که همراه نیروی مالشی بادامک است ــ تحمل کند. به علاوه باید وسیله‌ای وجود داشته باشد تا بتوان لقی کمی بین سوپاپ و بادامک ایجاد کرد تا در موقع انبساط سوپاپ از بازماندن سوپاپ و سوختن آن جلوگیری شود. عمل تنظیم بین تایپت و سوپاپ

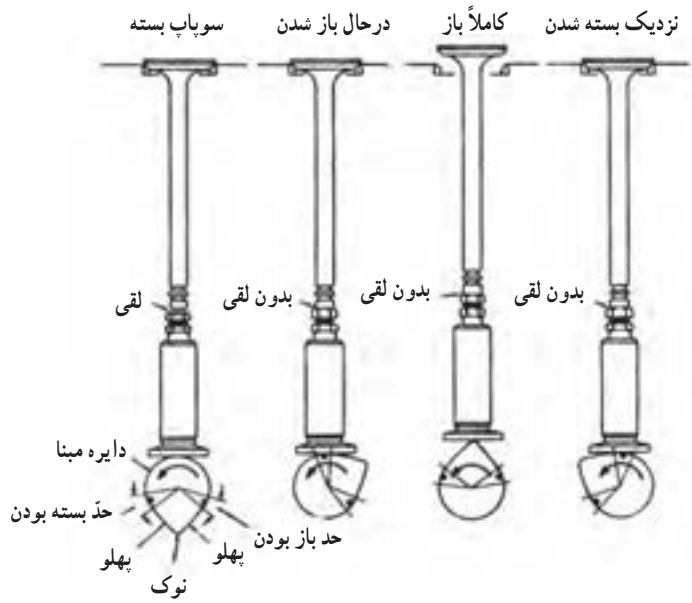
را پیچ تایپت میسر می‌سازد. لقی لازم بین تایپت و سوپاپ به طراحی و قدرت موتور بستگی دارد.

۷ــ۲ــ۲ــ بادامک‌های میل سوپاپ : بادامک‌ها که وظیفه باز کردن سوپاپ‌ها را عهده‌دار هستند، طرح بسیار دقیقی دارند. قسمتی از آن به شکل دایره کامل است که به آن مبنا می‌گویند و قسمتی دیگر که به‌وسیله آن سوپاپ را باز می‌کند به شکل‌های مخصوصی طراحی می‌گردد که آن را بادامک می‌نامند.

وقتی سوپاپ کاملاً باز است که نوک بادامک زیر تایپت باشد. بادامک در موتورها از پنج قسمت تشکیل می‌شود شکل ۱۲ــ۲ که عبارتنداز :

۱ــ دایره مبنا. ۲ــ حدّ باز شدن (شیب ملایم باز شدن). ۳ــ پهلوی باز کردن سوپاپ. ۴ــ پهلوی بسته شدن سوپاپ. ۵ــ حدّ بسته شدن (شیب ملایم بسته شدن).

بادامک با سرعت زیاد سوپاپ را باز می‌کند. برای باز و بسته شدن ملایم سوپاپ‌ها، سطح نشست آن‌ها را در روی سیت سوپاپ طوری طرّاحی می‌کنند که محدوده کوچکی در روی بادامک دارای شیب ملایمی‌باشد که به آن حدّ باز و بسته شدن می‌گویند. موتوری که با دور ۴۰۰۰RPM کار می‌کند این حدّ تقریباً در زمان $\frac{۱}{۴۰۰}$ ثانیه طی شده، سپس سوپاپ باز یا بسته می‌شود.



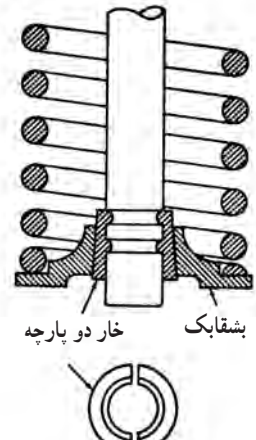
شکل ۱۲ــ۲ــ حالت‌های مختلف بادامک

۸ــ۲ــ۲ــ فنر سوپاپ : فنر سوپاپ‌ها از مفتول گرد فولادی با قطر تقریبی ۳/۵ میلی‌متر ساخته می‌شود. دو انتهای فنر را به‌صورت تخت می‌سازند تا موقع تکیه کردن در محل خود به‌طور کاملاً عمود قرار گیرد (شکل ۱۳ــ۲). در یک موتور با سوپاپ ایستاده یا L شکل، طول آزاد فنر حدود ۵۲ میلی‌متر است و وقتی که آن را در روی سوپاپ تحت فشار نصب می‌کنند، طول آن به ۴۴/۵ میلی‌متر می‌رسد. در این حال، فشار فنر حدود ۲۰kg می‌باشد. وقتی سوپاپ باز می‌شود طول آن کوتاه‌تر شده، به ۳۶/۵ میلی‌متر می‌رسد که در این حالت فشار فنر ۴۲ kg افزایش می‌یابد.

بنابراین مقدار برخاستن سوپاپ (میلی‌متر ۸= ۳۶/۵– ۴۴/۵) خواهد بود.

شکل ۱۳ــ۲ــ فنر سوپاپ‌ها

۹ــ۲ــ۲ــ خار نگهدارنده بشقابک سوپاپ : در اغلب موتورها برای نگهداشتن فنر و بشقابک آن در روی ساق سوپاپ از خارهای دو پارچه استفاده می‌شود. این خارها پس از جمع کردن فنر سوپاپ در شیار انتهای ساق سوپاپ قرار گرفته، بشقابک را نگه می‌دارد.



شکل ۱۴ــ۲ــ خارهای دو پارچه

۱۰ــ۲ــ۲ــ شرایط کار سوپاپ‌ها : برای درک حسّاسیت کار سوپاپ‌ها، لازم است که شرایط واقعی فیزیکی موتور را بشناسیم. به این منظور، فرض می‌کنیم که هر سوپاپ در $\frac{۱}{۳}$ از گردش بادامک میل سوپاپ، باز و در $\frac{۲}{۳}$ باقیمانده مسیر در تکیه گاه خود بسته قرار می‌گیرد.

می‌دانیم که سرعت میل سوپاپ $\frac{۱}{۲}$ سرعت میل لنگ است و در هر دور آن یک بار سوپاپ‌های گاز و دود باز و بسته می‌شوند؛ بنابراین در دور ۳۰۰۰ RPM موتور، سوپاپ‌ها در هر دقیقه ۱۵۰۰ مرتبه باز و بسته می‌شوند.

پس هر سوپاپ در هر ثانیه $\frac{۱۵۰۰}{۶۰} = ۲۵$ مرتبه باز و بسته می‌شود. اگر زمان باز بودن $\frac{۱}{۳}$ و زمان بسته شدن $\frac{۲}{۳}$ فرض شود، بنابراین هر سوپاپ $\frac{۱}{۷۵}$ ثانیه باز و $\frac{۲}{۷۵}$ ثانیه بسته است.

۱۱ــ۲ــ۲ــ اهمیت تنظیم بودن لقی سوپاپ : برای آنکه سوپاپ‌ها بتوانند وظیفه مکش و خروج گازهای داغ و تبادل حرارتی را به‌خوبی انجام دهند و نسوزند، لازم است که به مقدار لقی مجاز توصیه شده از طرف سازندگان خودرو، توجه کافی بشود.

اگر لقی سوپاپ، زیادتر از اندازه مجاز باشد زمان باز بودن سوپاپ کاهش یافته، مدّت نشستن آن در روی سیت بیشتر می‌شود که البته از نظر خود سوپاپ برای انتقال حرارت مناسب است ولی از نظر تایمینگ موتور یک عیب محسوب می‌شود. به علاوه موتور با سر و صدای زیادی کار می‌کند.

اگر لقی سوپاپ کمتر از اندازه مجاز باشد، سوپاپ زودتر باز شده، دیرتر بسته می‌شود. لذا مدّت زمان نشستن سوپاپ در سیت کاهش یافته، تبادل حرارتی به‌خوبی انجام نمی‌شود و در نتیجه سوپاپ دود به سرعت می‌سوزد.

با گرم شدن موتور، لقی سوپاپ ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد، برای درک این موضوع و اهمیت تنظیم لقی سوپاپ‌ها، آزمایش ۱۳۰ دقیقه‌ای زیر را انجام می‌دهند.

۱۲ــ۲ــ۲ ــ نشتی سوپاپ : عدم آب بندی سوپاپ‌ها بسته به دلایل زیر است :

الف) عیب مکانیکی در دستگاه سوپاپ

ب) رسوب گرفتن سوپاپ

فرض کنیم تمام قطعات موتور، تمیز و بدون رسوب گرفتگی باشد. یعنی روی سوپاپ و سیت آن را رسوب نگرفته، کربن روی قطعات را نپوشانده، مواد دیگر روی اجزای موتور وجود نداشته باشد.

در چنین شرایطی برای آنکه سوپاپ را به‌خوبی آب‌بندی کند، لازم است به نکات زیر توجه شود :

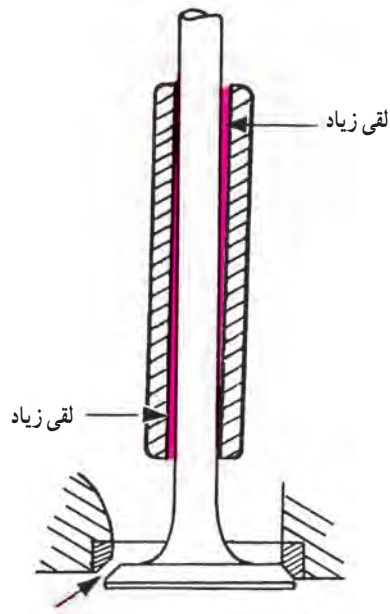
سطوح نشست سوپاپ باید کاملاً گرد و با ساق سوپاپ متّحدالمرکز باشد : دایره نشست سوپاپ باید به‌طور دقیق هم مرکز با ساق سوپاپ باشد. اگر ساق سوپاپ در راهنمایش با لقی مجازی

حرکت کند، سطح نشست سوپاپ هم باید به طور کامل در سیت تکیه نماید (شکل ۱۵ــ۲).

کج بودن سوپاپ : سر سوپاپ باید نسبت به ساق آن قائم باشد. اگر سر سوپاپ پیچیدگی داشته باشد سوپاپ نشتی خواهد داشت.

ساق سوپاپ باید کاملاً صاف باشد : اگر ساق سوپاپ کج باشد به خوبی در راهنمای خود حرکت نکرده و چسبندگی سوپاپ رخ می‌دهد. در نتیجه سوپاپ به‌خوبی در سیت خود نمی‌نشیند.

شکل ۱۵ــ۲ــ شکل سوپاپ و لبه‌های آن در آب‌بندی گاز تأثیر مهمی دارد.



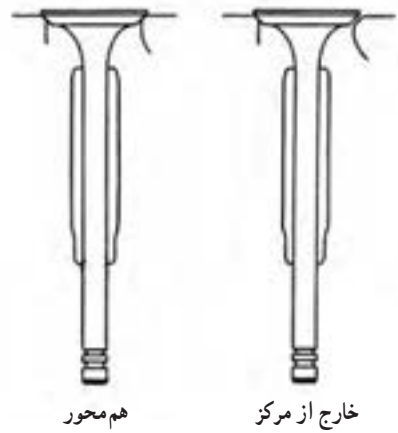
لقی بین ساق سوپاپ و راهنمایش باید در حد مجاز باشد : اگر لقی خیلی کم باشد، سرعت بسته‌شدن سوپاپ کند می‌گردد. به علاوه روغن نمی‌تواند در گیت نفوذ کند و عمل روغن‌کاری به‌خوبی انجام نمی‌شود. اگر لقی، خیلی زیاد باشد سوپاپ به‌خوبی هدایت نشده، در سیت خود کج حرکت می‌کند (شکل ۱۶ــ۲).

شکل ۱۶ــ۲

در چنین حالتی، سوپاپ ابتدا کج روی سیت تکیه می‌کند و سپس به علّت گوه‌ای بودن نشست سوپاپ و کشش فنر، به محل اصلی خود کشیده می‌شود.

در سوپاپی که گیت آن لقی زیادی دارد، بالاخره سوپاپ در سیت تکیه می‌کند ولی نه در اسرع وقت و به طور دقیق، بلکه در زمان نسبتاً طولانی و ناقص. سرعت عمل بسته شدن سوپاپ‌ها دارای اهمیت زیادی است، به‌خصوص در مورد سوپاپ‌های دود که تأخیر زیاد باعث سوختن سوپاپ می‌شود.

شکل۱۷ــ۲ــ لقی زیاد گیت (راهنما) باعث کج نشستن سوپاپ می‌شود.



شکل ۱۸ــ۲ــ سوپاپ ابتدا کج تکیه می‌کند (چپ) و سپس به محل اصلی کشیده می‌شود (راست)

از طرف دیگر، خارج از مرکز نشستن سوپاپ به علّت لقی زیاد گیت، باعث فرسایش زیاد سیت و سوپاپ می‌شود.

در موتورهای I شکل لقی زیاد گیت سوپاپ علاوه بر داشتن معایب فوق‌الذکر، باعث ایجاد نیروی جانبی در اسبک و انحراف سطح تماس می‌گردد. در نتیجه سیستم سوپاپ به‌نرمی‌کار نمی‌کند.

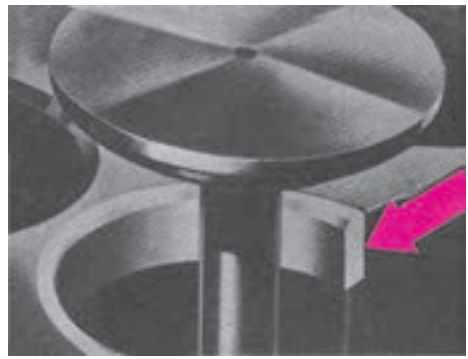
درجه حرارت سوپاپ: معایب اساسی سوپاپ‌ها، در بالا رفتن درجه حرارت سوپاپ و عدم توانایی صحیح انتقال حرارت می‌باشد. در مکانیزم سوپاپ‌های پیشرفته با استفاده از سیستم فرمان هیدرولیکی، تاحدّی از سوختن سوپاپ‌ها جلوگیری می‌شود.

درجه حرارت نشیمنگاه (سیت) سوپاپ: در اثر بالا رفتن درجه حرارت موتور، سیت سوپاپ از حالت دایره‌ای خارج می‌شود و تقریباً به‌صورت بیضی درمی‌آید. اگر پیچش سیت بیشتر از ۰/۰۲۵ میلی‌متر (۰/۰۰۱اینچ) باشد، نشتی به‌وجود خواهد آمد.

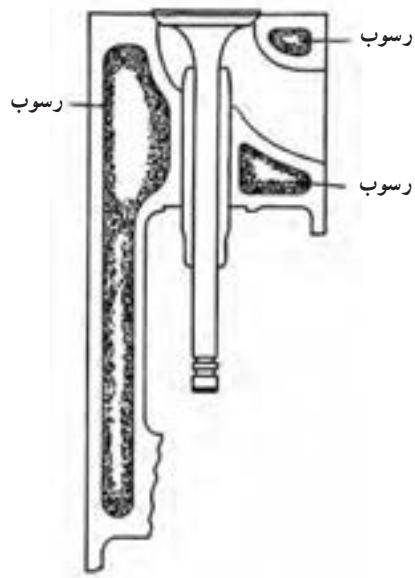
پیچیدگی سیت، ممکن است در اثر غلط بستن پیچ‌های سرسیلندر باشد. به این معنی که در اثر نامیزان بستن پیچ‌های اطراف سیت در سرسیلندر، فلز مجاور سیت تغییر شکل داده، فرم سیت را هم تغییر می‌دهد. از طرف دیگر به علت انبساط بلوکه سیلندر، سیت نمی‌تواند به‌صورت یک حلقه آزاد، منبسط و منقبض شود لذا پیچش سیت ممکن است در اثر تنش‌های حرارتی هم باشد.

بنابراین، خنک کاری غلط موتور و داغ کردن آن باعث تغییر شکل سیت می‌گردد.

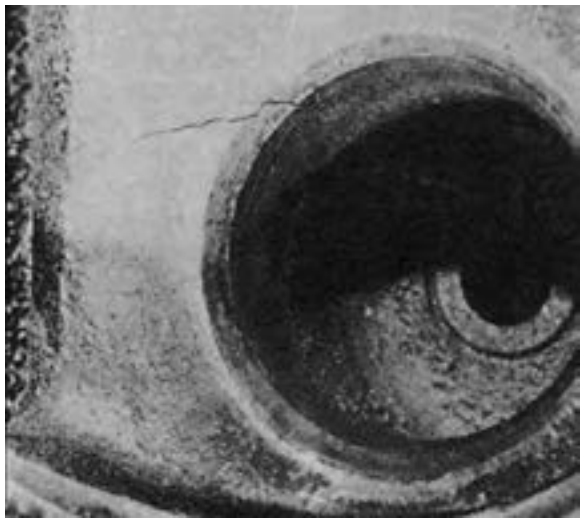
اگر درجه حرارت موتور، بیش از اندازه افزایش یابد، سیت در اثر انبساط و انقباض ناهمگون تحت تأثیر تنش‌های حرارتی داخلی قرار گرفته، می‌ترکد (شکل‌های ۲۰ــ۲ و ۲۱ــ۲).



شکل ۱۹ــ۲ــ سیت سوپاپ اغلب از مواد سخت ساخته می‌شود و به‌طور پرسی نصب می‌گردد.

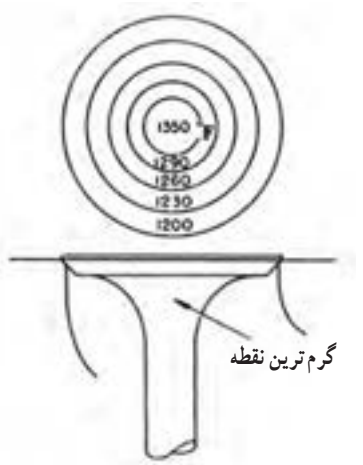


شکل ۲۰ــ۲ــ رسوب‌گرفتگی مجاری آب داخل موتور

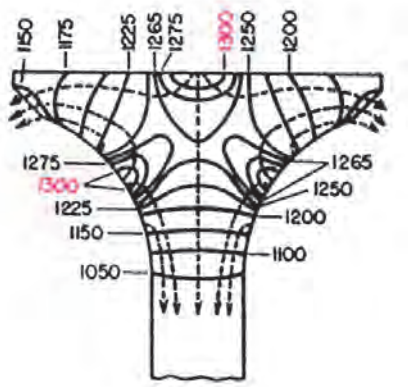


شکل ۲۱ــ۲ــ ترکیدن سیت سوپاپ

انتقال حرارت در سوپاپ: اگر سوپاپ به‌خوبی در سیت خود تکیه کند و عمل انتقال حرارت از سیت به آب، به‌درستی انجام گیرد، درجه حرارت یکنواختی در سر سوپاپ ایجاد می‌شود (شکل‌های ۲۲ــ۲ و ۲۳ــ۲).



شکل ۲۲ــ۲ــ توزیع درجه حرارت در سوپاپ دود(F) در شرایط عادی



شکل ۲۳ــ۲ــ نمایش خطوط هم‌دما در نقاط مختلف سوپاپ

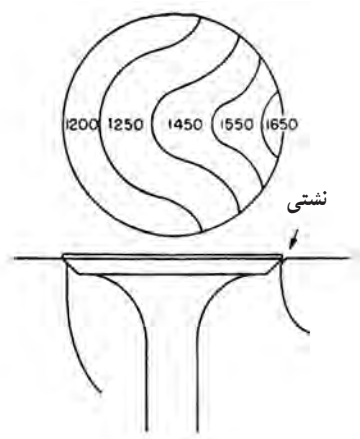
_____درجه حرارت ثابت بر حسب فارنهایت

- - - - - مسیر جریان حرارت

در مرکز سوپاپ که گرم‌ترین موضع آن است، درجه حرارت $1350^{\circ}F$ است. این مقدار به طور متناسب در خطوط دایره‌ای شکل کم می‌شود و در سردترین جا که نزدیک سیت است عمل انتقال حرارت انجام شده و به $1150^{\circ}F$ می‌رسد. در شکل ۲۳ــ۲ پروفیل دمای میانگین ارائه شده است، این در حالتی است که پروفیل دارای نشیمنگاه مناسبی بوده و سوپاپ انتقال حرارتی کافی از طریق آب خنک کاری داشته است، در صورتی که عملاً درجه حرارت واقعی سوپاپ خیلی بالاتر از این ارقام

است. می‌توان گفت که به طور متوسّط درجه حرارت انفجار گاز $4000^{\circ}F$ است که به صورت‌های مختلف مستهلک می‌گردد و ارقام نشان داده شده روی سوپاپ، $\frac{1}{3}$ حرارت واقعی انتقال یافته به سوپاپ است.

حال فرض کنیم سوپاپ به عللی در یک قسمت باز بماند. علل مورد نظر می‌تواند پیچیدگی سیت یا سر سوپاپ، قرار گرفتن ذرّه‌ای در بین سوپاپ و سیت، پوشیده بودن سیت و سطح نشست سوپاپ از رسوب کربن یا اکسید آهن و غیره باشد. در این صورت محلی که به سیت تکیه نمی‌کند به‌شدّت گرم می‌شود. شکل ۲۴ــ۲ آن را نشان می‌دهد.

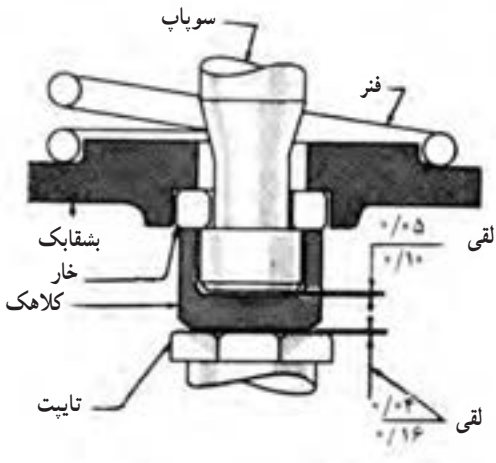


شکل ۲۴ــ۲ــ توزیع نامناسب درجه حرارت

سوپاپ که بسوزد از فرم اصلی طراحی شده خارج می‌گردد و دیگر نمی‌تواند به وظیفه خود عمل کند.

سوپاپ‌های چرخشی: برای جلوگیری از رسوب گرفتگی سطح خواب سوپاپ و پیدایش نقاط گرم در آن، طرحی به‌کار می‌رود که بر اساس آن سوپاپ در حین حرکت رفت و برگشتی خود حرکت چرخشی هم می‌کند. این‌گونه سوپاپ‌ها دارای زیر سوپاپی مخصوصی هستند که یا به صورت آزاد و یا به طرز اجبار، سوپاپ‌ها را می‌چرخانند. در نوع گردش آزاد، هر بار که بادامک سوپاپ را بلند می‌کند، کلاهک بین تایپت و نگهدارنده فنر، سوپاپ را آزاد می‌کند و سوپاپ از نیروی فنر آزاد شده، می‌تواند به هر طرف که نیرو به آن وارد می‌شود، گردش کند (شکل ۲۶ــ۲).

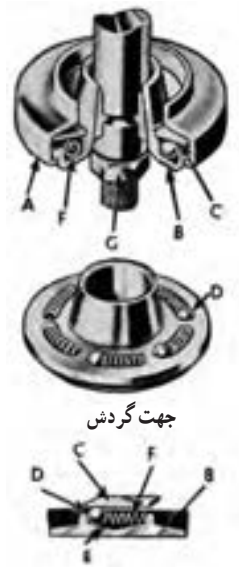
شکل ۲۵ــ۲ــ ساختمان سوپاپ گردش آزاد



شکل ۲۶ــ۲ــ لقی در این محل تنظیم می‌شود.

اندازهٔ لقی مجاز بین سوپاپ و کلاهک و نیز کلاهک و تایپت، در شکل ۲۶ــ۲ــ نشان داده شده است.

در نوع گردش اجباری، هر بار که تایپت، سوپاپ را بلند می‌کند، نیروی تایپت به نقطه‌ای که دارای فنر و ساچمه است وارد می‌شود و چون ساچمه در سطح شیبدار حرکت می‌کند، نیروی عکس‌العمل قطعه نگهدارنده سوپاپ را می‌چرخاند و درنتیجه سوپاپ هم اجباراً حرکت چرخشی می‌کند (شکل ۲۷ــ۲).



شکل ۲۷ــ۲ــ دستگاه گردش اجباری سوپاپ
A ــ بدنه B ــ بشقابک C ــ واشر D ــ ساچمه
E ــ شیب F ــ فنر G ــ تایپت

رسوب روی سطح خواب سوپاپ در اثر نفوذ گرد و غبار جاده، کربن سوخت، روغن‌سوزی موتور و اکسید آهن به‌وجود می‌آید و در معرض گرمای موتور قرار گرفته، به‌صورت رسوب سخت در می‌آید.

گاهی در اثر گرمای زیاد، حفره‌هایی در سطوح نشست سیت و سوپاپ به وجود می‌آید. حفره‌ها به علّت تأثیر گازهای گرم اسیدی بر سوپاپ داغ به وجود آمده، به صورت کاربید آهن، سطوح خواب سوپاپ را می‌پوشانند.

کند بسته شدن سوپاپ (چسبندگی) : پس از نشتی سوپاپ، عیب مهم دیگر آن کند بسته شدن می‌باشد که نتیجه‌ای مشابه نشتی در سوپاپ باقی می‌گذارد. وقتی فنر سوپاپ ضعیف شود و یا بشکند، در سرعت‌های زیاد، سوپاپ آهسته بسته می‌شود.

علت دیگر دیر بسته شدن سوپاپ، چسبندگی آن است. چسبندگی سوپاپ در اثر وجود نیروی اصطکاک زیاد بین ساق سوپاپ و راهنمای آن ایجاد می‌شود. در موقع چسبنده بودن سوپاپ حرکت آن تابع فنر نیست و پس از عبور بادامک از زیر تایپت، سوپاپ به‌سرعت بسته نمی‌شود. باید دانست که دیر بسته شدن سوپاپ گاز، موجب افت قدرت موتور می‌گردد زیرا مقداری از سوخت در هنگام تراکم به مانیفولد گاز بازگشت می‌کند.

دیر بسته شدن سوپاپ دود هم قدرت موتور را می‌کاهد، زیرا وقتی موتور مکش می‌کند هر دو سوپاپ باز است و مقداری دود به سیلندر مکیده می‌شود و از راندمان حجمی موتور کاسته می‌گردد. به علاوه دیر بسته شدن سوپاپ دود، داغ شدن سوپاپ در اثر کم شدن فرصت انتقال حرارت سوپاپ به سیت آن می‌شود و موجب ترسیدن یا ترکیدن لبه بشقابک سوپاپ می‌گردد.

در موتوری که سوپاپ آن چسبندگی دارد، دور آرام موتور به سختی تنظیم می‌شود و معمولاً شعلهٔ به مانیفولد گاز نفوذ می‌کند.

دلایل چسبندگی سوپاپ

۱ــ بیشترین چسبندگی سوپاپ گاز در اثر جمع شده رسوبات بنزین در قسمت‌های داخلی راهنمایی سوپاپ و روی ساق آن است. در بنزین، مواد صمغی معدنی وجود دارد که پس از احتراق، در ساق سوپاپ باقی می‌ماند و حالت چسبنده‌ای دارد. در بنزین انبار شده اثر چسبندگی صمغ، تشدید می‌شود.

۲ــ در اطاقک سوپاپ، مقداری روغن وجود دارد که به راهنمای سوپاپ نفوذ کرده، روی ساق سوپاپ و سطوح داخلی راهنما را می‌پوشاند. در سوپاپ دود، به علّت بالا بودن درجه حرارت روغن

می‌سوزد و کربن سختی روی سطوح ساق سوپاپ و راهنما را می‌پوشاند. در نتیجه، لقی بین آن را محدود نموده، موجب کندی حرکت سوپاپ می‌شود.

۳ــ تشکیل رسوب کربن در راهنمای سوپاپی که دارای لقی مجاز است، به ندرت اتفاق می‌افتد. بنابراین وجود لقی زیاد باعث جذب روغن در راهنما می‌شود. البتّه روغن سوزی داشتن موتور هم کمک به نفوذ روغن به راهنمای سوپاپ می‌کند.

۴ــ لقی خیلی کم بین سوپاپ و راهنما باعث چسبندگی می‌شود که این حالت در تعمیرات موتور به هنگام تعویض گیت و غلط برقو زدن آن، به‌وجود می‌آید.

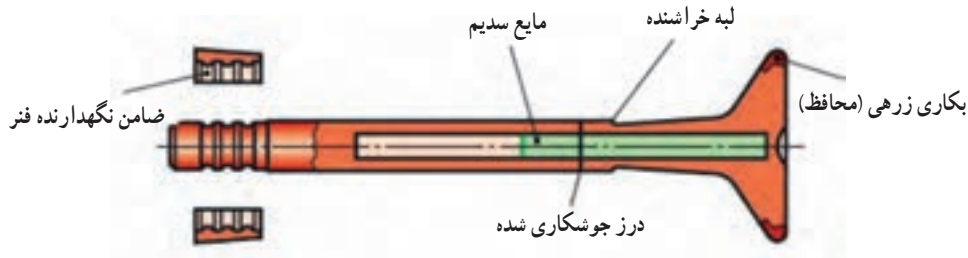
۵ــ صاف نبودن ساق سوپاپ، باعث گیر کردن آن در گیت، کج شدن سوپاپ در اثر نشتی داشتن سیت، بالا رفتن گرما در سوپاپ و گاهی ذوب شدن سوپاپ می‌شود.

۶ــ لقی کم بین تایپت و راهنمای آن و یا وجود صمغ و کربن بین آن دو، باعث سفت شدن تایپت در راهنما شده، فنر سوپاپ نمی‌تواند به‌سرعت سوپاپ را ببندد.

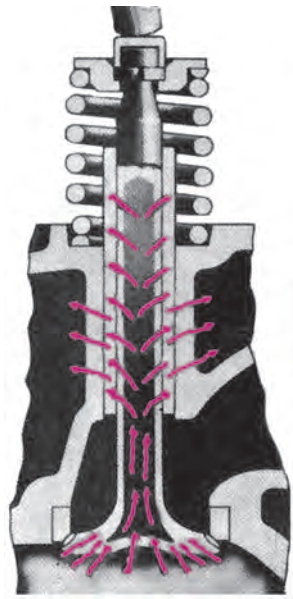
سوپاپ سدیمی: گاهی سوپاپ‌ها را توخالی می‌سازند و در داخل آن نمک بعضی از فلزّات را که نقطه ذوب پایینی دارند قرار می‌دهند. معمولاً از فلز سدیم که دارای نقطه ذوب $97^{\circ}C$ است استفاده می‌نمایند، و لذا این‌گونه سوپاپ‌ها را سدیمی می‌نامند (شکل ۲۸ــ۲).

سدیم در $97^{\circ}C$ ذوب می‌شود و در اثر کار سوپاپ در محفظه آن بالا و پایین برده، گرمای سر سوپاپ دود را که داغ ترین موضع است می‌گیرد و به ساق سوپاپ می‌دهد.

به این ترتیب، گرمای سر سوپاپ به گیت آن هدایت گردیده، به آب خنک کاری منتقل می‌شود از این سوپاپ‌ها در موتورهای داغ (موتورهای تند گرد و مسابقه‌ای) استفاده می‌شود (شکل ۲۹ــ۲).



شکل ۲۸ــ۲ــ سوپاپ دود سدیمی



شکل ۲۹ــ۲ــ انتقال حرارت گرمای سر سوپاپ به گیت و آب خنک کاری

۳ــ۲ــ سیلندر

۱ــ۳ــ۲ــ مقدمه : سیلندر موتور استوانه‌ای توخالی است که در بدنه (بلوک) سیلندر ساخته شده است. سیلندر، محل حرکت پیستون، انجام عملیّات چهار زمان موتور، تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی، تبدیل انرژی حرارتی به فشار، تبدیل فشار به نیرو، تبدیل نیرو به کار و حرکت پیستون می‌باشد. با حرکت سریع پیستون به طرف پایین در اثر ازدیاد حجم در بالای پیستون فشار افت کرده، در نتیجه سوخت و هوا سیلندر را پر می‌کند. سپس در همین سیلندر، گاز فشرده شده، محترق می‌گردد.

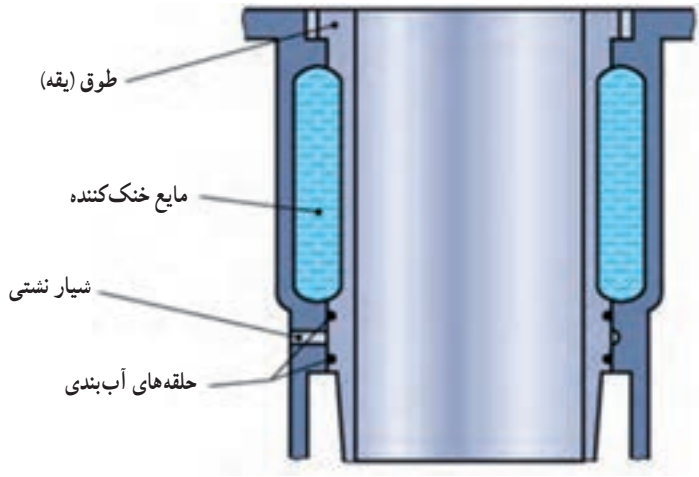
موتور ایده‌آل آن است که دارای سیلندر به شکل استوانه کامل و پیستونی به شکل استوانه کامل و هم‌اندازه با سیلندر باشد تا بدون لقی در سیلندر حرکت رفت و برگشتی نماید.

وقتی سیلندر ساخته می‌شود دارای خطای بسیار کم و استوانه‌ای کامل است. ولی بستن سرسیلندر روی بلوکه، قدری حالت استوانه‌ای آن را چه از نظر قاعده و چه از نظر ارتفاع به هم می‌زند. برای تقلیل پیچش سیلندر در اثر تنش ناشی از بستن پیچ‌های سرسیلندر، کارخانه‌های اتومبیل‌سازی روش‌های صحیح بستن سرسیلندر را معیّن می‌کنند. محکم کردن بیش از اندازه پیچ‌های سرسیلندر

باعث پیچیده شدن سیلندر می‌گردد. از طرف دیگر شل بستن آن باعث عدم آب‌بندی محفظه عملیّاتی و نشتی گاز و دود و سوختن واشر سرسیلندر و بروز خطرات دیگر می‌شود. بنابراین لازم است پیچ‌های سرسیلندر را طبق اندازه و با روش صحیح، با آچار تورک متر سفت کنند.

ماشین کاری سیلندر در درجه حرارت محیط کارخانه انجام می‌شود. اما موتور در حرارت خیلی بالاتر و در چند صد درجه سانتی‌گراد کار می‌کند. اگر فقط پوسته سیلندر در معرض حرارت زیاد قرار گیرد چندان مسأله‌ای ایجاد نمی‌کند؛ ولی سیلندر جزئی از یک مجموعه فلزی است که بدنه نامیده شده و در اثر گرما انبساط غیر متقارن پیدا می‌کند و تنش‌های حرارتی ایجاد شده اثر انبساطی ناهمگون در سیلندر باقی می‌گذارد.

در شکل ۳۰ــ۲ ساختمان نامتقارن بدنه سیلندر با مجاری آب، اطاقک سوپاپ، محفظه میل‌لنگ و غیره دیده می‌شود.

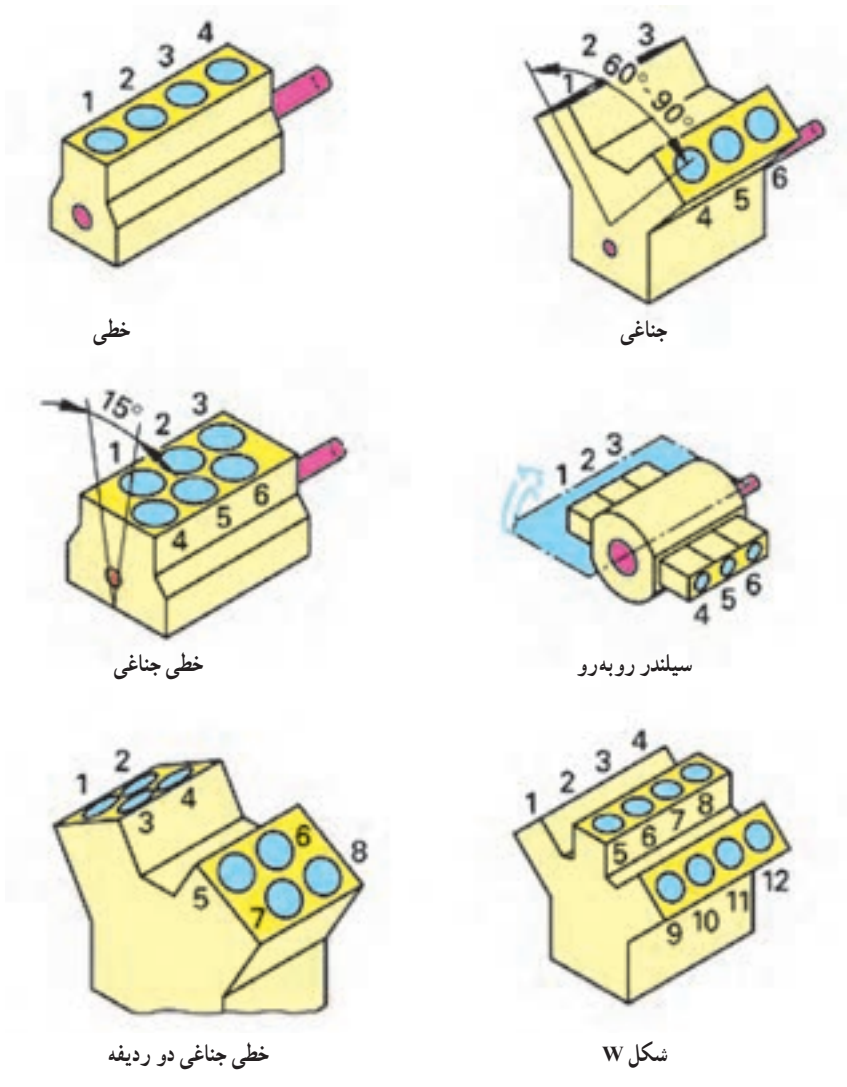


شکل ۳۰ــ۲ــ ساختمان داخلی بدنه سیلندر موتور

۲ــ۳ــ۲ــ انواع سیلندرها :

سیلندر با بوش جدانشدنی (خشک) : پس از ریخته‌گری بلوکه سیلندر، داخل سیلندرها که کوچکتر از اندازه حقیقی ریخته‌گری شده، با دقّت زیاد تراشکاری و سپس آب‌کاری می‌شود. این سیلندرها را که همراه بلوکه سیلندر ماشین‌کاری و آب‌کاری می‌کنند، سیلندر با بوش سر خود یا

جدانشدنی و یا سیلندر خشک می‌گویند. علت کاربرد اصطلاح خشک آن است که دیواره سیلندر با ضخامت معیّنی که دارد (حدود ۳ میلی‌متر) به‌طور مستقیم با آب خنک‌کاری تماس ندارد. این نوع سیلندرها به هنگام تعمیر تراشیده شده به قطرشان اضافه می‌شود و به‌ناچار باید یک سری پیستون هم با اندازه بزرگ‌تر تهیه گردد (شکل ۳۱ــ۲).

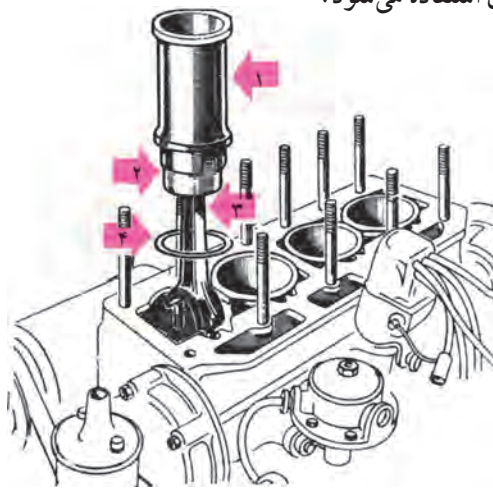


شکل ۳۱ــ۲ــ انواع مختلف بلوک (بدنه) سیلندر

شکل ۳۲ــ۲ــ برش عرضی و داخل انواع بدنه (بلوک) سیلندر

سیلندر با بوش جداشدنی (تر) : اخیراً در موتورهای پیشرفته از بوش‌های جداشدنی با ضخامت ۲ تا ۳ میلی‌متری استفاده می‌کنند که این بوش‌ها مستقیماً با آب‌کاری تماس دارد. لذا اصطلاح‌تر به آنها اطلاق می‌گردد. در این روش به هنگام تعمیر موتور، تعویض پیستون الزامی نیست.

بوش‌های تر با روش خاصی تهیه می‌شوند تا در اثر نیروی سایشی مقاوم باشند لذا اغلب با روش گریز از مرکز ریخته‌گری می‌شوند و با روش سمانتاسیون سطوح داخلی آن را تا عمق معینی سخت می‌کنند. برای جلوگیری از نفوذ آب خنک کاری به محفظه کارتل در بین لبه پایین بوش و تکیه‌گاه آن از واشرهای نازک غیرفلزی استفاده می‌شود.



شکل ۳۳ــ۲

۱ــ بوش ۲ــ پیستون ۳ــ شاتون ۴ــ رینگ مسی آب‌بندی

۳ــ۳ــ۲ــ پیستون

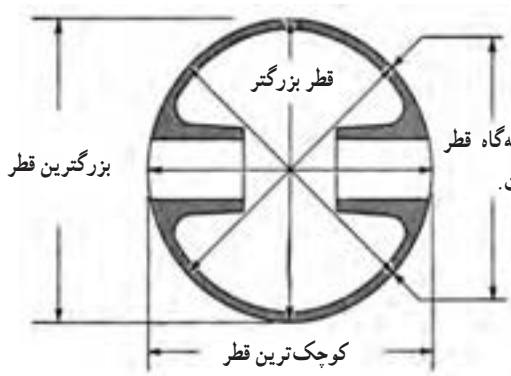
پیستون قطعه‌ای است استوانه‌ای شکل در داخل سیلندر با اتصال داشتن به شاتون حرکت رفت و برگشتی دارد. پیستون قطعه اصلی موتور است که چهار عمل اصلی موتور را فراهم می‌کند.

پیستون ایده آل باید استوانه کامل باشد ولی در حقیقت چنین نیست. مقطع پیستون، دایره شکل یا کمی بیضی شکل ساخته می‌شود. پیستون بیضی شکل وقتی گرم شود به حالت دایره‌ای کامل در می‌آید. برای سهولت حرکت پیستون در سیلندر و جلوگیری از گیر کردن آن در اثر انبساط در سیلندر، لازم است لقی کمی بین پیستون و سیلندر پیش‌بینی شود. در این فاصله کم، قشر نازکی از روغن قرار می‌گیرد و فاصله را پر می‌کند. ضمن آنکه اصطکاک ایجاد شده را تقلیل می‌دهد، از سایش سریع آن‌دو نیز می‌کاهد و موجب تبادل حرارت می‌گردد.

مقدار لقی پیستون در حالت سرد بودن موتور، زیادتر است؛ ولی با گرم شدن موتور پیستون سریع‌تر انبساط پیدا کرده، لقی آن با سیلندر کمتر می‌شود. علت انبساط بیشتر پیستون دو عامل است : یکی گرمای بیشتری که به پیستون تأثیر می‌کند و دیگری ضریب انبساط زیادتر پیستون آلومینیمی نسبت به سیلندر چدنی.

پیستون‌های بیضی شکل که برای جلوگیری از چسبیدن پیستون به سیلندر (گریپاژ) ساخته می‌شود با ابعاد خاصی طرح می‌گردد. به طوری که در شکل ۳۵ــ۲ دیده می‌شود قطر پیستون که در محور تکیه‌گاه گژن پین قرار دارد به اندازه $\frac{۶}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۱۵ میلی‌متر از قطر دیگر کوچکتر است و قطر پیستون در روی محور $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۷۵ میلی‌متر، کوچکتر از بزرگترین قطر پیستون است.

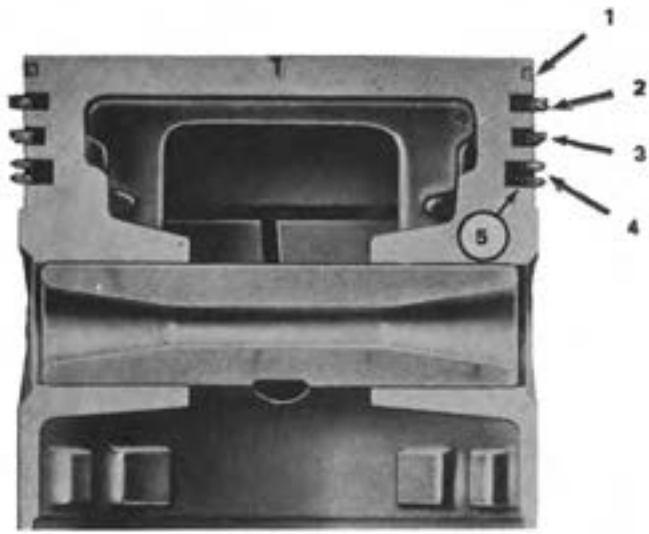
شکل ۳۴ــ۲ــ سطوح تماس پیستون بیضی شکل از حالت سرد بودن تا گرم شدن کامل



شکل ۳۵ــ۲ــ پیستون بیضی شکل

پیستون‌های آلومینیومی : از آلیاژهای آلومینیم، به خاطر سبکی وزن و انتقال بهتر گرما در ساختن پیستون‌ها استفاده می‌شود. امّا در گرمای مساوی با پیستون چُدنی مشابه دو برابر منبسط می‌شوند. بنابراین پیش‌بینی‌هایی در ساختمان پیستون‌های آلومینیومی به‌عمل می‌آید تا از انبساط بیش از اندازه آن جلوگیری شود.

آلیاژ آلومینیوم سیلیسیم، انبساط کمتری دارد و در پیستون‌سازی مصرف می‌شود. برای آلیاژهای دیگر، طرح‌های ساختمانی مختلفی به‌کار می‌برند.



شکل ۳۶ــ۲ــ ساختمان پیستون

طرف فشاری پیستون : وقتی به حرکت پیستون و شاتون توجّه کنیم، ملاحظه خواهیم کرد که نیروی فشاری احتراق زمان قدرت، در امتداد محور استوانه سیلندر به سر پیستون وارد می‌شود. لذا پیستون تمایل دارد که در سیلندر به طور کاملاً موازی با محور استوانه، به طرف پایین حرکت کند.

شکل ۳۷ــ۲ــ پیستون‌های موتورهای جدید

از طرف دیگر، شاتون از قسمتی که با میل لنگ درگیر است حرکت دورانی می‌نماید و از قسمتی که با پیستون درگیر است، حرکت خطّی می‌کند. در نتیجه در هر لحظه از حرکت پیستون و شاتون، نیرو بین آن دو تجزیه می‌شود که در زیر، چهار حالت آن را در چهار زمان موتور بررسی می‌کنیم :

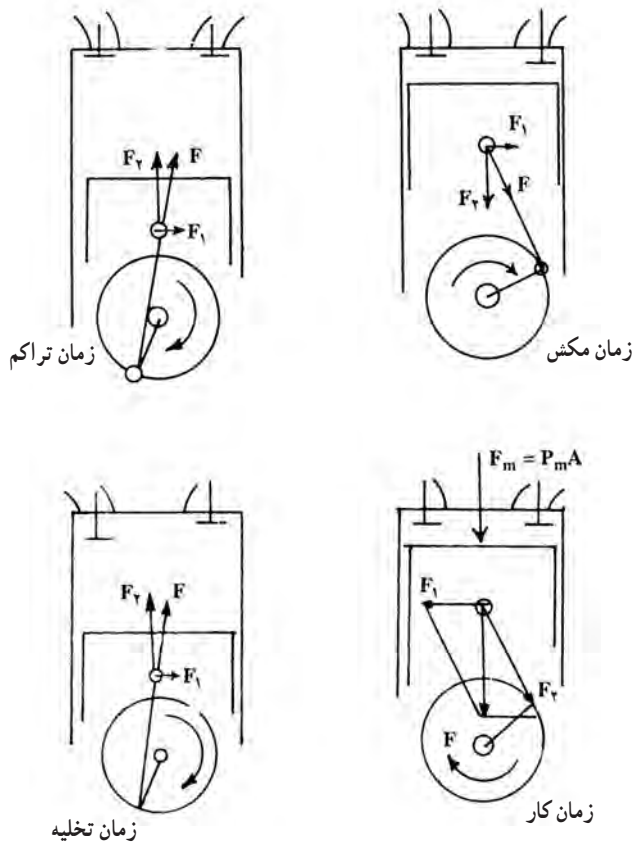
۱ــ در زمان مکش: شاتون به وسیله میل لنگ کشیده می‌شود و پیستون را که به‌علّت اصطکاک رینگ‌ها تمایل به حرکت ندارد، با نیروی اصطکاک F_2 به طرف پایین می‌کشد.

شکل ۳۸ــ۲ نیروی اصلی وارد شده از طرف شاتون به پیستون، بزرگ‌تر از نیروی اصطکاک است، $F > F_2$ که به علّت حرکت زاویه‌ای شاتون نیروی F به دو نیروی F_1 و F_2 تجزیه می‌شود. نیروی F_1 به دیوارهٔ سمت راست سیلندر تحمیل می‌گردد.

۲ــ در زمان تراکم: شاتون به‌وسیله میل‌لنگ به طرف بالا فشرده می‌شود و پیستون را که به‌علّت اصطکاک رینگ‌ها و فشار تراکم، تمایل به بالا رفتن ندارد با نیروی F_2 به بالا حرکت می‌دهد. امّا نیروی اصلی شاتون F می‌باشد که $F > F_2$ بوده، به جهت تجزیه نیروها F به نیروی F_1 و F_2 تجزیه می‌شود.

۳ــ در زمان قدرت : نیروی متوسّط F_m به پیستون اعمال می‌شود و تمایل دارد پیستون را موازی با محور سیلندر به پایین حرکت دهد. ولی شاتون نیروی F را تجزیه نموده، به اندازه F_1 به دیواره سمت چپ وارد می‌کند و به اندازه F_2 هم به مصرف گشتاور موتور می‌رساند. نیروی F_1 نیروی نسبتاً زیادی است که به طرف چپ سیلندر وارد می‌کند.

۴ــ در زمان تخلیه : مانند زمان تراکم عمل می‌کند. با این تفاوت که پیستون با نیروی کمتری به طرف بالا فشرده می‌شود.



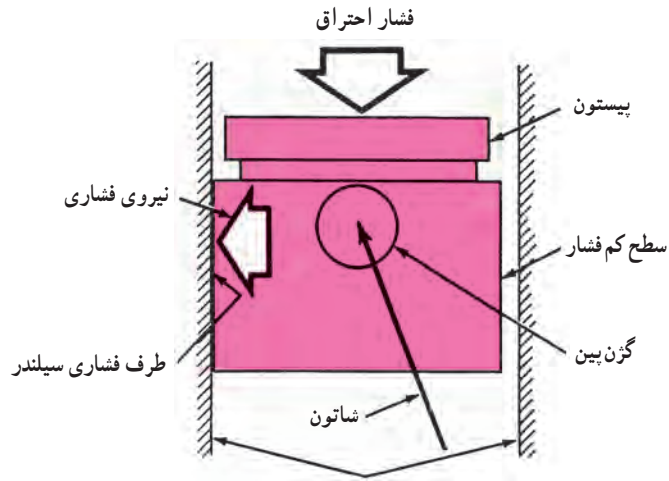
شکل ۳۸ــ۲ــ تجزیه نیروی وارد بر پیستون و سیلندر

با توجه به دیاگرام‌های تجزیه نیرو می‌توان گفت : **در یک موتور راستگرد (دوران میل‌لنگ هم‌جهت با عقربه‌های ساعت) وقتی از جلو به موتور نگاه می‌کنیم به طرف چپ سیلندر و پیستون نیروی زیادتری اعمال می‌شود.** لذا به طرف چپ سیلندر و پیستون، طرف فشاری و

به‌طرف دیگر آن طرف کم‌فشار می‌گویند. برخی از کارخانه‌های اتومبیل‌سازی توصیه می‌کنند که شکاف T شکل پیستون در طرف کم‌فشار قرار گیرد تا در اثر نیروی زیاد، در پیستون تغییر شکل به‌وجود نیاید. در تمام موتورها که شاتون‌هایشان دارای سوراخ روغنکاری جانبی است این سوراخ را به طرف فشاری سیلندر قرار می‌دهند تا دیواره را به‌خوبی روغن پاشی کند.

از طرف دیگر، در سرعت‌های زیاد نیروهای اینرسی شاتون مؤثر بر پیستون بیشتر از نیروی احتراق است و به‌طور متناوب در هر حرکت رفت و برگشتی به دو طرف سیلندر نیرو وارد می‌شود. یعنی وقتی پیستون به پایین می‌رود به یک سمت آن و در حرکت به بالا به طرف دیگرش نیروی اینرسی اثر می‌کند. بنابراین از نظر نیروی اینرسی هر دو طرف پیستون به یک نسبت فشرده می‌شود. ولی از نظر نیروی فشار احتراق، هر دو طرف به یک نسبت به سیلندر فشرده نمی‌شوند. بنابراین بین دو نیروی فوق‌الذکر باید تفاوت قایل شد. نیروی اینرسی در سرعت‌های کم اندک است و نیروی احتراق در حالت درجا کار کردن موتور ــ وقتی که بار خارجی از روی موتور برداشته شود ــ حداقل است.

شکل ۳۹ــ۲ــ طرف فشاری سیلندر



شکل ۴۰ــ۲

با توجه به مطالب گفته شده برخی از طراحان معتقدند که اگر طرف شکافدار پیستون در سمت فشاری سیلندر قرار گیرد به علّت حالت ارتجاعی پیستون، حرکت بدون ضربه تر و انطباق پیستون با سیلندر بهتر خواهد بود.

پوشش پیستون : پوشش پیستون برای محافظت آن از سایش زیاد به کار می‌رود. بعضی از مواد پوششی متخلخل هستند و ضمن استحکام بخشیدن به پیستون، روغن را در خود جذب نموده، عمل روغنکاری را بهتر انجام می‌دهند. پوشش پیستون ممکن است قشر نازکی از فلز قلع یا کادمیوم باشد که به علت نرم بودن آسیبی به سیلندر نمی‌رساند.

روکش کردن پیستون به طریقه شیمیایی صورت می‌گیرد که ضمن محکم بودن لایه پوششی قسمت اندود شده متخلخل و نرم بوده، دارای مزایای زیر می‌شود :

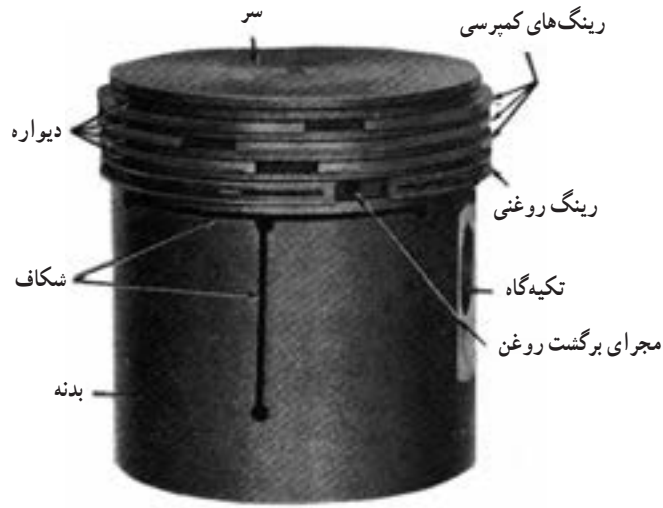
۱ــ در شروع کار، وقتی که هنوز روغن به دیواره سیلندر پاشیده نشده از سایش زیاد سیلندر و پیستون جلوگیری می‌کند.

۲ــ در موتور نو پوشش به عنوان حایل، از چسبیدن پیستون به سیلندر جلوگیری کرده، عمل آب‌بندی را تسریع می‌کند.

۳ــ در حرارت‌های خیلی زیاد که ناشی از : سرعت زیاد موتور، خنک‌کاری ضعیف، روغنکاری ناقص، هوای خیلی گرم، بار زیاد یا عدم تنظیم سوخت و جرقه می‌باشد از گریپاژ موتور جلوگیری می‌کند.

رینگ‌های پیستون : رینگ‌های پیستون، فنرهای دایره شکلی هستند که در یک محل بریدگی داشته، در شیار پیستون حالت فنریّت مناسبی را به‌وجود می‌آورند. قطر دایره رینگ کمی بیشتر از قطر سیلندر است و به هنگام قرار گرفتن در شیار پیستون تماس فشاری به‌طرف سیلندر برقرار می‌کند و موجب آب‌بندی محفظه احتراق نسبت به محفظه کارتل می‌گردد. دهانه رینگ، وقتی که در داخل سیلندر قرار دارد حدود ۰/۰۰۷ اینچ یا ۰/۱۸ میلی‌متر است. علّت وجود فاصله در دهانه رینگ‌ها برای آن است که محلّی برای انبساط رینگ در هنگام ازدیاد گرما وجود داشته باشد، در غیر این صورت لبه‌های رینگ به هم رسیده، رینگ خم می‌شود. در این موقع به علّت حرکت پیستون، رینگ در شیار می‌شکند. در سرعت‌های کم، رینگ‌ها عمل آب‌بندی را به‌خوبی انجام می‌دهند ولی در سرعت‌های زیاد به‌علّت برش رینگ، عمل آب‌بندی سیلندر کمتر است در نتیجه روغن‌سوزی موتور افزایش یافته، فرار گاز به کارتل بیشتر می‌شود.

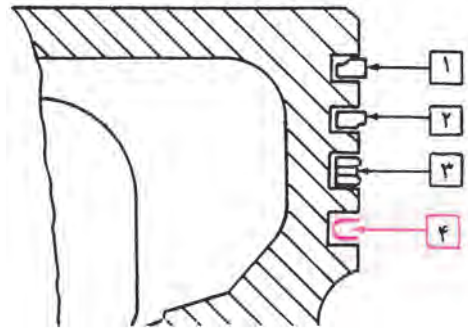
پیستون‌ها معمولاً دارای سه یا چهار رینگ هستند. در یک پیستون که دارای سه رینگ است دو رینگ کمپرسی و یک رینگ روغنی می‌باشد. وظیفه رینگ‌های کمپرسی، آب‌بندی محفظه احتراق و جلوگیری از نشتی گاز به محفظه کارتل و وظیفه رینگ‌های روغنی، جلوگیری از نفوذ روغن به اطاق احتراق است. اگر در پیستونی چهار رینگ به‌کار رود دو رینگ بالا کمپرسی و دوتای پایینی روغنی است. گاهی سه رینگ کمپرسی و آخری روغنی می‌باشد (شکل ۴۱ــ۲).



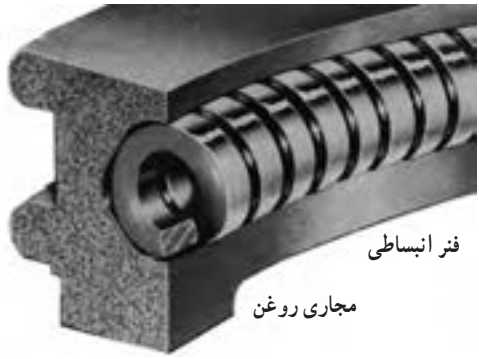
شکل ۴۱ــ۲ــ پیستون با چهار رینگ

رینگ‌های روغنی، شکافدار ساخته می‌شوند تا روغن‌های روی سیلندر را در کورس مکش و قدرت بهتر جمع کرده، از سوراخ‌های موجود در کف شیار رینگ به کارتل باز گردانند. بنابراین اگر رینگ‌های روغنی رسوب کربنی داشته باشند و یا سوراخ‌های کف شیار مسدود گردد، مصرف روغن موتور بالا می‌رود (شکل ۴۲ــ۲ تا ۴۴ــ۲).

شکل ۴۲ــ۲ــ انواع رینگ‌های روغنی



شکل ۴۳ــ۲ــ رینگ روغنی کرمی با فنر مارپیچ فولادی



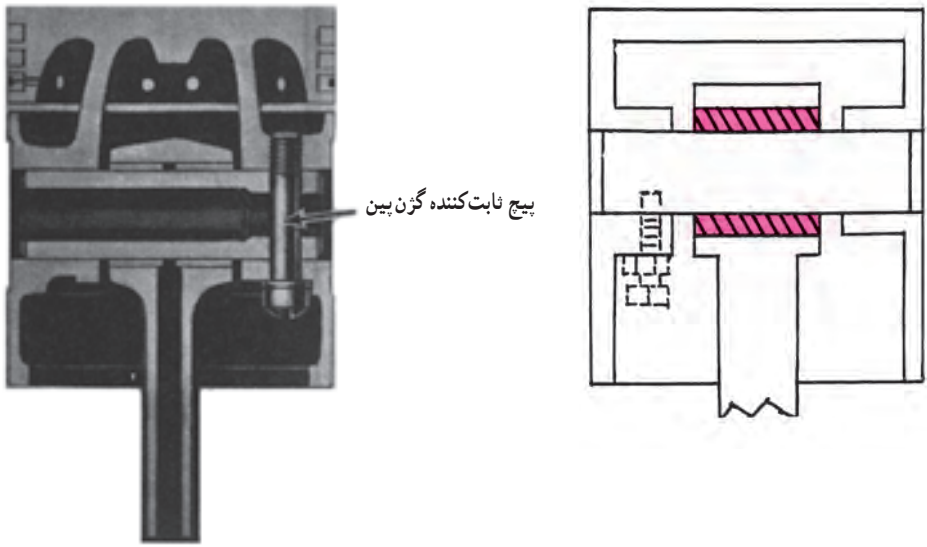
شکل ۴۴ــ۲ــ شکل قرار گرفتن رینگ‌ها در پیستون

شکل ۴۵ــ۲ــ رینگ‌های انبساطی روغنی

گژن پین یا انگشتی : گژن پین، میله‌ای است تو خالی که شاتون را به پیستون مربوط می‌کند. برای آنکه در عین سخت بودن، حالت خمش نیز داشته باشد پس از تهیه آن از فولاد بهسازی شده، سطوح خارجی آن را با روش سمانتاسیون سخت می‌کنند (سخت کاری قشری).

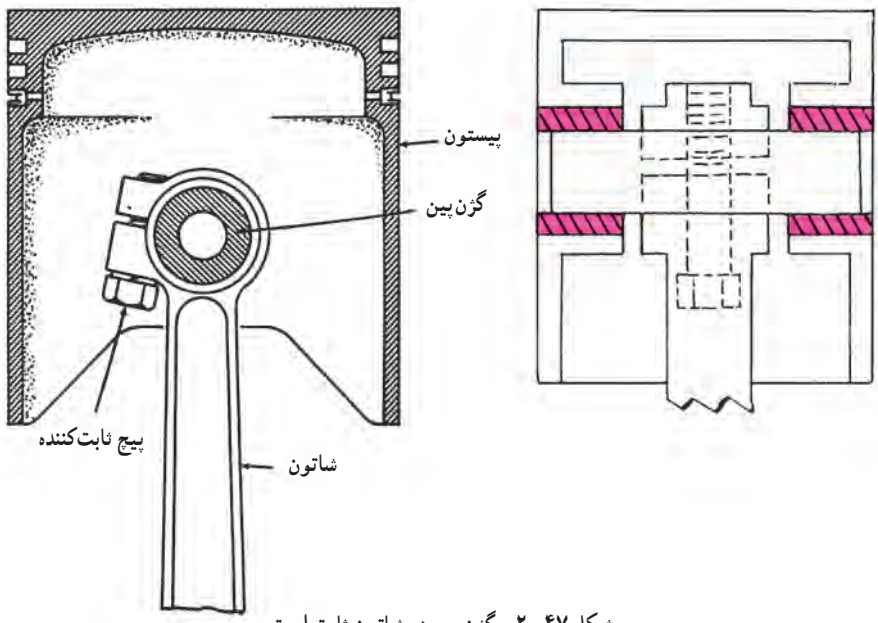
روش‌های اتّصال بین پیستون، شاتون و گژن پین به یکی از حالت‌های زیر است :

۱ــ گژن پین به یکی از تکیه‌گاه‌های پیستون به کمک پیچ ثابت می‌شود (شکل ۴۶ــ۲).



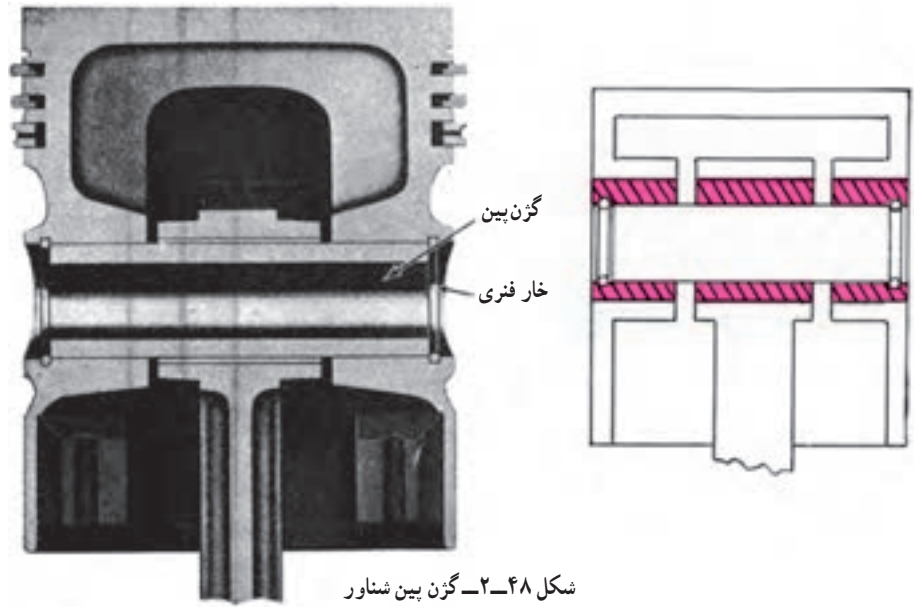
شکل ۴۶ــ۲ــ گژن‌پین در پیستون ثابت است

۲ــ گژن پین به وسیله پیچ به شاتون محکم شده، ولی در تکیه‌گاه‌های پیستون آزاد است (شکل ۴۷ــ۲).



شکل ۴۷ــ۲ــ گژن پین در شاتون ثابت است

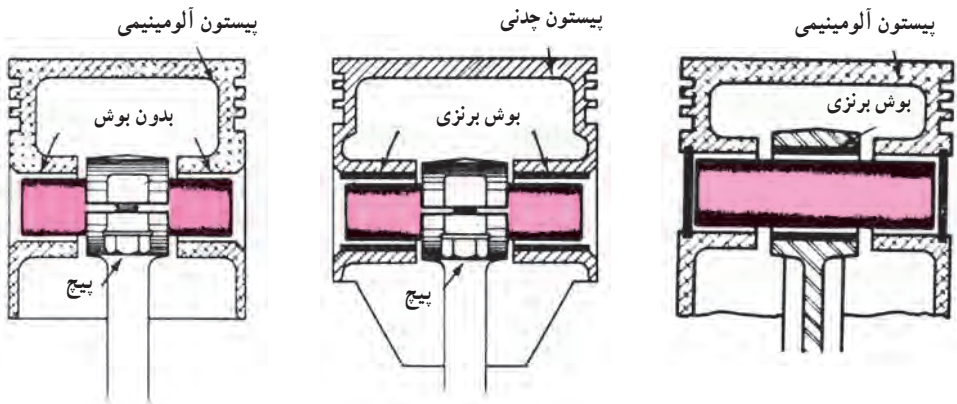
۳ــ گژن پین به‌طور شناور، هم در تکیه‌گاه‌های پیستون و هم در بوش شاتون قرار دارد. برای جلوگیری از حرکت گژن پین و خراب کردن دیواره سیلندر از دو خار فنری استفاده می‌کنند (شکل ۴۸ــ۲).



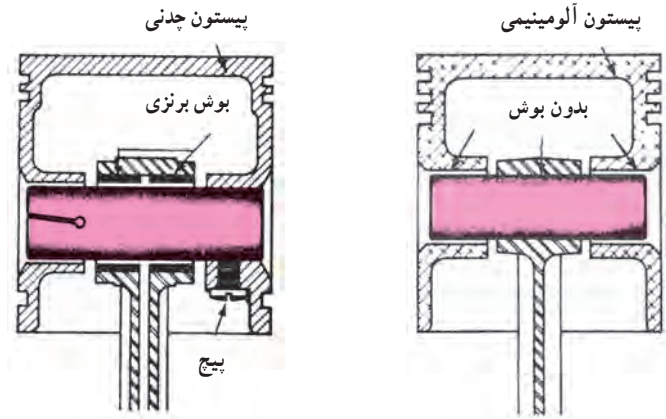
شکل ۴۸ــ۲ــ گژن پین شناور

۴ــ گژن پین در شاتون به طور پرسی یا حرارتی محکم شده و در روی تکیه‌گاه‌های پیستون آزاد است. در این حالت حرکت احتمالی گژن پین به وسیله خار فنری که در شیار تکیه‌گاه‌ها قرار می‌گیرد، محدود می‌گردد.

۵ــ گژن پین در تکیه‌گاه‌های پیستون به‌طور پرسی یا حرارتی محکم شده و در داخل بوش شناور است (شکل ۴۹ــ۲).

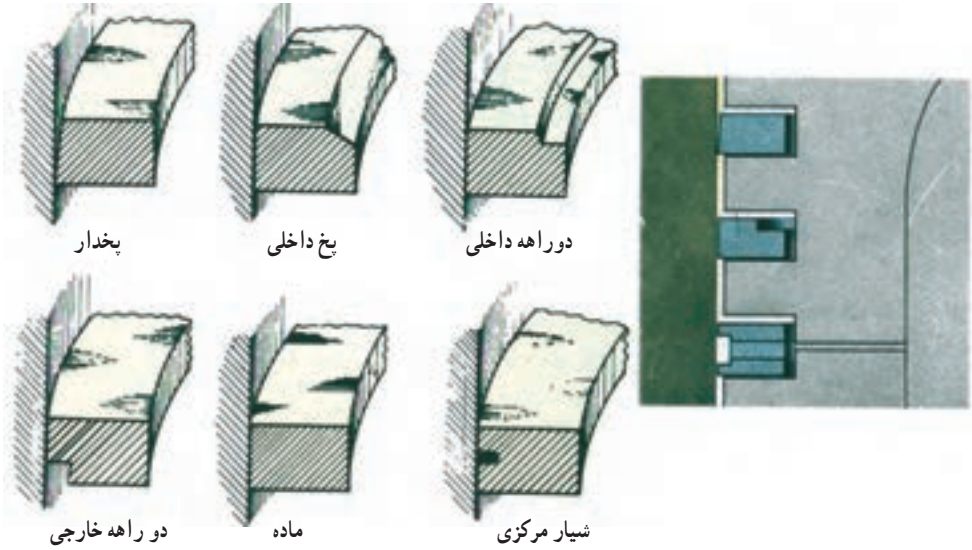


۱ــ پیستون شناور ۲ــ گژن‌پین متصل به شاتون ۳ــ گژن‌پین متصل به شاتون

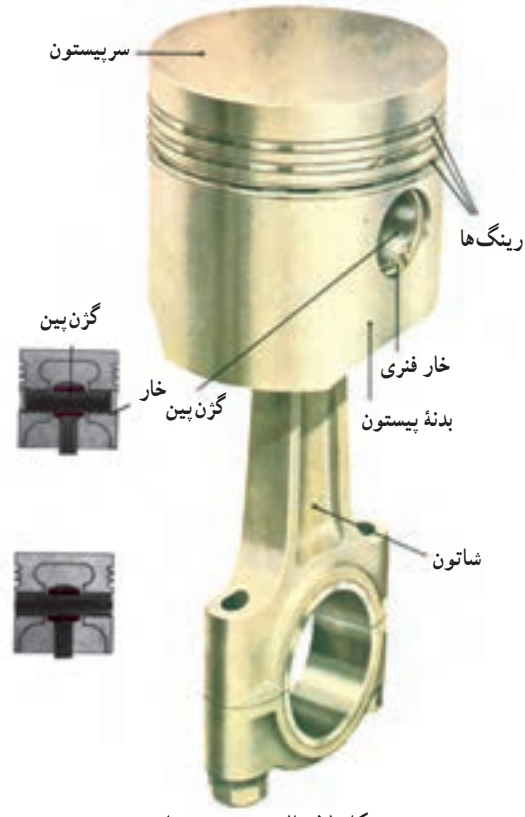


۴ــ گژن‌پین به‌طور پرسی در شاتون نصب می‌شود. ۵ــ گژن‌پین به پیستون متّصل است.

شکل ۴۹ــ۲ــ پنج نوع اتصال در سیستم پیستون



شکل ۵۰ــ۲ــ انواع رینگ‌های کمپرسی و طرز نصب آنها



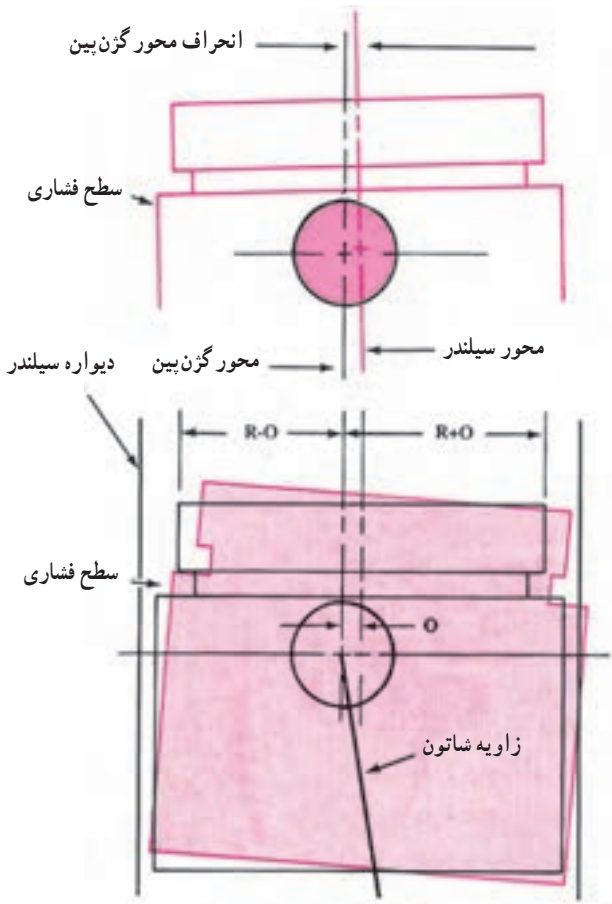
شکل ۵۱ــ۲ــ پیستون و شاتون

شکل ۵۲ــ۲ــ شاتون

انحراف محورهای گژن پین و پیستون : در بعضی از موتورها تکیه‌گاه گژن پین درست در مرکز پیستون ساخته نمی‌شود بلکه کمی انحراف بین محورهای گژن پین و پیستون وجود دارد. در این پیستون‌ها محور گژن پین را کمی به طرف سطح فشاری پیستون، نزدیک می‌کنند.

اگر گژن پین در وسط قرار داشته باشد، در کورس تراکم، پیستون تا انتهای مسیر خود با دیواره سیلندر تماس پیدا می‌کند (طرف کم‌فشار). در کورس قدرت با عوض شدن جهت حرکت شاتون، تماس پیستون از طرف کم‌فشار کم می‌شود و پیستون با طرف پرفشار تماس می‌گیرد. اگر لقی بین پیستون و سیلندر زیاد باشد این تغییر جهت، ضربه شدیدی به دیواره وارد می‌کند.

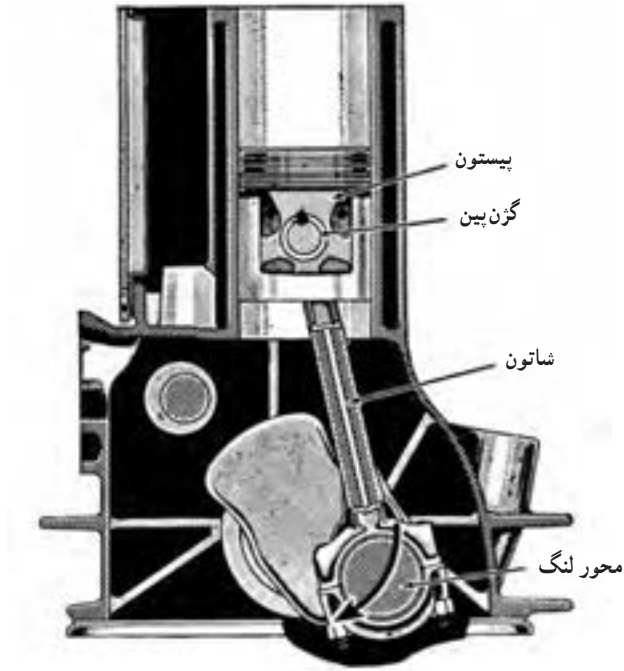
اگر محور گژن پین انحراف داشته باشد، کورس تراکم، پیستون کمی کج می‌شود. به‌طوری که انتهای آن با طرف فشاری سیلندر تماس دارد و به محض عوض شدن جهت شاتون و شروع کورس قدرت، پیستون به دیواره سیلندر، کمتر ضربه می‌زند.



شکل ۵۳ــ۲ــ پیستون با محور گژن پین غیر محوری

۴ــ۲ــ میل لنگ و یاتاقان‌های آن

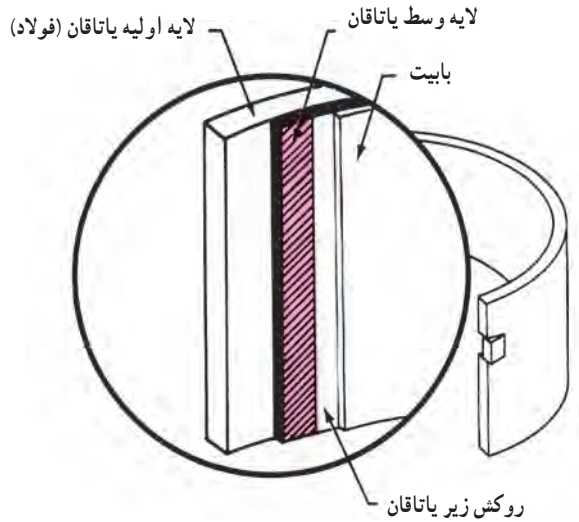
۱ــ۴ــ۲ــ تعریف : میل‌لنگ یا محور موتور، دارای تعدادی لنگ (به تعداد سیلندرهای موتور) و یک محور اصلی است که در داخل یاتاقان‌های اصلی حرکت می‌کند.



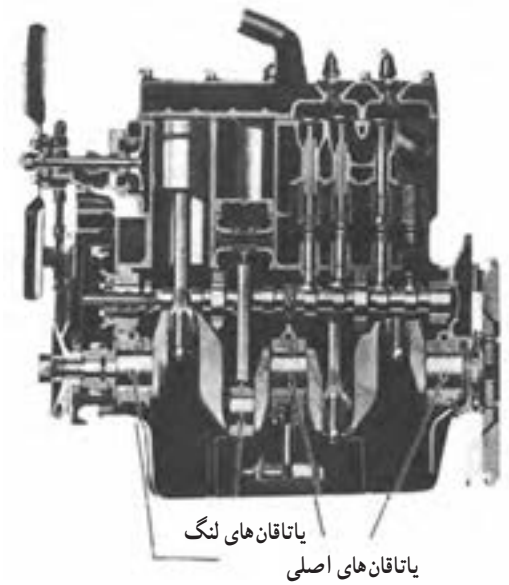
شکل ۵۴ــ۲ــ مجموعه پیستون، شاتون و میل لنگ

۲ــ۴ــ۲ــ یاتاقان‌بندی موتور : یاتاقان‌های میل لنگ، لایه‌های نازکی هستند به ضخامت تقریبی ۱/۳ میلی‌متر. لایه اولیه یاتاقان از ورقه فولاد و روی آن از آلیاژ مخصوص به نام بابیت پوشیده است. ضخامت قسمت اصلی که بابیت نامیده می‌شود، ۰/۰۵ تا ۰/۱۵ میلی‌متر است که نسبت به انواع موتور این ضخامت تغییر می‌کند.

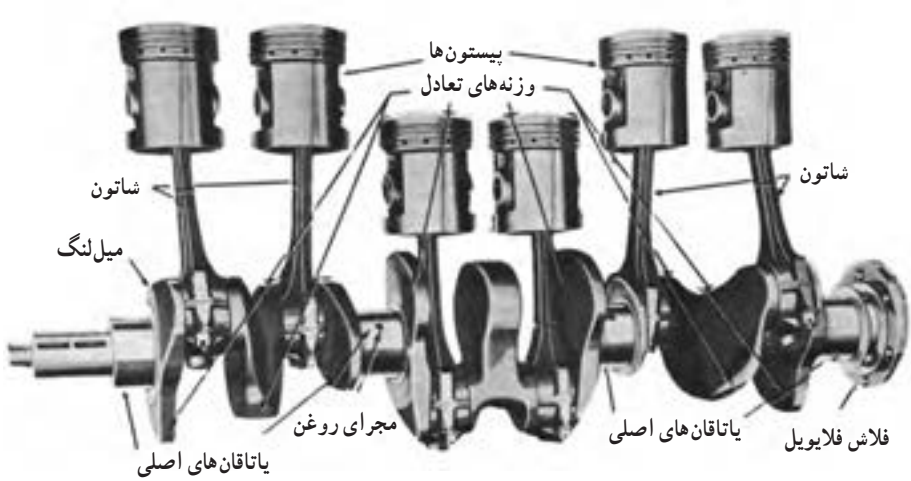
یاتاقان‌ها به صورت دو پارچه ساخته می‌شوند که وقتی روی هم قرار گیرند، استوانه کاملی را به‌وجود می‌آورند.



شکل ۵۵ــ۲ــ ساختمان یاتاقان

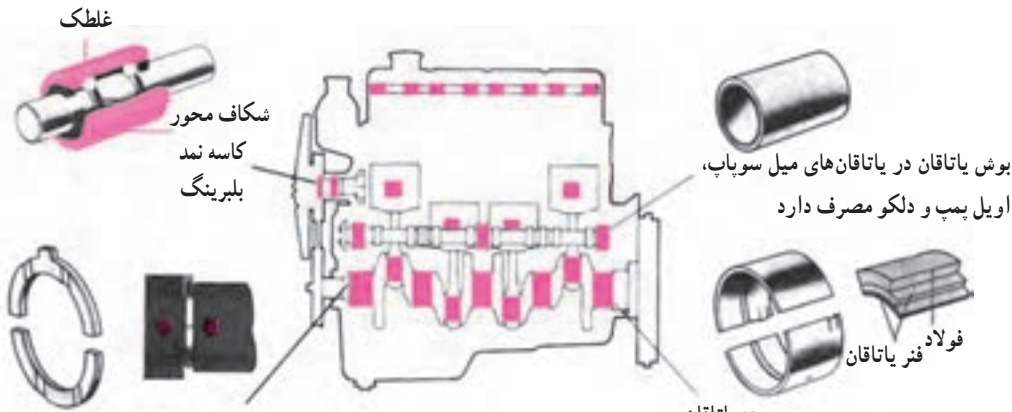


شکل ۵۶ــ۲ــ یک موتور چهار سیلندر با سه یاتاقان اصلی



شکل ۵۷ــ۲ــ میل‌لنگ، پیستون و شاتون

شکل ۵۸ــ۲ــ شاتون و یاتاقان آن

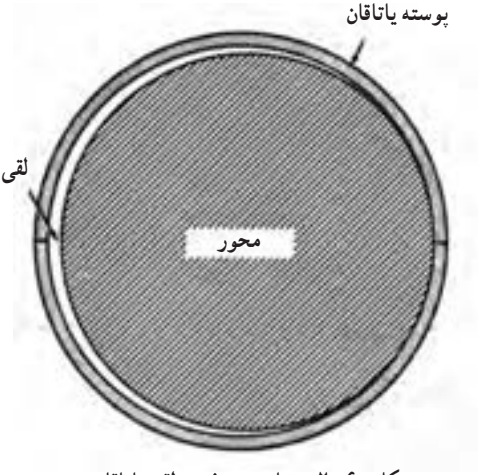


شکل ۵۹ــ۲ــ انواع یاتاقان در موتور

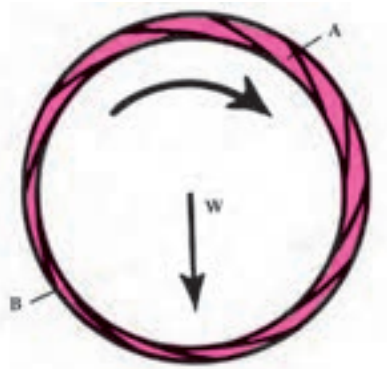
لقی یاتاقان : یک یاتاقان‌بندی ایده آل آن است که محور هرگز با یاتاقان تماس نگیرد و بار اصلی روی قشر روغنی باشد که بین محور و یاتاقان قرار دارد ولی در عمل محور با یاتاقان تماس می گیرد که هر چه این تماس بیشتر باشد خرابی یاتاقان هم زیادتر است.

لقی یاتاقان‌ها با محورهایشان بین $\frac{۵}{۱۰۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۱۲ میلی‌متر تا $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ اینچ یا ۰/۰۷۶ میلی‌متر است. اندازه لقی یاتاقان بستگی به قطر محور و طرح موتور دارد.

مفهوم مقدار لقی، آن است که هر گاه محور را در یاتاقان به یک طرف فشار دهند بین محور و یاتاقان در طرف دیگر ۰/۰۱۲ تا ۰/۰۷۶ میلی‌متر لقی ایجاد شود. بنابراین، مقدار لقی بین طرفین محور تقسیم می‌شود.



شکل ۶۰ــ۲ــ نمایش و مفهوم لقی یاتاقان



شکل ۶۱ــ۲ــ با چرخش محور، لایه‌ای از روغن در بین آن و یاتاقان قرار می‌گیرد.

به عبارت دیگر ممکن است چنین تصور شود که محور در یاتاقان خود به‌طور خارج از مرکز می‌چرخد، ولی این‌چنین نیست زیرا این فاصله را روغن پر کرده است و فیلم روغن محور را به‌صورت شناور در وسط یاتاقان نگه می‌دارد. جنس یاتاقان از جنس محور نرم‌تر است تا خود را با شکل محور تطبیق دهد (آب‌بندی شدن) و ذرّات خارجی سخت را در خود جذب نماید تا از ایجاد خط در میل‌لنگ جلوگیری کند.

با وجود پیش‌بینی لقی لازم و استفاده از روغن استاندارد، در اثر اعمال نیروی زیاد، محور، قشر روغن را شکسته، به یاتاقان می‌رسد. بنابراین جنس یاتاقان باید طوری باشد که تنش سایشی لازم را دارا باشد و در مقابل فشار زیاد محور به‌خوبی مقاومت نماید.

یاتاقان باید قابلیّت هدایت حرارتی خوبی داشته باشد تا در اثر اصطکاک با محور، گرمای تولیدی را انتقال دهد و خود نسوزد. البتّه وجود روغن در یاتاقان و حرکت میل لنگ در محفظه‌ای که در آن روغن ذخیره می‌شود (کارتر) کمک بزرگی به خنک کاری یاتاقان می‌نماید.

هر نیمه یاتاقان به کمک زایده‌ای که دارد در روی شاتون یا بلوکه سیلندر ثابت می‌شود تا همراه میل لنگ، حرکت چرخشی نکند. (شکل ۶۲ــ۲)

جنس یاتاقان‌ها

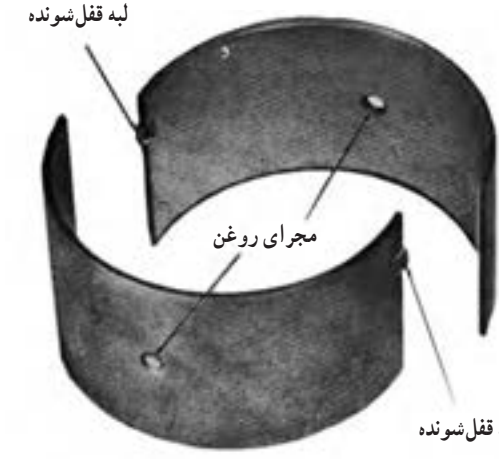
آلیاژهای مورد استفاده در یاتاقان‌های موتور، عبارتند از :

۱ــ یاتاقان بابیت : قلع، مس، آنتیموان و سرب.

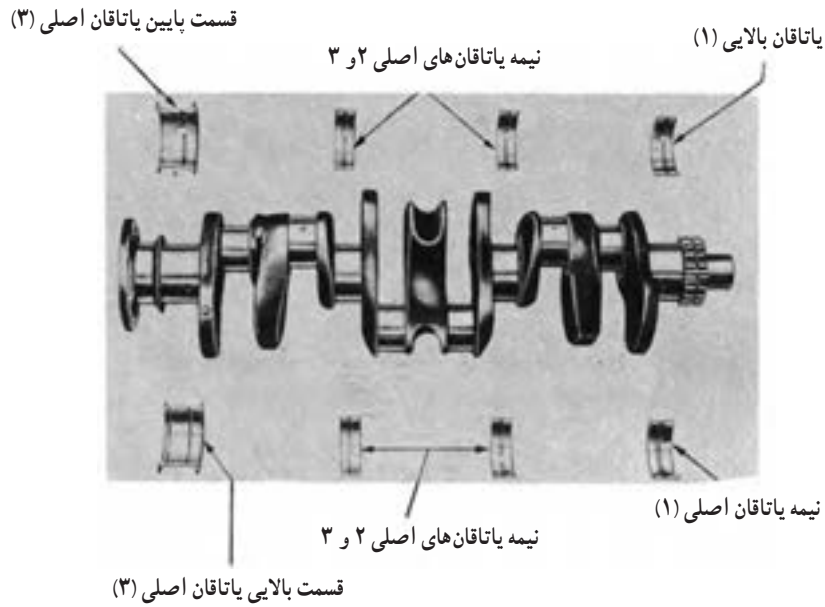
۲ــ یاتاقان آلیاژ مس و سرب : مس، سرب و فلزات دیگر.

۳ــ یاتاقان آلیاژ کادمیوم : کادمیوم و فلزات دیگر.

۴ــ یاتاقان آلیاژ برنز : برنز آلیاژ دیگری است که با مس و قلع آلیاژ می‌شود و از آن در بوش‌های شاتون و غیره استفاده می‌کنند.



شکل ۶۲ــ۲ــ شکل یاتاقان و اجزای آن

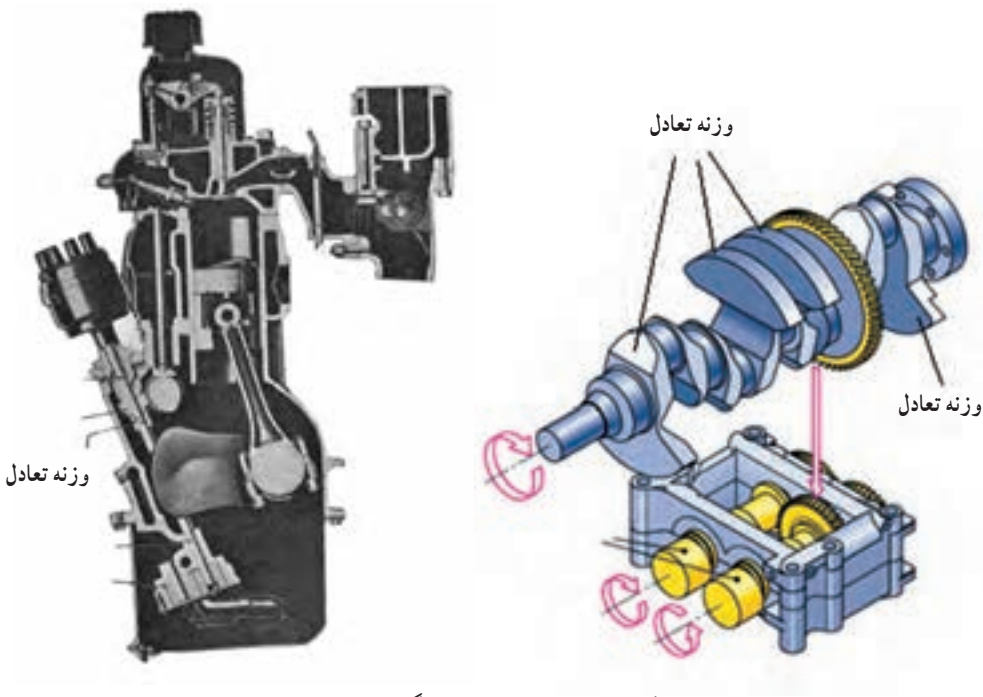


شکل ۶۳ــ۲ــ یاتاقان‌های ثابت موتور

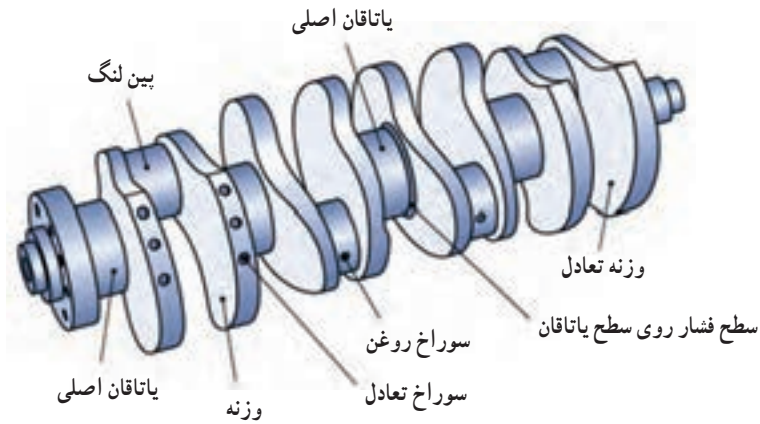
۳ــ۴ــ۲ــ وزنه‌های تعادل میل لنگ: وظیفه وزنه‌های تعادل میل‌لنگ، موزون و یکنواخت‌کردن حرکت دورانی میل‌لنگ است. وزنه‌های تعادل میل لنگ، باید نیروی گریز از مرکزی معادل با نیروی وارد از طرف شاتون به زبانه‌های لنگ وارد کنند تا در اثر برابری نیروها، میل‌لنگ بدون ارتعاش دوران کند.

باید بدانیم که میل‌لنگ با وجود سخت بودن و ضخیم بودن (قطر محور آن بین ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر) در اثر نیروی گریز از مرکز لنگ‌ها به‌شدّت ارتعاش می‌نماید و اگر وزنه‌های تعادل، حرکت آن را یکنواخت نکند در اثر ارتعاشات وارد شده به‌صورت خمیده حرکت کرده، به‌سرعت یاتاقان‌های آن فرسوده می‌شود.

بنابراین وظیفه وزنه‌های تعادل، جلوگیری از خمیده کار کردن میل‌لنگ در اثر ارتعاشات ناشی از نیروهای گریز از مرکز است.



شکل ۶۴ــ۲ــ وزنه تعادل میل‌لنگ در موتور

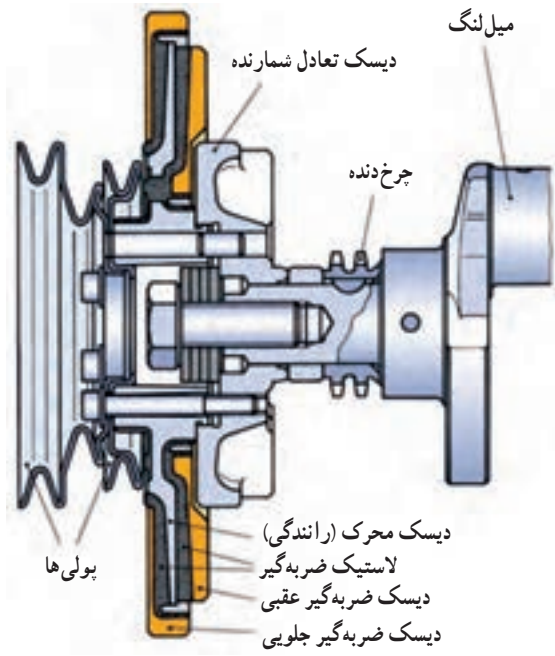


شکل ۶۵ــ۲ــ فرم میل‌لنگ و اجزای آن

۴ــ۴ــ۲ــ ارتعاش گیر یا ضربه گیر میل‌لنگ : میل لنگ در معرض نیروهای مختلف و متناوب قرار دارد و در آن ارتعاشات پیچشی به‌وجود می‌آید. ارتعاشات متناوب، باعث تاب برداشتن میل‌لنگ می‌شود. پیچش ناموزون در جلوی میل‌لنگ، در سرعت معیّنی اتفاق می‌افتد. مثلاً ممکن است در دورهای ۱۲۰۰، ۱۶۰۰ یا ۲۴۰۰ دور در دقیقه به حدّاکثر برسد. شدّت ارتعاشات در دوره‌ای بین ۱۲۰۰ تا ۱۶۰۰ دور در دقیقه است و نیز در فاصله بین ۱۶۰۰ تا ۲۴۰۰ ارتعاشات میل‌لنگ تشدید می‌گردد.

ارتعاشات میل لنگ را به‌وسیله ارتعاش‌گیر کاهش می‌دهند. ارتعاش‌گیر، از یک فلایویل کوچک که در جلوی میل‌لنگ به‌وسیله بوش‌های لاستیکی و صفحه اصطکاکی به پولی یا چرخ‌دنده اتصال دارد، تشکیل شده است و همراه آن می‌گردد.

ارتعاش گیر، مانند فلایویل میل‌لنگ در موقع ازدیاد ناگهانی سرعت، مقداری از انرژی را جذب نموده، در موقع کاهش دور، انرژی خود را به میل‌لنگ تحویل می‌دهد. در جلوی میل‌لنگ عواملی مانند دینام، واتر پمپ پروانه و غیره قرار دارد که همواره به نگه داشتن جلوی میل‌لنگ تمایل دارند. بنابراین برای حذف تأثیرات عوامل کاهنده سرعت، ارتعاش‌گیر کمک چشم‌گیری در کار میل‌لنگ می‌کند.



شکل ۶۶ــ۲ــ ارتعاش گیر مکانیکی

سؤالات

۱ــ بهترین سیستم معمول سوپاپ را با ذکر دلایل نام ببرید.
۲ــ نسبت حرکت بین میل سوپاپ و میل لنگ چقدر است؟ و چرا؟
۳ــ قسمت‌های مختلف یک بادامک را نام برده، وظیفه هر قسمت را در کار سوپاپ شرح دهید.
۴ــ ضعیف شدن فنر سوپاپ چه اثری در کار موتور دارد؟ چگونه آن را تشخیص می‌دهید.
۵ــ علت شکستن فنرهای سوپاپ چیست؟ و راه‌های پیشگیری از آن چگونه است؟
۶ــ تفاوت‌های سوپاپ با زاویه نشست ۳۰ و ۴۵ درجه در چیست و مزایای هر یک کدام است؟
۷ــ لقی نامطلوب بین ساق و راهنمای سوپاپ، چه اثری در کار سوپاپ دارد؟
۸ــ اگر فنر سوپاپ ضعیف‌تر یا قوی‌تر از حدّ لازم باشد، چه تأثیری در کار سوپاپ و موتور دارد؟
۹ــ فنر کج، چگونه سوپاپ را می‌بندد و چه اثری در کار موتور می‌گذارد؟
۱۰ــ برای جلوگیری از رسوب گرفتن سوپاپ‌ها، چه طرح‌هایی به‌کار می‌رود و آثار آن روی سوپاپ چیست؟
۱۱ــ کند بسته شدن سوپاپ در اثر چه عواملی است و چه تأثیری در کار موتور دارد؟
۱۲ــ دلایل چسبندگی ساق سوپاپ را بیان کنید.
۱۳ــ اسید سولفورو چگونه به وجود می‌آید و چه تأثیری بر سوپاپ می‌گذارد؟
۱۴ــ ساختمان سوپاپ سدیمی و طرز کار آن را تشریح کنید.
۱۵ــ انواع سیلندر را نام برده، مزایای هر یک را بنویسید.
۱۶ــ پیستون بیضی شکل یعنی چه؟ و حالت بیضوی بودن آن چقدر و در کدام قطر بیشتر است؟
۱۷ــ تجزیه نیروها را در سیلندر و پیستون با رسم شکل مشخص کنید.
۱۸ــ پوشش پیستون به چه منظوری انجام می‌شود. نوع شیمیایی آن چه مزایایی دارد؟
۱۹ــ در پیستون چند نوع رینگ به کار رفته، وظایف هر نوع کدام است؟
۲۰ــ گژن پین چیست و چگونه ساخته می‌شود؟

فصل سوم

سوخت و احتراق

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

۱ــ سوخت‌ها را توضیح دهد.

۲ــ احتراق را توضیح دهد.

۳ــ آلاینده‌های موتور و نحوهٔ کنترل آن را توضیح دهد.

۱ــ۳ــ سوخت

۱ــ۱ــ۳ــ مقدمه : مدت‌ها تصور می‌شد که سوخت‌ها فقط از یک جزء شیمیایی تشکیل شده‌اند. با این حال، ممکن است یک سوخت بنزینی یا دیزل خاص، شامل ۱۰۰ هیدروکربن و صدها جزء دیگر با مقادیری ناچیز باشد. در این بخش علت پیچیده بودن ترکیبات سوخت‌ها، چگونگی تولید آنها و چگونگی عملکرد آنها در موتورهای احتراق داخلی توضیح داده می‌شود.

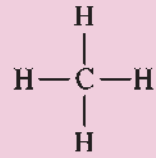
منبع اصلی سوخت‌های نفتی، نفت خام می‌باشد. مؤسسه نفت خام ایالات متحده، میزان نفت خام شناخته شده موجود در کره زمین را حدود یک تریلیون بشکه تخمین زده است، حدود ۰/۶ تریلیون بشکه از مخازن نفتی موجود در کره زمین کماکان ناشناخته باقی مانده است. در صورت ادامه مصرف با نرخ کنونی، پیش بینی می‌شود که حدود ۶۰ تا ۹۵ سال آینده، نفت خام در مخازن نفتی زمین به پایان برسد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی در روش‌های بهره‌برداری مخازن نفتی باعث شده تا قابلیت استحصال نفت از میادین نفتی افزایش یابد. در سال ۱۹۵۰، میزان ذخایر شناسایی شده نفت خام جهان، تقریباً ۰/۰۹ تریلیون بشکه تخمین زده می‌شد که در ۵۰ سال گذشته این مقدار ۱۰ برابر شده است. میزان مصرف نفت خام در سال‌های اخیر به گونه ای بوده است که تقریباً ۰/۷ تریلیون بشکه از ابتدای انقلاب صنعتی تاکنون مصرف شده است. استحصال نفت خام از کک، زغال سنگ و شن‌های قیر اندود از لحاظ تکنیکی و تئوری ممکن است، لیکن از لحاظ اقتصادی به صرفه نمی‌باشد.

با توجه به اینکه در نفت خام کربن وجود دارد، مصرف آن باعث به‌وجود آمدن CO_2 می‌شود، این گاز گلخانه‌ای باعث گرم شدن زمین می‌شود. به منظور کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای راه‌های پیشگیرانه‌ای اندیشیده شده است. این پیشگیری‌ها شامل افزایش بازده احتراق و افزایش میزان استفاده از سوخت‌های جایگزین می‌باشد.

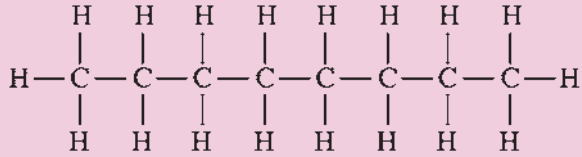
مطالعه آزاد

۲ــ۱ــ۳ــ شیمی هیدروکربن‌ها : بنزین و سوخت‌های دیزل از ترکیبات هیدروکربنی به‌وجود آمده‌اند، هیدروکربن‌ها به گروه‌های پارافین‌ها، اولفین‌ها، نفتالین‌ها و آروماتیک‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند. خانواده‌های هیدروکربن‌ها دارای پیوند کربن ــ هیدروژن بوده و دارای فرمول شیمیایی مختص به خود می‌باشند. پارافین‌ها (آلکان‌ها)، مولکول‌هایی هستند که در آنها اتم‌های کربن با یک پیوند یگانه به‌صورت زنجیروار در کنار هم قرار گرفته‌اند. پیوندهای دیگر کربن‌ها با هیدروژن صورت می‌پذیرد. از آنجا که آلکان‌ها فاقد پیوندهای دوگانه و سه‌گانه می‌باشند، به این مواد، هیدروکربن‌های اشباع شده[1] نیز اطلاق می‌شود.

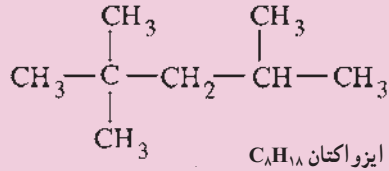
پارافین‌ها را با نام آلکان‌ها می‌شناسند. مثال‌هایی از این خانواده عبارتند از متان CH_4 و اکتان C_8H_{18} (شکل ۱ــ۳). ایزواکتان، از نظر تعداد کربن‌های آن همانند اکتان می‌باشد ولی چیدمان زنجیره آن با اکتان متفاوت است.



متان CH_4



اکتان C_8H_{18}

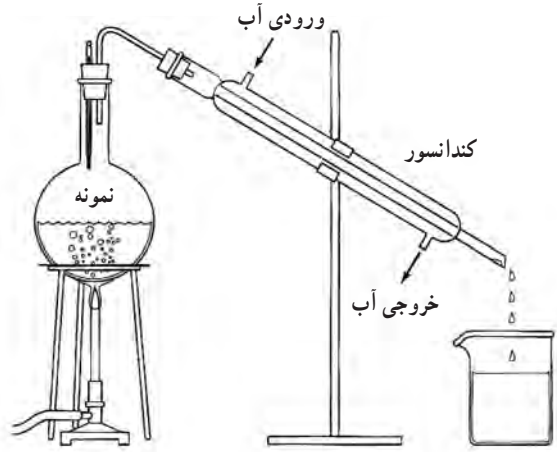


ایزواکتان C_8H_{18}

۱ــ Saturated hydrocarbons

۳ــ۱ــ۳ــ عملیات تصفیه : در ترکیب نفت خام هیدروکربن‌های گوناگونی وجود دارد. به‌عنوان مثال در بنزین، ۲۵۰۰۰ ماده مختلف که از مشتقات نفت خام است، یافت می‌شود. این مواد در گستره‌ای از حالت بین گازها تا مایعات لزج و حتی مایعات گریس مانند موجود هستند. هدف از تصفیه، جدا کردن فیزیکی نفت خام به اجزاء مختلف آن در فازهای مختلف و سپس اجرای فرایند[۱] شیمیایی به منظور تبدیل مواد حاصله به سوخت‌ها و دیگر فرآورده‌های نفتی می‌باشد. فرایند جداسازی اجزا را تقطیر[۲] می‌گویند که با دستگاه تقطیر انجام می‌شود.

شماتیک کلی یک دستگاه تقطیر در شکل ۱ــ۳ نشان داده شده است. وقتی که یک نمونه ماده گرم می‌شود، هر یک از اجزای آن به نقطه جوش خود می‌رسند. دسته‌بندی مواد مختلف کاملاً اختیاری است. دسته‌بندی مواد بر پایه زمان خروج آنها از دستگاه تقطیر عموماً به ترتیب زیر است : نفتا[۳]، مواد مقطر، نفت گاز و نفت باقی مانده. در یک دسته‌بندی دیگر از عناوین سبک، متوسط و سنگین برای دسته‌بندی مواد حاصل از برج تقطیر استفاده می‌شود. صفت دست نخورده[۴] یا عملیات‌مستقیم[۵] به اجزایی اطلاق می‌شود که هیچ واکنش شیمیایی روی آنها انجام نشده است. برای مثال نفتای سبک دست نخورده به عنوان بنزین استفاده می‌شود که گاهی به آن بنزین واکنش مستقیم نیز گفته می‌شود. ویژگی‌های فیزیکی هر جزء به دمای تقطیر آن بستگی دارد.



شکل ۱ــ۳ــ فرایند تقطیر، نفت خام را به اجزای مختلف تقسیم‌بندی می‌نماید.

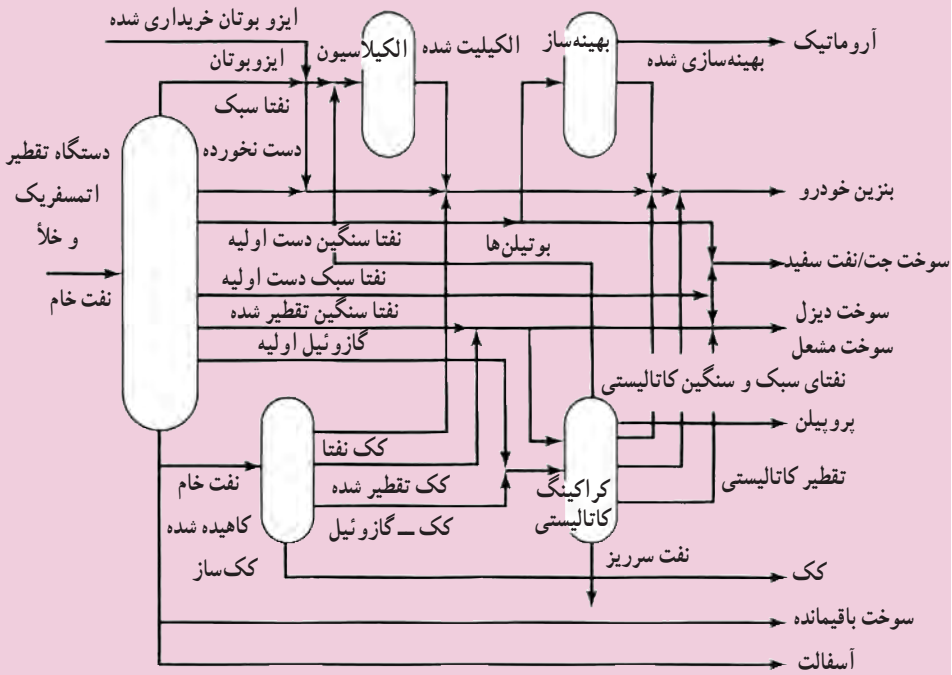
۱ــ Process

۲ــ Distillation

۳ــ Naphta

۴ــ Virgin

۵ــ Straight Run



نمایش کلی یک پالایشگاه

در عملیات تصفیه، فرآورده‌های دیگری مازاد بر آنچه که در دیاگرام آورده شده نیز تولید می‌شود. عملیات تصفیه فرآورده‌هایی نظیر سوخت موتورها (بنزین، گازوئیل دیزل و سوخت جت)، سوخت‌هایی برای مقاصد گرمایشی (کک، مواد آتش‌زا و نفت سفید[1] و ...)، فرآورده‌های شیمیایی (آروماتیک‌ها، پروپیلن) و آسفالت را تولید می‌کند. به‌طور متوسط در یک عملیات تصفیه ٪۴۰ از نفت خام ورودی به بنزین، ٪۲۰ آن را به دیزل و سوخت حرارتی، ٪۱۵ به روغن سوختی باقیمانده، ٪۵۰ آن به سوخت جت و بقیه آن به هیدروکربن‌های دیگر تبدیل می‌شود.

اجزاء سبک در دماهای کم و اجزاء سنگین در دماهای بالاتر تقطیر می‌شوند. سوخت بنزینی از ترکیب هیدروکربن‌هایی که در بازه دمایی $25^{\circ}C$ تا $225^{\circ}C$ تقطیر می‌شوند (به جوش می‌آیند) تشکیل می‌شود و سوخت دیزل ترکیبی از هیدروکربن‌هایی است که نقطه جوش آنها بین $180^{\circ}C$ تا $360^{\circ}C$ می‌باشد.

فرایندهای شیمیایی به منظور تبدیل یک جزء شیمیایی به جزئی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به‌عنوان مثال بنزین تولید شده از نفت خام باید ٪۵۰ انرژی موجود در نفت خام را داشته باشد، ولی بنزین

۱ــ Kerosene

تولید شده در برج تقطیر حاوی ٪۲۵ انرژی نفت می‌باشد. در این شرایط ٪۲۵ دیگر انرژی به‌وسیله فرایند شیمیایی بنزین با برخی اجزاء دیگر تولید می‌شود. فرایندهای شیمیایی همچنین جهت ارتقای یک جزء به ماده‌ای پرمصرف‌تر و مفیدتر به‌کار می‌روند. برای مثال بنزین فرایند مستقیم دارای عدد اکتان ۷۰ می‌باشد در حالی که فرآورده آن دارای عدد اکتان ۹۰ می‌باشد. بنابراین در این مورد فرایند شیمیایی برای بالا بردن عدد اکتان از ۷۰ به ۹۰ به کار برده می‌شود.

۴ــ۱ــ۳ــ سوخت‌های بنزینی[1] : از اوایل دهه ۱۹۰۰ ، بنزین سوخت غالب خودروها بوده است. این سوخت اولین بار در موتور چهار زمانه نیکلاس اتو در سال ۱۸۷۶ استفاده شد. این سوخت دارای چگالی انرژی بالا بوده و در عین حال ارزان قیمت است. بنزین از ترکیب هیدروکربن‌های سبک شامل پارافین‌ها، اولفین‌ها، نفتالین‌ها و آروماتیک‌ها تشکیل شده است. نسبت هیدروژن به کربن آن بین ۱/۶ تا ۲/۴ متغیر است. فرمول عمده بنزین C_8H_{15} با وزن مولکولی ۱۱۱ می‌باشد. فرمول بنزین با هیدروژن فراوان C_7H_{17} می‌باشد.

۵ــ۱ــ۳ــ افزودنی‌های بنزین : افزودنی‌های بنزین شامل بهبود دهنده‌های عدد اکتان، ضدیخ برای جلوگیری از یخ‌زدگی سوخت، شوینده‌ها[2] جهت کنترل رسوب روی انژکتورها و سوپاپ‌ها، زنگ بر و آنتی اکسیدان جهت کاهش تشکیل چسبندگی در بنزین ذخیره شده در باک می‌باشند. مواد بسیاری برای بالا بردن عدد اکتان بنزین مورد آزمایش قرار گرفته‌اند. در سال‌های ۱۹۲۳ تا ۱۹۷۵ تترا اتیل سرب اولین ماده‌ای بود که به‌طور عمومی به‌عنوان بهبوددهنده عدد اکتان به‌کار برده می‌شد. استفاده از این ماده از سال ۱۹۹۵ به‌دلیل سمی بودن آن و اثر نامطلوبش بر مبدل‌های کاتالیستی و حسگرهای اکسیژن، ممنوع شد. در حال حاضر، سرب فقط برای بنزین هواپیما استفاده می‌شود و در بنزین خودروهای سواری مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. الکل‌ها، اترها و متیل سیکلو پنتا دی نیل منگنز تری‌کربونیل[3] هم اکنون به عنوان بهبوددهنده‌های عدد اکتان استفاده می‌شوند.

۶ــ۱ــ۳ــ سوخت‌های دیزل : سوخت دیزل مشتمل بر مخلوط هیدروکربن‌های سبکی است که نقطه جوش آنها بین $180^{\circ}C$ تا $360^{\circ}C$ بوده، چنانکه دیده می‌شود این دما بیشتر از دمای متناظر برای مواد تشکیل دهنده بنزین است. تخمین زده شده است که بیشتر از ۱۰۰۰۰ ایزومر در سوخت

۱ــ Gasoline

۲ــ Detergent

۳ــ Methyl–cyclopentadienyl Manganese Tricarbonyl (MMT)

دیزل یافت می‌شود. همانند بنزین، سوخت‌های دیزل، مخلوطی از هیدروکربن‌های پارافین، اولفین، نفتالین و آروماتیک است، اما ارتباط خواص آنها با هم متفاوت است. وزن مولکولی سوخت دیزل بین ۱۷۰ تا ۲۰۰ متغیر است. چگالی انرژی سوخت‌های دیزل ۸٪ بیشتر از سوخت‌های بنزینی می‌باشد و قابلیت اشتعال‌پذیری کمتری دارند و به عنوان اولین سوخت جهت خودروهای سنگین به‌کار برده‌شده‌اند.

کیفیت اشتعال سوخت دیزل با عدد ستان[۱] سنجیده می‌شود. هر چه این عدد بالاتر باشد، سوخت راحت‌تر مشتعل می‌شود. عدد ستان متداول برای مصارف وسائط نقلیه بین ۴۰ تا ۵۵ می‌باشد.

۷ــ۱ــ۳ــ سوخت‌های جایگزین : مهم‌ترین سوخت در سوخت‌های جایگزین، متان یا گاز طبیعی فشرده[۲]، پروپان یا همان گاز نفتی مایع[۳]، الکل‌ها و هیدروژن می‌باشد. آلودگی مواد منتشر شده از احتراق این سوخت‌ها به مراتب کمتر از مقادیر مشابه برای بنزین و سوخت‌های دیزلی می‌باشد. با توجه به مشکلات موجودی که در رابطه با نفت خام وجود دارد و با توجه به مسائل سیاسی، این سوخت‌ها می‌توانند به‌عنوان سوخت‌های جایگزین استفاده شوند. از سال ۲۰۰۰ میلادی متداول‌ترین سوخت برای مصرف وسائط نقلیه پس از گاز طبیعی و متانول، پروپان می‌باشد.

این نوع سوخت‌ها چه از لحاظ ملاحظات مهندسی و چه از لحاظ مسائل اقتصادی به‌طور وسیع در خودرو مورد استفاده قرار نگرفته‌اند. هزینه این نوع سوخت‌ها به ازاء واحد انرژی تولیدی از سوخت دیزل و بنزین گران‌تر است. با توجه به چگالی انرژی پایین آنها برای پیمایش برابر با خودروهای بنزینی به ذخیره حجم سوخت ذخیره بالاتری نیاز است. این مسأله می‌تواند مخصوصاً برای ماشین‌های دوگانه‌سوز که قسمت قابل‌توجهی از فضای اتومبیل برای مخزن ذخیره‌سازی سوخت جایگزین استفاده می‌شود مضر و نامطلوب باشد. در سیستم گازسوز، فقدان سیستم توزیع و سوخت‌رسانی نسبت به سیستم‌های متداول وجود دارد. در سال‌های اخیر، سیستم جایگزین روی وسائط نقلیه ناوگانی مانند اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و ون‌ها قرار گرفته است، استفاده از این نوع قوای محرکه در خودروهای مذکور موفقیت آمیز بوده است. ضریب نفوذ سوخت‌های جایگزین در بازار، در حال حاضر فقط بین ۰/۵ تا ۱٪ است. بنا به گزارش وب[۴] و دلماس[۵] در سال ۱۹۹۰، تنها در ایالات متحده

۱ــ Cetane Number (CN)

۲ــ Compressed Natural Gas (CNG)

۳ــ Liquid Petroleum Gas (LPG)

۴ــ Webb

۵ــ Delmas

آمریکا، چهار میلیون خودرو با سوخت پروپان، سه میلیون خودرو با سوخت اتانول و حدود یک میلیون خودرو با سوخت گاز طبیعی وجود داشته است، این درحالی است که تعداد خودروهای بنزینی در آن زمان ۱۵۰ میلیون بوده است.

موتورهای دیزلی یا بنزینی موجود را می‌توان به سادگی به حالت سیستم سوخت جایگزین تبدیل کرد. با این‌حال برای انجام چنین تغییراتی باید شرایط مختلفی مدنظر قرار گیرد. ماهیت متفاوت احتراق این نوع سوخت‌ها، مستلزم تغییر در سیستم انژکتور (پاشش سوخت) و زمان‌بندی احتراق است. همچنین بسیاری از این سوخت‌ها و مخصوصاً انواع گازی آنها، خاصیت روان‌کاری کمی دارند و باعث افزایش سایش در اجزاء سیستم سوخت‌رسانی مانند انژکتورها و سوپاپ‌ها می‌شوند.

پروپان: پروپان با فرمول (C_3H_8) یک هیدروکربن پارافینی اشباع شده است. وقتی که با بوتان (C_4H_{10}) یا اتان (C_2H_6) ترکیب می‌شود، گاز نفتی مایع را تشکیل می‌دهد. متداول‌ترین گاز مایع مخلوط P۹۲می‌باشد. این سوخت حاوی ٪۹۲ پروپان و ٪۸ بوتان است. در ایالات متحده، تقریباً نیمی از LPG از اجزاء سبک‌تر هیدروکربن‌ها که در طول پالایش نفت خام به دست می‌آیند و نیمی دیگر از اجزاء سنگین گاز طبیعی سر چاه نفت تولید می‌شود.

پروپان از دهه ۱۹۳۰ به عنوان سوخت خودروها مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۱۹۹۳ در جهان ۴میلیون خودرو با این نوع سوخت وجود داشت که عمده آنها در هلند، ایتالیا، آمریکا و کانادا قرار داشتند. در حال حاضر جایگاه‌های متعدد مخصوص سوخت پروپان وجود دارد. برخی شرکت‌های خودروسازی، خودروهایی با این نوع سیستم سوخت‌رسانی از قبیل پیک آپ‌ها، کامیون و کامیونت‌ها تولید می‌کنند. همچنین کیت‌هایی برای تبدیل سیستم بنزینی به این نوع سوخت یا دوگانه‌سوز کردن خودروها وجود دارد.

در خودروها، پروپان به صورت مایع فشرده، تحت فشار بین ۰/۹ تا ۱/۴MPa ذخیره می‌شود. وقتی که سیستم به طور صحیح عایق‌بندی شده باشد، انتشارات بخار آن تقریباً صفر است. تنظیم کننده فشار[۱]، میزان ورود پروپان به درون موتور را کنترل می‌کند. پروپان مایع در هنگام عبور از دریچه گاز به گاز تبدیل می‌شود. پروپان گازی شکل از درون محفظه ورودی به راهگاه ورودی یا مستقیماً به درون سیلندر پاشیده می‌شود. پروپان دارای عدد اکتان ۱۱۲ می‌باشد، لذا در هنگام استفاده‌های خودرویی معمولاً نسبت تراکم آن را افزایش می‌دهند.

۱ــ Pressure regulator

جدول ۱ــ۳ــ آلاینده‌های مجاز خودروی LPG موتور ۳/۱ لیتری

آلاینده	پروپان	بنزین
HC	۰/۲۱	۰/۳۷
CO	۲/۵۵	۵/۴
NO_x	۰/۶۷	۰/۴۲

جدول ۲ــ۳ــ آلاینده‌های سمی خودروهای LPG با واحد (mg/mile)

مواد سمی	پروپان	بنزین
بنزن	<۰/۱	۱۶/۷
۳،۱ بوتادین	<۰/۱	۲/۵
فرمالدهید	۱/۲	۳/۱
استالدهید	۰/۳	۱/۵
مجموع	۱/۵	۲۳/۸

۸ــ۱ــ۳ــ گاز طبیعی : گاز طبیعی سوختی است که به صورت طبیعی در زمین‌های نفت‌خیز یافت می‌شود. ماده اصلی این گاز که حدود ۹۰ تا ٪۹۵ آن را تشکیل می‌دهد گاز متان (CH_4) می‌باشد، این گاز به همراه مواد دیگری از قبیل ٪۴ نیتروژن، ٪۴ اتان و ۱ تا ٪۲ پروپان می‌باشد. متان گازی گلخانه‌ای با پتانسیل گرم کردن زمین به میزان ده برابر CO_2 است.

گاز طبیعی سالیان متمادی است که به‌عنوان سوخت موتورهای ثابت کمپرسورهای گازی و ژنراتورهای مولد برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه گسترده توزیع و خطوط انتقال گاز طبیعی بزرگی جهت مصارف صنعتی و سیستم‌های گرمایشی وجود دارد. خودروهایی با سوخت گاز طبیعی از سال ۱۹۵۰ ظهور کردند و کیت‌های تبدیل آنها برای هر دو نوع موتورهای اشتعال تراکمی و اشتعال جرقه‌ای موجود است. تحقیقات زیادی برای توسعه خودروهای دوگانه‌سوز که هم می‌توانند با گاز طبیعی و هم با بنزین یـا سوخت دیـزل کار کنند، در حال انـجام است. یک مـزیت خودروهای دوگـانه‌سوز آن است که گستره عملکرد آن از خودروهایی که تنها با گاز طبیعی کار می‌کنند بیشتر

است. در حال حاضر تولیدکنندگان تجهیزات اصلی این سیستم‌ها در حال فروختن محصولات خود به شرکت‌های خودروسازی، به‌ویژه وسائط نقلیه ناوگانی هستند.

مطالعه آزاد

گاز طبیعی در دمای اتاق به صورت فشرده و در دمای $-160^{\circ}C$ به‌صورت مایع نگهداری می‌شود. این سوخت دارای عدد اکتان ۱۲۷ می‌باشد و بنابراین موتورهایی که با گاز طبیعی کار می‌کنند می‌توانند با نسبت تراکم ۱۱:۱ کار کنند، که این مقدار بیشتر از موتورهای بنزینی است. گاز طبیعی در مخزن ذخیره خودرو تا $20MPa$ تحت فشار قرار می‌گیرد و بنابراین دارای ۱/۳ دانسیته انرژی حجمی بنزین است. فشار ذخیره‌سازی آن ۲۰ برابر فشار ذخیره‌سازی پروپان است. همانند پروپان، گاز طبیعی نیز پس از گذر از تنظیم کننده فشار، به‌وسیله سوپاپ مخلوط‌کننده و دریچه پاشش با فشاری در حدود $750KPa$ به داخل مانی فولد ورودی تزریق می‌شود و یا به صورت پاشش مستقیم وارد محفظه سیلندر می‌شود. با استفاده از سیستم تزریق در چندراهه ورودی یا دریچه پاشش سوخت، بازده تنفسی و توان به دلیل جایگزینی ۱۰٪ از هوای ورودی با گاز طبیعی کاهش پیدا می‌کند. گاز طبیعی برای شروع سرد موتور نیاز به مخلوط غنی ندارد و بنابراین در مرحله شروع میزان آلاینده‌های CO و HC کاهش می‌یابد.

برای دستیابی به استاندارد آلاینده‌های خودرو در موتورهایی با سوخت گاز طبیعی، از مبدل‌های کاتالیستی استفاده می‌شود. به‌دلیل استفاده از مبدل‌های کاتالیستی، موتور باید در شرایط استوکیومتریک عمل نماید، نگه‌داشتن احتراق گاز طبیعی در شرایط استوکیومتریک و بازخورانی گازهای سوخته جهت کاهش دمای بیشینه احتراق و بنابراین کاهش سطح تولید اکسید نیتروژن، دلایل کارآمد بودن این نوع سوخت است.

۹ــ۱ــ۳ــ هیدروژن : هیدروژن (H_2) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، زغال سنگ و آب به دست می‌آیند. فرایندهای مختلفی برای تولید هیدروژن انجام می‌شود، یکی از این روش‌ها بازساخت بخار گاز طبیعی است که در حال حاضر اقتصادی‌ترین راه تولید هیدروژن می‌باشد، الکترولیز آب و تبدیل زغال سنگ به گاز که در نتیجه آن CO_2 نیز تولید می‌شود از راه‌های دیگر تولید هیدروژن می‌باشد. هیدروژن گازی بی‌رنگ، بی‌بو و غیرسمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. از آنجا که در محصولات احتراق هیدروژن همانند هیدروکربن‌ها مواد کربن‌دار از قبیل HC، CO و CO_2 یافت نمی‌شود، پتانسیل گرمایش جهانی هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های پایه هیدروکربنی قابل اغماض است.

مطالعه آزاد

در حال حاضر بیشترین مصرف سوخت هیدروژنی در صنایع فضایی برای سوخت راکت می‌باشد. هیدروژن همچنین می‌تواند به عنوان سوخت در سلول‌های سوختی استفاده شود. جهت استفاده از سوخت هیدروژنی در خودروها تمهیداتی در نظر گرفته شده است، با این وجود بالا بودن هزینه مصرفی آن مانع از آن شده است که هیدروژن به عنوان یک سوخت جایگزین به‌کار گرفته شود. موتورهای دوگانه‌سوزی وجود دارند که در آنها جهت کاهش آلاینده‌های استارت سرد، از هیدروژن برای استارت موتور و کارکرد موتور در دورهای پایین و از بنزین در شرایط تمام بار استفاده می‌شود.

یکی از موانع بزرگ در حوزه استفاده از سوخت هیدروژنی، فقدان تولید، توزیع و منبع ذخیره آن می‌باشد. اقتصادی‌ترین روش توزیع این ماده همانند گاز طبیعی، استفاده از خطوط انتقال لوله‌ای می‌باشد.

سه روش ذخیره‌سازی هیدروژن عبارتند از : ۱) نگهداری به صورت مایع در دمای $-۲۵۳^{\circ}C$ در مخازن برودتی؛ ۲) به صورت هیدرید فلزات، مانند هیدرید آهن ــ تیتانیوم $FeTiH_۲$؛ و ۳) به‌حالت گاز تحت فشار ۲۰ تا ۷۰MPa. هیدرید به محض گرم شدن توسط یک منبع حرارتی، از خود هیدروژن آزاد می‌کند، مانند سیستم اگزوز خودروها. متداول‌ترین روش‌های ذخیره‌سازی، ذخیره به صورت سوخت مایع و نیز استفاده از هیدرید فلزات می‌باشد، قابلیت ذخیره‌سازی حجمی این دو روش همانند یکدیگر است. حجم مورد نیاز برای ذخیره انرژی یکسان در این دو روش حدود ۱۰ برابر فضایی است که ۵ گالن بنزین اشتعال می‌کند. بنابراین برای استحصال انرژی معادل ۵ گالن بنزین، ۵۵ گالن هیدروژن فشرده مورد نیاز است.

هیدروژن فشرده تحت فشار ۷۰MPa دارای یک سوم چگالی انرژی گاز طبیعی فشرده است، همچنین چگالی انرژی حجمی هیدروژن مایع، یک چهارم بنزین است. استفاده از هیدروژن مایع بسیارگران است، چرا که مایع کردن هیدروژن تا دمای $-۲۰^{\circ}k$ نیازمند صرف انرژی‌ای تقریباً برابر با انرژی هیدروژن مایع است. اگر در چندراهه ورودی هیدروژن با هوا ترکیب شود، حجم هیدروژن ۳۰٪ حجم مخلوط ورودی در شرایط استوکیومتری خواهد بود که باعث کاهش بازده تنفسی می‌شود. عدد اکتان هیدروژن ۱۰۶ است، این عدد اکتان اجازه می‌دهد از نسبت‌های تراکم بالاتر نیز استفاده کنیم.

۱۰ــ۱ــ۳ــ متانول : متانول ($CH_۳OH$) سوخت الکلی است که از واکنش‌های گاز طبیعی، زغال سنگ یا فرایندهای بیوماس[۱] به‌دست می‌آید. متانول را همچنین الکل چوب می‌نامند. الکل در شرایط محیطی ماده‌ای مایع می‌باشد و ساختار شیمیایی آن به صورت مولکول هیدروکربنی با یک

۱ــ Biomass

رادیال هیدروکسل (OH) می‌باشد. رادیکال هیدروکسل باعث افزایش قطبیت هیدروکربن می‌شود و بنابراین متانول می‌تواند در آب حل شود، این ماده همچنین فشار بخار نسبتاً کمی دارد. با توجه به وجود اکسیژن در این مولکول، هوای کمتری جهت احتراق کامل آن مورد نیاز است. متانول سمی بوده و خوردن آن باعث کوری و مرگ می‌شود. متانول از دهه ۱۹۰۰ به‌عنوان سوخت خودروها و موتورهای دیزل و همچنین سلول‌های سوختی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱۱ــ۱ــ۳ــ اتانول : اتانول با فرمول (C_2H_5OH)، یک سوخت الکلی است که از تخمیر ذرات شکر، نیشکر و کله قند که منابع تهی‌ناپذیر انرژی هستند، تولید می‌شود. مشخصات و ویژگی‌های احتراق آن بسیار شبیه متانول است. متانول را الکل دانه‌ای نیز می‌نامند. اتانول در شرایط محیط مایع بوده و در غلظت‌های پایین غیر سمی است.

گازوهل (E۱۰)[۱] ترکیبی از اتانول و بنزین با تقریباً ٪۱۰ حجمی اتانول است. E۸۵ ترکیبی از ٪۸۵ اتانول و ٪۱۵ بنزین است. در برزیل تقریباً نیمی از خودروها از سوخت پایه اتانول با نام «آلکول»[۲] استفاده می‌کنند. E۹۳ از نیشکر تولید می‌شود. در ایالات متحده مهم‌ترین منبع اتانول از واکنش‌های حالات نشاسته همچون ذرت است. در حال حاضر در ایالات متحده تلاش‌هایی برای تولید این ماده از مواد سلولزی مانند فیبرهای ذرت، پسماندهای جنگلی، علف‌ها و درخت‌های صنوبر در حال انجام است. چگالی انرژی حجمی اتانول به عنوان یک سوخت جایگزین، نسبتاً بالا است (تقریباً ۲/۳ بنزین). عدد اکتان این ماده ۱۱۱ بوده که باعث می‌شود بتواند در نسبت تراکم بالا عمل کند. عدد ستان آن کوچک و در حدود ۸ می‌باشد، اما همانند متانول می‌تواند در موتورهای اشتعال تراکمی با سوخت دیزل احتراق کمکی عمل نماید.

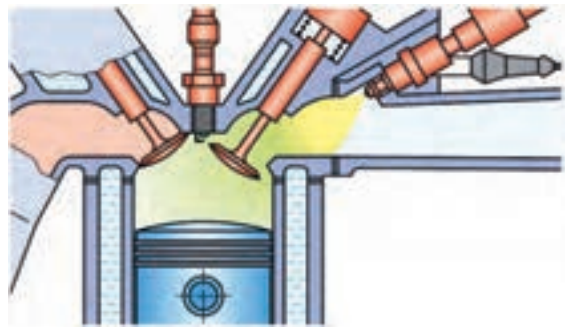
۲ــ۳ــ احتراق

۱ــ۲ــ۳ــ مقدمه : قدرت در موتورهای احتراق داخلی بنزین، براثر اشتعال مخلوط بنزین و هوا به‌وجود می‌آید. عمل احتراق پس از متراکم شدن بنزین و هوا به‌وسیله جرقه الکتریکی آغاز می‌گردد (شکل ۲ــ۳).

پس از شروع احتراق، جبهه شعله به سرعت در تمام فضای اتاق احتراق گسترش می‌یابد تا تمام مخلوط بنزین و هوا محترق شود (شکل۳ــ۳).

۱ــ Gasohol

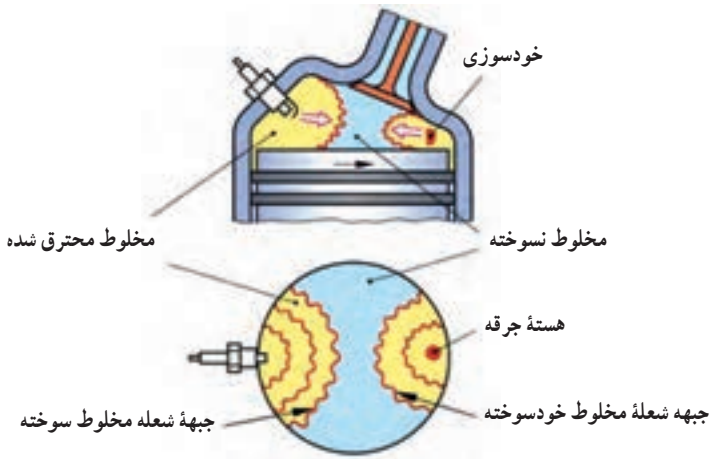
۲ــ Alcool



شکل ۲ــ۳ــ مخلوط بنزین و هوا به‌وسیله شمع محترق می‌گردد.

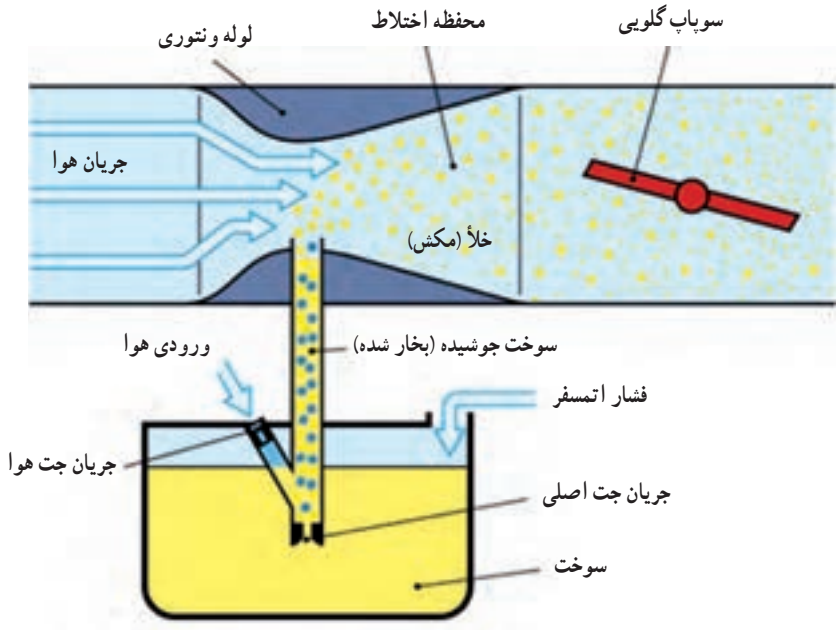
عمل احتراق سوخت در زمان حدود $\frac{۳}{۱۰۰۰}$ ثانیه تکمیل می‌شود و علت کوتاهی مدت، به آن انفجار نیز می‌گویند. هر چند که این عمل در مقابل انفجار باروت تفنگ یا دینامیت آهسته‌تر است (سرعت انفجار باروت تفنگ یا دینامیت $\frac{۱}{۵۰۰۰}$ ثانیه است) با این حال، انرژی موجود در بنزین به مراتب بیشتر می‌باشد.

در احتراق بنزین که یک فعل و انفعال شیمیایی است، هیدروژن سوخت (H) در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید بخار آب ($OH_۲$) و کربن سوخت در اثر ترکیب با اکسیژن، تولید گاز دی اکسید کربن($CO_۲$) می‌کند. به علّت نقص سیستم احتراقی، همیشه مقداری از کربن‌های سوخت نمی‌توانند اکسیژن لازم را به دست آورند، لذا تولید گاز سمی و خطرناک منو اکسید کربن می‌کنند (CO). مقدار مونواکسید کربن را باید با وسیله‌ای به حداقل رسانید تا در بحرانی‌ترین موقع خام سوزی، که دور آرام می‌باشد، مقدار بیشتر از ۴٪ نباشد.



شکل ۳ــ۳ــ گسترش شعله در فضای احتراق

۲ــ۲ــ۳ــ چگونگی تغذیه سیلندر : در موقع پایین رفتن پیستون در کورس مکش، مخلوط سوخت و هوا به علت ایجاد خلأ در سیلندر از دریچه گاز وارد سیلندر می‌شود. (فشار جو در کنار دریا برابر یک آتمسفر یا ۱۴/۷psi است) جریان سوخت از کاربراتور به سیلندر در اثر اختلاف ایجاد شده بین سوخت پاش و پیاله بنزین، به عمل می‌آید. فشار هوا نه تنها سوخت را از پیاله کاربراتور به داخل سیلندر می‌راند بلکه باعث پودر شدن ذرّات بنزین نیز می‌شود. شکل ۴ــ۳ نحوه اعمال فشار در باک بنزین و جریان هوا در لوله کاربراتور و سرلوله سوخت پاش و چگونگی جریان یافتن و توزیع سوخت در مانیفولد گاز را نشان می‌دهد.



شکل ۴ــ۳ــ فشار هوا سوخت را به‌صورت ذره در لوله کاربراتور درمی‌آورد.

۳ــ۲ــ۳ــ اصلاح زمان کار سوپاپ‌ها (تایمینگ سوپاپ‌ها) : اگر سوپاپ‌های گاز و دود، درست در نقاط مرگ بالا و پایین باز شوند، قدرت بازده موتور به حداکثر ممکن نمی‌رسد. بنابراین، زمان‌بندی (تایمینگ) سوپاپ‌ها درطرّاحی موتور دارای اهمیت زیادی است. اندازه زودتر یا دیرتر باز و بسته شدن سوپاپ‌ها در همه موتورها یکسان نمی‌باشد و دقیقاً به شرایط هر موتور بستگی دارد. ولی میانگین آن چنین است :

سوپاپ گاز ۷ درجه زودتر از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا باز می‌شود. (آوانس سوپاپ گاز)

سوپاپ گاز ۴۵ درجه بعد از گذشتن از نقطه مرگ پایین بسته می‌شود. (ریتارد سوپاپ گاز)

تایمینگ سوپاپ گاز ۴۵+۷ درجه افزایش می‌یابد و مجموع زمان مکش ۲۳۲° می‌شود که در شکل ۵ــ۳ با رنگ سبز نشان داده شده است.

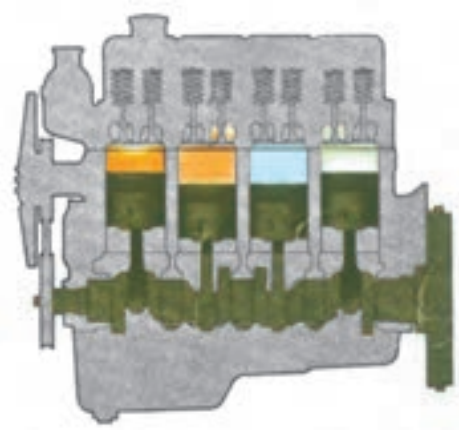
سوپاپ دود ۵۰ درجه زودتر از رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین باز می‌شود. (آوانس سوپاپ دود)

سوپاپ دود ۹ درجه بعد از گذشتن پیستون به نقطه مرگ بالا بسته می‌شود. (ریتارد سوپاپ دود)

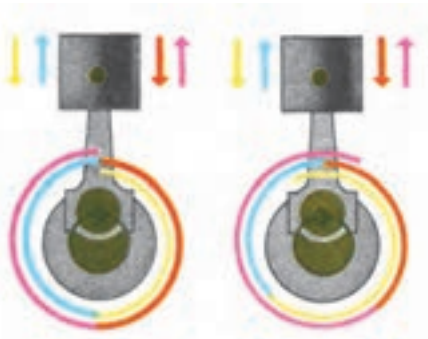
تایمینگ سوپاپ دود ۹+۵۰ درجه افزایش می‌یابد و مجموع زمان تخلیه ۲۳۹° می‌شود که در شکل ۶ــ۳ با رنگ بنفش نشان داده شده است.

بدیهی است زمان تراکم که با رنگ آبی و زمان قدرت که با رنگ قرمز نشان داده شده است به اندازه زمان تئوری نمی‌باشد و کمتر از ۱۸۰° هستند.

ترکیب احتراق موتور برای متعادل نمودن میل‌لنگ و کاهش تنش‌های ارتعاشی می‌باشد.



شکل ۵ــ۳ــ تایمینگ سوپاپ‌ها و زمان کار موتور



شکل ۶ــ۳ــ تایمینگ موتور برحسب درجه گردش میل‌لنگ

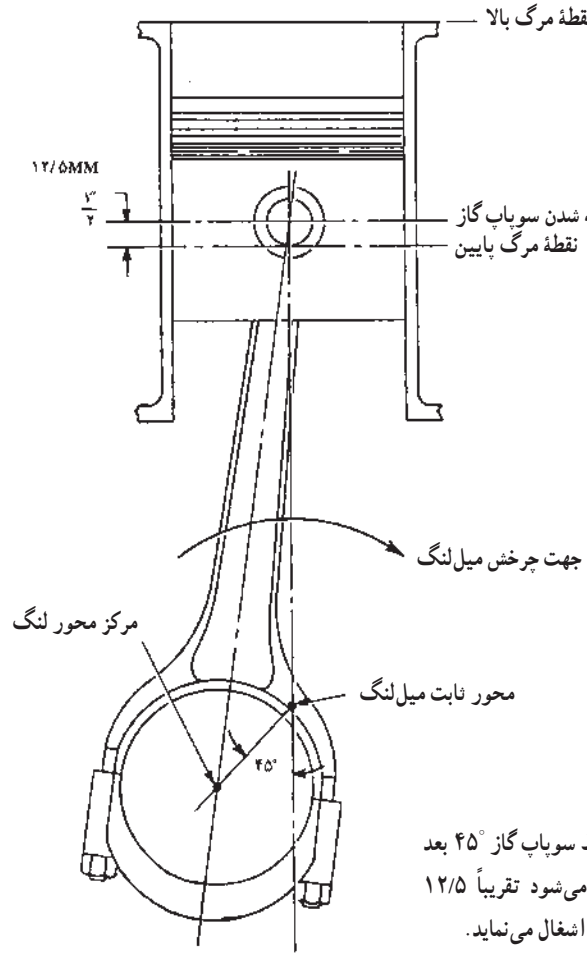
زمان قیچی کردن سوپاپ‌ها : با توجه به تایمینگ سوپاپ‌های موتور، می‌توان گفت در طی ۱۶°، هر دو سوپاپ گاز و دود باز می‌مانند. یعنی در حالی که دودها با شتاب زیاد در حال ترک کردن سیلندر می‌باشند گاز هم به طرف سیلندر شروع به حرکت می‌کند و شتاب می‌گیرد. به این حالت که هر دو سوپاپ باز هستند، قیچی کردن سوپاپ‌ها می‌گویند.

دلایل اصلاح زمان کار سوپاپ‌ها (تایمینگ) :

۱ــ دلایل مهم تایمینگ سوپاپ‌ها آن است که در زمان حقیقی(°۱۸۰) هر مرحله عملیّات به‌طور کامل انجام نمی‌گیرد.

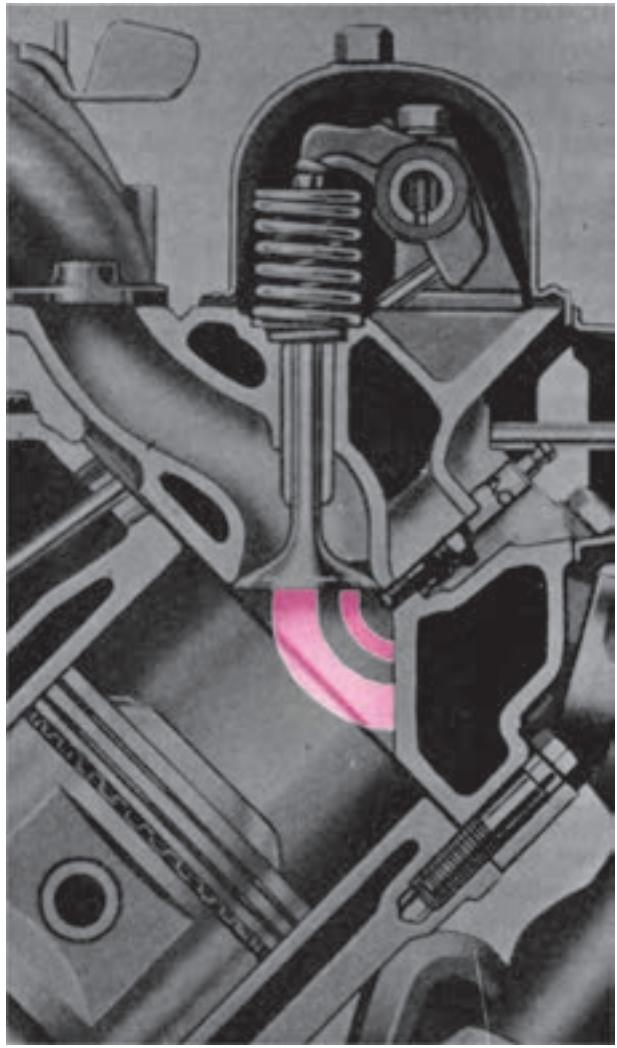
۲ــ دلیل مهم‌تر، اینرسی گاز است. در بیشتر موتورها، سوخت با سرعت تقریبی ۵۰ متر بر ثانیه وارد سیلندر می‌شود. بنابراین با شتاب لازمی که گفته است با °۴۵ تأخیر در بسته شدن سوپاپ گاز، سیلندرها بهتر پر می‌شوند. این تأخیر در پر شدن سوپاپ گاز (ریتارد سوپاپ گاز) حدود ۱۲/۵ میلی‌متر از کورس تراکم را می‌پوشانند.

۳ــ سوپاپ دود را هم ۵۰ درجه زودتر از موقع لازم باز می‌کنند (آوانس سوپاپ دود) تا تخلیه سیلندر انجام شود(شکل ۷ــ۳).

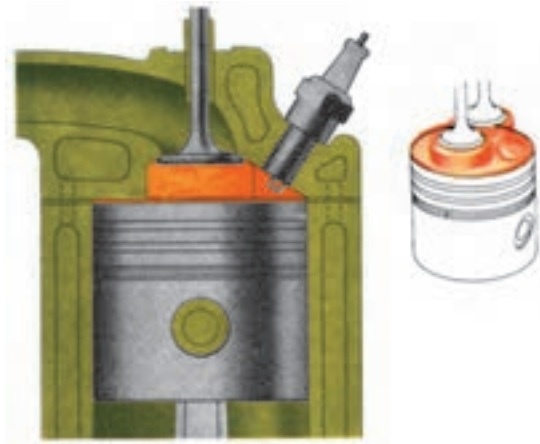


شکل ۷ــ۳ــ به‌طور متوسط سوپاپ گاز °۴۵ بعد از نقطه مرگ پایین بسته می‌شود تقریباً ۱۲/۵ میلی‌متر از کورس تراکم را اشغال می‌نماید.

۴ــ۲ــ۳ــ انفجار ضربه‌ای: پس از ایجاد جرقه، ممکن است سوخت به‌طور ناگهانی منفجر شود. موتوری که سوخت آن به‌طور نامناسب محترق شود، صدایی ناهنجار ایجاد می‌کند. انفجار ضربه‌ای، به دلیل کمبود اکتان در بنزین و یا نامناسب بودن شکل هندسی محفظه احتراق و یا زیاد بودن نسبت تراکم موتور است (شکل‌های ۸ ــ۳ تا ۱۸ــ۳).

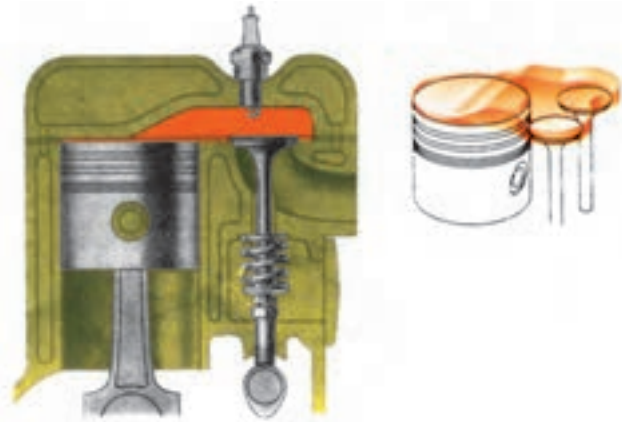


شکل ۸ ــ۳ــ نمایش احتراق عادی که از طرف شمع شروع می‌شود.

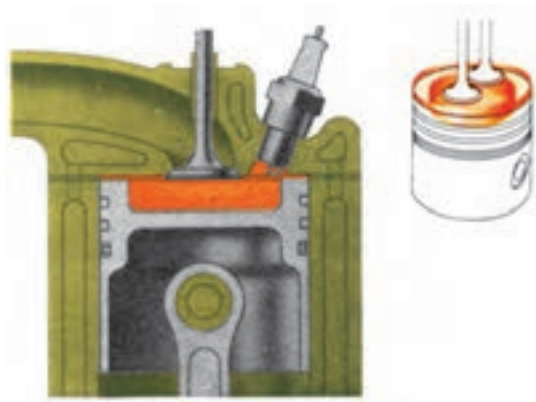


شکل ۹ــ۳ــ اتاق احتراق صاف، سرعت شعله را می‌کاهد.

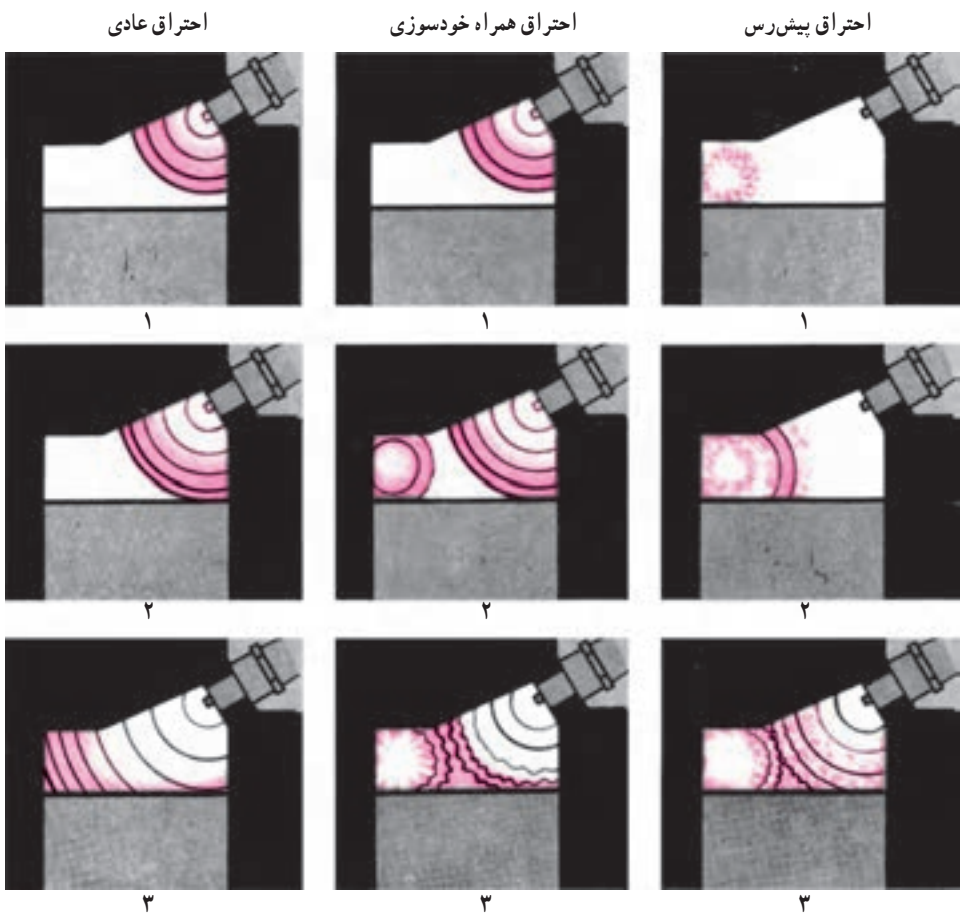
شکل ۱۰ــ۳ــ در این فرم اتاق احتراق (گوه‌ای شکل)، شعله بهتر پیشروی می‌کند.



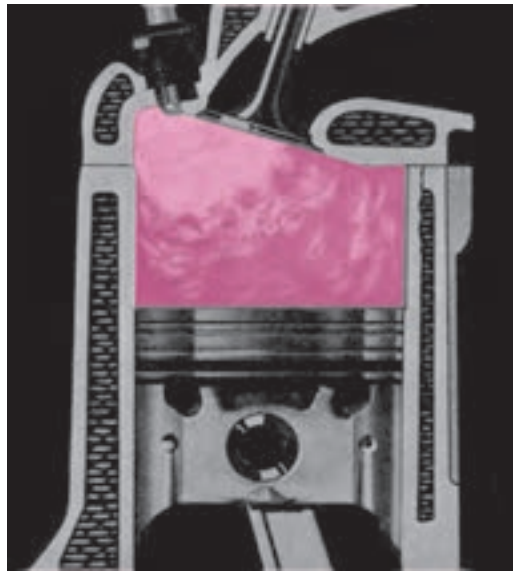
شکل ۱۱ــ۳ــ اتاق احتراق جانبی، باعث چرخش بهتر گاز و جلوگیری از خودسوزی می‌شود.



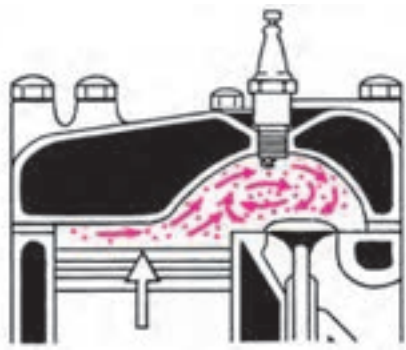
شکل ۱۲ــ۳ــ اتاق احتراق در کف پیستون، در این طرح موتور بهتر تنفس می‌کند.



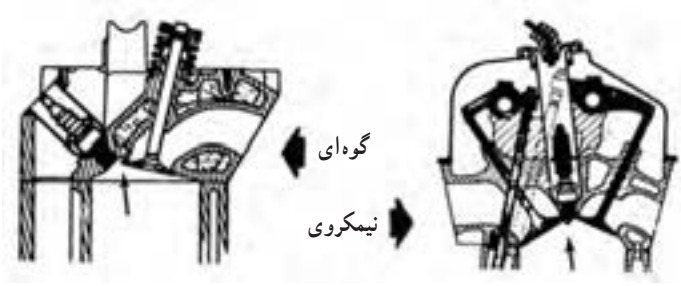
شکل ۱۳ــ۳ــ انواع احتراق در موتور



شکل ۱۴ــ۳ــ پیشروی جبهه شعله در اتاق

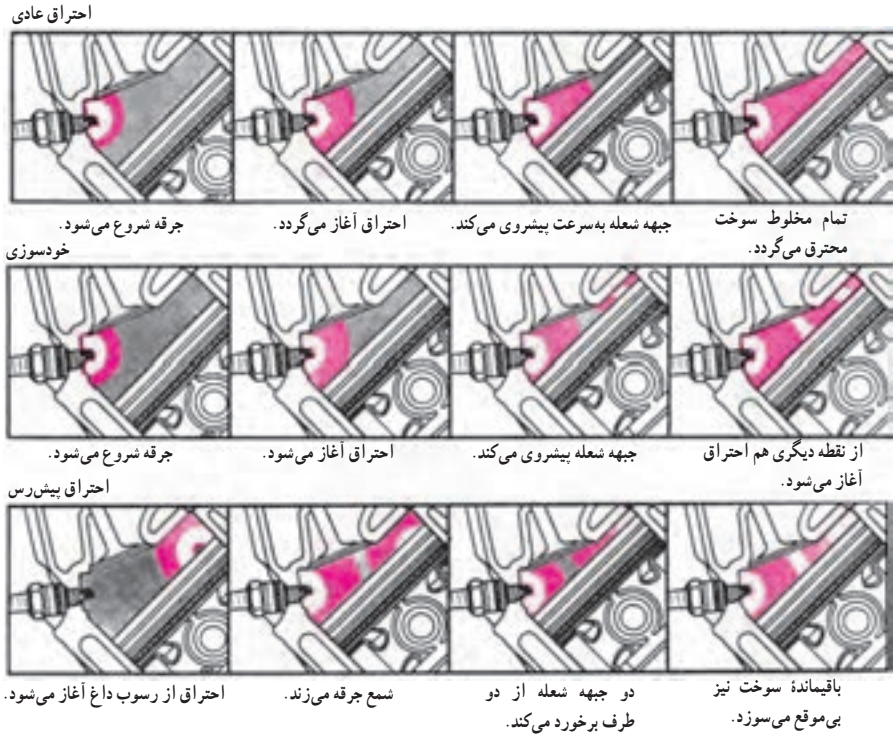


شکل ۱۵ــ۳ــ چرخش گاز در اتاق احتراق که اختلاط بهتری بین بنزین و هوا فراهم نموده، راندمان احتراق را افزایش می‌دهد.



شکل ۱۶ــ ۳ــ اتاق احتراق نیمکره‌ای و گوه‌ای

شکل ۱۷ــ۳ــ شکل اتاق احتراق در موتور تویوتا



شکل ۱۸ــ۳ــ احتراق معمولی، احتراق همراه با خودسوزی، احتراق همراه با پیش‌سوزی

۵ــ۲ــ۳ــ راندمان حرارتی : نسبت بین انرژی تولیدی موتور به انرژی مصرفی را راندمان حرارتی گویند.

$$\eta t = \frac{\text{(انرژی تولیدی موتور در داخل سیلندر)}}{\text{(انرژی حرارتی سوخت مصرفی موتور)}}$$

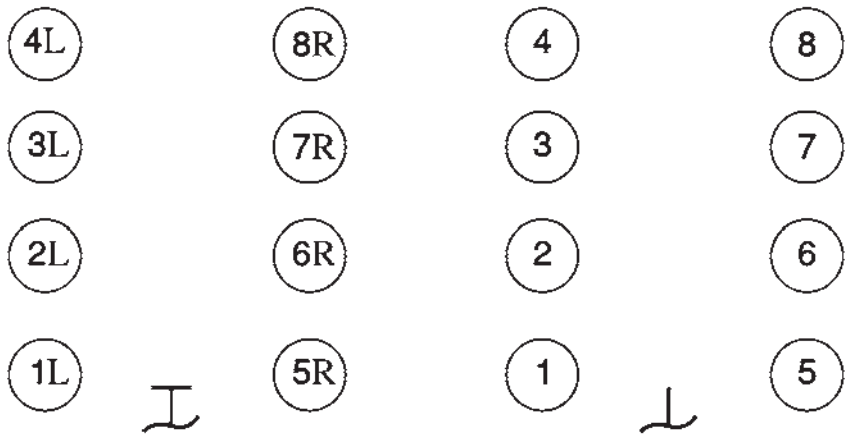
۶ــ۲ــ۳ــ شماره گذاری سیلندرها : وقتی صحبت از سیلندرهای مختلف موتوری می‌شود به‌ناچار باید روشی برای شناسایی سیلندرهای موتور با طرح‌های گوناگون وجود داشته باشد تا برای همگان آشنا و مفهوم گردد.

در موتورهای ردیفی: دریک موتور ردیفی وقتی از جلو نگاه می‌کنیم، شماره‌های سیلندر از جلو نام‌گذاری می‌شود یعنی سیلندری که به پروانه نزدیک‌تر است شماره یک و سیلندری که به فلایویل نزدیک‌تر است، شماره آخر را به خود اختصاص می‌دهد. به‌جز در اتومبیل پژو که سیلندرها از عقب شماره گذاری می‌شوند.

در موتورهای v شکل: در این موتورها سه روش به‌کار می‌رود :

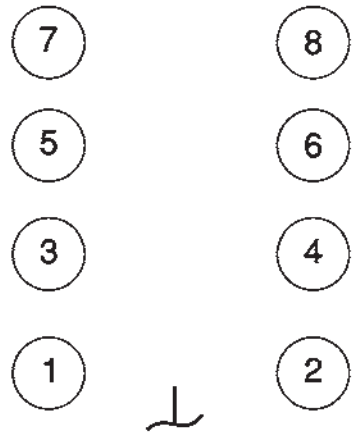
الف) بلوک طرف راست را از دید جلو با اندیس R تعیین نموده، از جلو به عقب شماره‌گذاری می‌کنند و بلوک طرف چپ را با اندیس L تعیین نموده، از جلو به عقب شماره‌گذاری می‌نمایند. مثلاً در موتور ۸ سیلندر V شکل، اغلب چنین شماره‌گذاری می‌شود.

ب) بلوک طرف چپ را شماره‌های اولین و بلوک طرف راست را شماره‌های بعدی می‌زنند.

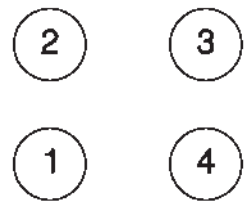


(الف) (ب)

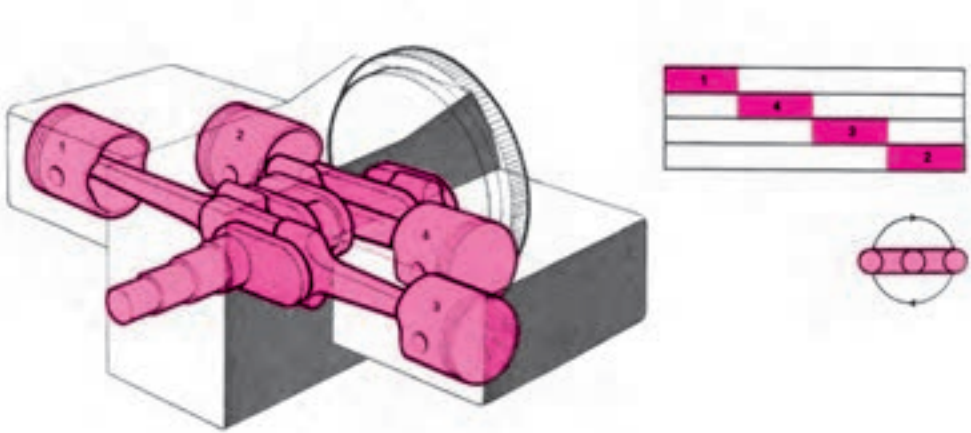
ج) طرف راست را با شماره‌های زوج و طرف چپ را با شماره‌های فرد مشخص می کنند.



در موتورهای خوابیده : سیلندرها را از سمت جلو و چپ طوری شماره‌گذاری می‌کنند که به سمت راست و جلو خاتمه یابد.



۷ــ۲ــ۳ــ ترتیب احتراق در موتورها : ترتیب احتراق یک موتور یعنی نوبت کارهای انجام شده در آن، در موتور چهار سیلندر ردیفی، یکی از دو ترتیب **۲ــ۴ــ۳ــ۱** و **۳ــ۴ــ۲ــ۱** معمول است. ولی روش اول متداول تر می‌باشد. در موتور چهار سیلندر خوابیده، ترتیب احتراق **۲ــ۳ــ۴ــ۱** معمول است.



شکل ۱۹ــ۳ــ ترتیب احتراق در موتور خوابیده

دلایل انتخاب ترتیب احتراق:

دانستن ترتیب احتراق، علاوه بر وایرچینی شمع‌ها، برای فیلرگیری سوپاپ‌های موتور نیز ضروری است. در یک موتور چهار سیلندر، انتخاب روش احتراق در طراحی موتور چندان تأثیر نمی‌گذارد ولی در سیلندرها بیشتر توجه به توزیع صحیح و کامل‌تر سوخت بین سیلندرهای مختلف، یک مسأله می‌باشد.

دلیل این موضوع آن است که سوخت داخل مانیفولد گاز، دارای اینرسی معیّنی است و در جهت مشخّصی در حال حرکت می‌باشد. حال اگر دفعتاً سوپاپ گازی در نقطه مقابل باز شود، سوخت باید جهت خویش را عوض کند و وارد سیلندر که در حال مکش است گردد.

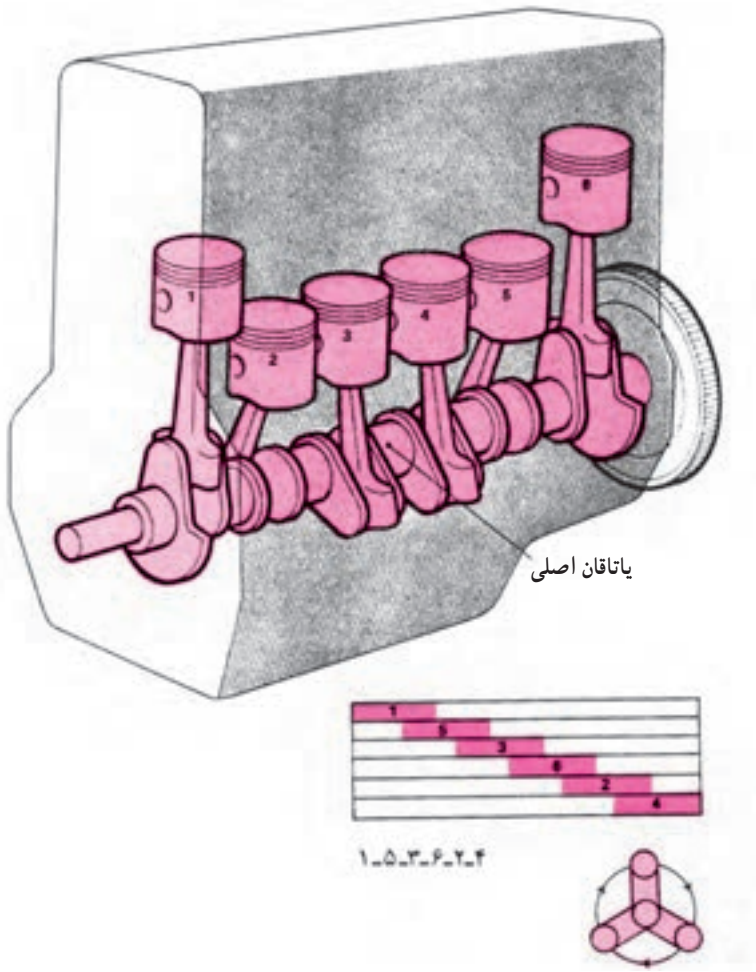
بنابراین، تمام سعی طرّاحان موتور بر آن است که نظم و سرعت مناسبی به مادّه سوخت بدهند تا از بالا رفتن اینرسی گاز جلوگیری شود.

در مورد لوله‌های دود هم، چنین وضعی صادق است. اگر لوله‌های دود درست طراحی شوند، فشار داخل سیلندر در پایان زمان تخلیه به حداقل ممکن می‌رسد. در نتیجه در زمان مکش راندمان حجمی موتور افزایش یافته، قدرت مفید موتور بالا می‌رود.

از دلایل اصلی انتخاب ترتیب احتراق، متعادل کار کردن میل‌لنگ و کاهش ارتعاشات آن است.

ترتیب احتراق در موتورهای ۶ سیلندر ردیفی: در اغلب موتورهای شش سیلندر، ترتیب احتراق ۴ــ۲ــ۶ــ۳ــ۵ــ۱ می‌باشد. در اتومبیل جاگوار ۶ سیلندر، همین ترتیب احتراق وجود دارد. فقط شماره‌گذاری آن از طرف عقب به جلو می‌باشد (شکل ۲۰ــ۳).

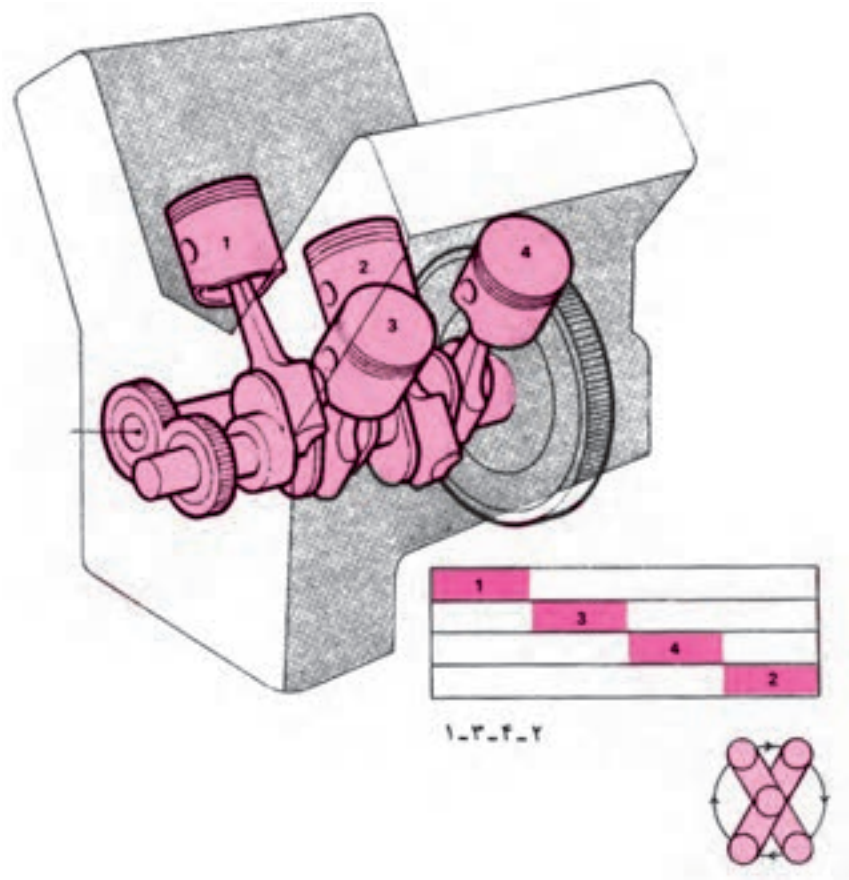
ترتیب احتراق موتور ۸ سیلندر ردیفی ۴ـ۷ـ۳ـ۸ـ۵ـ۲ـ۶ـ۱ می‌باشد.



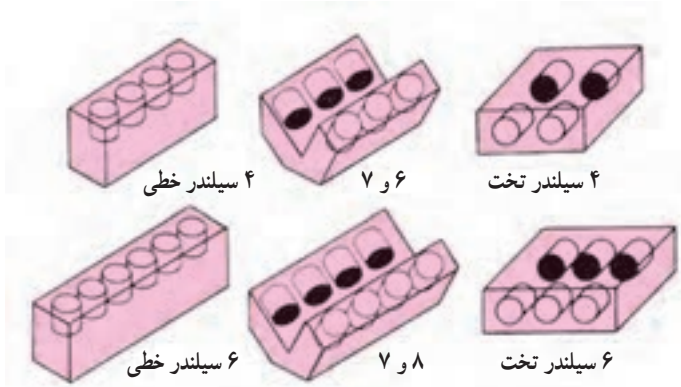
شکل ۲۰ـ۳ـ ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر ردیفی

ترتیب احتراق در موتورهای V شکل

الف) موتور V شکل ۴ سیلندر: موتور V شکل چهار سیلندر به ترتیب دارای احتراق ۱ـ۳ـ۴ـ۲ می‌باشد (شکل ۲۱ـ۳).

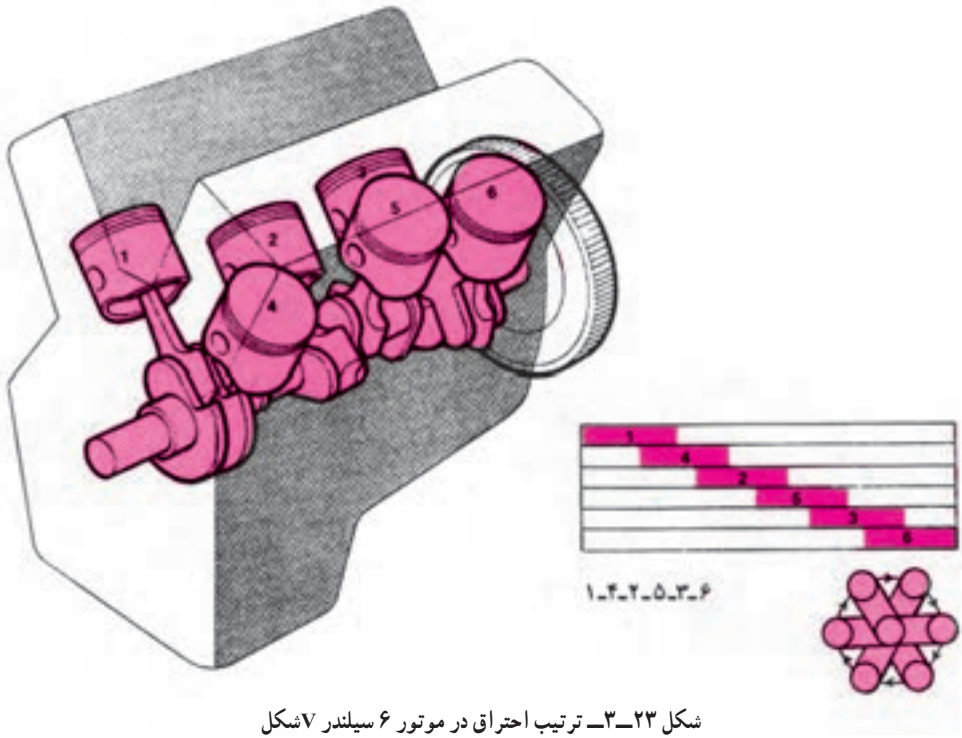


شکل ۲۱ــ۳ــ ترتیب احتراق در موتور V شکل چهار سیلندر



شکل ۲۲ــ۳ــ آرایش سیلندرها

ب) موتور V شکل ۶ سیلندر: ترتیب احتراق موتور V شکل ۶ سیلندر، ۶ـ۳ـ۵ـ۲ـ۴ـ۱ می‌باشد (شکل ۲۳ـ۳).



شکل ۲۳ـ۳ـ ترتیب احتراق در موتور ۶ سیلندر Vشکل

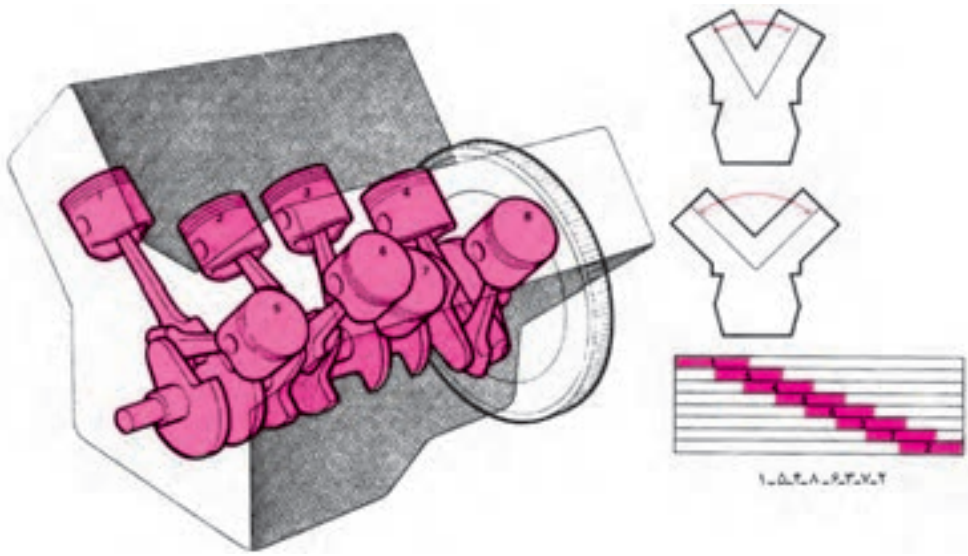
ج) موتور V شکل ۸ سیلندر: در موتورهای V شکل ۸ سیلندر شکل (۲۸ـ۳)، ترتیب احتراق به‌صورت :

$$\begin{cases} ۱-۵-۴-۲-۶-۳-۷-۸ \\ ۱-۵-۴-۸-۶-۳-۷-۲ \end{cases}$$

است، وقتی که سیلندرهای طرف چپ ۱ تا ۴ و سیلندرهای طرف راست ۵ تا ۸ می‌باشد. و یا به‌صورت :

$$\begin{cases} ۱-۲-۷-۸-۴-۵-۶-۳ \\ ۱-۸-۷-۲-۶-۵-۴-۳ \end{cases}$$

است، در حالی‌که سیلندرهای طرف چپ اعداد فرد ۷ـ۵ـ۳ـ۱ و سیلندر طرف راست اعداد زوج ۸ـ۶ـ۴ـ۲ می‌باشد.



شکل ۲۴ــ۳ــ ترتیب احتراق در موتور V شکل ۸ سیلندر

سؤالات

۱ــ افزودنی‌های بنزین را نام ببرید.

۲ــ عددستان را تعریف کنید.

۳ــ انفجار بنزین را در مقایسه با انفجار باروت تفنگ یا دینامیت، بیان کنید.

۴ــ تایمینگ سوپاپ‌ها به چه منظوری صورت می‌گیرد؟

۵ ــ چرا منواکسیدکربن (CO) تولید می‌شود و تا چه مقدار آن قابل قبول است؟

۶ــ زمان قیچی کردن سوپاپ‌ها یعنی چه ؟ مقدار تقریبی آن چقدر است؟

۷ــ خودسوزی و انفجار ضربه‌ای احتراق چگونه ایجاد می‌شود و چگونه قابل تشخیص است؟

۸ ــ روش شماره‌گذاری سیلندرهای ردیفی V شکل و خوابیده را در موتورهای ۲ تا ۸ سیلندر بنویسید.

۹ــ ترتیب احتراق موتور یعنی چه؟ و در موتورهای ۴ و ۶ سیلندر، ترتیب احتراق چگونه است؟

فصل چهارم

روغن‌کاری موتور

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

۱ــ اصطکاک در موتور را توضیح دهد.

۲ــ انواع روغن‌ها را توضیح دهد.

۳ــ سیستم روغن‌کاری موتور را توضیح دهد.

۴ــ روش‌های کنترل روغن ریزی در موتور را توضیح دهد.

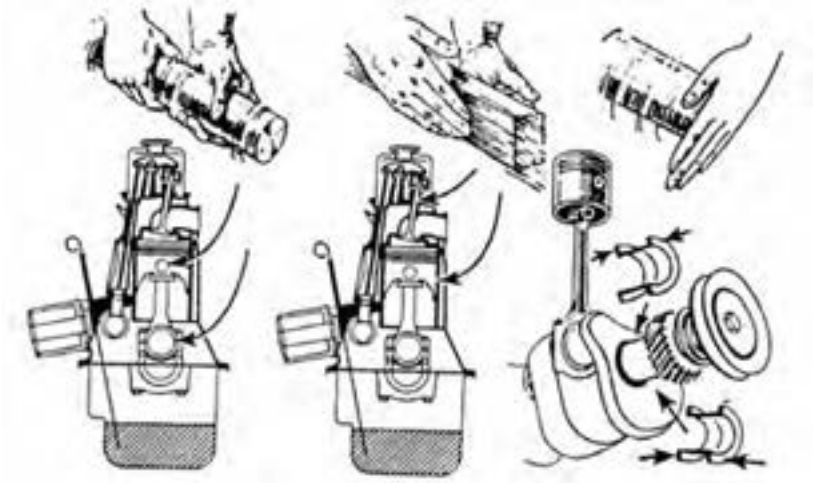
۵ــ انواع پمپ روغن (اویل پمپ) را توضیح دهد.

۶ــ سیستم روغن‌کاری موتور را توضیح دهد.

۱ــ۴ــ اصطکاک موتور

در موتور قطعات متحرک زیادی وجود دارد که تحت فشار کار می‌کنند مانند چرخ‌ها که بار اتومبیل را تحمل می‌کنند. اگر در چرخ‌ها وسایل کاهنده نیروی اصطکاک به‌کار نرود در اثر افزایش نیروی اصطکاک محورها و یاتاقان‌های چرخ آنقدر گرم می‌شوند که ذوب می‌گردند. این وسایل بلبرینگ‌ها و رولربرینگ‌ها می‌باشند.

پیستون در سیلندر با سرعت زیاد بالا و پایین می‌رود و گاهی سرعت آن به ۱۵m/sec می‌رسد که در این سرعت زیاد بـار موتور را هم تحمل می‌کند. اگر عامل روان‌کننده‌ای در بین پیستون و سیلندر وجود نداشته باشد نیروی اصطکاک آنقدر زیاد می‌شود که باعث ذوب شدن رینگ‌ها، پیستون و سیلندر گردیده و آنها به هم جوش می‌خورند، به‌خصوص رینگ‌های بالا که با نیروی زیاد به دیواره سیلندر فشرده شده و در گرم‌ترین شرایط کار می‌کنند. و از طرف دیگر در موقع چرخش شاتون در ابتدا زمان قدرت پیستون با نیروی زیاد به دیواره سیلندر فشرده می‌شود. (شکل ۱ــ۴)



شکل ۱ــ۴ــ انواع اصطکاک در موتور

۲ــ۴ــ روغن‌ها

اساس روغن‌موتور، از نفت خام است. نفت خام را پس از استخراج از چاه در پالایشگاه مورد عمل تقطیر (یعنی حرارت دادن، بخار نمودن و مجدداً به‌صورت مایع در آوردن) قرار می‌دهند. چون نفت خام مخلوطی از اجزاء مختلف است، طی عمل تقطیر، اجزاء آن از هم جدا می‌شوند و بدین ترتیب بنزین، نفت سفید و گازوئیل از جمله موادی هستند که از نفت خام به‌دست می‌آیند. قسمتی از نفت خام که بعد از گازوئیل حاصل می‌شود و دارای روغن است، در پالایشگاه‌های تولید روغن، تحت یک سری عملیات پالایش قرار می‌گیرد و پس از آنکه مواد نامطلوب آن جدا شد، تبدیل به ماده‌ای می‌شود که «روغن پایه» نام دارد.

بعد از تهیه روغن پایه، به آن تعدادی موادشیمیایی ویژه اضافه می‌کنند. این مواد شیمیایی را که معمولاً بین ۲ تا ۱۵ درصد به روغن پایه اضافه می‌شوند، «مواد افزودنی» یا «Additives» می‌نامند.

بسیاری از خواص روغن موتور، فقط به کمک این مواد افزودنی به‌وجود می‌آید.

مهم‌ترین مواد افزودنی یک روغن موتور خوب عبارت‌اند از :

۱ــ ماده پاک‌کننده و معلق‌کننده دوده، گردوخاک و غیره.

۲ــ ماده پاک‌کننده و معلق‌کننده مواد حاصله از اختلاط بنزین و گازوئیل با روغن.

۳ــ ماده ضداکسیده شدن روغن.

۴ــ ماده ضدساییده شدن قطعات فلزی برای نقاطی از موتور که در آنها لایه کامل روغن تشکیل نمی‌شود.

۵ــ ماده جاری‌کننده روغن در سرما.

۶ــ ماده ضدکف روغن.

۷ــ ماده بهبوددهنده شاخص گرانروی.

۸ــ ماده ضدخورندگی قطعات فلزی.

۹ــ ماده ضدزنگ زدن قطعات فلزی.

۱۰ــ ماده کاهش‌دهنده اصطکاک.

بعضی از مواد افزودنی فوق‌الذکر، به‌طور همزمان چند خاصیت و وظایف متفاوتی را برعهده دارند. مثلاً ماده افزودنی ضداکسیداسیون روغن که عمر روغن را در مقابل اکسیده شدن (ترکیب با اکسیژن هوا که منجر به تولید مواد اسیدی می‌شود)، افزایش می‌دهد، خاصیت ضدخوردگی (خوردگی یعنی ازبین رفتن فلزات تحت تأثیر مواد اسیدی) و خاصیت ضدساییدگی هم دارد. یا مثلاً ماده پاک‌کننده ممکن است با قلیاییت بالایی همراه باشد تا اسیدهای حاصله از سوختن گوگرد موجود در گازوئیل و یا هالوژن‌های موجود در بنزین را به خوبی خنثی کند.

نکته بسیار مهمی که باید مورد توجه قرار گیرد، این است که نسبت هریک از این مواد افزودنی در روغن موتور براساس آزمون‌های مخصوصی تعیین می‌شود، به همین دلیل مصرف‌کنندگان به هیچ‌وجه نباید به روغن موتور مصرفی خود چیزی، مثلاً به عنوان ماده افزودنی یا مکمل، اضافه کنند، چون در آن صورت تعادل حجمی این مواد در روغن به‌هم خورده و به قطعات موتور صدمه وارد می‌کند.

۱ــ۲ــ۴ــ انواع روغن موتور

ــ روغن مینرال یا روغن پایه نفتی

ــ روغن سنتِتیک یا روغن پایه معدنی

ــ روغن نیمه سنتِتیک که مخلوطی از روغن‌های پایه نفتی و پایه معدنی هستند.

۲ــ۲ــ۴ــ طبقه‌بندی روغن‌ها

روغن‌ها در استانداردهای مختلفی طبقه‌بندی شده‌اند معروفترین استانداردهای روغن عبارت‌اند از : SAE و API

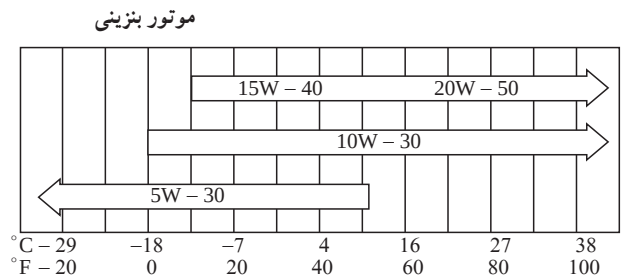
ــ در استاندارد SAE گرانروی روغن با اختصار
SAE . . W . . معرفی می‌شود. به‌عنوان مثال :

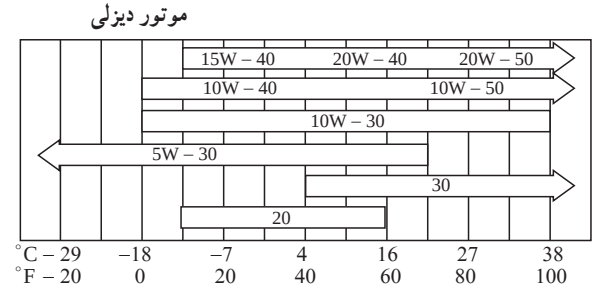
SAE 20 W 50

ویسکوزیته روغن در دمای حداقل
زمستان (شاخص استارت در دمای پایین)
ویسکوزیته روغن در دمای حداکثر

مقاومتی که سیالات در برابر جاری شدن به علت اصطکاک داخلی بین مولکول‌ها از خود نشان می‌دهند، گرانروی یا ویسکوزیته نامیده می‌شود.

نمودار ویسکوزیته SAE :





ــ در استاندارد API روغن مورد استفاده برای موتورهای بنزینی با دو حرف S (Service Station) و حرف دیگر معرفی می‌شود.

سطح کیفیت پایین‌تر ← سطح کیفیت بالاتر

SA , SB , SC , SD , SE , SF , SG , SH , SJ , SL

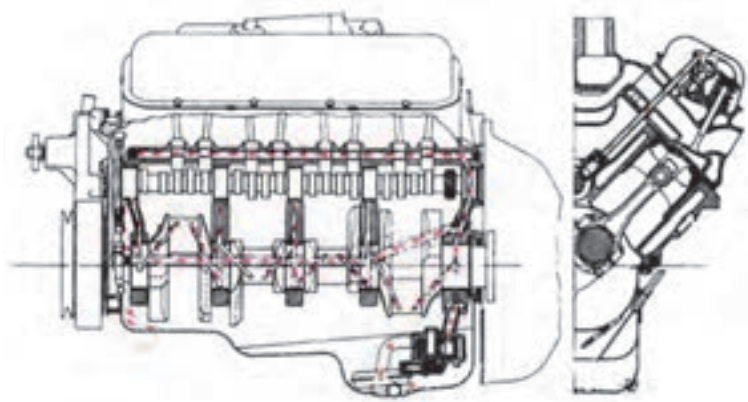
در این طبقه‌بندی روغن‌های دیزلی نیز با دو حرف C (Commercial)و حرف دیگر معرفی می‌گردد.

سطح کیفیت بالاتر ← سطح کیفیت پایین‌تر

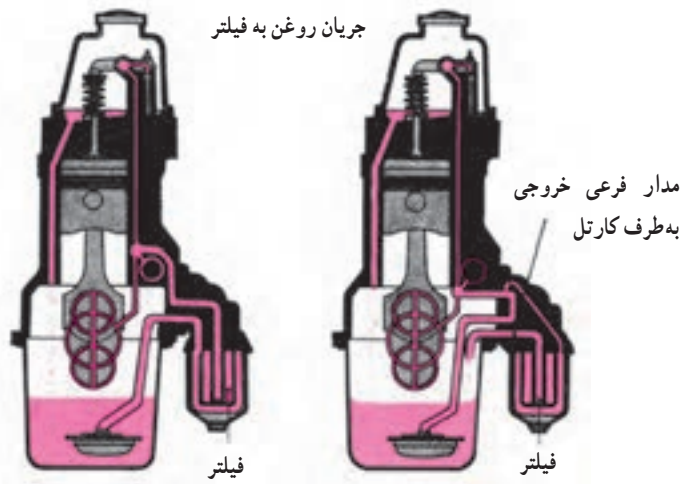
CA, CB, CC, CD, CD2, CE, CF – 4, CF, CF–2, CG – 4, CH – 4, CL– 4

۳ــ۴ــ روغن‌کاری موتور

موتور به‌وسیله روغن موجود در کارتل روغن‌کاری می‌شود.



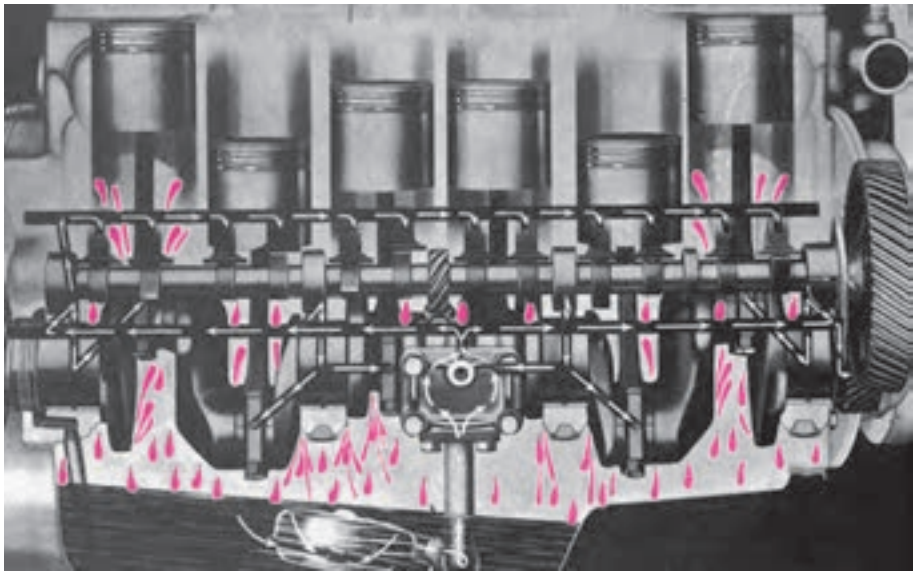
شکل ۲ــ۴ــ مدار روغن‌کاری موتور



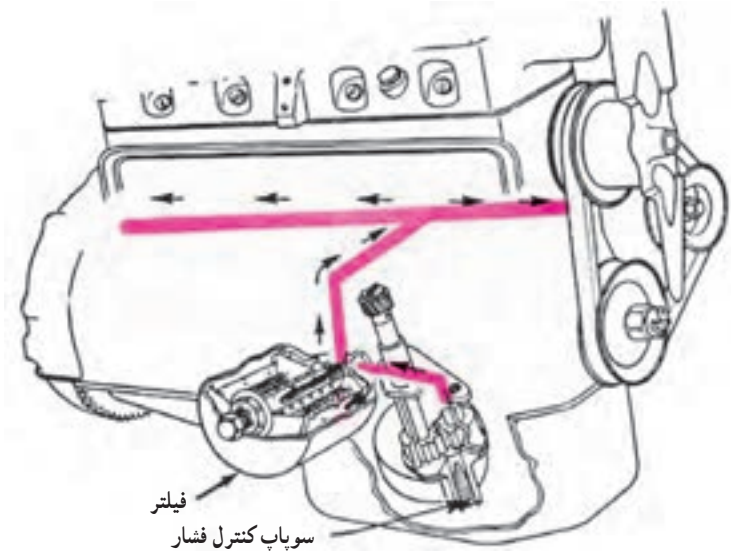
فیلتر با مدار فرعی قسمتی از روغن از فیلتر عبور می‌کند.

فیلتر سری ــ تمام روغن از فیلتر می‌گذرد.

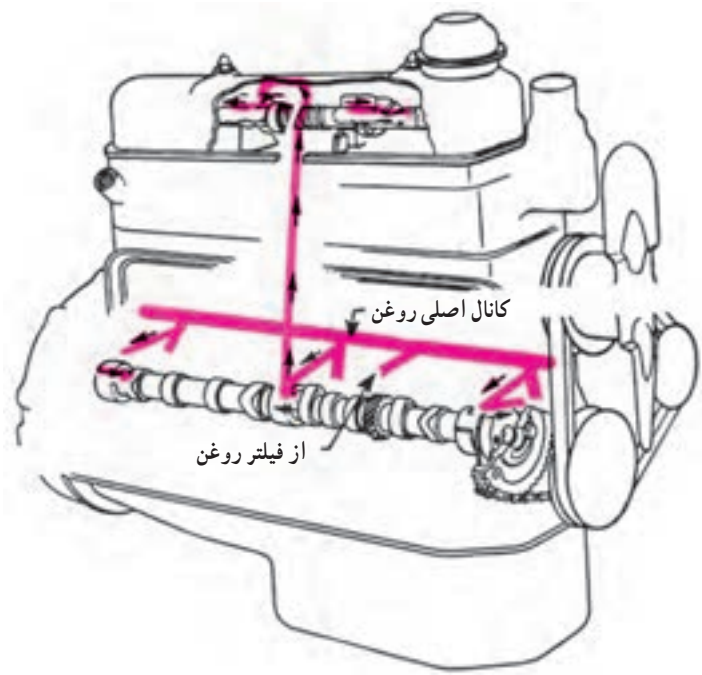
شکل ۳ــ۴ــ نصب انواع فیلتر در مدار روغن‌کاری



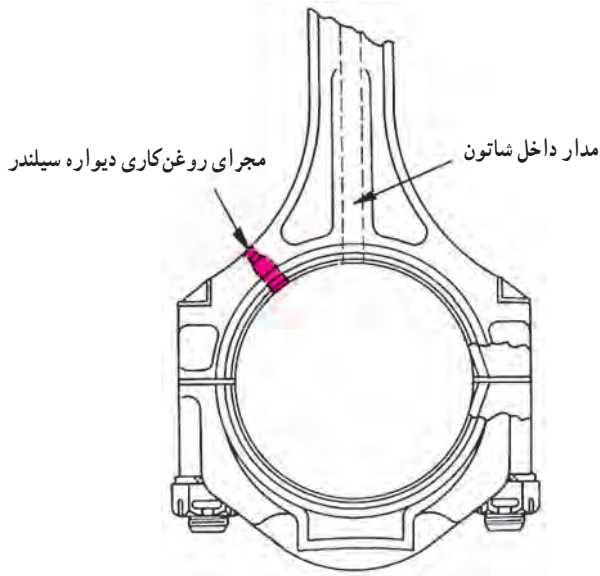
شکل ۴ــ۴ــ ریزش روغن از یاتاقان‌ها



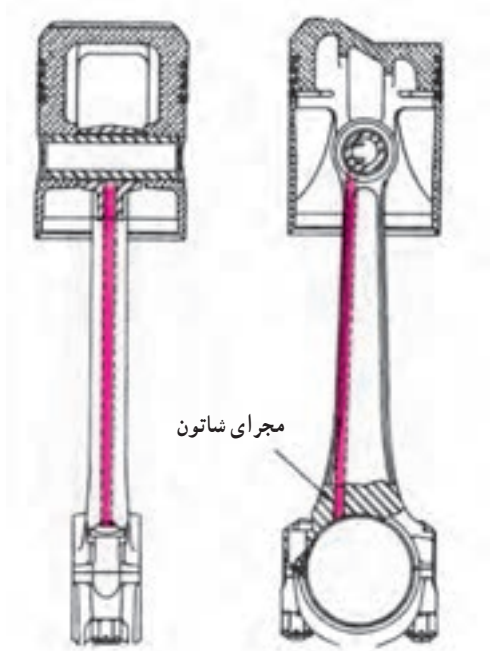
شکل ۵ــ۴ــ فیلتر سری



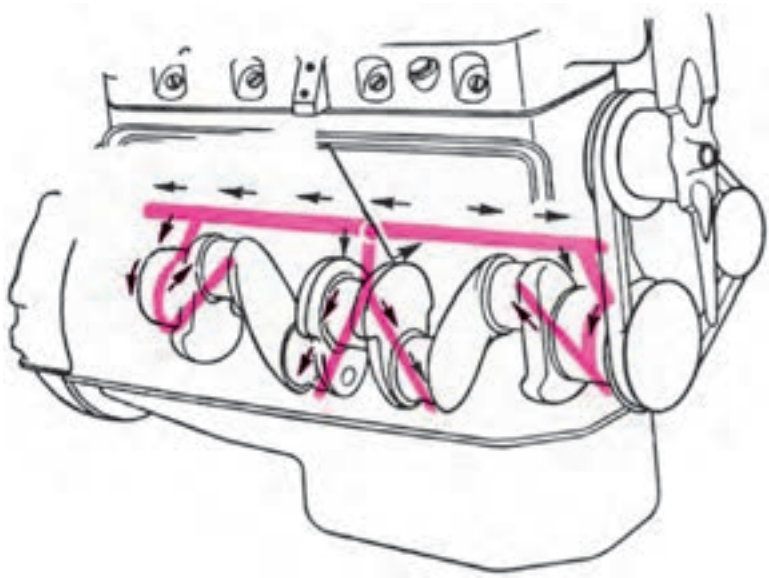
شکل ۶ــ۴ــ روغن از کانال اصلی به یاتاقان‌های میل سوپاپ می‌رسد.



شکل ۷ ــ۴ــ مدارهای شاتون



شکل ۸ ــ۴ــ شاتونی که در آن مجاری طولی روغن وجود دارد.



شکل ۹ ــ۴ــ توزیع روغن از یاتاقان اصلی به محورهای لنگ

روغن موتور که بین ۴ تا ۶ لیتر است توسط اویل پمپ مکیده شده و پس از تصفیه به‌وسیله فیلتر با فشار معینی به مدار روغن‌کاری ارسال شده و سپس به یاتاقان‌های اصلی و فرعی هدایت می‌گردد.

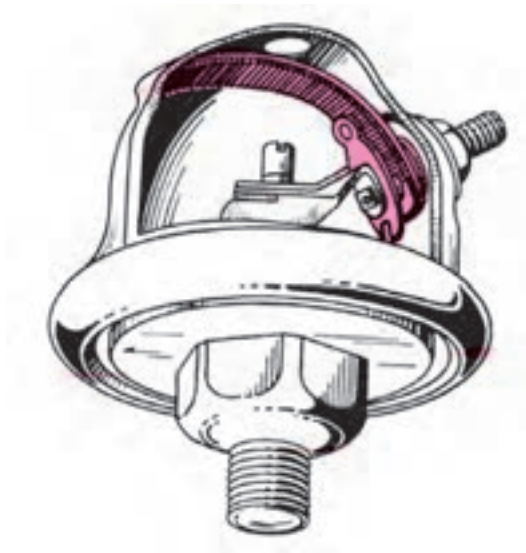
روغن رسیده به یاتاقان در سطح محور توزیع شده و مقداری از آن از سوراخ لنگ به محورهای لنگ ارسال گردیده و آنها را روغن‌کاری می‌کند. محورهای لنگ در حال چرخش روغن‌های خارج شده از یاتاقان‌ها را به دیواره‌های سیلندر و زیر پیستون می‌پاشند که دو عمل ضمن آن صورت می‌گیرد :

ابتدا روغن‌کاری دیواره سیلندر و پیستون، سپس خنک کاری پیستون و سیلندر.

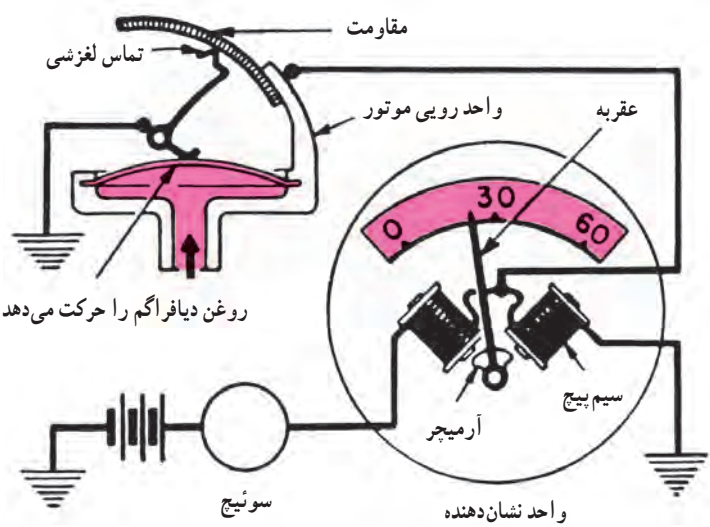
روغن‌های برگشتی از دیواره سیلندر روی یاتاقان‌های اصلی، میل سوپاپ، تایپت‌ها و دنده میل سوپاپ پاشیده شده و آنها را روغن‌کاری می‌کند.

تایپت‌های هیدرولیکی به‌وسیله مدار اصلی روغن‌کاری می‌شوند. میل اسبک‌ها و دستگاه سوپاپ به‌وسیله لوله روغن منشعب از مدار اصلی روغن‌کاری می‌شوند.

از مدار اصلی لوله نازکی روغن را به نشان دهنده فشار روغن انتقال می‌دهد و با این عمل به‌وسیله سیم به‌طریقه الکتریکی از مدار روغن فرمان می‌گیرد.



شکل ۱۰ــ۴ــ ساختمان داخلی واحد روی موتور



شکل ۱۱ــ۴ــ مدار فشارسنج الکتریکی

پس از اویل پمپ فیلتر تصفیه روغن قرار دارد که روغن تحت فشار را قبل از استفاده در یاتاقان‌ها تصفیه می‌کند.

شکل ۱۲ــ۴ــ ساختمان فیلتر

۴ــ۴ــ روش‌های کنترل روغن‌ریزی

روغن‌ریزی یاتاقان‌های جلو و عقب میل‌لنگ را به‌وسیله کاسه کنترل می‌کنند. روی میل‌لنگ و قبل از یاتاقان عقب یک صفحه روغن برگردان وجود دارد که قطرش بیشتر از قطر میل‌لنگ بوده و

روغن‌های رسیده را به کارتل باز می‌گرداند.

با وجود پیش بینی‌های لازم جهت جلوگیری از روغن ریزی معهذا نشتی کمی از دو انتهای میل‌لنگ غیرقابل جلوگیری می‌باشد. در صورت خرابی یاتاقان‌ها و کاسه نمدها مقدار نشتی افزایش یافته و در یاتاقان عقب روغن‌های نشت کرده به صفحه کلاچ نفوذ نموده و کار دستگاه را مختل می‌نماید.

بیشترین علت آلوده سازی روغن موتور احتراق ناقص است. زیرا از طریق محفظه احتراق دوده و پس مانده‌های سوخت ناقص وارد کارتل شده و با قطرات بخار آب ترکیب گردیده و مواد شیمیایی مضرّی به‌وجود می‌آورد.

اکثر مواد آلوده ساز روغن در موقع سرد کار کردن موتور به کارتل نفوذ می‌کند. در هنگام گرم کارکردن موتور آب حاصل از سوختن هیدروکربور به‌صورت بخار از اگزوز خارج شده و تقطیر نمی‌شود.

در فعل و انفعالات مواد خورنده‌ای مانند اسید سولفورو تولید می‌شود که همراه بخار آب تقطیر گردیده و وارد کارتل می‌گردد. عمل تقطیر آب و اسید سولفورو در موقعی شدت می‌یابد که درجه حرارت دیواره سیلندر کمتر از $60^{\circ}C$ باشد. این مواد پس از تقطیر به کارتل ریخته و به علت سنگینی در کف آن قرارمی‌گیرد. مواد رسوب کرده با کثافات و فلزات پوسیده و ذرات کربن ترکیب شده و در اثر گرمای محیط ترکیبات لجنی چسبنده‌ای تولید می‌کند که باعث انسداد مجاری روغن می‌گردد.

از طرف دیگر در موتور سرد بنزین از دیواره‌های سیلندر به کارتل نفوذ کرده و روغن موتور را رقیق می‌کند، روغن رقیق شده نه تنها کیفیت روغن‌کاری مطلوبی ندارد بلکه مقدار نشتی و روغن‌ریزی نیز افزایش می‌یابد.

مقدار تقطیر آب و اسید سولفور ظرف چند دقیقه در هوای سرد برابر است با تقطیر همان مقدار آب و اسید که در چندین ساعت در هوای گرم و شرایط عادی انجام می‌گیرد.

شبیه همین عمل در موقع استفاده از مدار ساسات اتفاق می‌افتد. برای حذف آثار مضّر مدار ساسات از نوع اتوماتیک استفاده می‌کنند.

۵ــ۴ــ پمپ روغن (اویل پمپ)

در همه موتورها نیروی پمپ روغن از میل سوپاپ تأمین می‌شود. گاهی دندانه محرک روی محور پمپ روغن قرار دارد و انتهای آن نیز به‌صورت کوپلینگ میل دلکو را به‌حرکت درمی‌آورد. (شکل ۱۳ــ۴) و گاهی دندانه محرک روی محور دلکو قرار داشته و اویل پمپ به‌وسیله کوپلینگ از انتهای محور دلکو نیرو می‌گیرد (شکل ۱۴ــ۴).

شکل ۱۳ــ۴ــ اویل پمپ خارج از موتور قرار داشته و از میل سوپاپ نیرو می‌گیرد.

شکل ۱۴ــ۴ــ اویل پمپ داخل موتور بوده و از دلکو نیرو می‌گیرد.

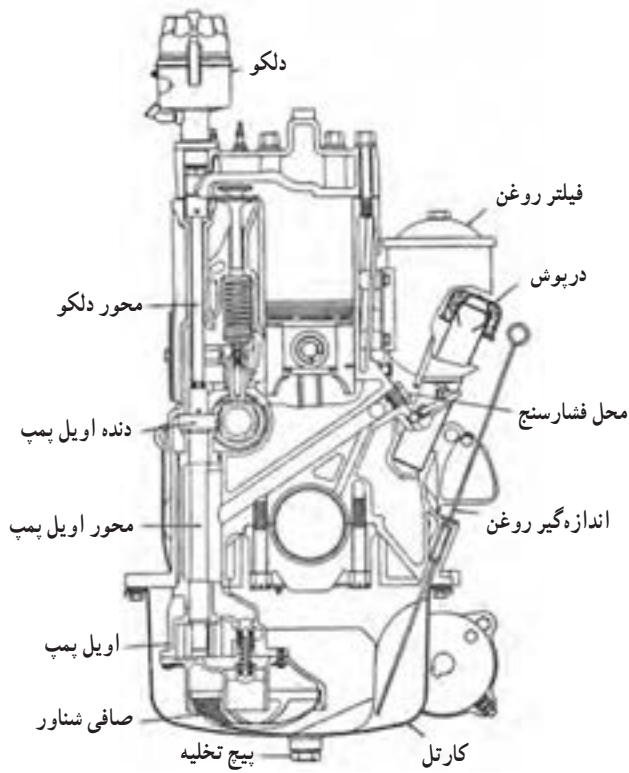
اویل پمپ نشان داده شده در شکل ۱۳ــ۴ به بدنه خارجی موتور بسته شده و در صورت نیاز می‌توان بدون باز کردن کارتل آن‌را پیاده نمود.

قبل از پیاده کردن این نوع پمپ روغن پیستون شمارهٔ یک را در انتهای کورس تراکم قرار داده و پس از برداشتن در دلکو علامتی در مقابل چکش برق روی بدنه دلکو می‌زنند تا در موقع جا زدن مجدد محل تقریبی جرقه زنی تعیین گردد.

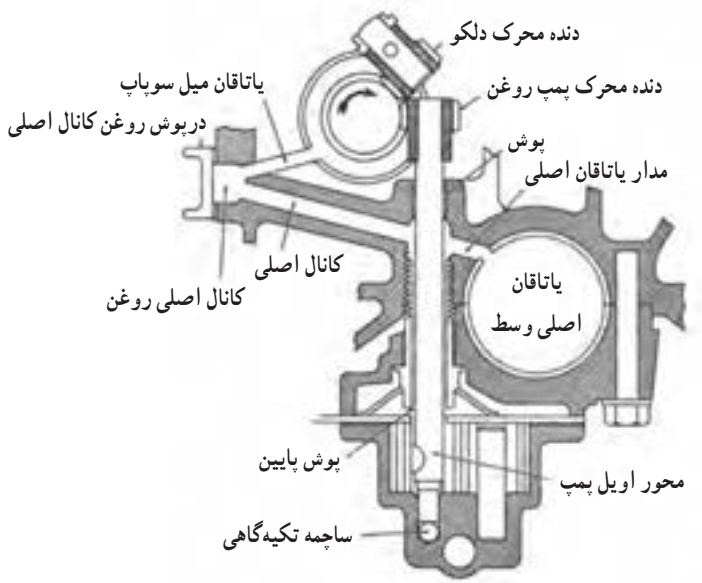
در شکل ۱۵ــ۴ــ طرح درگیری اویل پمپ و دلکو مانند حالت قبل است. ولی اویل پمپ در داخل کارتل قرار داشته و برای باز کردن آن باید ابتدا کارتل باز شود.

در شکل ۱۶ــ۴ طرح دیگری دیده می‌شود که در آن اویل پمپ و میل دلکو جدا از هم حرکت می‌کنند. در این نوع موتورها نیاز به رعایت زمان جرقه زنی نمی‌باشد.

در شکل ۱۷ــ۴ طرح مخصوصی به‌کار رفته است که در آن دندانه محرک از طرف بالا به‌وسیله کوپلینگ شکاف دار میل دلکو و از پایین به‌وسیله میله‌ای اویل پمپ را به حرکت در می‌آورد.

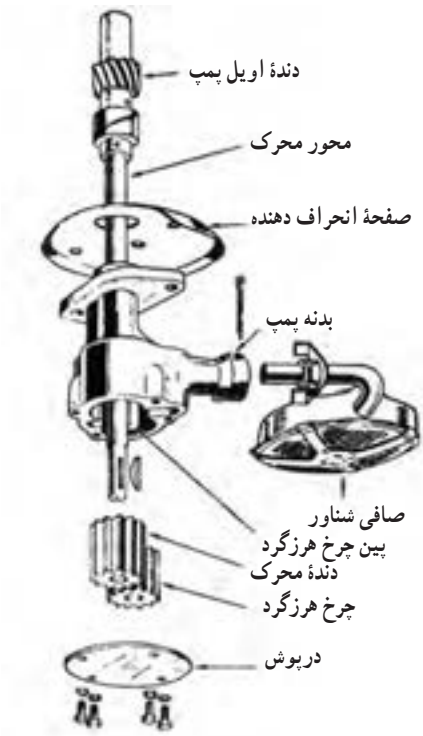


شکل ۱۵ــ۴ــ اویل پمپ داخل موتور



شکل ۱۶ــ۴ــ اویل پمپ و دلکو جدا از هم کار می‌کنند.

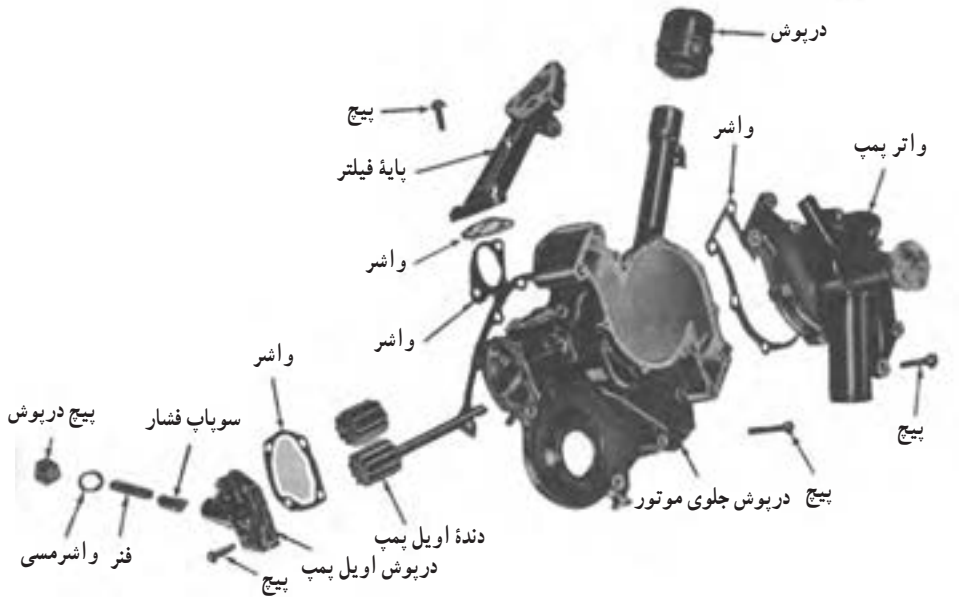
شکل ۱۷ــ۴



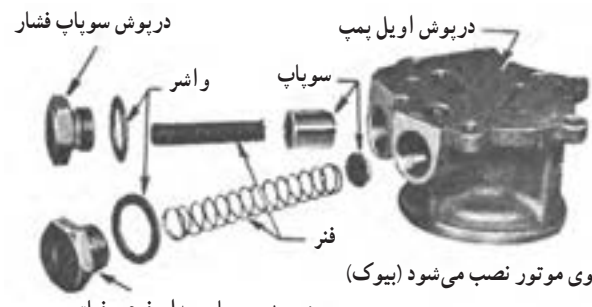
شکل ۱۸ــ۴

در بعضی از موتورها اویل پمپ در جلوی موتور و زیر درپوش جلو نصب می‌شود (کادیلاک) (شکل ۱۹ــ۴ و ۲۰ــ۴).

در موتوری که اویل پمپ آن در جلو قرار دارد به علت بالاتر بودن سطح اویل پمپ نسبت به روغن کارتل روغن دیرتر به زیر یاتاقان‌ها می‌رسد لذا در موقع تعمیر احتیاط لازم را به‌کار می‌برند تا موتور با کمبود روغن روبرو نشود. مثلاً قبل از نصب فیلتر روغن، مجاری روغن را پر از روغن می‌کنند. و یا در نوع شکل ۲۰ــ۴ که مربوط به اتومبیل بیوک است ابتدا محفظه پمپ را با روغن وازلین پر کرده و سپس دنده‌های پمپ را سوار می‌کنند، در موقع استارت زدن پمپ به‌سرعت عمل نموده و در اسرع وقت روغن را به مدار ارسال می‌کند.



شکل ۱۹ــ۴ــ اویل پمپی که در جلوی موتور نصب می‌شود(کادیلاک)

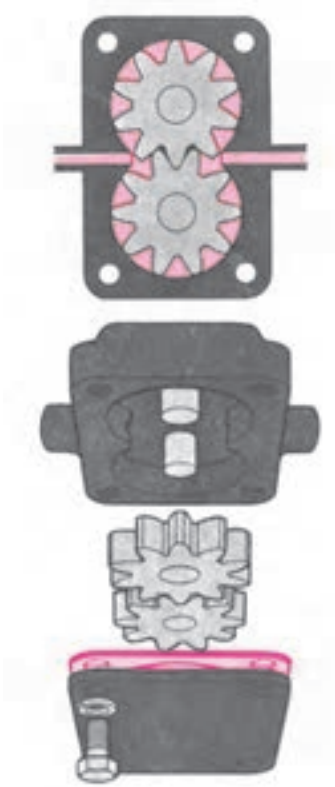


پمپی که در جلوی موتور نصب می‌شود (بیوک)

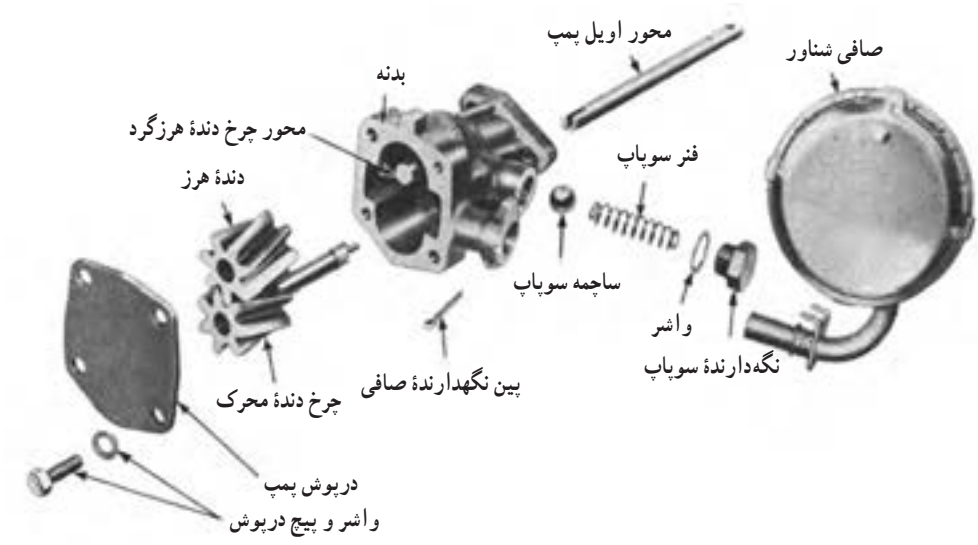
شکل ۲۰ــ۴ــ اویل پمپ که در جلوی موتور نصب می‌شود.

۱ــ۵ــ۴ــ پمپ روغن دنده‌ای: اویل پمپ دنده‌ای شکل ۲۱ــ۴ و ۲۲ــ۴ رایج ترین پمپ روغن است که نیروی خود را از میل سوپاپ دریافت می‌کند.

در پمپ دنده‌ای دو چرخ دندانه وجود دارد که با یکدیگر بوده و در محفظه داخلی پمپ گردش می‌کنند. یکی از دو چرخ دندانه محرک است و به وسیلهٔ محور پمپ روغن می‌گردد و دیگری متحرک بوده و در روی محور ثابتی که در داخل بدنه پمپ قرار دارد حرکت می‌کند (شکل ۲۲ــ۴).



شکل ۲۱ــ۴ــ اویل پمپ دنده‌ای



شکل ۲۲ــ۴

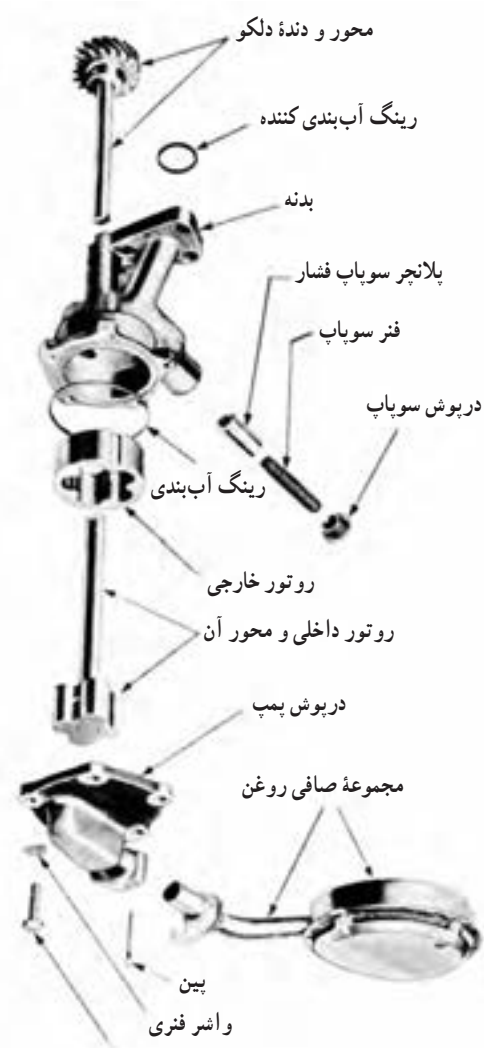
وقتی چرخ دندانه‌ها در داخل محفظه بسته پمپ حرکت چرخشی می‌کنند در قسمتی از محفظه حجم مرتباً افزایش پیدا کرده و فشار در آنجا کاهش می‌یابد. در این قسمتی که افزایش حجم ایجاد می‌شود لولهٔ مکشی پمپ را قرار داده اند و در آن قسمتی که حجم به کوچک‌ترین مقدار خود می‌رسد لولهٔ فشاری یا خروجی را نصب می‌کنند.

بنابراین با چرخش دندانه‌ها روغن از کارتل مکیده شده و وارد فضای داخلی پمپ می‌شود. سپس با چرخش به دور دندانه‌ها به محفظه‌ای که دارای حجم کوچکی است هدایت گردیده و فشار آن افزایش می‌یابد. روغن با همین فشار وارد مدار روغن‌کاری شده و به وظیفه خود عمل می‌کند.

۲ــ۵ــ۴ــ پمپ روغن روتوری : پمپ روغن روتوری مانند پمپ دنده‌ای است، تفاوت آن با دنده‌ای در روتور خارجی آن است. روتور خارجی در محیط دندانه محرک واقع شده و به‌طور داخلی در آن شیارهایی ایجاد کرده‌اند. روتور خارجی به‌جای چرخ دنده دیگر عمل می‌کند (شکل ۲۳ــ۴ و ۲۴ــ۴).

شکل ۲۳ــ۴

مرکزهای روتور داخلی روی هم منطبق نیست و لذا روتور داخلی با محور اویل پمپ هم مرکز بوده و فقط حرکت دورانی می‌کند در صورتی که روتور خارجی دارای مرکز دوران خارج از مرکزی بوده و وقتی به‌وسیله روتور داخلی به حرکت درمی‌آید دو حرکت انجام می‌دهد : یکی حرکت دورانی و دیگری حرکت انتقالی. بنابراین هر گاه در جایی که حجم بزرگ‌ترین اندازه را پیدا می‌کند سوراخی ایجاد کرده و به کارتل وصل می‌کنند، روغن در اثر اختلاف فشار وارد پمپ می‌شود و اگر سوراخ دیگری در تنگ ترین موضع ایجاد شود روغن تحت فشار از آن مجرا به مدار روغن‌کاری ارسال می‌شود.



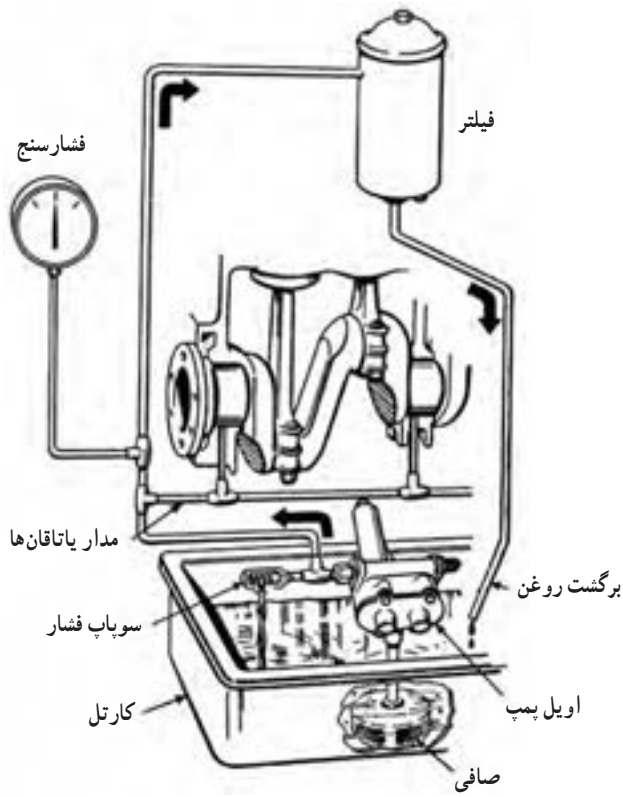
شکل ۲۴ــ۴ــ پمپ روتوری

۳ــ۵ــ۴ــ سوپاپ کنترل فشار روغن : پمپ روغن در اکثر مواقع بیش از نیاز روغن‌کاری موتور روغن پمپ می‌کند. زیرا شدت جریان روغن ارسالی باید از شدت جریان روغن مصرفی زیادتر باشد تا در صورت بروز نشتی و یا افزایش روغن ریزی در یک محل، کمبود روغن در یاتاقان اصلی به‌وجود نیاید.

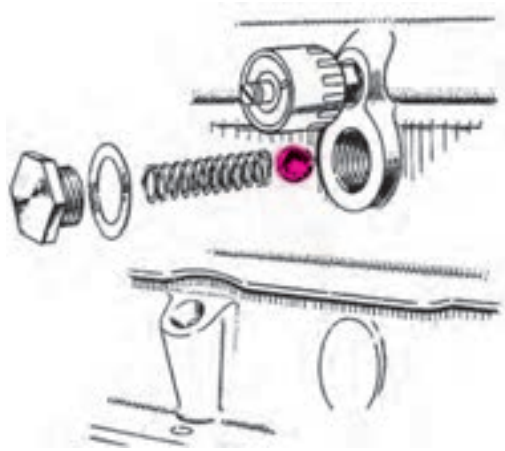
بنابراین در حالت نو بودن موتور و یا عدم عیب در مدار روغن‌کاری، فشار روغن بیشتر از حدّ مجاز می‌باشد لذا مدار روغن‌کاری را مجهز به سوپاپ کنترل فشار می‌کنند.

سوپاپ فشار (شکل ۲۵ــ۴) وظیفه دارد فشار روغن مدار را همواره ثابت نگه‌داشته و در صورتی که فشار از حدّ لازم تجاوز کند نیروی فنر سوپاپ خنثی گردیده و با حرکت پیستون به یک طرف مدار تحت فشار به مدار ورودی ارتباط پیدا کرده و فشار ثابت می‌شود.

سوپاپ فشار (شکل ۲۶ــ۴) را معمولاً خارج از ساختمان اویل پمپ می‌سازند تا در صورت نیاز بتوان به‌سهولت آن‌را بازدید کرده و یا مورد آزمایش قرار داد.



شکل ۲۵ــ۴ــ مدار ساده روغن‌کاری و موقعیت سوپاپ فشار



شکل ۲۶ــ۴ــ وقتی فشار زیاد شود ساچمه فنر را فشرده کرده و مدار روغن را به کارتل باز می‌کند.

۶ــ۴ــ فیلتر روغن

فیلتر روغن پس از پمپ روغن در مدار روغن‌کاری قرار می‌گیرد تا روغن را قبل از رسیدن به یاتاقان‌ها و سایر موضع مصرف تصفیه نماید.

فیلترها فقط تا مدت معینی می‌توانند به خوبی وظیفه خود را انجام دهند. وقتی عمر مفید فیلتر تمام شود باید آن‌را عوض کنند تا اخلال در مدار ایجاد نکند.

۱ــ۶ــ۴ــ انواع فیلتر : دو نوع فیلتر در مدار روغن‌کاری به‌کار می‌رود که عبارت‌اند از :

ــ فیلتر کاغذی

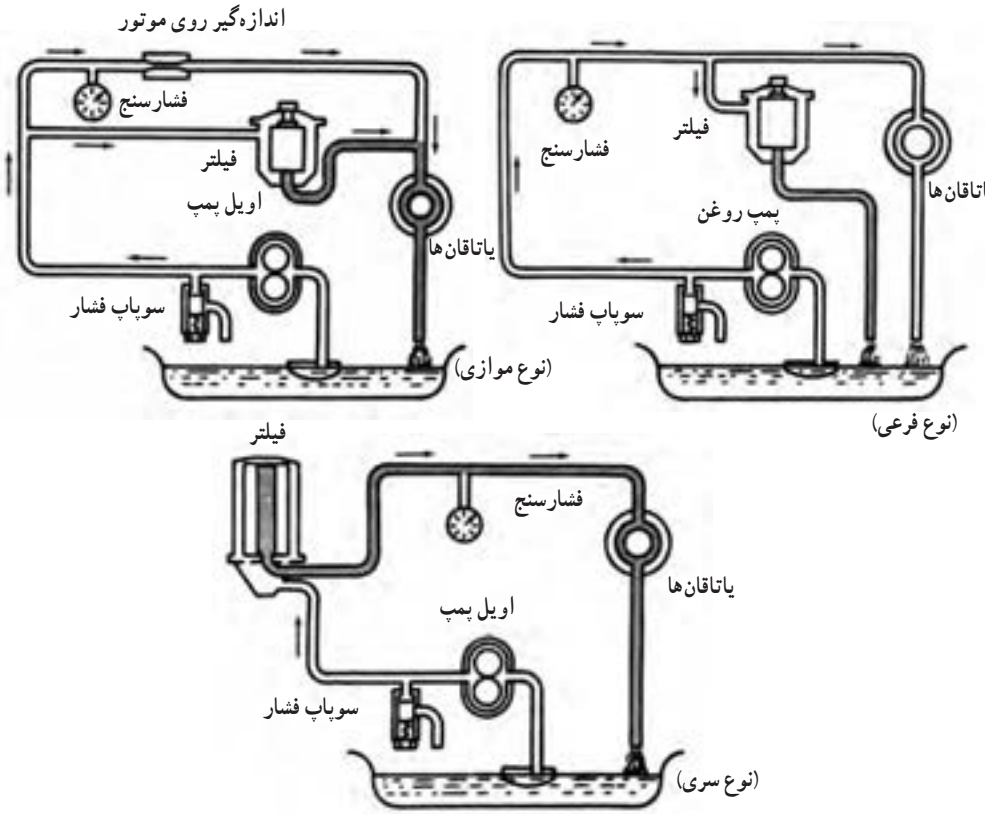
ــ فیلتر پارچه‌ای

در نوع کاغذی برای وسعت یافتن سطح فیلترکننده کاغذ مخصوص فیلتر را به صورت پلیسه‌ای درمی‌آورند (زیگزاگ). فیلتر کاغذی را فیلتر نوع سطحی نیز می‌گویند زیرا عمل تصفیه روغن در آن به‌طور کامل انجام نمی‌شود. فیلتر پارچه‌ای از کتان ساخته می‌شود. در بین دو لایه پارچه‌ای الیاف چوب، کاغذ، پوست جو و غیره می‌ریزند. فیلتر پارچه‌ای به‌صورت چند مرحله‌ای روغن را تصفیه می‌کند و لذا عمل تصفیه روغن کامل‌تر انجام می‌شود. از ظاهر فیلتر نمی‌توان به جنس به‌کار رفته در داخل آن پی برد.

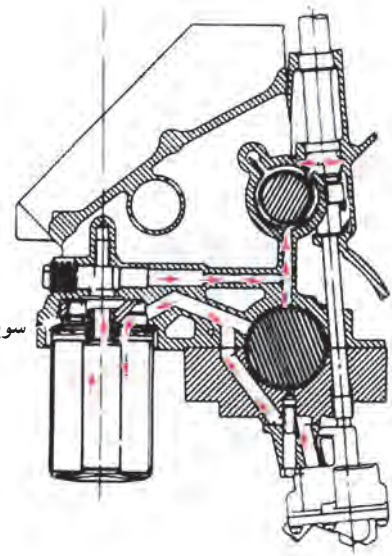
کیفیت روغن‌کاری موتورهای جدید به علت دقت زیاد قطعات و لقی کمی که بین آنها وجود دارد مورد توجه می‌باشد و لذا کوچک‌ترین ذره ناخالصی در روغن می‌تواند مسأله‌ساز باشد.

شکل ۲۷ــ۴ــ فیلتر سری با المنت چند گانه

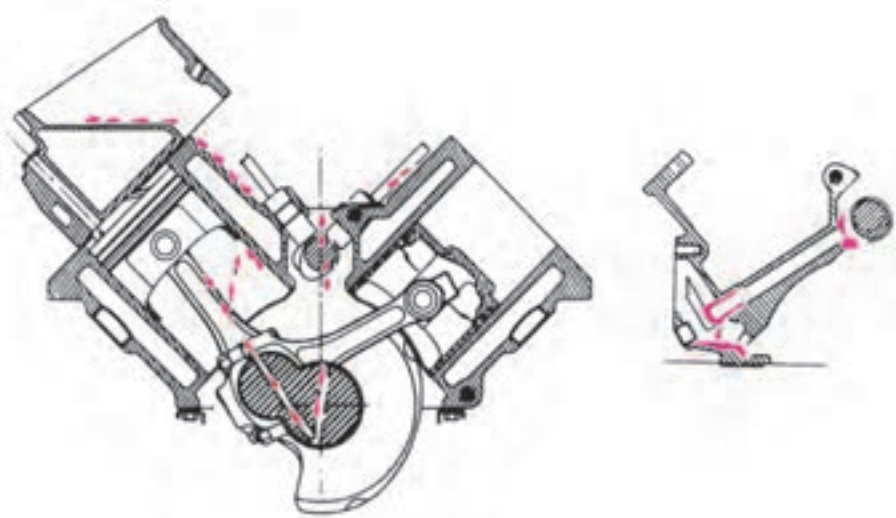
شکل ۲۸ــ۴، انواع مدارات روغن‌کاری را نشان می‌دهد. در موتورهای قدیمی از مدار روغن‌کاری فرعی و موازی استفاده می‌شد. در مدار فرعی مقدار روغن فیلتر شده بین ۵ تا ۲۰ درصد بوده و ۸۰ تا ۹۵ درصد دیگر روغن بدون تصفیه شدن به‌کار گرفته می‌شود.



شکل ۲۸ــ۴ــ انواع مدارات روغن (مدار فرعی ــ مدار موازی و سری)



شکل ۲۹ــ۴ــ فیلتر روغن و روغن‌کاری دلکو



شکل ۳۰ــ۴ــ روغن‌کاری دیواره سیلندر

در مداری که فیلتر آن موازی قرار دارد روغن تصفیه شده به یاتاقان‌ها می‌رسد ولی در صورت مسدود شدن فیلتر روغن مصرفی یاتاقان‌ها از مدار فرعی تأمین می گردد.

در نوع سوم که کامل‌ترین مدار محسوب می‌شود تمام روغن مصرفی یاتاقان‌ها از فیلتر عبور می کند.

در این مدار یک راهگاه فرعی پیش بینی شده است که در اویل پمپ و یا بین فیلتر پمپ روغن قرار دارد.

در نوع چهارم که بیشتر در موتورهای دیزلی به‌کار می‌رود و حساسیت روغن‌کاری موردنظر می‌باشد استفاده از فیلتر دوبل است. در این سیستم فیلترها را به‌صورت موازی یا سری قرار می‌دهند.

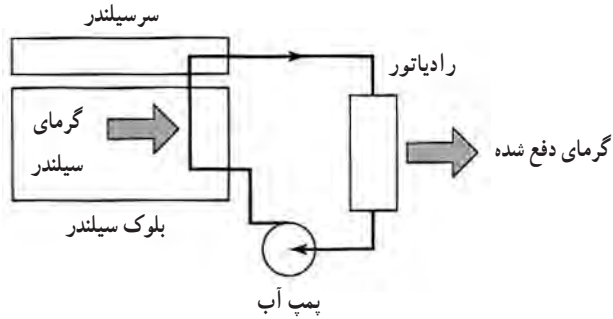
۷ــ۴ــ سیستم خنک کاری موتور

۱ــ۷ــ۴ــ مقدمه : انتقال حرارت رضایت بخش در موتور به دلایل زیادی از قبیل محدودیت‌های دمای مواد، محدودیت عملکرد روغن روانکاری، آلاینده‌ها و کوبش اهمیت زیادی دارد. از آنجایی که فرایند احتراق در یک موتور احتراق داخلی بر خلاف یک موتور احتراق خارجی به شکل ممتد و ادامه‌دار نیست، دمای قطعات از دمای بیشینهٔ احتراق بسیار کمتر خواهد بود. البته دمای برخی نواحی حساس می‌بایست پایین‌تر از محدودیت‌های طراحی ماده تشکیل‌دهنده نگه داشته شود. آلیاژهای آلومینیوم در دماهای بیشتر از ۷۷۵K شروع به ذوب شدن می‌کنند و دمای جوش آهن حدود ۱۸۰۰K است. دماهای در حال تغییر حول بدنه داخلی سیلندر موجب اعوجاج بدنه داخلی سیلندر شده و منجر به نشتی، مصرف روغن و سایش پیستون خواهد شد. همچنین خنک‌کاری موتور به منظور جلوگیری از کوبش در موتورهای احتراق جرقه‌ای لازم است.

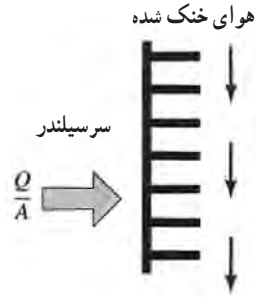
انتقال حرارت سیستم اگزوز نیز یک عامل مهم در عملکرد توربین اگزوز و آلاینده‌هاست. عملکرد راضی‌کنندهٔ یک مبدل کاتالیزوری پس از یک دمای آستانه رخ می‌دهد. دمای آستانه (بهره‌وری اکسیداسیون بیش از ٪۵۰) برای اکسیداسیون کاتالیز شده هیدروکربن و مونواکسیدکربن حدود ۵۰۰K است. پس در نتیجه در دماهای کمتر از ۵۰۰K عملکرد مبدل کاتالیزوری به شکل نامطلوبی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به علاوه اکسیداسیون مداوم و مستمر آلاینده‌های هیدروکربنی و دیگر آلاینده‌ها در سیستم اگزوز تابعی از دمای سیستم اگزوز است. انتقال حرارت به جریان هوا در چند راههٔ ورودی، بازده تنفسی را کاهش می‌دهد، زیرا چگالی دمای ورودی کاهش می‌یابد.

۲ــ۷ــ۴ــ انواع سیستم‌های خنک‌کاری موتور : دو نوع سیستم خنک‌کاری برای انتقال حرارت بلوک سیلندر و سرسیلندر وجود دارد. سیستم‌های هوا خنک و آب خنک، در سیستم‌های آب خنک، گرما با استفاده از یک واسط خنک‌کاری مایع، توسط کانال‌های خنک‌کاری داخلی تعبیه شده در بلوک سیلندر به بیرون هدایت می‌شود. این عمل به طور شماتیک در شکل ۳۱ــ۴ نشان داده شده است. با واسط خنک‌کاری هوا، گرما با استفاده از پره‌های متصل به دیوار سیلندر به بیرون هدایت می‌شود، مکانیزم این نوع سیستم‌ها به شکل شماتیک در شکل ۳۲ــ۴ نشان داده شده است.

هر دو نوع سیستم خنک‌کاری مزایا و معایبی دارند. سیستم‌های آب خنک بسیار کم سر و صداتر از سیستم‌های هوا خنک می‌باشند، زیرا کانال‌های خنک‌کاری صدای فرایندهای احتراق را جذب می‌کند، سیستم‌های مایع نیز در معرض مشکلاتی چون یخ زدن، خوردگی و نشتی هستند، در حالی که این مشکلات در سیستم‌های هوا خنک وجود ندارد.



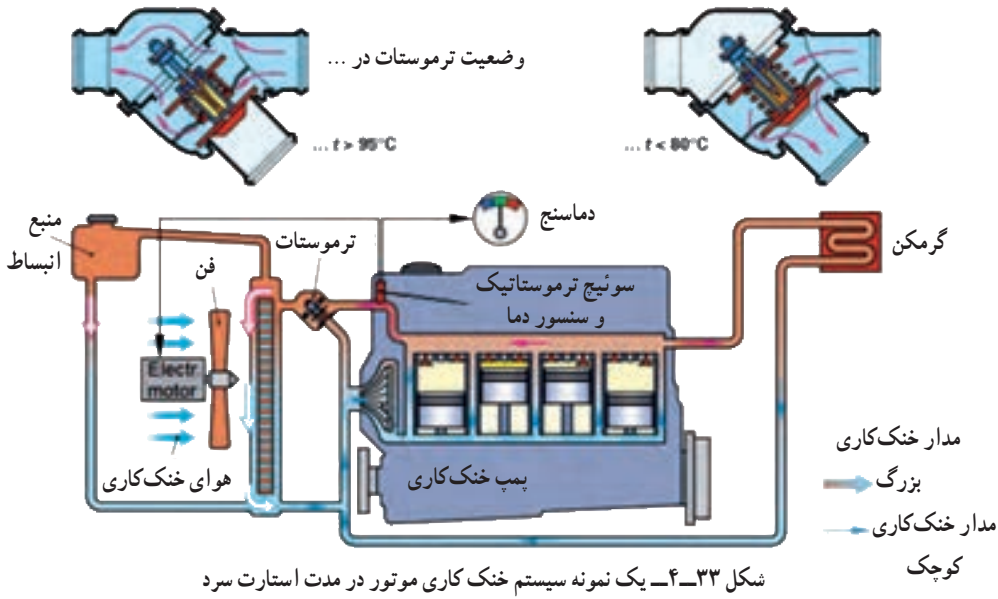
شکل ۳۱ــ۴ ــ سیستم خنک کاری با سیال خنک کنندهٔ مایع



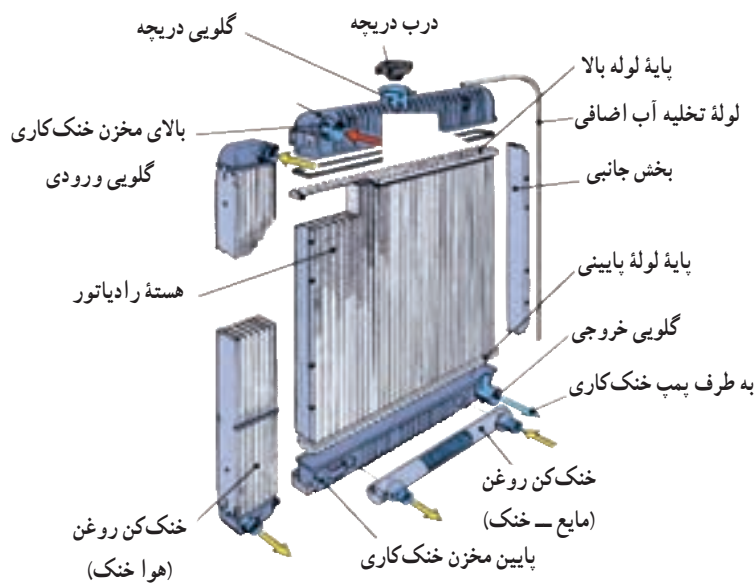
شکل۳۲ــ۴ ــ سیستم خنک کاری با سیال خنک کننده هوا

در سیستم خنک‌کاری با آب، یک پمپ آب، مایع خنک‌کاری را به بلوک سیلندر و از آنجا به سر سیلندر می‌فرستد (شکل ۳۳ــ۴)، سپس مایع واسط خنک‌کاری به یک رادیاتور یا مبدل حرارتی جریان یافته و از آنجا به پمپ باز می‌گردد. نقطه جوش واسط خنک‌کاری را می‌توان با افزایش فشار یا با اضافه کردن مواد افزودنی با دمای جوش بالاتر (مثل اتیل گلیکول) افزایش داد. طی گرم شدن موتور یک شیر که به شکل ترمواستاتیکی کنترل می‌شود واسط خنک‌کاری را مجدداً وارد سیکل خنک‌کاری بلوک سیلندر می‌کند و از جریان یافتن آن به مبدل حرارتی جلوگیری می‌کند. زمانی که موتور گرم می‌شود شیر باز شده و اجازهٔ ورود سیال خنک‌کاری به رادیاتور را می‌دهد. زمان لازم برای

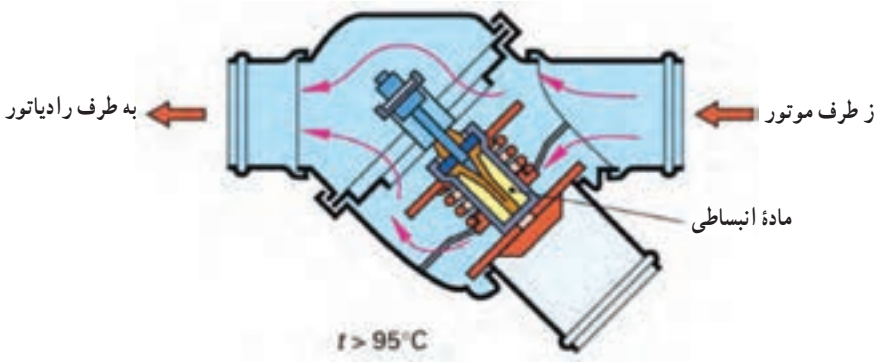
گرم شدن موتور و رسیدن به یک حالت ثابت به ابعاد موتور، سرعت و بار وارده بستگی داشته و معمولاً از مرتبهٔ ۱۰ دقیقه برای یک موتور خودرو است. مدارهای خنک‌کاری دوگانه با مدارهای جداگانه برای سرسیلندر و بلوک سیلندر مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل ۳۳ــ۴ یک نمونه سیستم خنک‌کاری موتور نشان داده شده است.



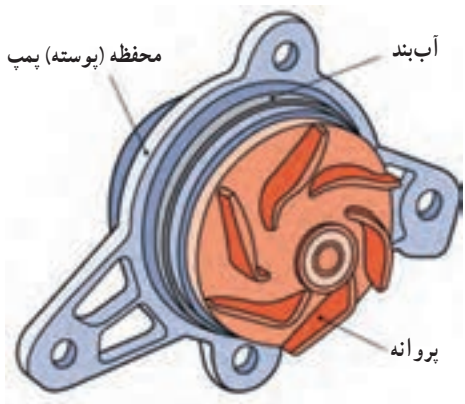
شکل ۳۳ــ۴ــ یک نمونه سیستم خنک کاری موتور در مدت استارت سرد



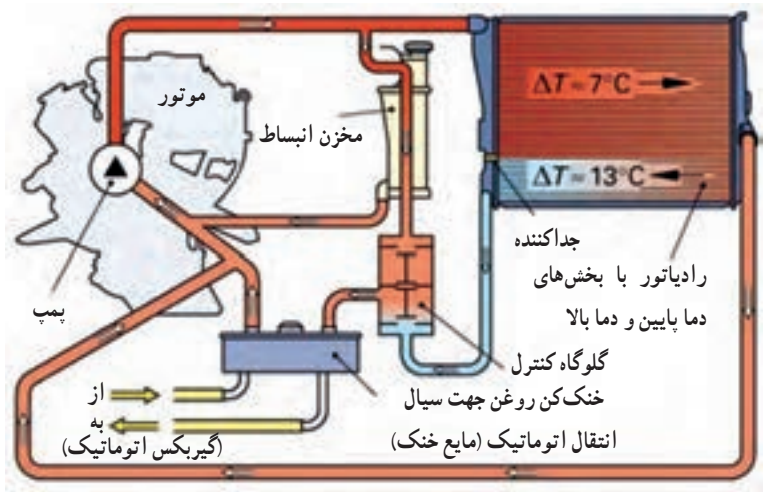
شکل ۳۴ــ۴ــ اجزای مختلف یک نمونه رادیاتور خودرو



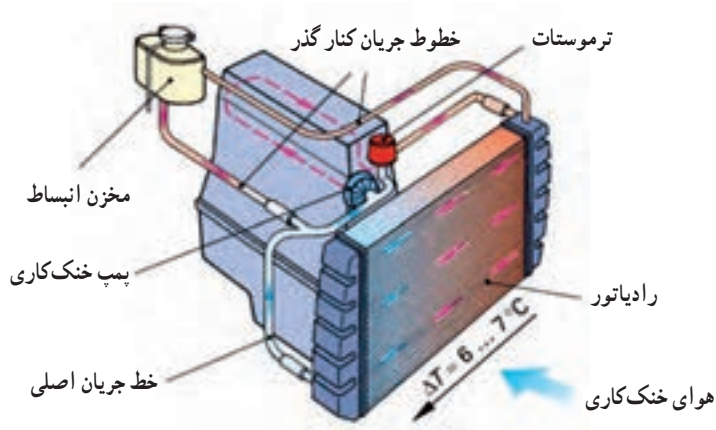
شکل ۳۵ــ۴ــ ترموستات انبساطی با شیر دوبل در حالت سرد موتور



شکل ۳۶ــ۴ــ یک نمونه پمپ آب



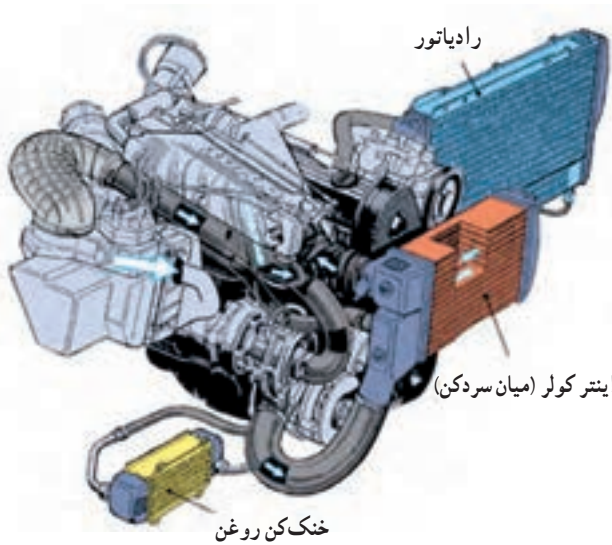
شکل ۳۷ــ۴ــ نمایش بخش دمای بالا و دمای پایین رادیاتور در یک سیستم خنک‌کاری



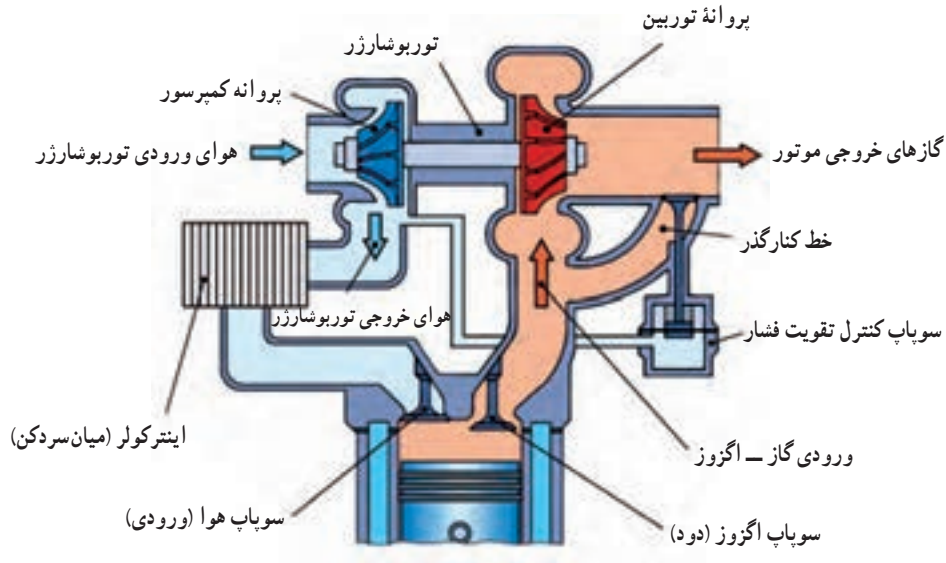
شکل ۳۸ــ۴ــ نمایش جریان عرضی متقاطع با رادیاتور در یک سیستم خنک‌کاری موتور

۸ ــ۴ــ سیستم‌های خنک‌کاری جانبی

علاوه بر سیستم خنک‌کاری موتور که در بالا اشاره شد برخی از موتورها که از سیستم‌های تکمیلی و تقویتی مانند توربوشارژر و سوپرشارژر برخوردارند نیاز به سیستم خنک کاری مجزایی دارند. مأموریت این سیستم‌ها در حقیقت تأمین هوای اضافی برای احتراق بهتر و تقویت موتور می‌باشد که اصطلاحاً عمل پرخورانی نامیده می‌شود. در عمل پرخورانی هوای بیرون توسط یک دستگاه متراکم کننده هوا به‌نام توربوشارژر به سیلندر وارد می‌شود. در اثر تراکم هوا فشار و درجهٔ حرارت بالا می‌رود. افزایش دما تا حدی مطلوب است ولی از یک اندازه معینی بالاتر می‌تواند اثر منفی روی عملکرد موتور داشته باشد. برای این منظور هوای فشرده شده قبل از ورود به موتور وارد اینترکولر شده و سپس به داخل سیلندر می‌رود. اینترکولر شبیه رادیاتور بوده و جلوتر از رادیاتور نصب می‌شود. معمولاً عمل خنک کاری هوای داخل لوله‌های آن با یک یا دو فن صورت می‌گیرد. شکل ۳۹ــ۴ محل نصب اینترکولر در جلوی موتور را نشان می‌دهد. شکل ۴۰ــ۴ اجزای مختلف یک توربوشارژر را نشان می‌دهد که از یک کمپرسور جهت متراکم کردن هوا و یک توربین که توسط فشار گازهای داغ خروجی موتور به گردش درمی‌آید و سبب گردش پروانه کمپرسور می‌شود.



شکل ۳۹ــ۴ــ محل نصب اینترکولر در قسمت جلوی رادیاتور



شکل ۴۰ــ۴ــ موتور مجهز به توربوشارژر گاز خروجی، جهت پرخورانی هوای ورودی به موتور

سؤالات

۱ــ مواد افزودنی به روغن موتور را نام ببرید.
۲ــ انواع روغن موتور را نام ببرید.
۳ــ گرانروی یا ویسکوزیته را توضیح دهید.
۴ــ طبقه‌بندی روغن‌ها را توضیح دهید.
۵ــ چگونه روغن‌ریزی موتور کنترل می‌شود؟
۶ــ طرز کار پمپ روغن دنده‌ای را توضیح دهید.
۷ــ سوپاپ کنترل فشار روغن چگونه کار می‌کند؟
۸ــ طرز کار پمپ روغن دنده‌ای را شرح دهید.
۹ــ نحوهٔ طبقه‌بندی روغن‌های موتور را توضیح دهید.

فصل پنجم

سیستم‌های سوخت‌رسانی

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

۱ــ سیستم کنترل پاشش سوخت (بنزین) را توضیح دهد.

۲ــ سیستم تغذیه سوخت را توضیح دهد.

۳ــ سیستم جرقه را توضیح دهد.

۴ــ سیستم کنترل هوا را توضیح دهد.

۵ــ سیستم کنترل آلایندگی را توضیح دهد.

۶ــ اجزای سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را توضیح دهد.

۷ــ تفاوت‌های سوخت‌رسانی کارابراتوری و انژکتوری را توضیح دهد.

۸ــ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را توضیح دهد.

۹ــ عملکرد سیستم تغذیه سوخت را توضیح دهد.

۱۰ــ عملکرد اجزای سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری را توضیح دهد.

۱ــ۵ــ 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 ۱ــ۵).

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

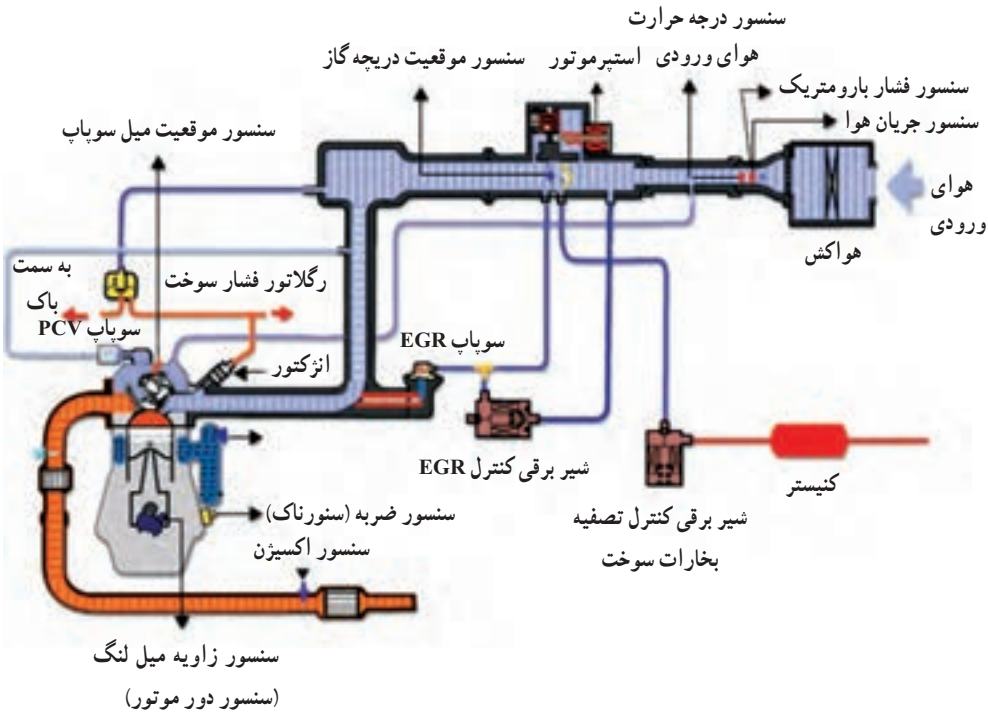
- ماکزیمم قدرت خروجی موتور

۱ــ Fuel Supply System

۲ــ Ignition System

۳ــ Air Control System

۴ــ Emission Control System



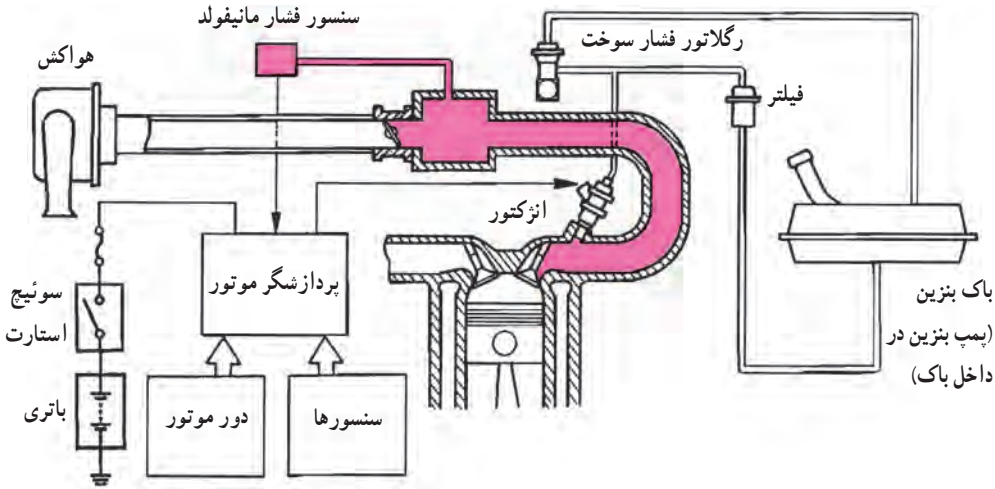
شکل ۱ــ۵ــ دیاگرام سیستم الکترونیکی پاشش بنزین

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

می‌توان سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین را مطابق با روش استفاده‌شده برای سنجش مقدار هوای ورودی به دو نوع تقسیم‌بندی نمود.

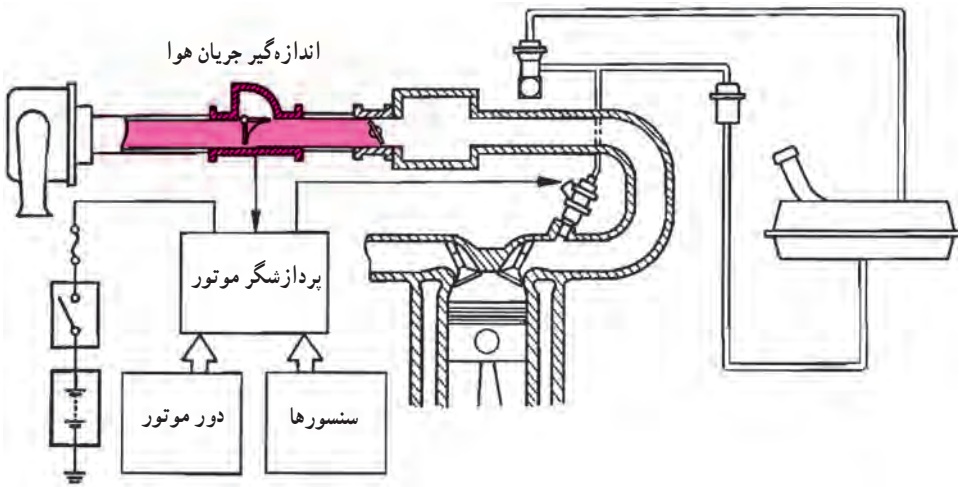
۱ــ۱ــ۵ــ نوع کنترل (چگالی ــ سرعت) فشار مانیفولد (D–EFI) [۱] : در این نوع فشار و دما در مانیفولد ورودی اندازه‌گیری شده و مقدار هوای ورودی محاسبه می‌گردد (شکل ۲ــ۵).

۱ــ D–EFI معادل کلمه D–Jetronic شرکت بوش آلمان می‌باشد که D اوّل کلمه Druck به معنی فشار و Jetronic به معنای پاشش می‌باشد.



شکل ۲ــ۵ــ سیستم الکترونیکی پاشش بنزین نوع کنترل فشار مانیفولد (D-EFI)

۲ــ۱ــ۵ــ نوع کنترل جریان هوا (L-EFI)[1] : در این نوع مستقیماً مقدار هوای ورودی به مانیفولد هوا به‌وسیله یک اندازه‌گیر جریان هوا[2] سنجیده می‌شود. امروزه از این نوع در بیشتر خودروها استفاده می‌شود (شکل ۳ــ۵).



شکل ۳ــ۵ــ سیستم الکترونیکی پاشش بنزین نوع کنترل جریان هوا (L-EFI)

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

۲ــ Air Flow Meter

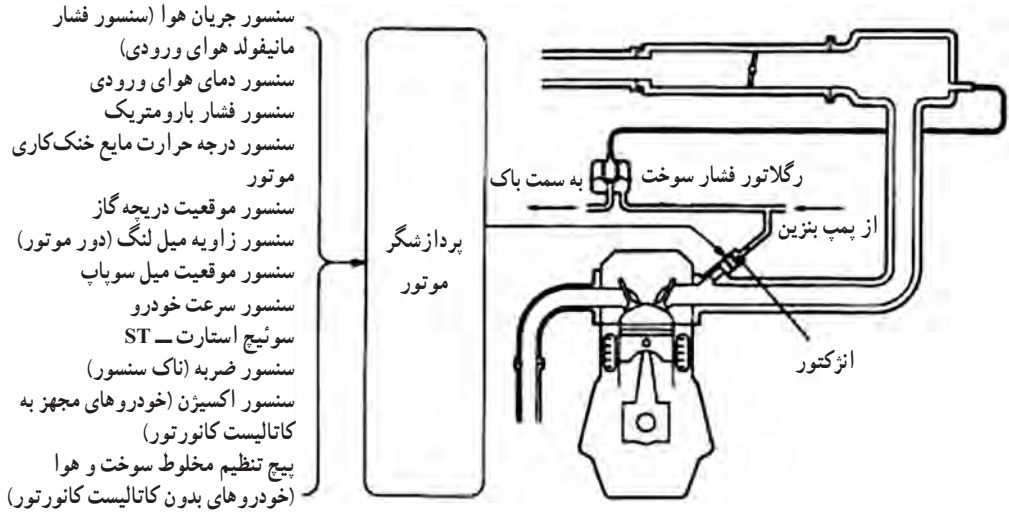
۲ــ۵ــ سیستم تغذیه سوخت

سیستم تغذیه سوخت برای رساندن مقدار دقیق سوخت موردنیاز و به‌منظور نگه‌داشتن 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 ۴ــ۵).

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 ... .



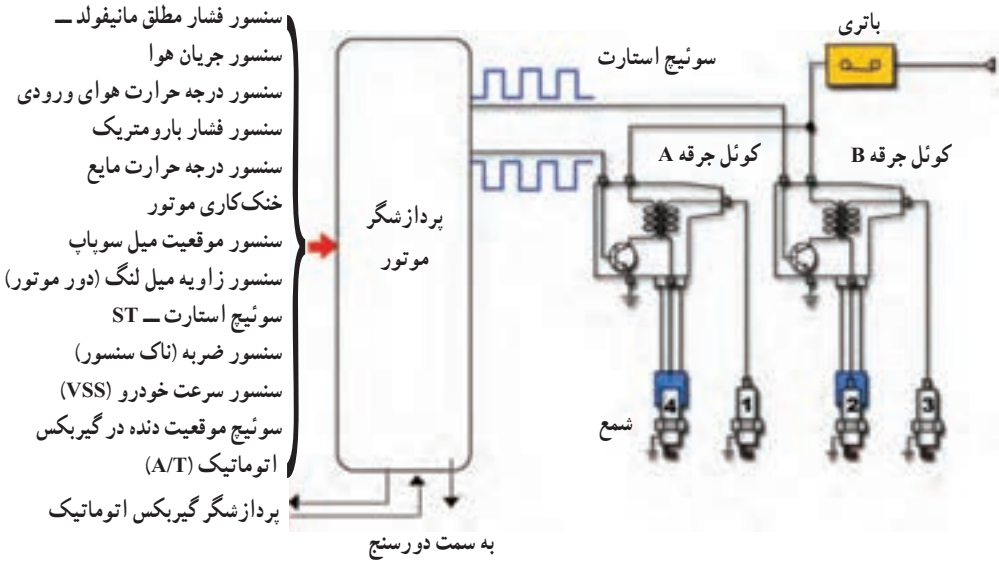
شکل ۴ــ۵ــ دیاگرام سیستم تغذیه سوخت

۳ــ۵ــ سیستم جرقه

برای داشتن احتراق کامل، سیستم جرقه باید در زمان دقیق مخلوط سوخت و هوا را محترق نماید. با تصحیح تایمینگ جرقه، 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 جرقه را کنترل می‌نماید (شکل ۵ــ۵). این سیگنال‌ها عبارت‌اند از :

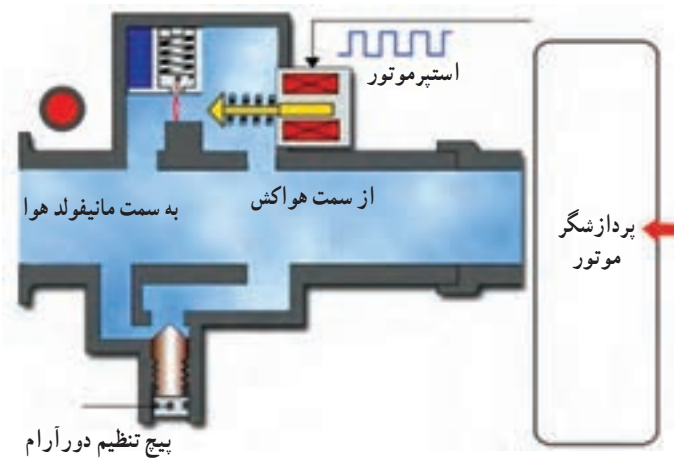
- دور موتور
- زاویه میل لنگ
- فشار مانیفولد یا مقدار هوای ورودی
- دمای مایع خنک کاری موتور و ...



شکل ۵ــ۵ــ دیاگرام سیستم جرقه

۴ــ۵ــ 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 ۶ــ۵).



شکل ۶ــ۵ــ دیاگرام سیستم کنترل دورآرام

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 (اسپترموتور) 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 خنک‌کاری موتور
- روشن یا خاموش بودن کولر (A/C) و ...

۵ــ۵ــ آلاینده‌های موتور

۱ــ۵ــ۵ــ اکسیدهای ازت: به دلیل واکنش اتمی اکسیژن و نیتروژن در حین فرایند احتراق، اکسیدهای ازت (NO_x) در تمام محفظه احتراق تشکیل می‌شوند. واکنش‌های تشکیل‌دهندهٔ 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.

۲ــ۵ــ۵ــ مونواکسیدکربن: مونواکسیدکربن در گازهای خروجی موتورهایی که به‌صورت 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. بدین‌ترتیب نتایج به‌دست آمده از تغییر نسبت سوخت ــ هوا کم و بیش در خصوص تمامی موتورها صحت دارد. توجه داشته باشید که در شرایط نزدیک به مقادیر استوکیومتریک، آلایندهٔ 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 به‌صورت رقیق و نیمی دیگر به‌صورت غلیظ کار کنند، آنگاه سیلندرهای رقیق CO بسیار کمتری نسبت به سیلندرهای غلیظ تولید می‌کنند. میانگین آلایندهٔ 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.

۳ــ۵ــ۵ــ هیدروکربن‌ها

آلاینده‌های هیدروکربنی به واسطهٔ حضور سوخت نسوخته در سیستم اگزوز موتور به‌وجود می‌آیند. سوخت‌های هیدروکربنی از ۱۰ تا ۲۰ گونهٔ اصلی و حدود ۱۰۰ تا ۲۰۰ گونهٔ 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 استالدئید، 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[1] و هیدروکربن‌های بی‌متان[2] می‌باشند. آلاینده‌های هیدروکربنی باعث کاهش بازده شده و همچنین آلوده‌کنندهٔ هوا نیز می‌باشند. بیشترین مقدار تولید آلاینده‌های هیدروکربنی در حالت راه‌اندازی و مرحله گرم شدن موتور است. دلیل افزایش آلایندگی موتور در این حالات کاهش تبخیر و اکسیداسیون سوخت می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۳ــ۳ بیان شده است، هیدروکربن‌ها در سیستم خروجی از ۶ طریق اصلی صورت می‌پذیرد، این ۶ روش عبارت‌اند از : ۱ــشکاف و درزها[3] ۲ــلایه‌های روغن ۳ــ رسوبات کربن ۴ــسوخت مایع ۵ــ خاموشی شعله روی دیواره سیلندر[4] ۶ــ نشتی سوپاپ دود. روش‌های درز و شکاف بیشترین تأثیر را داشته و حدود ۴٪ از آلاینده‌های هیدروکربنی موتور از این راه انجام می‌شود.

جدول ۱ــ۵ــ منابع تولید آلاینده‌های هیدروکربنی

منبع	درصد سوخت فرار کرده از احتراق	درصد آلاینده‌های هیدروکربن 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

۱ــ Total Hydrocarbons (THC)

۲ــ Non-Methane Hydrocarbons (NMHC)

۳ــ Crevice

۴ــ 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، ناحیهٔ 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 نسوختهٔ 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 استوکیومتریک نمی‌رسند، برخی هیدروکربن‌ها نیز تولید می‌شوند.

۴ــ۵ــ۵ــ ذرات معلق[1] : 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 اگزوز به‌وسیله فیلتر کردن جمع‌آوری شود، ذرات معلق می‌گویند. ذرات معلق جمع‌آوری شده روی یک فیلتر را می‌توان به دو مؤلفهٔ 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 وسیلهٔ فرایندهایی که گازهای خروجی را با هوای خروجی از موتور رقیق می‌کند تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد. روش‌های استفاده شده برای اندازه‌گیری آلاینده‌های ذرات معلق از قبیل تونل‌های رقیق‌سازی، جذب نور، تغییر رنگ فیلتر و جرم حبس شدهٔ کاغذ فیلتر در فصل ۵ مورد بحث قرار گرفته است.

۵ــ۵ــ۵ــ کنترل آلایندگی : از دههٔ ۱۹۶۰ آلاینده‌های خروجی از موتورها توسط آژانس

۱ــ Particulates

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 امریکا به اجرا گذاشته شد. با گذشت زمان این محدودیت‌ها سخت‌گیرانه‌تر شدند و امروزه خودروها اجازهٔ 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 آلایندهٔ 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.

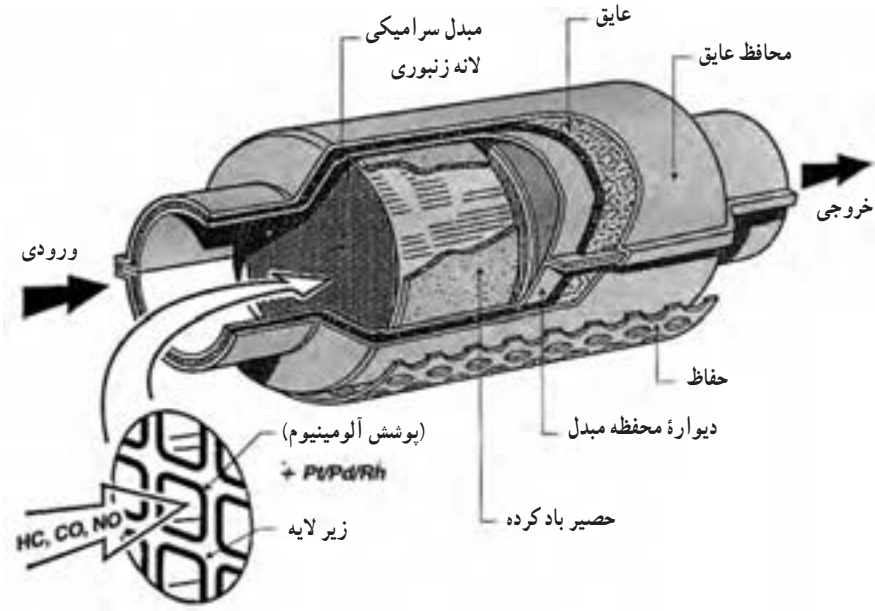
چنان‌که در شکل ۷ــ۵ دیده می‌شود، مبدل‌های کاتالیزوری به شکل لانه زنبوری[1] و یا ساچمه‌ای[2] ساخته می‌شوند تا گازهای خروجی در معرض سطح بزرگتر ایجاد شده توسط ذرات یکی از فلزات نجیب یعنی پلاتین (Pt)، پالادیوم (Pd) و رودیوم (Rh) که کمتر از ۵۰nm قطر دارند، قرار گیرند. رودیوم فلز اصلی مورد استفاده برای از بین بردن NO است. همچنین پلاتین فلز اصلی جهت از بین بردن CO و HC می‌باشد.

شکل ۸ــ۵ یک مبدل کاتالیستی سه راههٔ 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_2 واکنش می‌دهد. هیدروکربن‌ها و CO باقیمانده از طریق یک واکنش اکسیداسیون و با تشکیل H_2O و CO_2 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.

۱ــ Honeycomb

۲ــ Pellet

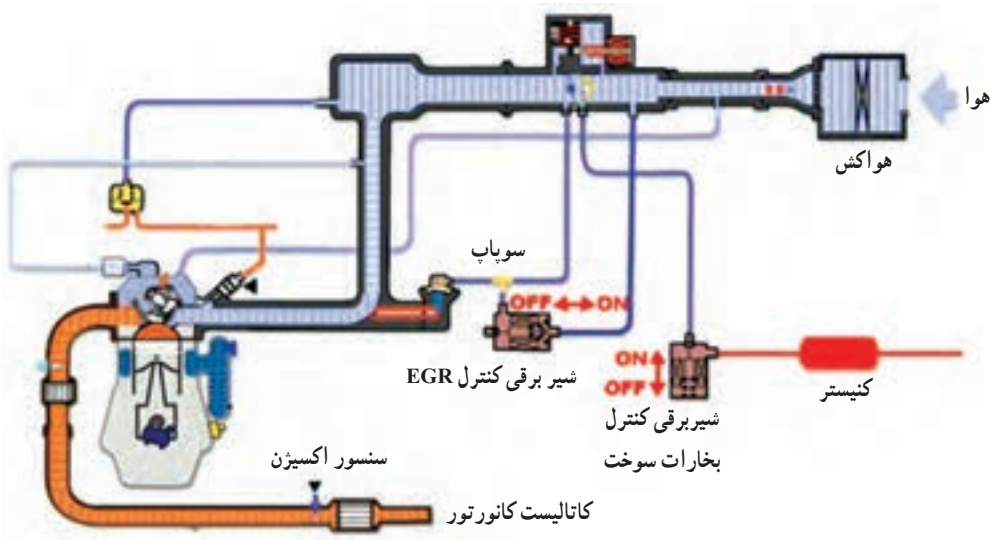
شکل ۷ــ۵ــ تصویر برش خورده یک مبدل کاتالیستی



شکل ۸ــ۵ــ اجزای یک مبدل کاتالیستی

یک مبدل سه راهه تنها زمانی به درستی عمل می‌کند که ترکیب گازهای خروجی، در حدود (±۱٪) 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 استوکومتریک سوخت ــ هوا عمل کند. برای ایجاد چنین حالتی از یک سیستم کنترل حلقه بسته به همراه یک سنسور اکسیژن استفاده می‌شود تا نسبت سوخت ــ هوای واقعی را تعیین نمایند و پاشش‌گر را به‌گونه‌ای تنظیم کند که موتور در محدودهٔ باریک حول نقطهٔ استوکیومتریک عمل نمایند. کاربراتورهای معمولی قادر نیستند نسبت سوخت ــ هوا را در یک محدودهٔ باریک حول یک نقطهٔ معین نگه دارند.

۶ــ۵ــ نمای کلّی سیستم کنترل آلایندگی



شکل ۹ــ۵ــ دیاگرام سیستم کنترل آلایندگی

سیستم کنترل آلایندگی برای کنترل هیدروکربن‌ها[۱] (HC)، مونوکسیدکربن[۲] (CO) و اکسید

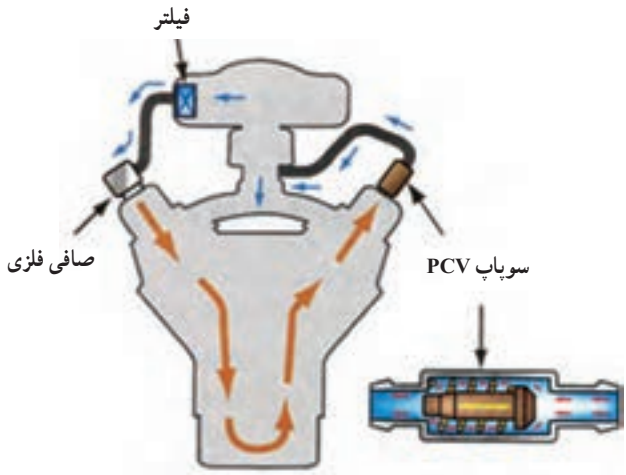
۱ــ Hydro Carbons

۲ــ Carbon Monoxide

نیتروژن[1] (NOX) موردنیاز می‌باشد (شکل ۹ــ۵). سیستم‌هایی که آلایندگی را در خودروها کنترل می‌نمایند عبارت‌اند از :

۱ــ۶ــ۵ــ سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل‌لنگ[2] : گازهای حاصل از احتراق که از بین رینگ‌های پیستون فرار کرده وارد محفظه میل لنگ می‌شوند. این گازها برای محیط زیست مضر می‌باشند.

سوپاپ تهویه مثبت محفظه میل لنگ[3] (PCV) قطعه اصلی از این سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل‌لنگ بوده، که اجازه می‌دهد، این گازها وارد مانیفولد ورودی شوند و با مخلوط سوخت و هوا در موتور محترق گردند (شکل ۱۰ــ۵).



شکل ۱۰ــ۵ــ سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل‌لنگ

۲ــ۶ــ۵ــ سیستم کنترل آلایندگی بخارات سوخت[4] : سیستم کنترل آلایندگی بخارات سوخت، بخارات سوخت را که بیشتر آن هیدروکربن (HC) است در کنیستر[5] ذخیره می‌نماید. بخارات سوخت در کنیستر نگهداری شده تا با هوای ورودی به موتور مخلوط شده و در محفظه احتراق سوزانده شوند (شکل ۱۱ــ۵).

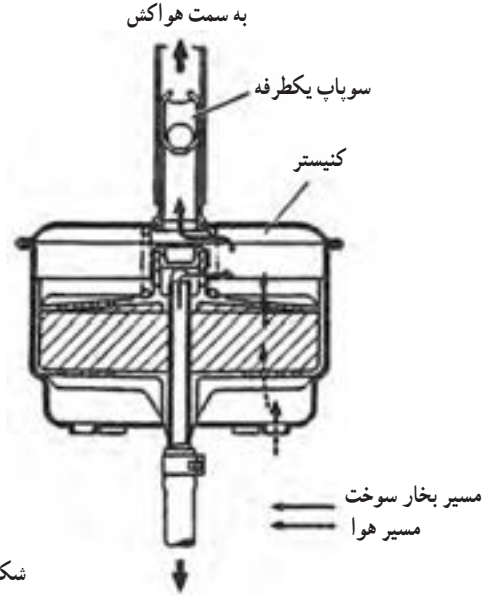
۱ــ Oxids of Nitrogen

۲ــ Crankcase Emission Control System

۳ــ Positive Crankcase Ventilaion Valve

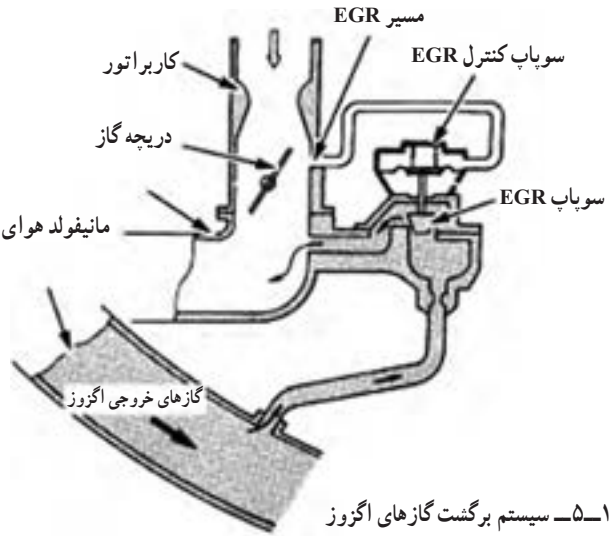
۴ــ Evaporative Emission Control System

۵ــ Canister



شکل ۱۱ــ۵ــ سیستم کنترل آلایندگی بخارات سوخت

۳ــ۶ــ۵ــ سیستم برگشت گازهای اگزوز[1] (EGR) : برای کاهش دمای محفظه احتراق در زمان‌های معین مقداری از گازهای اگزوز به مانیفولد هوای ورودی برگشت داده می‌شود (شکل ۱۲ــ۵). اکسید نیتروژن (NOX) در نتیجه دمای بالای محفظه احتراق به‌وجود می‌آید.



شکل ۱۲ــ۵ــ سیستم برگشت گازهای اگزوز

۱ ــ Exhaust Gas Recirculation System

۴ــ۶ــ۵ــ کاتالیست کانورتور[۱] : کاتالیست کانورتور توسط محفظه احتراق ثانویه به کاهش آلایندگی گازهای اگزوز کمک می‌نماید. کاتالیست کانورتور با یک عکس‌العمل شیمیایی به ادامه احتراق گازهای اگزوز کمک می‌نماید تا آلایندگی گازهای اگزوز 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.

۷ــ۵ــ قطعات سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین

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

۱ــ۷ــ۵ــ سنسورها : سنسورها وضعیت‌های موردنیاز را برای تغذیه سوخت، تایمینگ جرقه 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 ۱۳ــ۵).

۲ــ۷ــ۵ــ 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 حالی‌است که سیستم کاربراتوری این فعالیّت را نمی‌توانست انجام دهد. در نتیجه تغذیه سوخت بسیار دقیق انجام می‌گیرد.

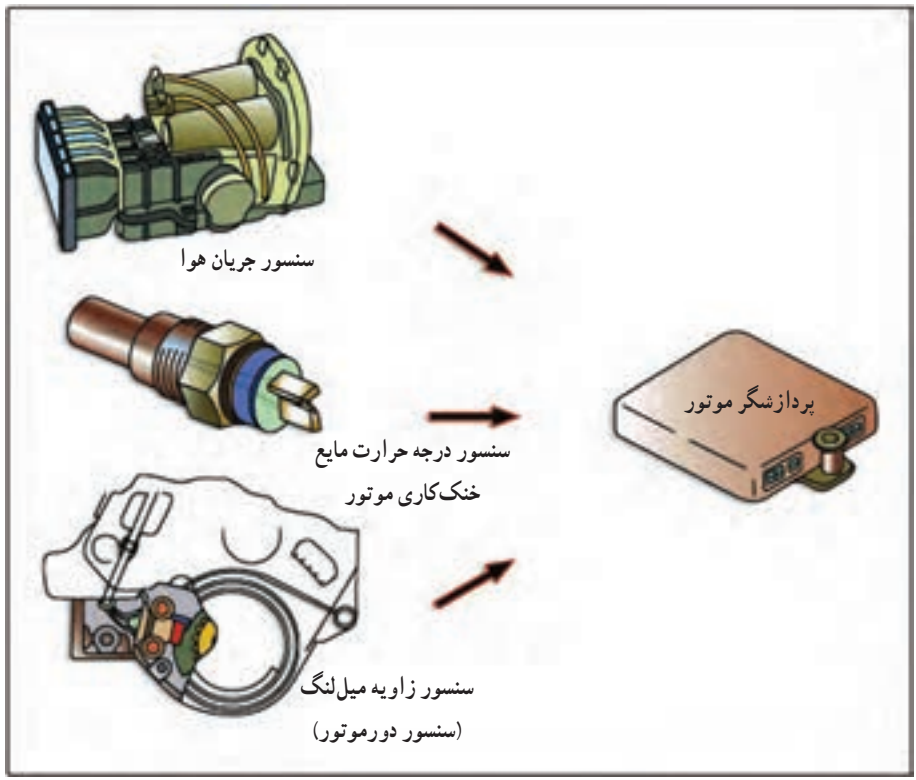
پردازشگر موتور شرایط محیطی را تشخیص می‌دهد و با استفاده از نرم‌افزارهای نصب شده می‌تواند تغذیه سوخت، تایمینگ جرقه و سایر موارد را کنترل نماید. بعد از محاسبات، پردازشگر موتور

۱ــ Catalytic Converter

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

۳ــ Sensors

۴ــ Actuators



شکل ۱۳ــ۵

براساس 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.

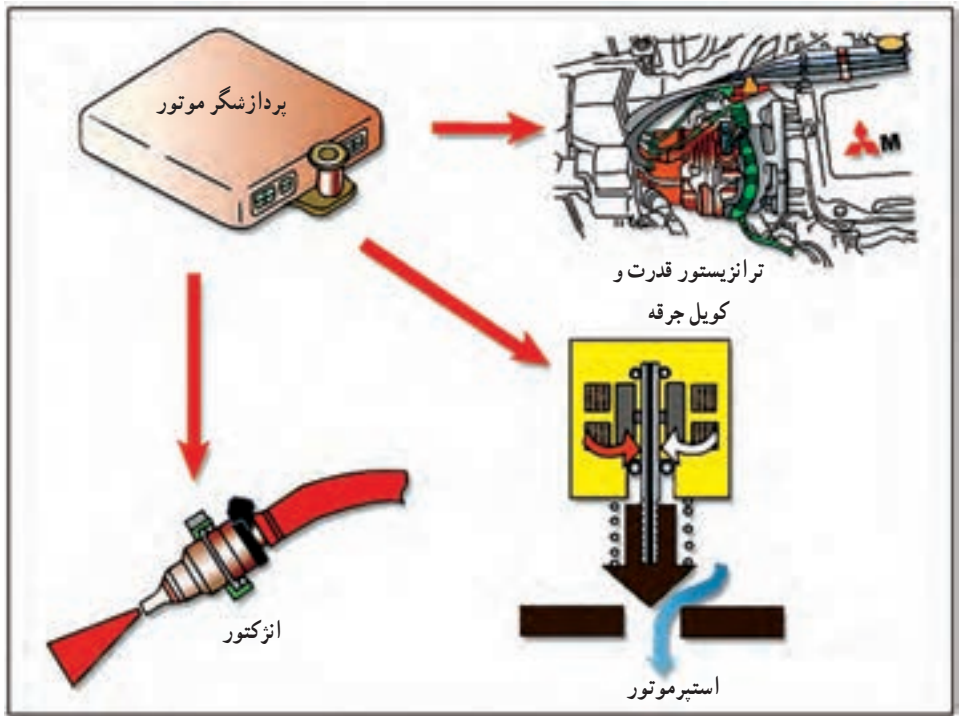
در هنگام تغییر وضعیت عملگر موتور، پردازشگر موتور محاسبات را به منظور تنظیم تغذیه سوخت، تایمینگ جرقه و دیگر تصمیمات کنترلی موردنیاز انجام می‌دهد و این مراحل در تمام مدت زمانی که موتور روشن است انجام می‌پذیرد (شکل ۱۴ــ۵).

شکل ۱۴ــ۵

۳ــ۷ــ۵ــ عملگرها : عملگرها وسایلی هستند که براساس تصمیمات کنترلی خارج شده از پردازشگر موتور کار می‌نمایند و کاربرد آنها برای تغذیه سوخت، تایمینگ جرقه، سرعت دور آرام و در نتیجه کنترل آلایندگی می‌باشد.

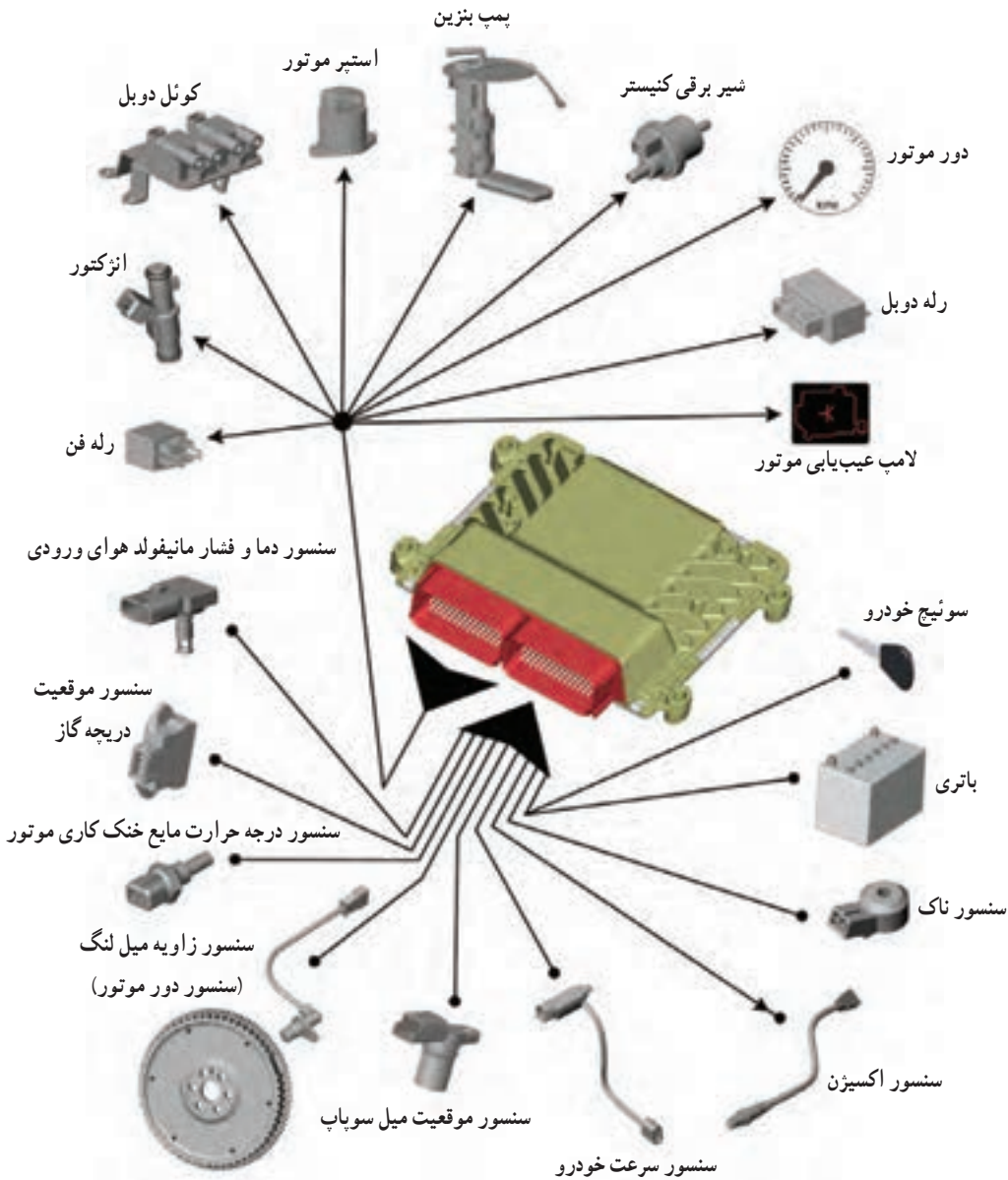
اگر پردازشگر موتور بخواهد دور آرام موتور را افزایش دهد، یک عملگر (استپرموتور) را برای مقدار معینی از جریان هوا در اطراف دریچه گاز به‌کار می‌اندازد.

بیشتر عملگرها برای پردازشگر موتور سیگنال ارسال نمی‌کنند. عملگرها، براساس سیگنال‌های دریافتی از پردازشگر موتور، عمل می‌نمایند (شکل ۱۵ــ۵).



شکل ۱۵ــ۵

در شکل ۱۶ــ۵ چگونگی ارتباط سنسورها و عملگرها با (Ecu) پردازشگر موتور دیده می‌شود.

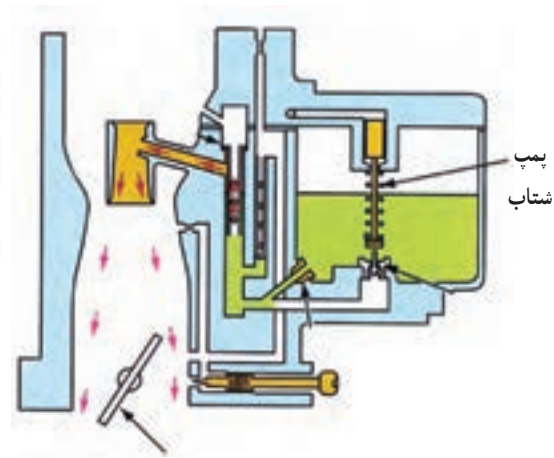


شکل ۱۶ــ۵ــ سنسورها و عملگرهای مرتبط با ECU

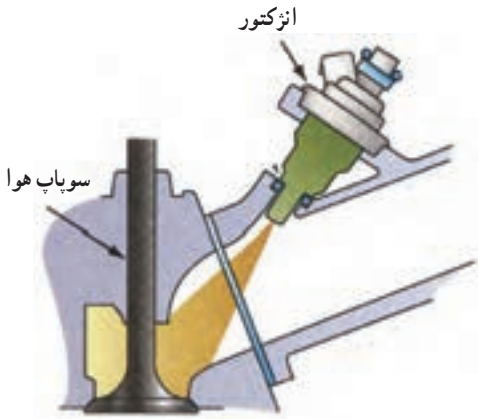
۸ــ۵ــ جدول مقایسه بین سیستم کاربراتوری و سیستم انژکتوری بنزینی

جدول ۲ــ۵

عنوان	سیستم کاربراتوری	سیستم انژکتوری بنزینی
ساختمان	شامل یک ونتوری، ژیگلور اصلی، دریچه گاز، شناور و دیگر قطعات نشان‌داده شده در شکل ۱۶ــ۵ می‌باشد.	شامل قطعات هوای ورودی (مانند دریچه گاز)، قطعات پاشش سوخت (مانند انژکتورها)، قطعات کنترلی (مانند پردازشگر موتور و سنسورها) و دیگر قطعات نشان داده‌شده در شکل ۱۷ــ۵ می‌باشد.
روش تغذیه سوخت	• سرعت جریان هوای عبوری از ونتوری به مقدار باز بودن دریچه گاز بستگی دارد. • خلأ تولید شده در ونتوری به سرعت جریان هوا بستگی دارد. • سوخت از میان ژیگلور اصلی براساس خلأ از محفظه شناور کشیده می‌شود. مقدار سوخت کشیده شده به مقدار خلأ بستگی دارد. • سوخت کشیده شده از ژیگلور اصلی در بعضی از مواقع کافی نبوده و باید از طریق مسیر دور آرام و پمپ شتاب جبران شود.	• 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 می‌گردد. • پردازشگر موتور مقدار سوخت موردنیاز برای احتراق را مطابق با نسبت جریان هوا محاسبه می‌نماید. • پردازشگر موتور در مقایسه با مقدار سوخت محاسبه‌شده یک سیگنال برای فعال کردن مدت زمان انژکتور ارسال می‌نماید. • پردازشگر موتور مقدار پاشش سوخت را براساس شرایط عملکردی موتور تصحیح می‌نماید.



شکل ۱۶ــ۵



شکل ۱۷ــ۵

۹ــ۵ــ عملکرد سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین

پردازشگر موتور، سیستم پاشش سوخت را برای کنترل ارسال سوخت بیشتر، تایمینگ جرقه، دور آرام و آلایندگی از طریق «حس کردن[۱] ــ تصمیم‌گیری[۲] ــ عمل کردن[۳]» به دقت کنترل می‌نماید.

پردازشگر موتور شرایط عملکرد بسیار دقیق ورودی‌هایی که از سنسورهای متعدد و سوئیچ‌ها دریافت می‌گردد را حس می‌نماید. پردازشگر موتور، اطلاعات دریافتی از سنسورها را برای تصمیم‌گیری با توجه به برنامه‌ریزی داخلی جمع‌آوری می‌نماید. سپس پردازشگر موتور سیگنال‌هایی را برای راه‌اندازی عملگرها تهیه می‌نماید (شکل ۱۸ــ۵).

شکل ۱۸ــ۵

۱ــ۹ــ۵ــ حس کردن : در سیستم‌های پاشش سوخت از انواع سنسورها استفاده می‌شود. سنسورها از نظر سیگنال ارسالی به پردازشگر موتور به چهار گروه مختلف تقسیم‌بندی می‌شوند.

۱ــ۱ــ۹ــ۵ــ سنسورهای روشن/ خاموش (On/Off) : سنسورهای روشن/ خاموش (on/off) که معمولاً آنها را ما به‌عنوان سوئیچ می‌شناسیم. و کاربرد آنها در سوئیچ کولر (A/C)، سوئیچ موقعیت دور آرام، سوئیچ فشار روغن فرمان هیدرولیک و ... می‌باشد.

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) می‌باشد. (حالت روشن (ON) زمانی است که مسیر سیستم الکتریکی توسط سوئیچ کامل می‌شود) (شکل ۱۹ــ۵).

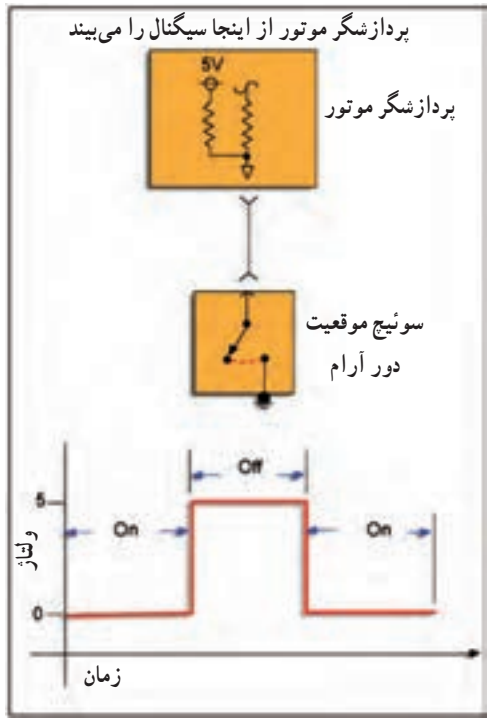
تجهیزات زیر می‌توانند سیگنال‌های این نوع از سنسورها را نمایش بدهند :

۱ــ Sense

۲ــ Decide

۳ــ Act

- ولت متر
- دستگاه عیب‌یاب (بعضی از سیگنال‌ها را نمایش می‌دهد)
- اسیلوسکوپ[1]



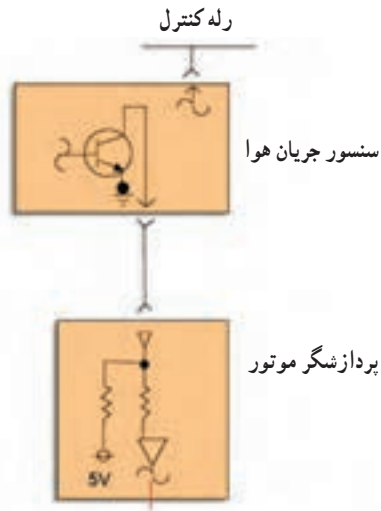
شکل ۱۹ــ۵

۲ــ۱ــ۹ــ۵ــ سنسورهای تولید فرکانس[2] : سنسورهای تولید فرکانس در سنسور جریان هوا، سنسور زاویه میل‌لنگ (دور موتور)، سنسور موقعیت میل سوپاپ و سنسور سرعت خودرو کاربرد دارد (شکل ۲۰ــ۵).

ورودی این سنسورها به پردازشگر موتور موج مربعی شکل (5V–0V–5V–0V...) با تغییرات فرکانس می‌باشد.

۱ــ An Oscilloscope

۲ــ Frequency Generating Sensors

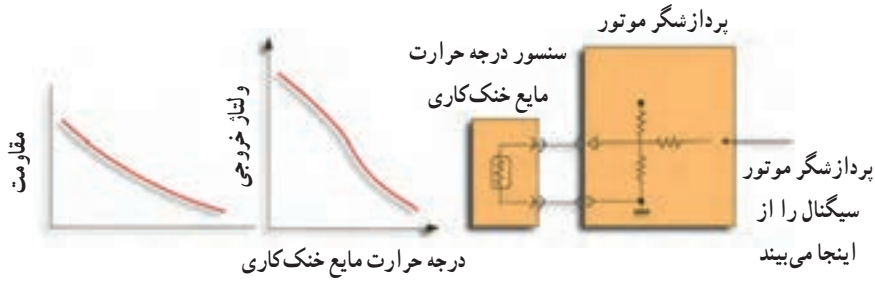


شکل ۲۰ــ۵

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

- بعضی از ولت مترها
- دستگاه عیب‌یاب (بعضی از سیگنال‌ها را نمایش می‌دهد)
- اسیلوسکوپ

۳ــ۱ــ۹ــ۵ــ سنسورهای مقاومت متغیر[۱] : سنسورهای مقاومت متغیر در دو نوع ترمیستور[۲]



شکل ۲۱ــ۵

۱ــ Variable Resistance Sensor

۲ــ Thermistors

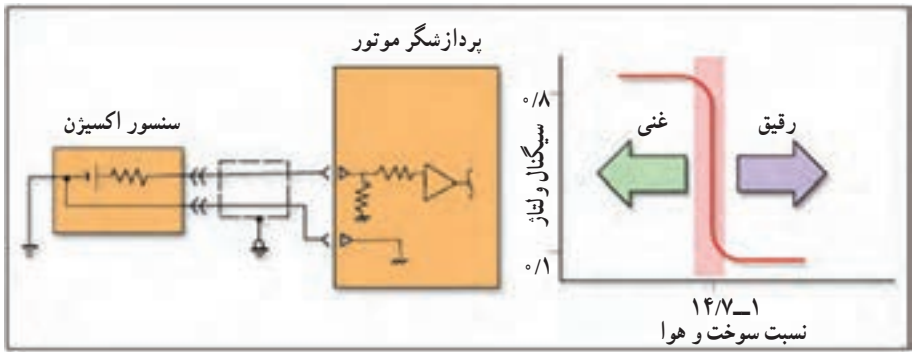
و پتانسیومتر[1] می‌باشند که در سنسور موقعیت دریچه گاز[2]، سنسور درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور[3] و سنسور درجه حرارت هوای ورودی[4] کاربرد دارد.

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 ۲۱ــ۵ با تغییر مقاومت سنسور مقدار جریانی که به بدنه جاری می‌شود تغییر می‌نماید و این تغییرات به‌وسیله 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 اسیلوسکوپ

۴ــ۱ــ۹ــ۵ــ سنسورهای تولید ولتاژ[5] : سنسورهای تولید ولتاژ در سنسور اکسیژن[6] و سنسور خودسوزی[7] (ناک سنسور[8]) 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 ۲۲ــ۵).



شکل ۲۲ــ۵

۱ــ Potentiometers

۲ــ Throttle Position Sensor (TPS)

۳ــ Coolant Temperature Sensor

۴ــ Intake Air Temperature Sensor

۵ــ Voltage Producing Sensors

۶ــ Oxygen Sensor

۷ــ Detonation Sensor

۸ــ Knock Sensor

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

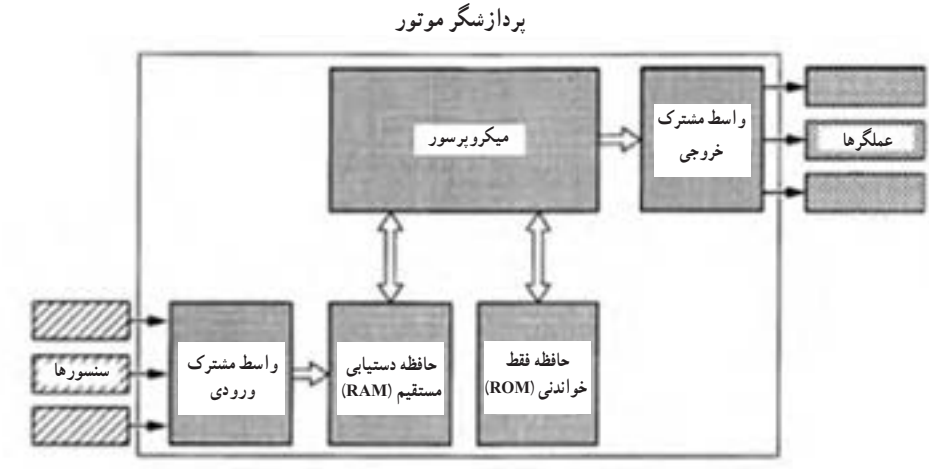
- ولت‌متر دیجیتال
- دستگاه عیب‌یاب (بعضی از سیگنال‌ها را نمایش می‌دهد)
- یک اسیلوسکوپ

۲ــ ۹ ــ ۵ــ 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 ۲۳ــ۵).

۱ــ۲ــ۹ــ۵ــ حافظه فقط خواندنی[1] (ROM) : حافظه فقط خواندنی برنامه داخلی دائمی را ذخیره می‌نماید. حافظه فقط خواندنی برای نگه‌داشتن اطلاعات خودنیازی به برق باتری ندارد.

۲ــ۲ــ۹ــ۵ــ حافظه دستیابی مستقیم[2] (RAM) : این نوع از حافظه اطلاعات سنسورها را در خود ذخیره می‌نماید، و برای به‌روز رسانی برنامه داخلی دائمی استفاده می‌گردد. و برای نگه‌داشتن اطلاعات نیاز به برق باتری دارد.

۳ــ۲ــ۹ــ۵ــ حافظه فلش[3] : حافظه‌ای که می‌توان مضمون اطلاعات را به‌صورت الکتریکی پاک یا دوباره رایت نمود.



شکل ۲۳ــ۵

۱ــ Read Only Memory (ROM)

۲ــ Random Access Memory

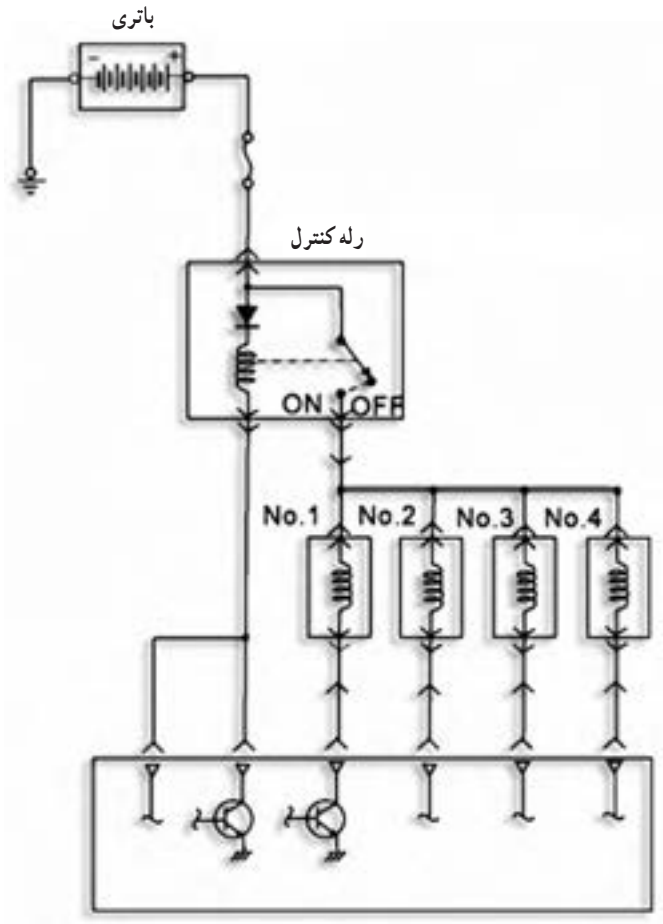
۳ــ Flash Memory

۳ــ۹ــ۵ــ عمل کردن : برای کامل شدن مراحل «حس کردن ــ تصمیم گیری ــ عمل کردن»، پردازشگر موتور سیستم‌های موتور را با استفاده از وسایل الکتریکی به نام عملگر کنترل می‌نماید.

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 می‌نماید.

۱ــ۳ــ۹ــ۵ــ مدار انژکتور: مدار انژکتور (پا شش سوخت) یک مثال از کنترل مدار بدنه عملگر توسط پردازشگر موتور می‌باشد (شکل ۲۴ــ۵).

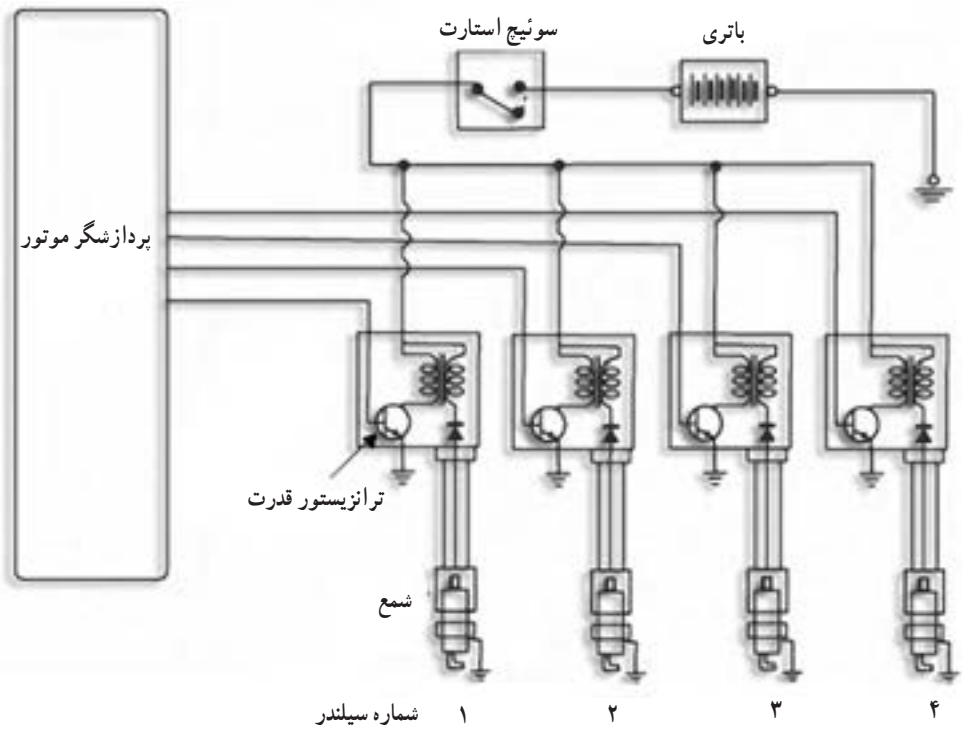
ولتاژ مثبت باتری از طریق رله به همه انژکتورها در زمانی که کلید استارت (سوئیچ) در حالت روشن (ON) یا استارت (START) قرار دارد جریان می‌یابد.



شکل ۲۴ــ۵

برای فعال شدن یک انژکتور (روشن شدن انژکتور)، پردازشگر موتور مدار بدنه انژکتور را کامل می‌نماید. در نتیجه جریان از طریق سیم‌پیچ انژکتور جاری شده که باعث باز شدن یک سوپاپ سوخت و نازل می‌شود.

پردازشگر موتور اجازه می‌دهد جریان به انژکتور سوخت برای یک مقدار دقیق از زمان جاری گردد. مقدار تغذیه سوخت به‌وسیله زمان روشن انژکتور (ON) تعیین می‌گردد که به مقدار میلی ثانیه می‌باشد.



شکل ۲۵ــ۵

۲ــ۳ــ۹ــ۵ــ مدار ترانزیستور قدرت[۱] : مدار ترانزیستور قدرت نمونه دیگری از کنترل مدار بدنه عملگر از طریق یک سوئیچ الکتریکی (ترانزیستور قدرت) توسط پردازشگر موتور می‌باشد. (شکل ۲۵ــ۵)

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

۱ــ Power Transistor

قدرت باز و بسته می‌نماید. پایه ترانزیستور قدرت از طریق پردازشگر موتور فعال می‌شود. زمانی که ترانزیستور قدرت روشن می‌شود، جریان از طریق سیم‌پیچ اوّلیه 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.

۴ــ۹ــ۵ــ بازخورد کنترل[1] : 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 ۲۶ــ۵).

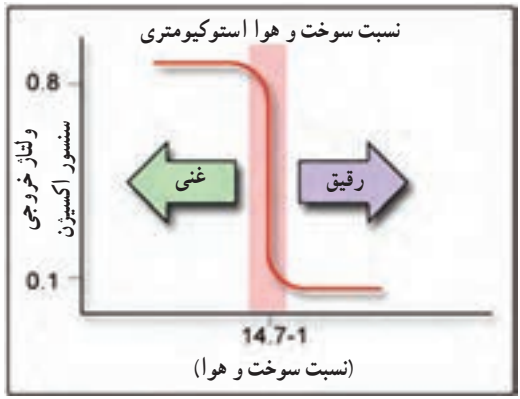
شکل ۲۶ــ۵

۱ــ۴ــ۹ــ۵ــ کنترل بازخورد تغذیه سوخت : سنسور اکسیژن در قسمتی از مسیر اگزوز قرار گرفته و یک سیگنال بین یک و صفر ولت که مربوط به مقدار اکسیژن باقی‌مانده در دودهای خروجی است، تولید می‌نماید. پردازشگر موتور با استفاده از این سیگنال‌ها برنامه تغذیه سوخت را تنظیم می‌نماید. سیگنال بین ۱ (یک) و ۰/۵ ولت نشانگر غنی بودن مخلوط سوخت و هوا و سیگنال ۰/۵ و ۰ (صفر) نشانگر رقیق بودن مخلوط سوخت و هوا می‌باشد (شکل ۲۷ــ۵).

مطابق با سیگنال سنسور اکسیژن تغذیه سوخت تنظیم می‌شود، سنسور اکسیژن سریعاً و همیشه

۱ــ Feed back control

یک سیگنال به‌روزشده تولید می‌نماید. پردازشگر موتور پیوسته به سیگنال به روز شده در یک کنترل بازخورد (حلقه بسته[1]) پاسخ می‌دهد.



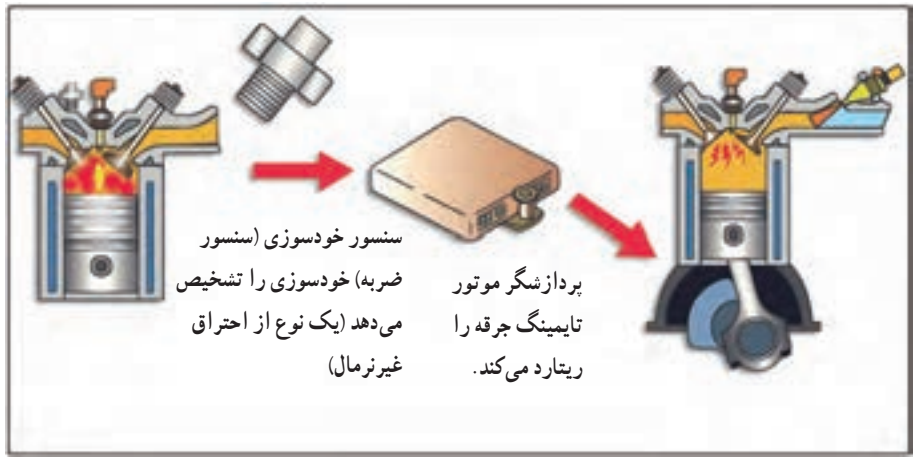
شکل ۲۷ــ۵

۲ــ۴ــ۹ــ۵ــ بازخورد تایمینگ

جرقه : سنسور ضربه بر روی بلوکه سیلندر یا سرسیلندر بسته می‌شود و لرزش موتور را با یک فرکانس خاص آشکار می‌کند. هر زمان که خودسوزی به‌وجود می‌آید، این سنسور سیگنال‌های ارسالی به پردازشگر موتور را افزایش می‌دهد. پردازشگر موتور در پاسخ به افزایش سیگنال‌های ورودی از این سنسور، تایمینگ جرقه را ریتارد می‌نماید.

زمانی‌که لرزش موتور کاهش پیدا می‌کند و به سطح نرمال باز می‌گردد، تایمینگ جرقه مطابق با کنترل پردازشگر موتور به حالت آوانس برمی‌گردد.

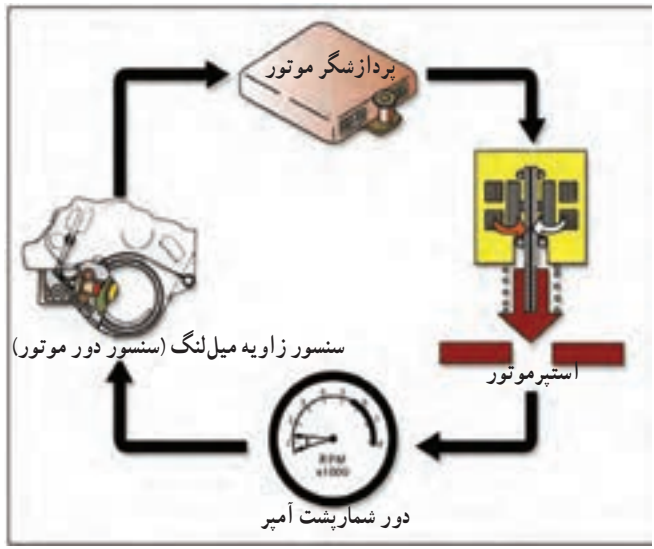
فرایند نشان داده شده، تشخیص خودسوزی و تنظیم تایمینگ جرقه به‌صورت مداوم در یک مکانیزم کنترلی به‌صورت حلقه بسته انجام می‌شود (شکل ۲۸ــ۵).



شکل ۲۸ــ۵

۱ــ Closed Loop

۳ــ۴ــ۹ــ۵ــ بازخورد دور آرام: زمانی‌که پردازشگر موتور سیگنال‌هایی به استپر موتور(عملگر) به‌منظور 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 هرحال برنامه کنترلی دور آرام پردازشگر موتور، زمانی که دریچه گاز کاملاً بسته می‌باشد فعال می‌گردد (شکل ۲۹ــ۵).



شکل ۲۹ــ۵

۵ــ۹ــ۵ــ عملکرد پردازشگر موتور :

انواع حافظه

- ***حافظه فقط خواندنی (ROM)***
- ***حافظه دستیابی مستقیم (RAM)***
- ***حافظه فلش***

امروزه از یک حافظه دیگر به نام حافظه انطباقی[1] نیز استفاده می‌نمایند که یک قسمت از

۱ــ Adaptive Memory

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

❊ کد خطا[1]: 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[2] 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 دو رقمی

ردیف	آیتم عیب	کد خطا		آیتم مورد بررسی
		شماره	حافظه	
۱	پردازشگر موتور	ــ	ــ	(تعویض پردازشگر موتور)
۲	سنسور اکسیژن (جلو)	۱۱	مثبت	• کانکتور یا دسته سیم • سنسور اکسیژن • فشار سوخت • انژکتورها • نشتی در مانیفولد هوا
۳	سنسور جریان هوا	۱۲	مثبت	• کانکتور یا دسته سیم • سنسور جریان هوا
۴	سنسور دمای هوای ورودی	۱۳	مثبت	• کانکتور یا دسته سیم • سنسور دمای هوای ورودی

۱ــ Diagnosis Code

۲ــ Check Engine Lamp

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

۶ــ۹ــ۵ــ لامپ «عیب‌یابی موتور[1]»: زمانی‌که یک کد خطا ذخیره می‌شود، پردازشگر موتور لامپ عیب‌یابی موتور را روشن می‌نماید (شکل ۳۰ــ۵). کد خطا مستقیماً با استفاده از برق باتری ذخیره می‌شود و زمانی‌که سوئیچ جرقه در حالت خاموش off قرار می‌گیرد کد خطا پاک نمی‌شود. به هرحال اگر یک ایراد داخلی رخ دهد، لامپ عیب‌یابی روشن شده و سپس خاموش می‌گردد و کد خطا در حافظه ذخیره می‌شود.

شکل ۳۰ــ۵

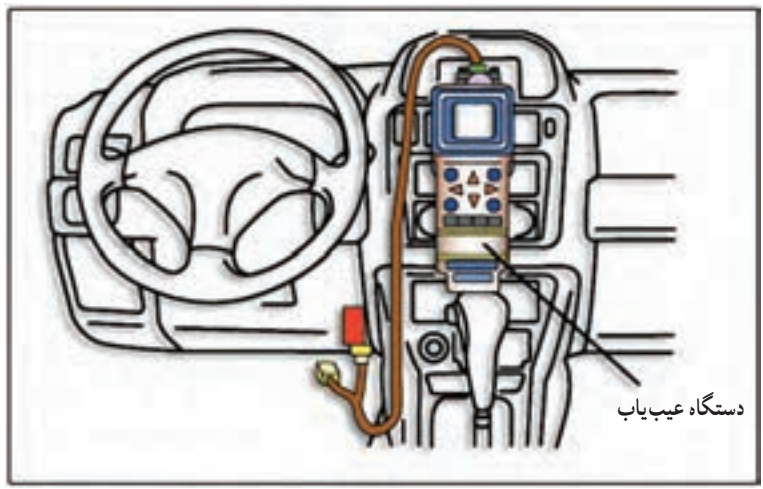
اگر یک قطعه اصلی در سیستم کنترل موتور معیوب گردد، پردازشگر موتور در حالت خود عیب‌یابی قرار می‌گیرد تا موتور به کار خود ادامه دهد.

اگر مدار یک قطعه اصلی مانند سنسور زاویه میل‌لنگ (دور موتور) معیوب شود، پردازشگر موتور نمی‌تواند سیستم جرقه و کنترل سوخت را راه‌اندازی نماید.

۱ــ Check Engine Lamp

۷ــ۹ــ۵ــ 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 ۳۱ــ۵ به نمایش درآمده‌اند در بعضی از خودروهای قدیمی از کانکورهای 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 ۳۲ــ۵).

شکل ۳۱ــ۵ــ کانکتور عیب‌یابی (DLC)[۱]



شکل ۳۲ــ۵ــ دستگاه عیب‌یاب

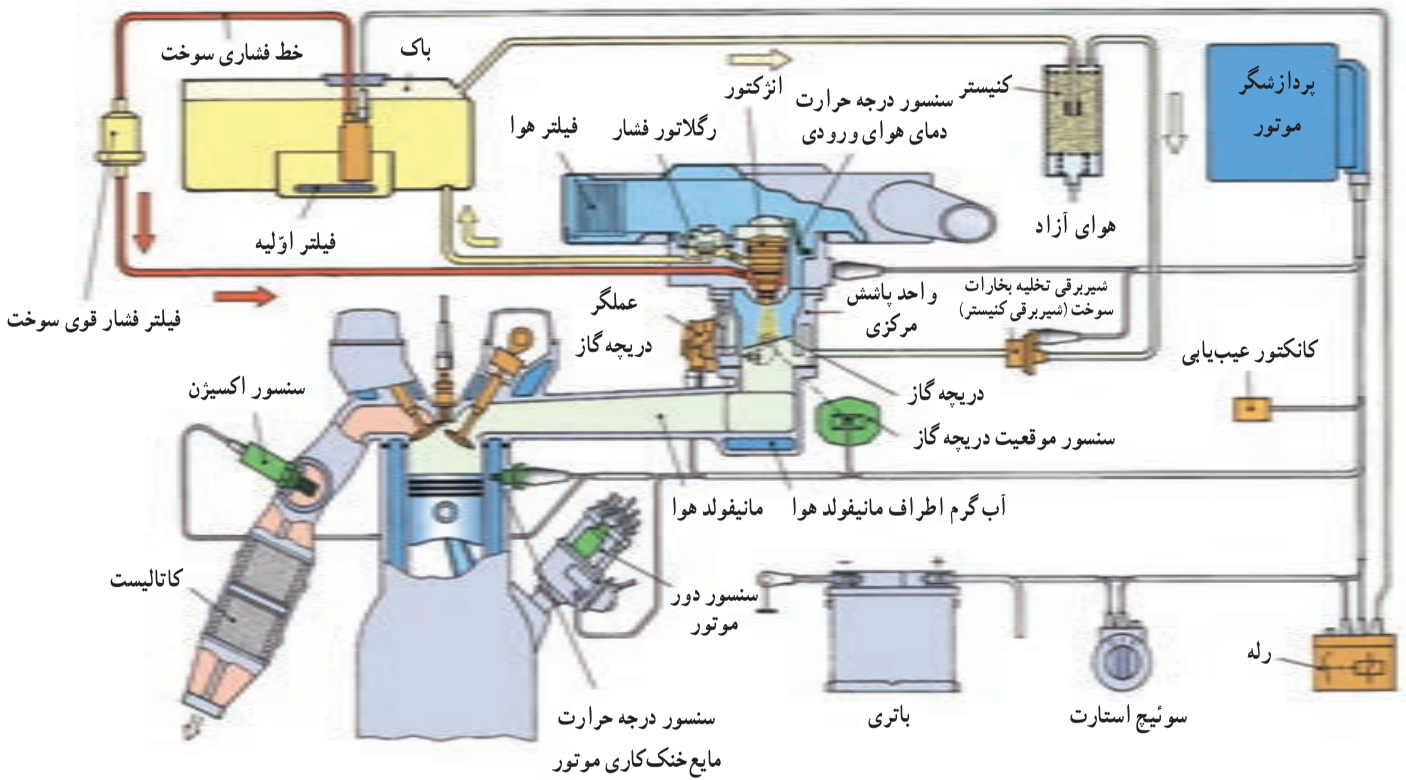
۱ــData Link Connector (DLC)

۱۰ــ۵ــ انواع سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت

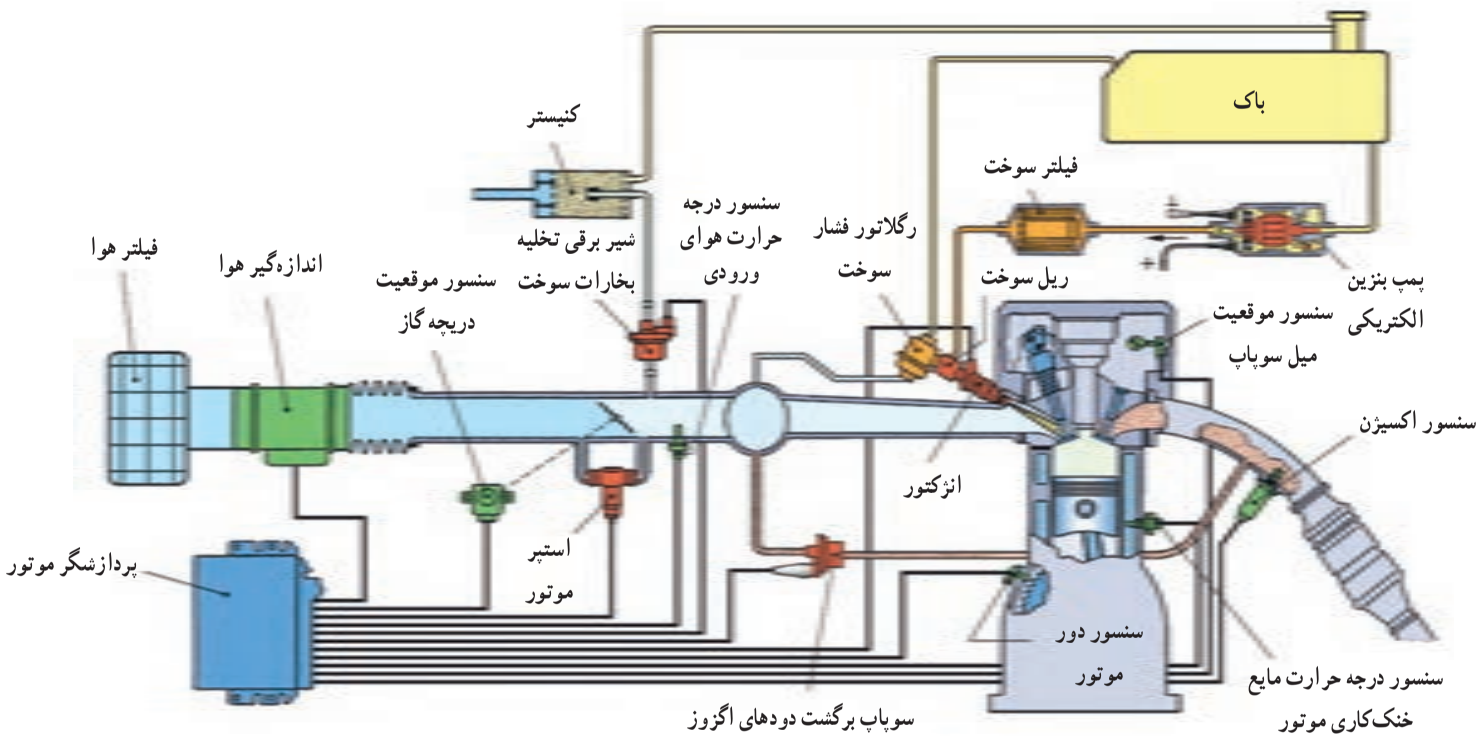
انواع مختلفی از دیاگرام‌های سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت موتورهای بنزینی در شکل‌های ۳۳ــ۵ الی ۳۸ــ۵ نشان داده شده است. هر دیاگرام قطعات سیستم کنترل الکترونیکی پاشش سوخت را نشان می‌دهد، پردازشگر موتور سیگنال‌ها را از سنسورهای مختلف دریافت می‌نماید و عملگرهای مختلف را راه‌اندازی (فعال) می‌نماید.

جدول ۲ــ۵

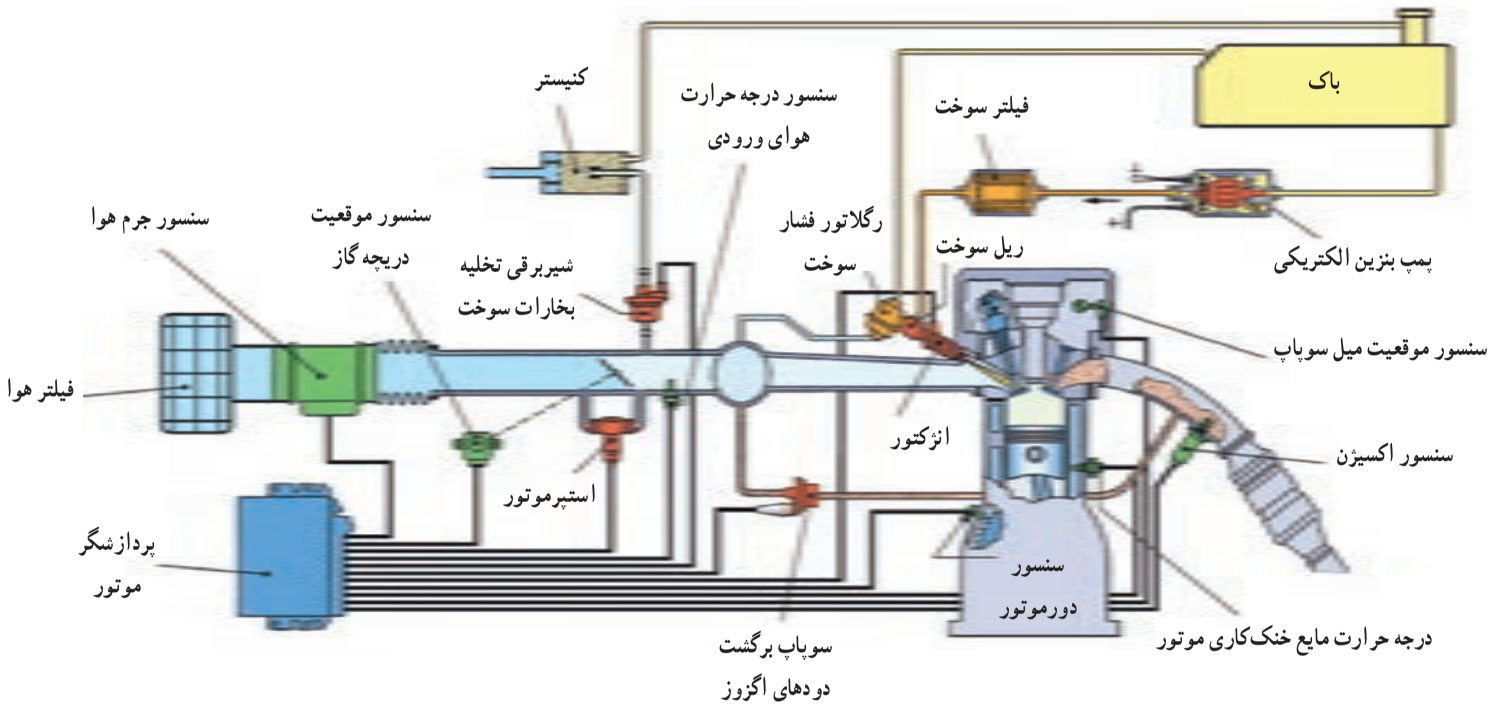
پاشش مستقیم	کنترل پاشش توسط فشار مانیفولد ورودی	LH–Jetronic	L–Jetroni	پاشش مرکزی	سیستم
پمپ فشار بالا، عملگر و سنسور فشار	ریل سوخت و انژکتورهای الکتریکی				ویژگی‌های خارجی
	سنسور فشار مانیفولد هوای ورودی	سنسور جرم هوا	سنسور جریان هوا	واحد پاشش مرکزی	
پاشش مستقیم	پاشش غیرمستقیم				نوع پاشش
داخل سیلندر	قبل از سوپاپ ورودی			قبل از دریچه گاز	محل انژکتور
مطابق با تعداد سیلندرها				پاشش سوخت تک انژکتور	تعداد انژکتور
بر طبق مشخصات سیلندر	ترتیبی	ترتیبی	گروهی	با سنجش زمان	ترتیب پاشش
محاسبات براساس گشتاور (جرم هوای ورودی ـ دور موتور)	● فشار مانیفولد ورودی ● دور موتور	● جرم هوا ● دور موتور	● جریان هوا ● دور موتور	● زاویه دریچه گاز ● دور موتور	کنترل اصلی متغیر



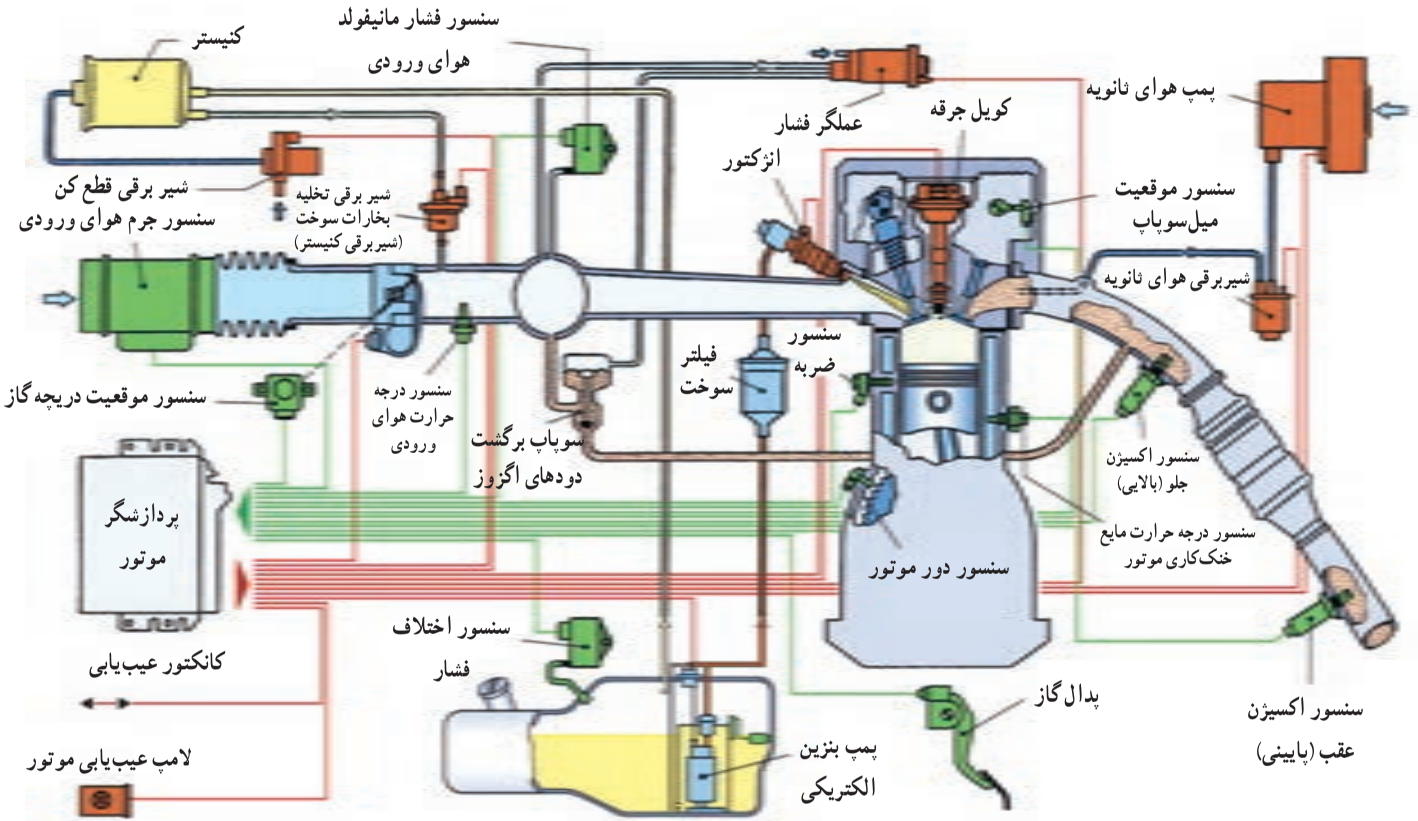
شکل ۳۳ــ۵ــ سیستم تک انژکتور مرکزی



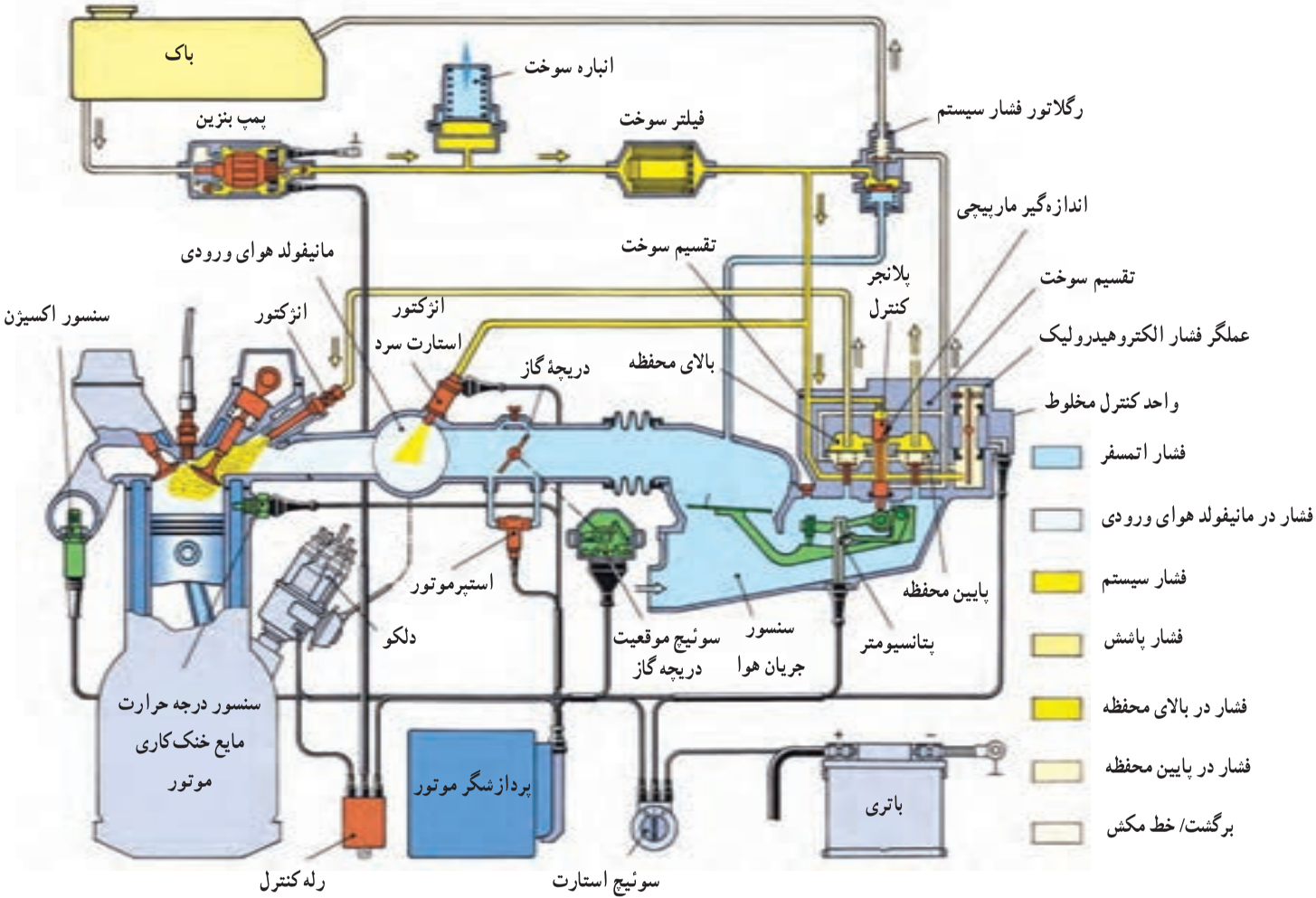
شکل ۳۴ــ۵ــ سیستم انژکتور با اندازه‌گیر هوا



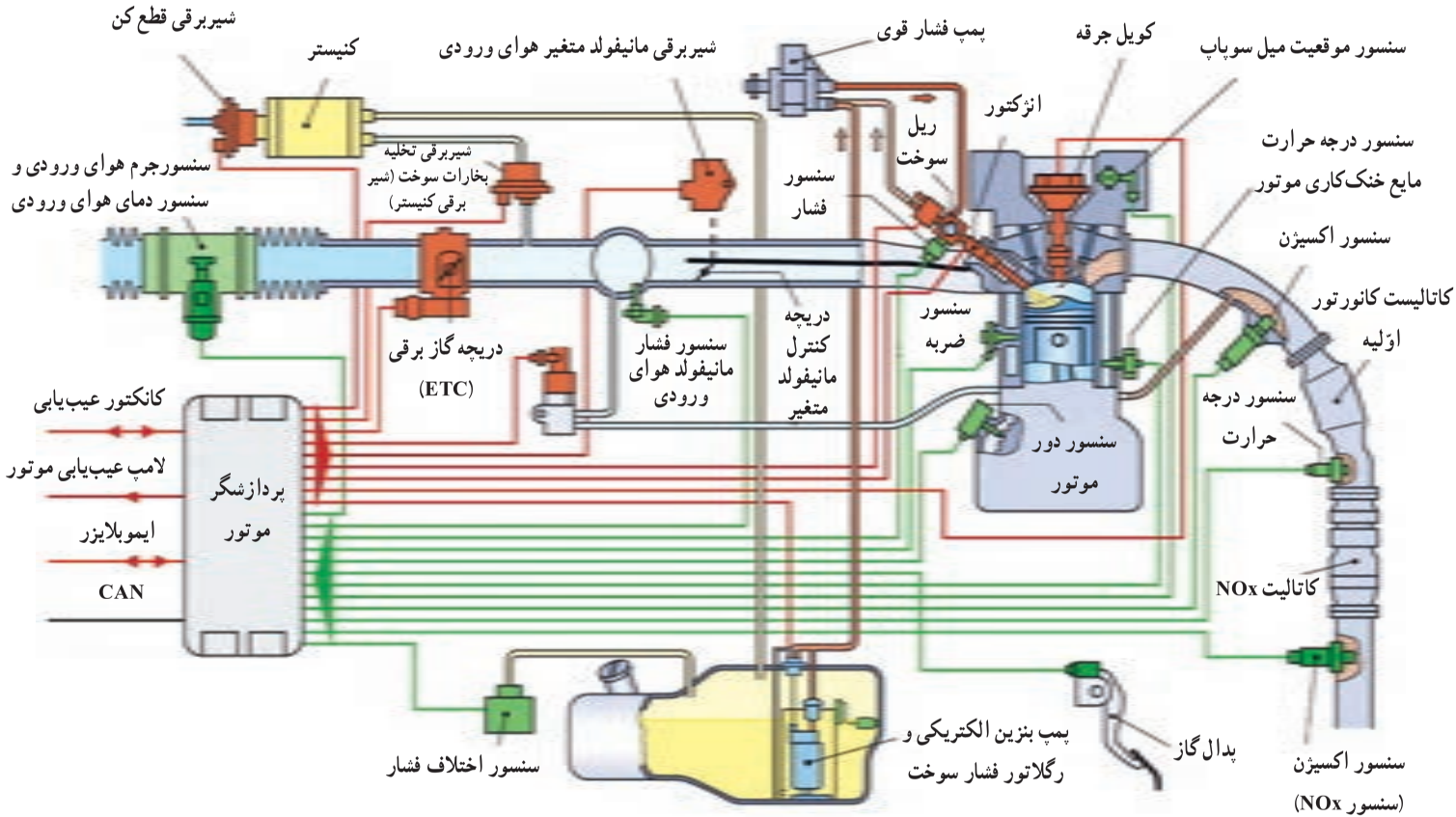
شکل ۳۵ــ۵ــ سیستم انژکتوری با سنسور جرم هوا



شکل ۳۶ــ۵ ــ سیستم انژکتوری با سنسور جرم هوای ورودی



شکل ۳۷ــ۵ــ سیستم انژکتوری با عملگر فشار الکتروهیدرولیک

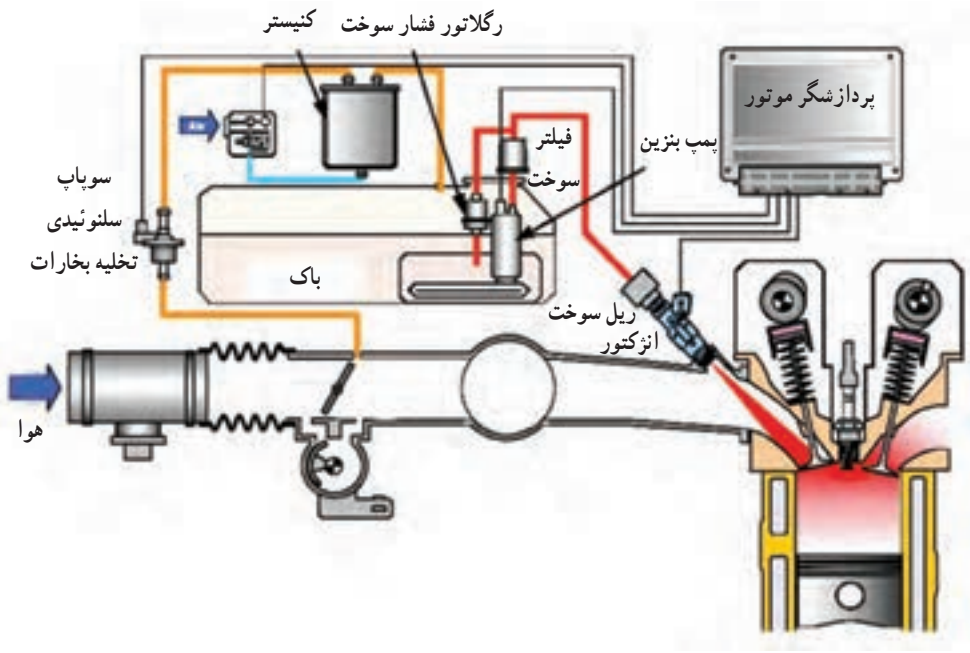


شکل ۳۸ــ۵ــ سیستم انژکتور پاشش مستقیم بنزین (GDI)

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.

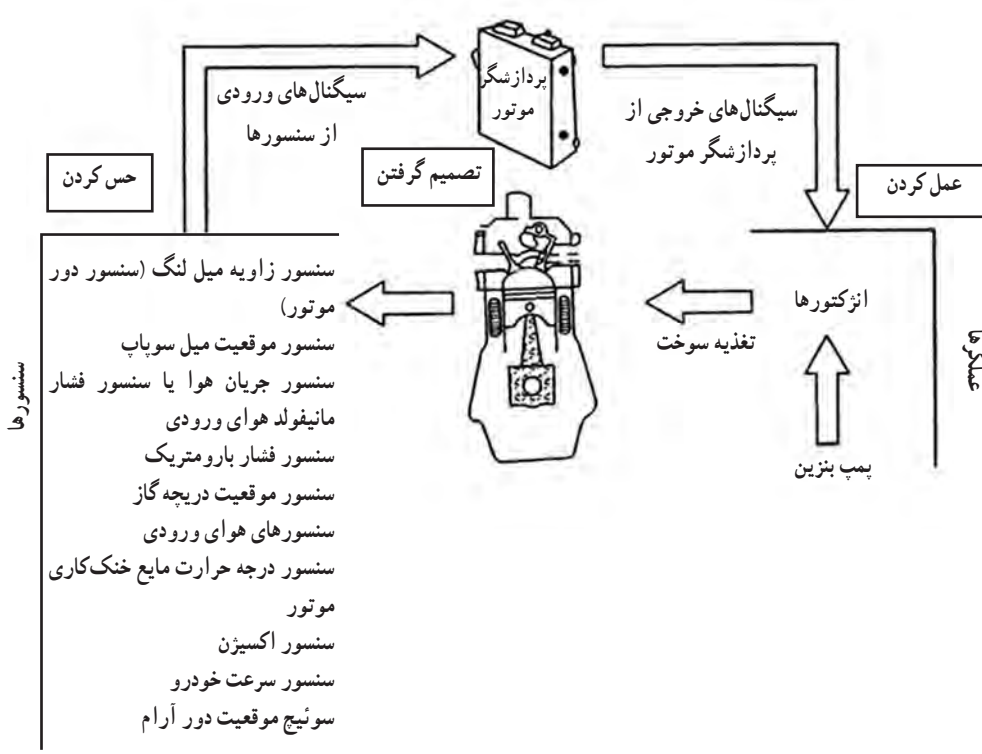
مقدار فشار و حجم سوخت تحویلی به موتور توسط پمپ بنزین بیشتر از نیاز موتور است. لذا رگلاتور فشار سوخت موجود در مدار اجازه می‌دهد که مقداری از سوخت به منظور ثابت نگه‌داشتن فشار سوخت در انژکتور به باک بازگردانده شود (شکل ۳۹ــ۵).



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).

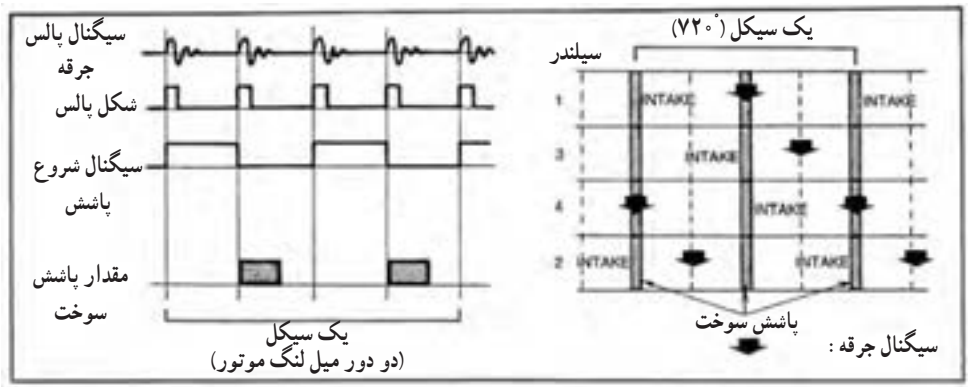
۱ــ Air– Fuel Ratio

۲ــ Simultaneous

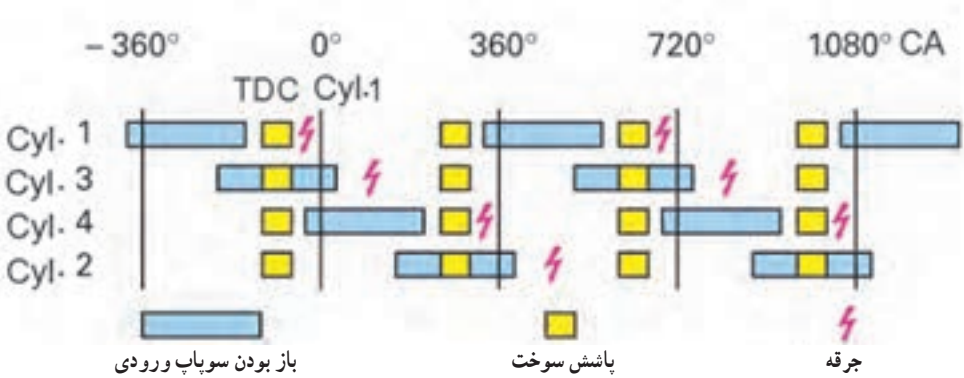
۳ــ Sequential

۴ــ Group

۵ــ Cylinder– Specific Injection

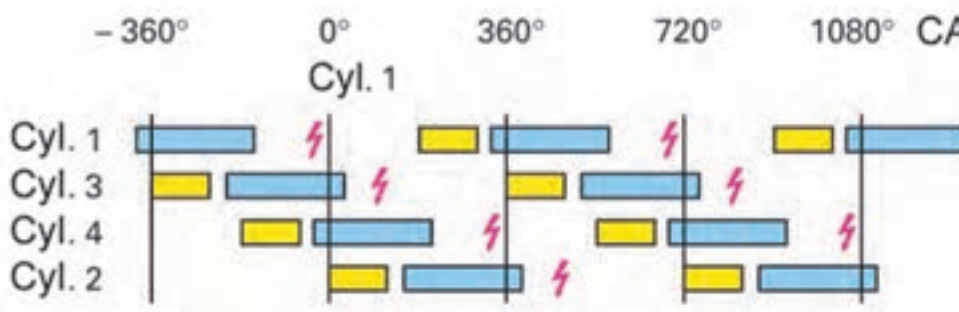


شکل ۴۱ــ۵



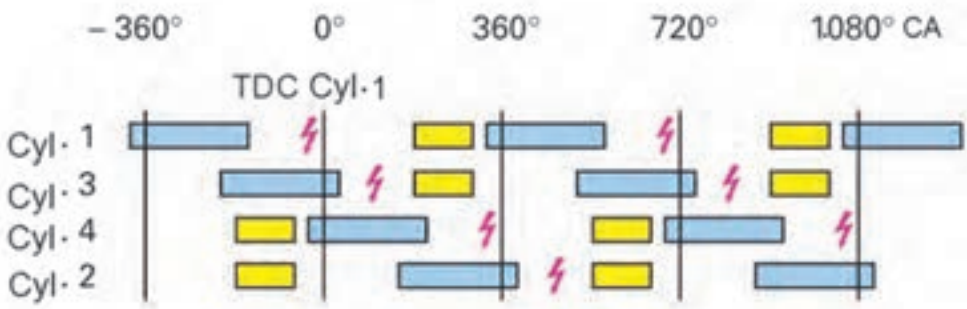
شکل ۴۲ــ۵

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

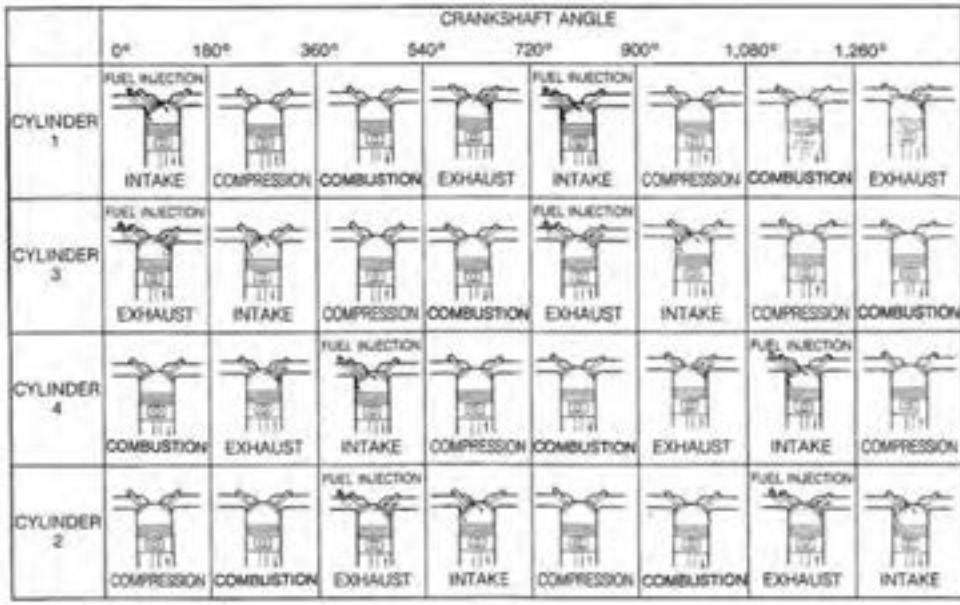


شکل ۴۳ــ۵

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).

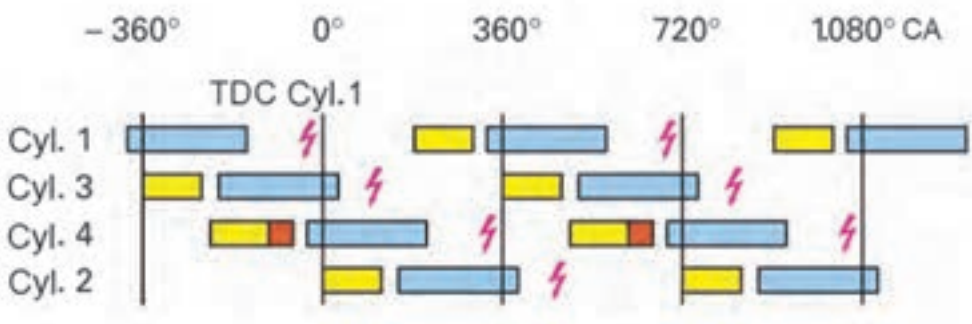


شکل ۴۴ــ۵



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).

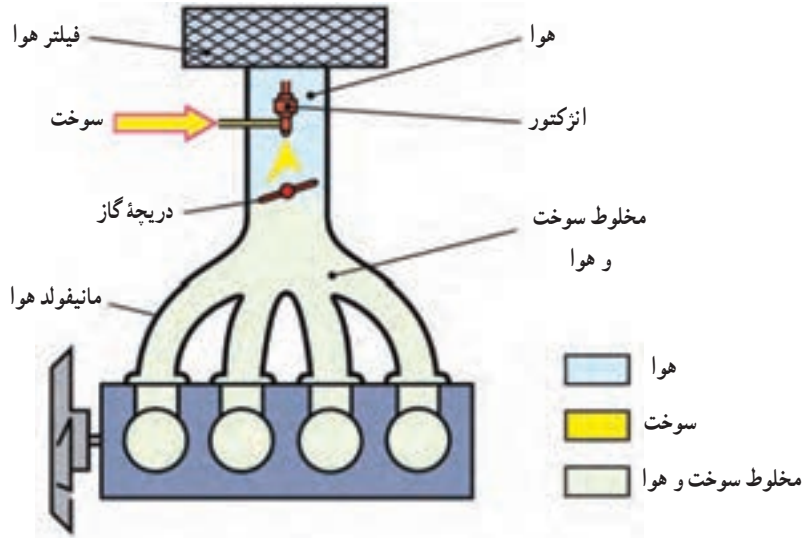


شکل ۴۶ــ۵

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).

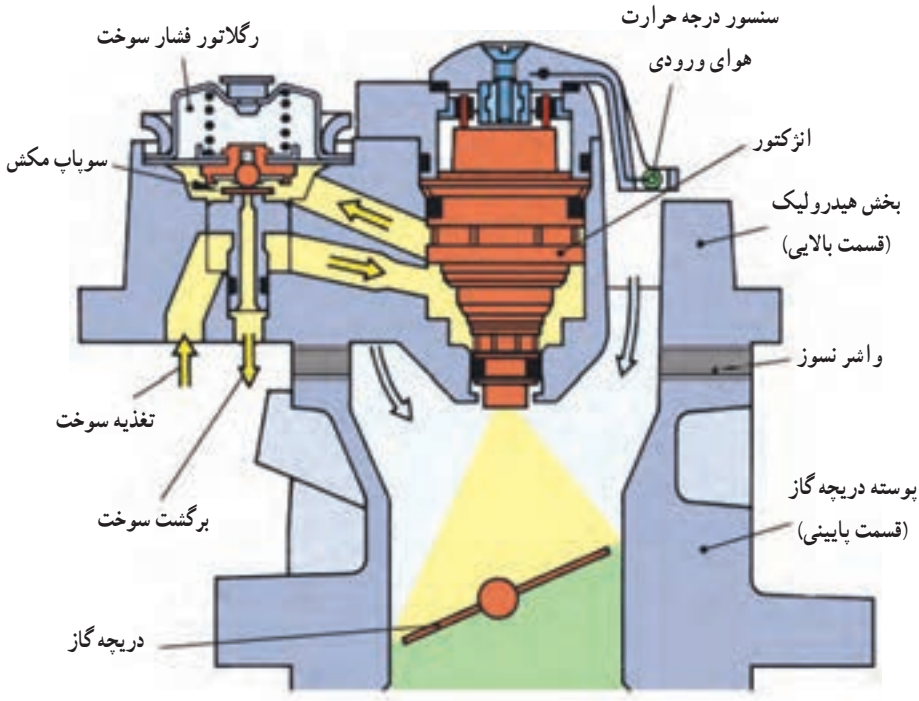
چند انژکتور[2] : هر سیلندر دارای یک انژکتور است و سوخت در پشت سوپاپ هوا پاشیده می‌شود. از این روش در اکثر موتور خودروهای امروزی استفاده می‌شود (شکل ۴۹ــ۵).



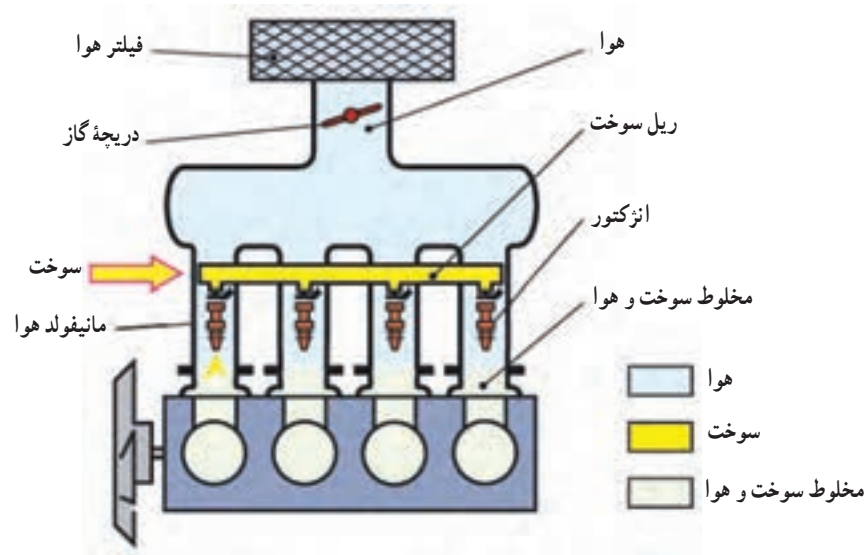
شکل ۴۷ــ۵ــ پاشش مرکزی

۱ــ Single – Point Injection

۲ــ Multi– Point Injection

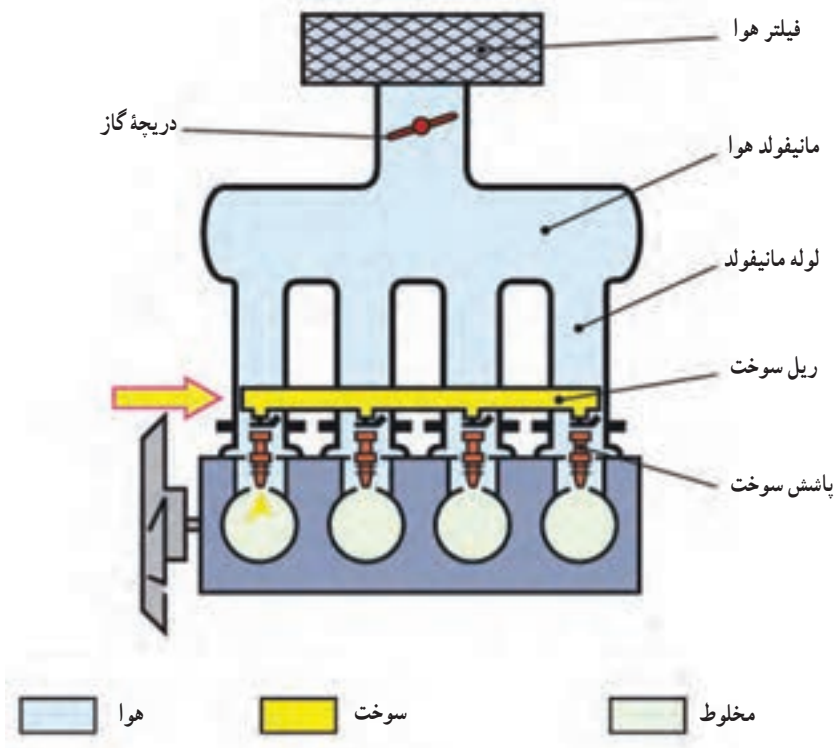


شکل ۴۸ــ۵ــ واحد پاشش مرکزی



شکل ۴۹ــ۵ــ چند انژکتور

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

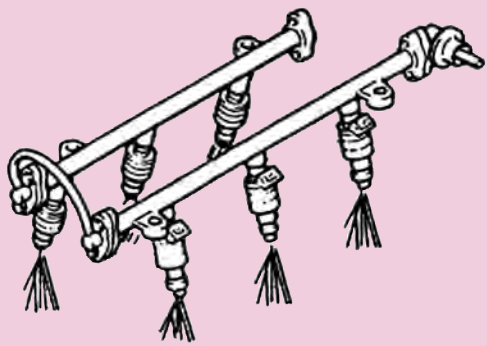


شکل ۵۰ــ۵ــ پاشش مستقیم بنزین

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.

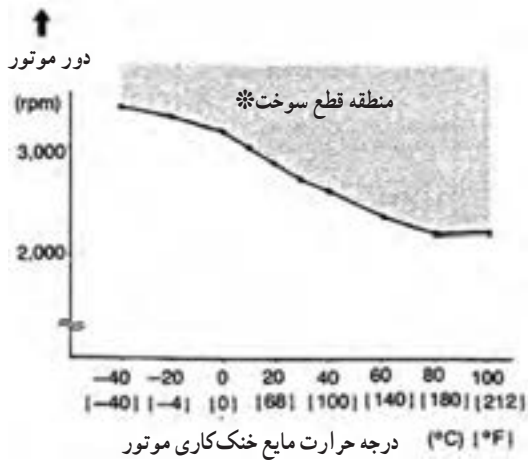
ایمنی در حین عیب : پردازشگر موتور همه انژکتورها را به‌صورت همزمان در حالت ایمنی در حین عیب کنترل می‌نماید. برای مثال اگر پردازشگر موتور سیگنال سیلندر یک را از دست بدهد، همهٔ انژکتورها را برای جلوگیری از خاموش شدن موتور فعال می‌نماید.

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.



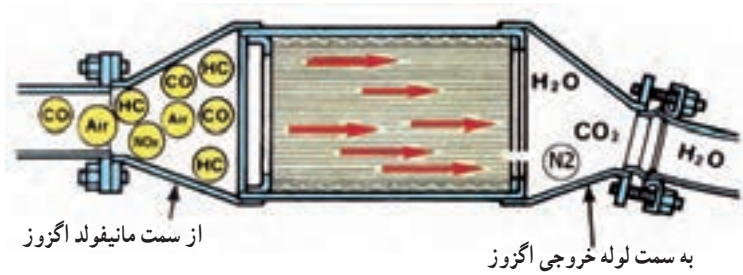
شکل ۵۲ــ۵

۱ــ Fuel Cut

* مطابق نوع موتور متفاوت است.

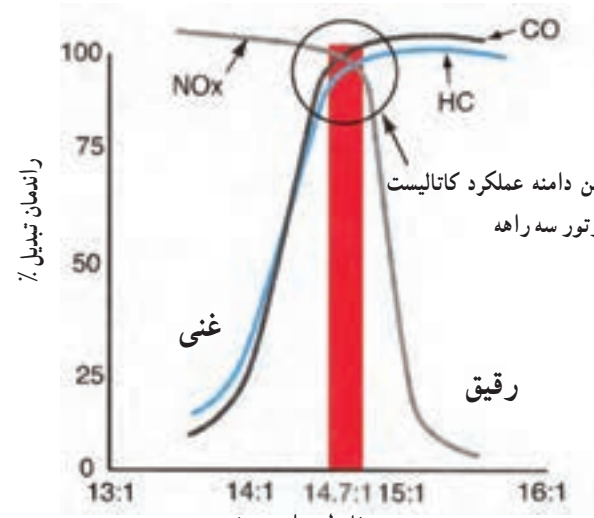
کنترل بازخورد (حلقه بسته) : برای کاهش گازهای آلاینده، سیستم اگزوز در خودروهای جدید به کاتالیست کانورتور سه راهه مجهز شده‌اند. در این کاتالیست کانورتورها مونوکسیدکربن (CO)، هیدروکربن‌ها (HC) و اکسید نیتروژن (NO_X) به دی‌اکسید کربن (CO_2) و آب (H_2O) و نیتروژن (N_2) تبدیل می‌شوند (شکل ۵۳ــ۵).

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



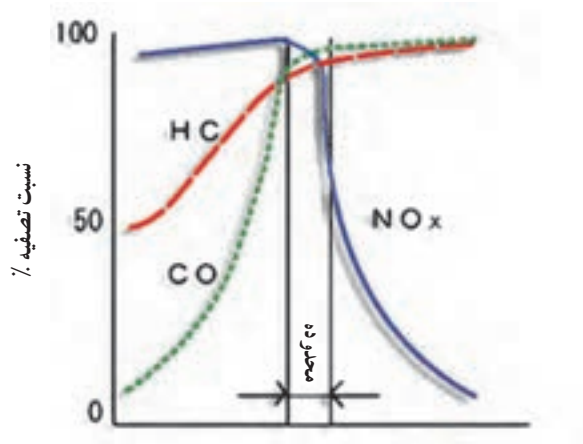
شکل ۵۳ــ۵

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

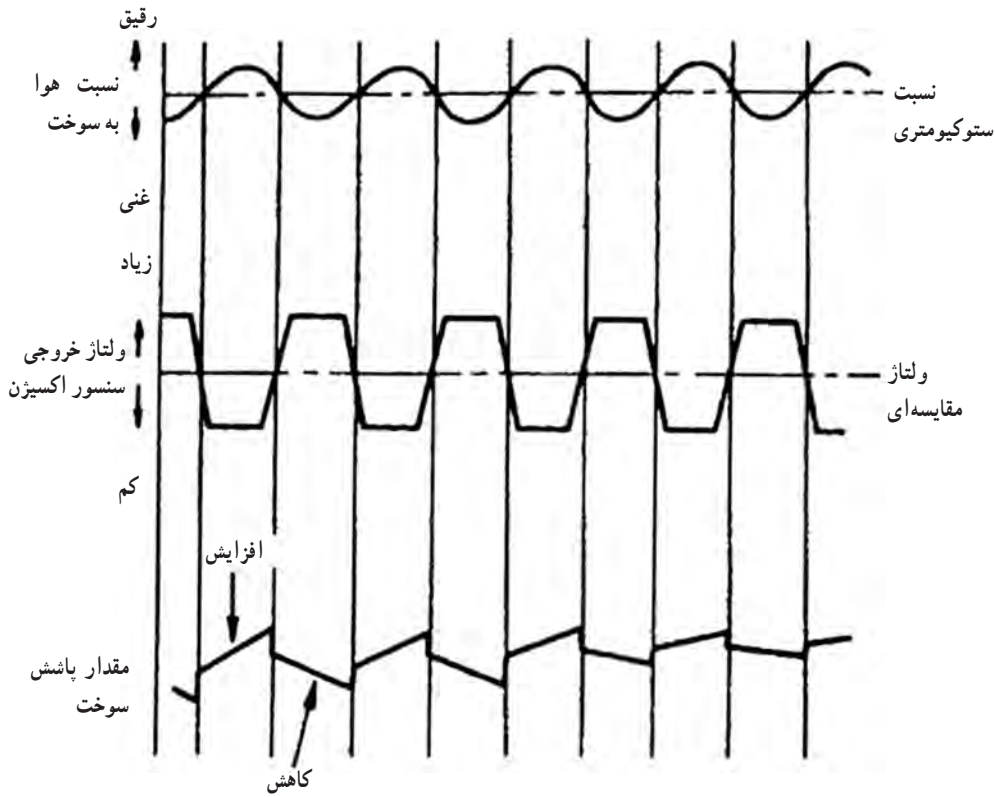
۶ــ۱۳ــ۵ــ کنترل بازخورد : پردازشگر موتور، در زمان عملکرد نرمال موتور (شامل دور آرام) انژکتورها را برای رسیدن به نسبت سوخت و هوای استوکیومتری کنترل می‌نماید، برای مطمئن شدن از راندمان ماکزیمم کاتالیست کانورتور از سیگنال سنسور اکسیژن استفاده می‌گردد (شکل ۵۵ــ۵).



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.

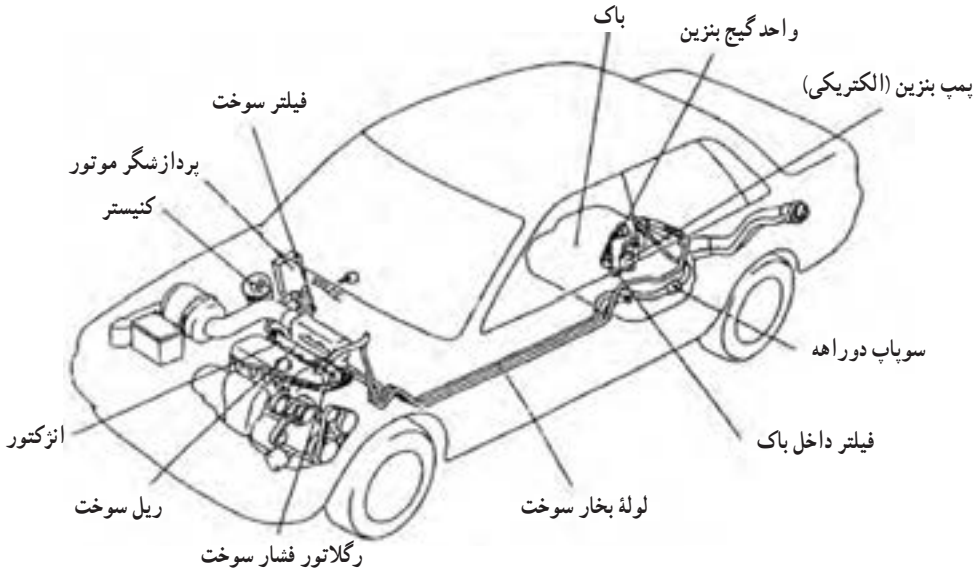
۳ــ در زمان شتاب‌گیری / ترمزگیری

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.



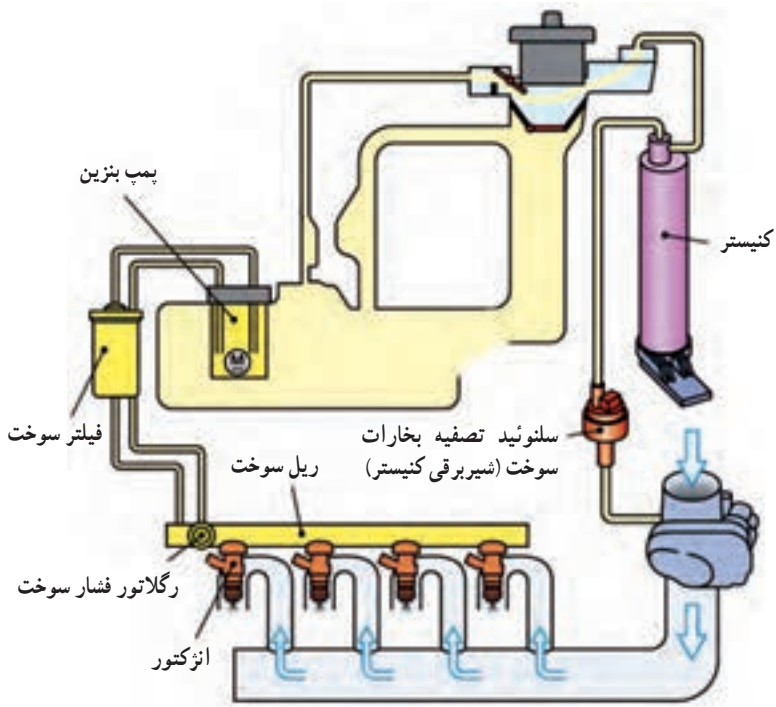
شکل ۵۷ــ۵

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

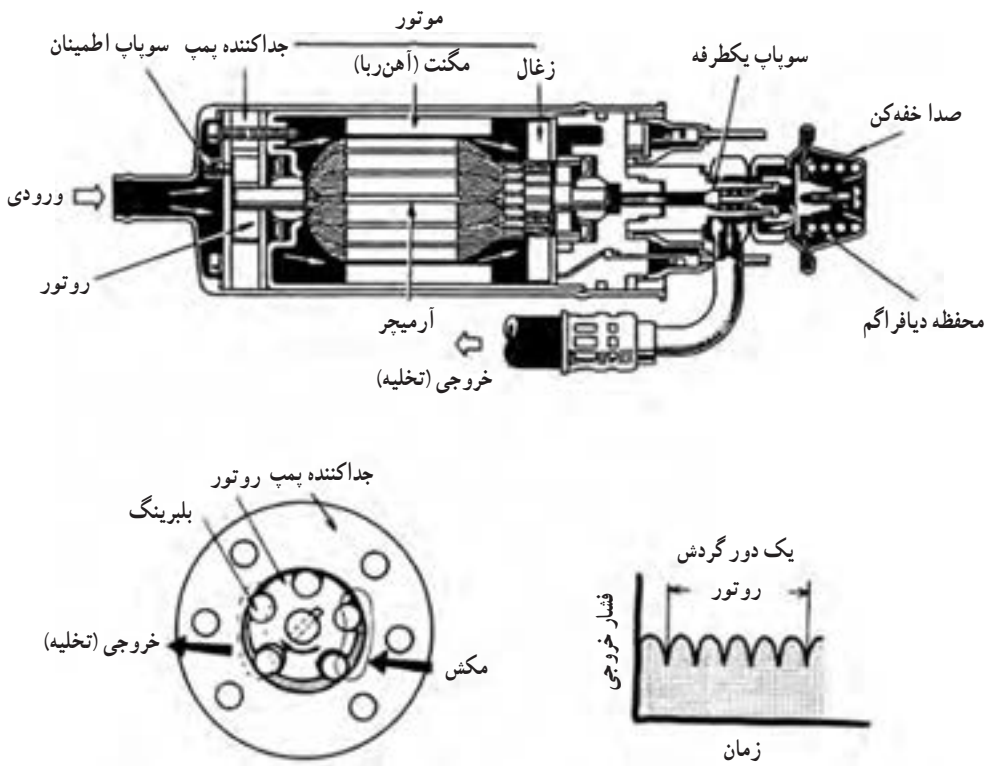
۱ــ IN – TANK TYPE

۲ــ IN– LINE TYPE

۳ــ Check Valve

۴ــ Relief Valve

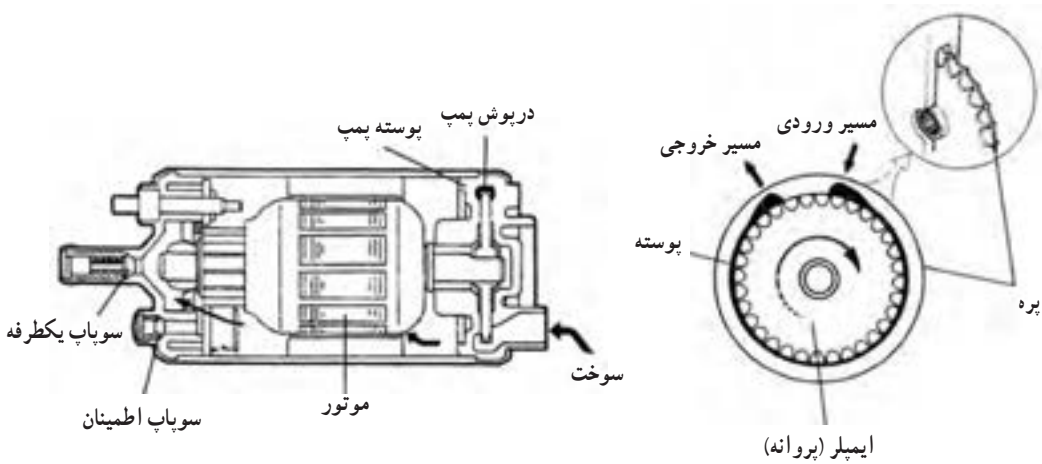
صدا خفه‌کن می‌باشد. صدا خفه‌کن ضربان فشار سوخت تولید شده توسط پمپ را جذب نموده و صدای پمپ را کاهش می‌دهد.



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.



شکل ۶۰ــ۵

ب) سوپاپ اطمینان: یک سوپاپ اطمینان برای محدود کردن ماکزیمم فشار خروجی پمپ بنزین تهیه شده است. در ضمن برای جلوگیری از شکستگی لولهٔ سوخت ارسالی و نشتی بنزین، در زمانی که لوله ارسال سوخت و فیلتر بنزین مسدود می‌گردد، بنزین تحت فشار به باک برگشت داده می‌شود.

سوپاپ اطمینان در زمانی که فشار سمت ارسال سوخت به {۷۱psi تا ۵۰ و kgf/cm^2 ۵۰ تا ۳۵} ۴۹۰–۳۴۰kpa می‌رسد سوخت تحت فشار را مستقیماً به باک برمی‌گرداند.

ج) مدار تغذیه (برق) پمپ بنزین: در خودروهای مجهز به سیستم کنترل الکترونیکی پاشش بنزین، پمپ بنزین فقط در زمانی که موتور روشن است عمل می‌نماید. پمپ بنزین فقط در زمانی که موتور شروع به استارت خوردن می‌نماید عمل می‌نماید. در بعضی از خودروها پمپ بنزین با بازکردن سوئیچ استارت به مدت ۳ تا ۵ ثانیه روشن می‌ماند و سپس خاموش می‌گردد و پس از روشن شدن موتور پمپ بنزین کار می‌کند.

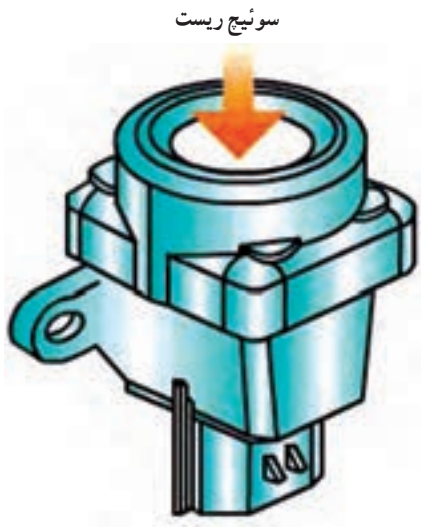
در بعضی از خودروها از یک سیستم اتوماتیک قطع سوخت[۱] (سوئیچ اینرسی[۲]) در مدار الکتریکی بین رله و پمپ بنزین استفاده شده است. شکل ۶۱ــ۵ که برای جلوگیری از آتش گرفتن خودرو در زمان تصادف می‌باشد. این سیستم در صورت واردشدن ضربه، جریان الکتریکی پمپ بنزین

۱ــ Auto Fuel Cut System

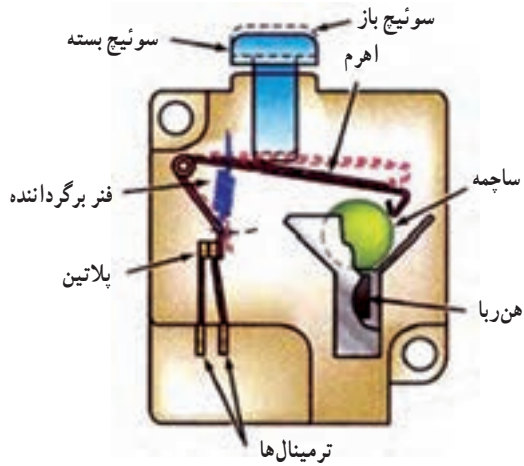
۲ــ Inertia Switch

را قطع می‌نماید و محل قرار گرفتن آن در محفظه موتور یا زیر داشبورد می‌باشد. در صورت واردشدن ضربه ضربه یا تصادف ساچمه به سمت بالا حرکت کرده و به صفحهٔ متحرک فشار وارد می‌کند و پلاتین‌ها باز شده و جریان الکتریکی پمپ بنزین قطع می‌گردد.

توجه : پس از عمل نمودن سیستم اتوماتیک قطع سوخت، لازم است سوئیچ ریست[1] را بعد از تعویض سنسور یا تصادف، فشار دهید در غیر این‌صورت موتور روشن نمی‌شود (شکل ۶۴ــ۵).



شکل ۶۲ــ۵



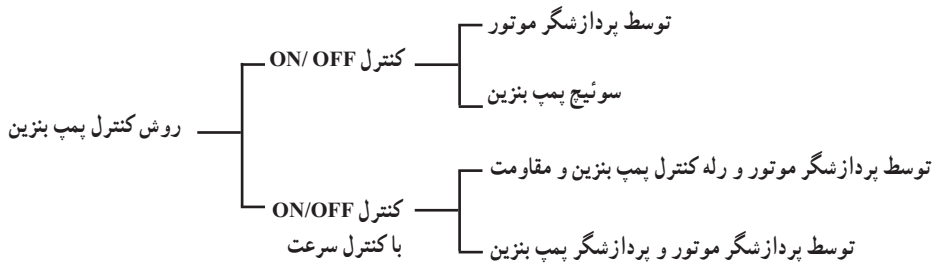
شکل ۶۱ــ۵

در بعضی از خودروها رله پمپ بنزین و رله کنترل موتور به‌صورت یک مجموعه ساخته شده است (شکل ۶۳ــ۵).

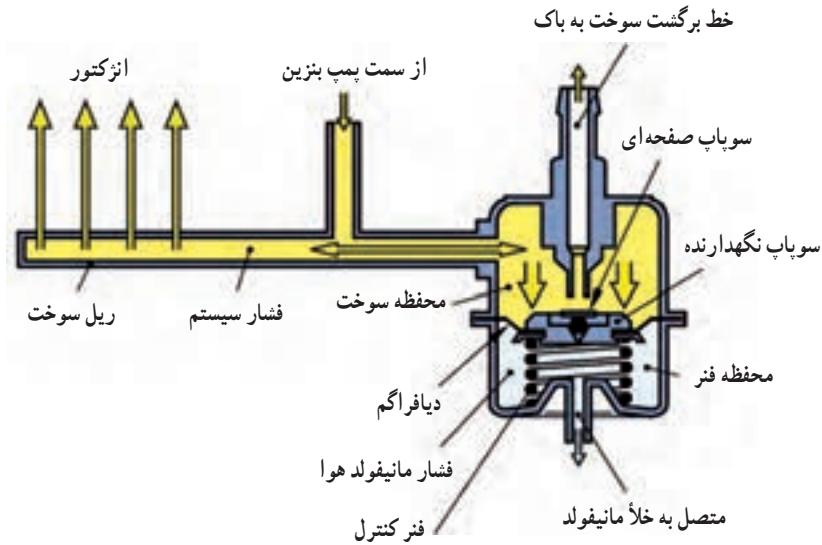
شکل ۶۳ــ۵

۱ــ Reset Switch

در خودروها پمپ بنزین به روش زیر کنترل می گردد.



۲ــ ۱۴ــ۵ــ رگلاتور فشار سوخت[1] : در شکل ۶۴ــ۵ موقعیت قرارگیری رگلاتور فشار سوخت نشان داده شده است. در این سیستم لوله برگشت سوخت اضافی به باک وجود دارد.



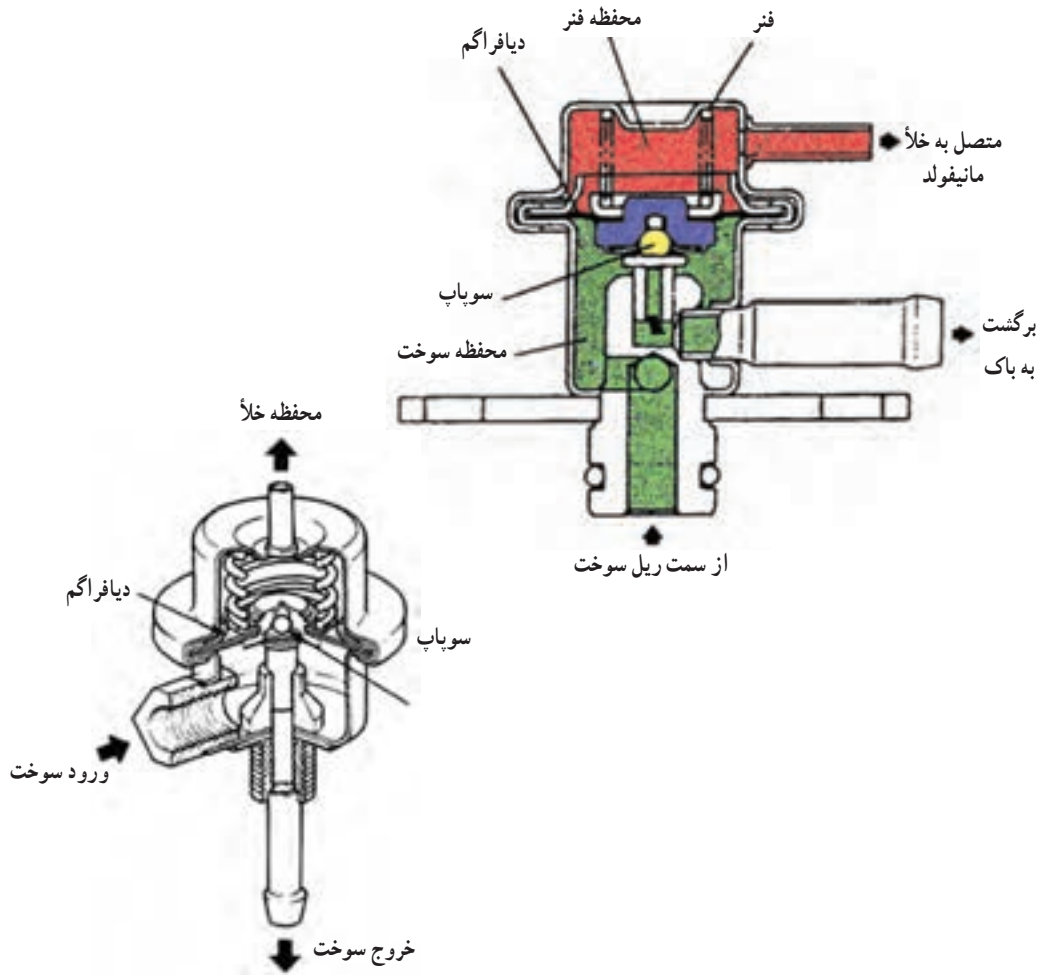
شکل ۶۴ــ۵

ساختمان رگلاتور فشار سوخت: فضای داخلی رگلاتور فشار سوخت با استفاده از یک دیافراگم به دو قسمت محفظه خلأ (قسمت فنر) و محفظه سوخت تقسیم می‌شود. سوخت ارسال شده

۱ــ Fuel Pressure Regulator

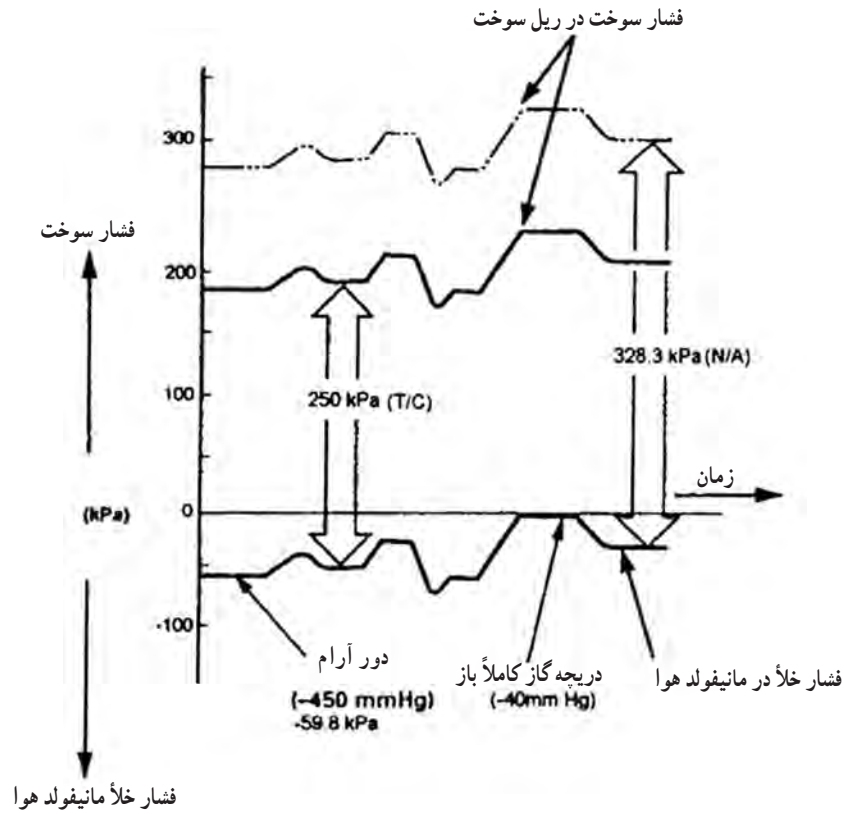
از پمپ بنزین وارد محفظه سوخت رگلاتور فشار سوخت شده، سوپاپ متصل به دیافراگم را به سمت بالا حرکت داده تا با نیروی فنر در قسمت محفظه خلأ به تعادل برسد. سوخت اضافی از طریق سوپاپ به باک برگردانده می‌شود. محفظه خلأ رگلاتور فشار سوخت از طریق شیلنگ به مانیفولد هوای ورودی متصل می‌باشد (شکل ۶۵ــ۵).

عملکرد رگلاتور فشار سوخت: رگلاتور فشار سوخت یک سوپاپ تنظیم کننده فشار سوخت است که عملکرد آن ثابت نگه داشتن فشار سوخت با توجه به خلأ مانیفولد هوای ورودی می‌باشد. تغییر فشار در ریل سوخت برروی حجم پاشش سوخت تأثیر دارد.



شکل ۶۵ــ۵

مقدار پاشش سوخت و فشار سوخت : در زمان ثابت بودن خیز انژکتور (وصل بودن جریان الکتریکی به انژکتورها) فشار سوخت زیاد در ریل سوخت مقدار پاشش سوخت را افزایش و فشار سوخت ضعیف باعث کاهش مقدار پاشش سوخت می‌گردد. در شکل ۶۶ــ۵ رابطه بین فشار سوخت و خلأ مانیفولد به نمایش درآمده است.

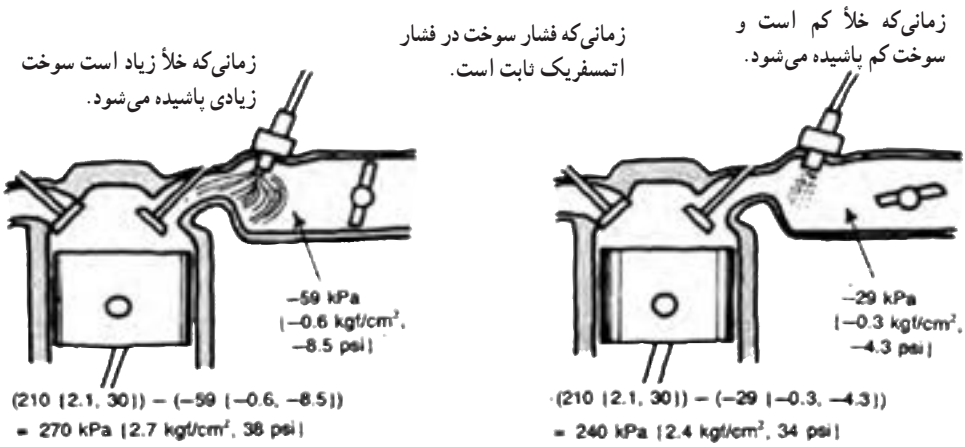


شکل ۶۶ــ۵

مقدار پاشش سوخت توسط زمان وصل بودن جریان الکتریکی به انژکتورها کنترل می‌گردد و فشار خط سوخت همیشه باید ثابت باشد.

اگر سوخت پاشیده شده به مانیفولد ورودی با توجه به فشار اتمسفریک[۱] (جو) ثابت شود، مقدار سوخت پاشیده شده با توجه به تغییرات خلأ مانیفولد ورودی افزایش یا کاهش می‌یابد (شکل ۶۷ــ۵).

۱ــ Atmospheric Pressure

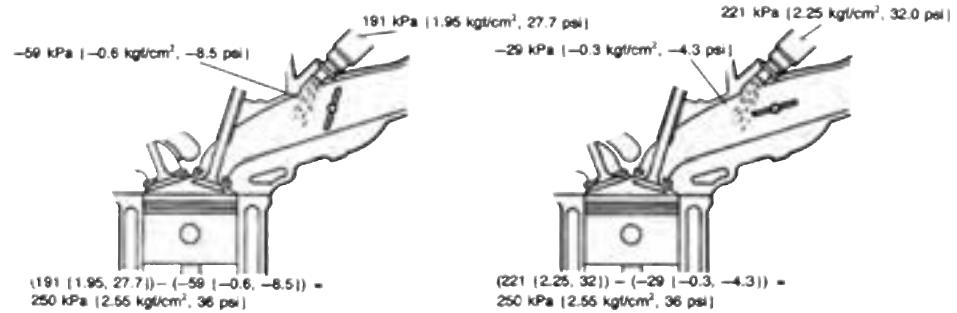


شکل ۶۷ــ۵

بنابراین خلأ مانیفولد را به محفظه خلأ رگلاتور فشار وصل می‌نمایند و فشار سوخت در حدود ۲۵۰ kpa {۲/۵۵ kgf/cm^2، ۳۶/۳ psi} بیشتر از خلأ مانیفولد ورودی ثابت نگه داشته می‌شود (شکل ۶۸ــ۵).

در ضمن زمانی‌که سوپاپ رگلاتور فشار باز می‌شود، سوخت اضافی از طریق لوله برگشت به باک برگردانده شده و فشار خط سوخت تنظیم می‌گردد.

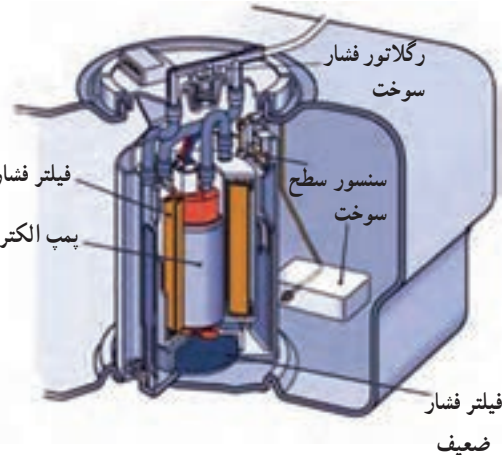
فشار سوخت توسط فشار مانیفولد تنظیم می‌گردد.



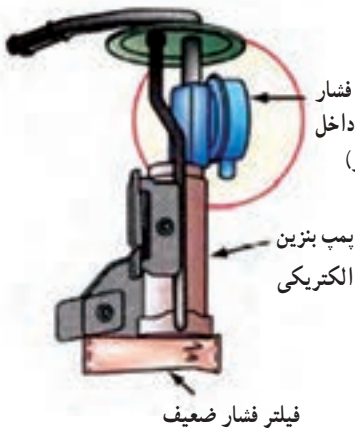
شکل ۶۸ــ۵

رگلاتور نصب شده داخل باک : امروزه در خودروهای جدید از سیستم سوخت‌رسانی بدون لوله برگشت سوخت استفاده می‌نمایند. در این خودروها فشار پشت انژکتورها از فشار داخل مانیفولد هوا مستقل می‌باشد.

فشار سیستم سوخت توسط فنر و دیافراگم ثابت نگه داشته می‌شود. سوخت اضافی مستقیماً به باک برگردانده می‌شود. در سیستم‌های بدون جریان برگشت بنزین، به دلیل آن‌که سیستم در یک فشار تغذیه ثابت عمل می‌کند، پردازشگر موتور قادر است که زمان پاشش انژکتورها را با دقت فراوان برحسب فشار مانیفولد هوای ورودی (با استفاده از سنسور فشار مانیفولد هوا) تنظیم کند. در این حالت فشار مانیفولد هوا توسط پردازشگر موتور در امر کنترل پاشش سوخت منظور می‌گردد. برخلاف سیستم‌های قبلی که این عمل توسط رگلاتور انجام می‌گیرد (شکل ۶۹ــ۵ و ۷۰ــ۵).



شکل ۶۹ــ۵



شکل ۷۰ــ۵

۳ــ۱۴ــ۵ــ ریل سوخت : ریل سوخت، سوخت را به انژکتورهایی که به آن متصل شده‌اند تقسیم می‌نماید. همچنین افت و خیزهای اندک و احتمالی زمان پاشش انژکتورها را جذب می‌نماید (شکل ۷۱ــ۵).

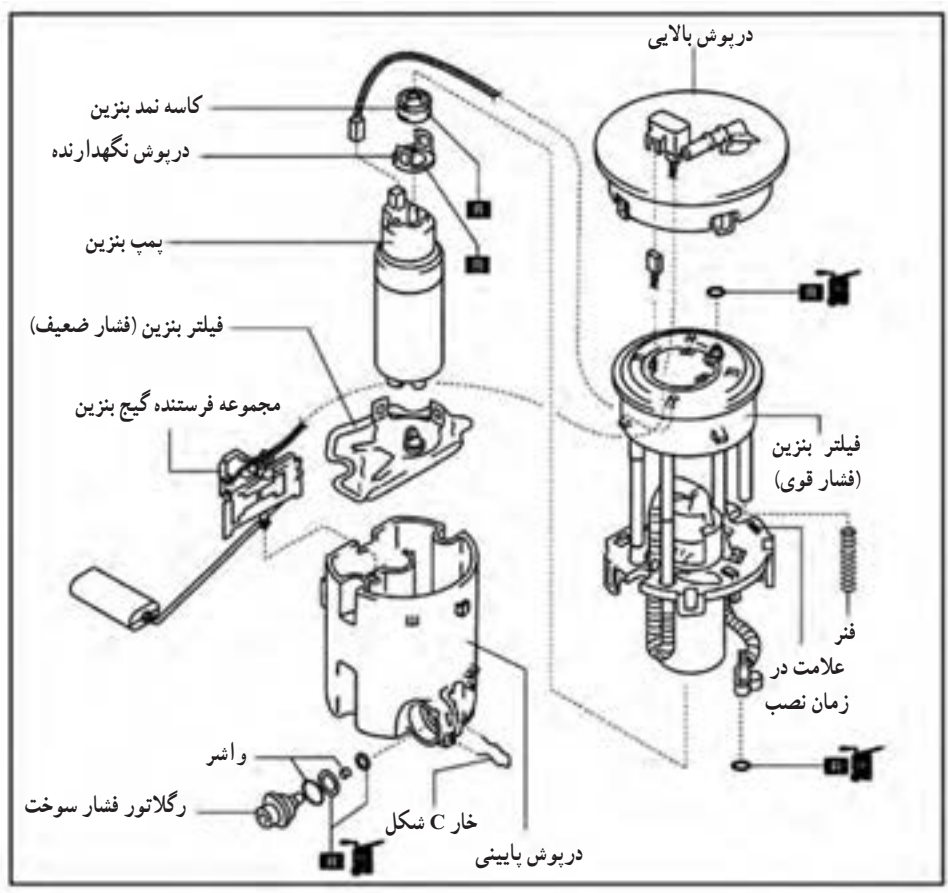
شکل ۷۱ــ۵

۴ــ۱۴ــ۵ــ فیلتر بنزین : فیلتر بنزین به‌منظور خارج نمودن دی‌اکسید آهن، خاک و دیگر مواد خارجی از سوخت به‌کار می‌رود. با این اقدام از گرفتگی لوله‌های سوخت، انژکتورها و در نهایت فرسایش موتور جلوگیری می‌شود (شکل ۷۲ــ۵).

شکل ۷۲ــ۵

فیلتر بنزین با توجه به مناطق استفاده از خودرو از بیست هزار تا یکصد هزار کیلومتر باید تعویض گردد. فیلتر بنزین فشار قوی در مسیر فشاری بنزین از پمپ بنزین به ریل سوخت قرار گرفته است. زمانی که فشار سوخت ۲۰۰ تا ۳۰۰ کیلو پاسکال (kpa) است، فیلتر بنزین باید بتواند فشار ۵۴۰ کیلو پاسکال و بیشتر را تحمل نماید. در بعضی از خودروها فیلتر بنزین با پمپ بنزین ترکیب شده و به‌صورت یک مجموعه در داخل باک قرار گرفته است.

فیلتر بنزین فشار ضعیف قبل از پمپ بنزین نصب می‌گردد و به شکل یک توری می‌باشد (شکل ۵ــ۷۳).



شکل ۵ــ۷۳

۵ــ۱۴ــ۵ــ انژکتور سوخت

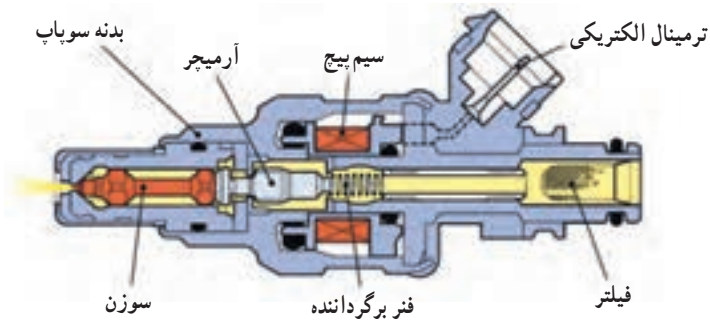
انژکتور یک عملگر الکترومگنتی[1] است که سوخت را مطابق با سیگنال دریافتی از پردازشگر

۱ــElectro magnetically

موتور پاشش می‌کند. زمانی‌که جریان الکتریکی که توسط پردازشگر موتور کنترل می‌گردد به سیم‌پیچ می‌رسد، یک میدان مغناطیسی به‌وجود آمده که باعث حرکت آرمیچر به سمت سیم‌پیچ (سمت راست) می‌شود. این عمل باعث بلندشدن سوزن از محل خود و در نتیجه پاشش سوخت می‌گردد (شکل ۷۴ــ۵).

کورس سوزن بسته به نوع طراحی از (۰/۱mm ~ ۰/۰۵ میلی‌متر) می‌باشد. زمانی‌که پردازشگر موتور جریان الکتریکی را بعد از ۱۸ms ــ ۱/۵ (میلی ثانیه) قطع می‌نماید، میدان مغناطیسی از بین رفته و فنر برگرداننده، سوزن را به محل نشیمنگاه خود برمی‌گرداند. پاشش سوخت بستگی به شرایط زیر دارد :

- زمان باز شدن سوپاپ ورودی موتور
- کمیت سوخت پاشیده شده در واحد زمان (سوپاپ ثابت)
- دانسیته سوخت
- فشار سوخت



شکل ۷۴ــ۵

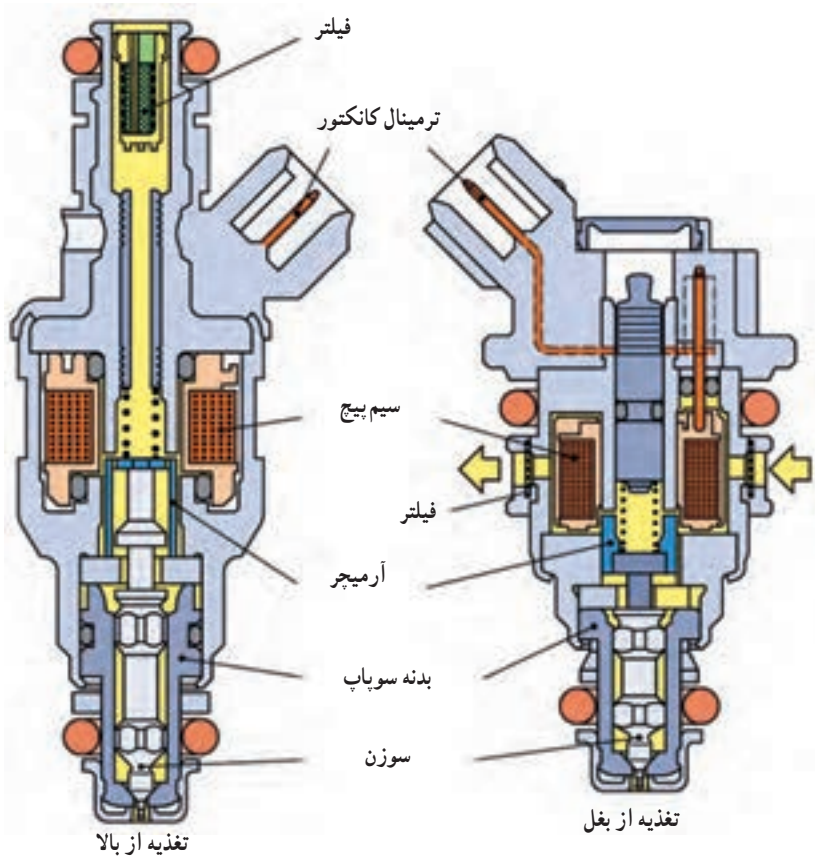
انژکتورها از نظر تغذیه سوخت به دو نوع تغذیه از بالا[1] و تغذیه از بغل[2] تقسیم‌بندی می‌گردند (شکل ۷۸ــ۵).

اگر سوخت از بالای انژکتور تغذیه گردد به انژکتور نوع تغذیه از بالا معروف می‌باشد که توسط یک اورینگ از بالای انژکتور در ریل سوخت و یک اورینگ از پایین در مانیفولد هوای ورودی آب‌بندی می‌گردد. این نوع انژکتورها دارای آب‌بندی راحت‌تر و بازوبست سریع‌تر می‌باشند (شکل ۷۵ــ۵).

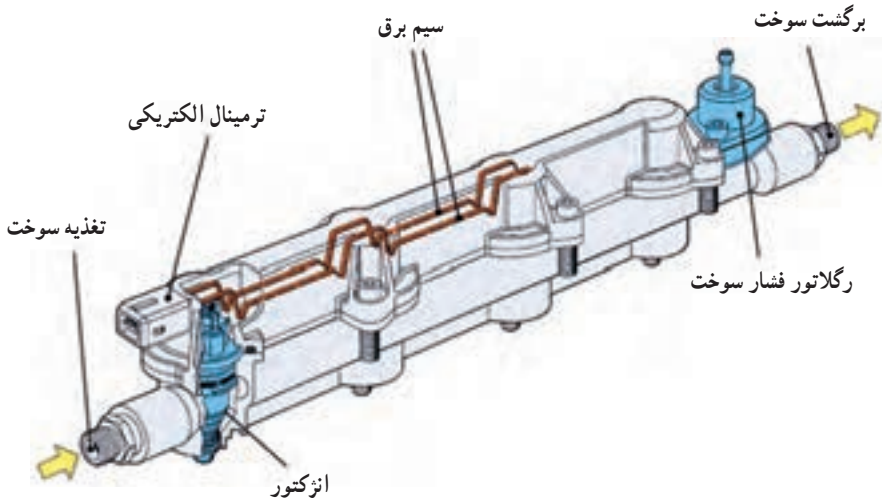
اگر سوخت از کنار انژکتور تغذیه گردد به انژکتور نوع تغذیه از بغل معروف می‌باشد. این نوع انژکتورها از طریق سوخت خنک‌کاری بهتری شده و باعث زودتر روشن شدن موتور گرم می‌شوند (شکل ۷۶ــ۵).

۱ــ Top– Feed Type

۲ــ Side– Feed Type



شکل ۷۵ــ۵ــ انژکتور تغذیه از بالا سمت چپ و انژکتور تغذیه از بغل سمت راست



شکل ۷۶ــ۵ــ انژکتور تغذیه از بغل با ریل سوخت مربوطه

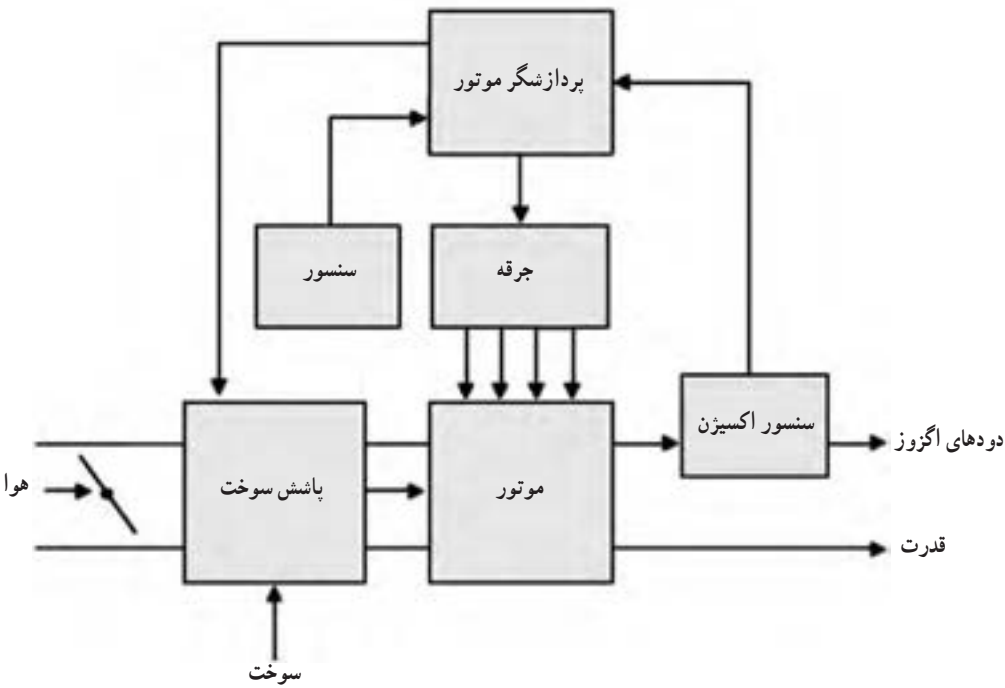
تقسیم‌بندی انژکتورها از نظر مقاومت سیم‌پیچ : انژکتورها از نظر مقاومت سیم‌پیچ به دو نوع مقاومت پایین و مقاومت بالا تقسیم‌بندی می‌گردند.

۱ــ انژکتور مقاومت پایین[1] *:* مقاومت سیم‌پیچ این نوع از انژکتورها در حدود (اهم) ۳Ω ــ ۰/۳ می‌باشد.

۲ــ انژکتور مقاومت بالا[2] *:* مقاومت سیم‌پیچ این نوع از انژکتورها در حدود ۱۷ــ۱۲ (اهم) Ω می‌باشد. مزیت این نوع از انژکتورها از لحاظ هزینه‌های نگهداری و آسان‌تر بسته شدن برروی موتور می‌باشد.

۱۵ــ۵ــ سنسورها

۱ــ عمومی : در شکل (۷۷ــ۵) سیستم کنترل موتور (مدیریت موتور) نشان داده شده است. سوخت و هوا وارد موتور می‌گردد و نیروی مکانیکی و دود اگزوز خارج می‌گردد.



شکل ۷۷ــ۵

۱ــ Low– Resistance

۲ــ High– Resistance

سنسورها وضعیت متغیر موتور را اندازه‌گیری نموده و به صورت سیگنال به پردازشگر موتور ارسال می‌نمایند، پردازشگر موتور پس از تجزیه و تحلیل اطلاعات، سیگنال‌های خروجی الکتریکی برای راه‌اندازی عملگرهای مختلف برطبق وضعیت عملکردی موتور و رانندگی ارسال می‌نماید.

انواع مختلفی از سنسورها، اندازه‌گیری‌های مختلفی مانند جریان هوا، فشار مانیفولد و درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور، دمای هوای ورودی ، زاویه میل‌لنگ و میل سوپاپ، دور موتور، مقدار اکسیژن در دودهای خروجی، زاویه دریچه گاز، خودسوزی و ...را انجام می‌دهند.

۱ــ۱۵ــ۵ــ سنسور فشار[۱] : در جدول شماره ۴ــ۵ انواع سنسورهای مختلف فشار که در کنترل موتور استفاده می‌گردد، نشان داده شده است که معمولاً برای فشار مانیفولد هوای ورودی، فشار روغن موتور و... استفاده می‌شود.

جدول ۴ــ۵

نام سنسور	محدودهٔ اندازه‌گیری فشار	نوع فشار
سنسور فشار مانیفولد (MAP)	۱۰۰kpa	فشار مطلق [۲]
Turbo boost pressure	۲۰۰kpa	فشار مطلق
فشار آتمسفریک [۳] (ارتفاع از سطح دریا)	۱۰۰kpa	فشار مطلق
فشار EGR	۷.۵ PSI	فشار گیج
فشار سوخت	۲.۵ bar ــ ۳.۵ bar	فشار گیج
فشار بخار سوخت	۱۵ inH_2o	فشار گیج
نسبت (درصد) هوای ورودی		فشار gap
فشار احتراق	۱۰۰ Bar ــ ۱۶.۷ Mpa	فشار gap
فشار گازهای خروجی	۱۰۰kpa	فشار گیج
فشار هوای ثانویه [۴]	۱۰۰kpa	فشار گیج

۱ــ Pressure Sensor

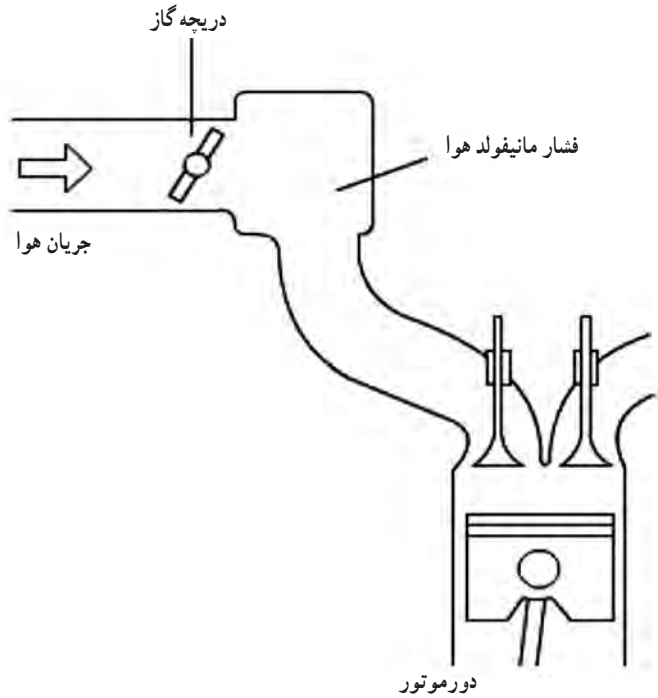
۲ــ Absolute Pressure

۳ــ Atmospheric Pressure (altitude)

۴ــ Second air Pressure

از فشار مانیفولد هوای ورودی غیر مستقیم برای اندازه‌گیری نسبت هوای ورودی استفاده می‌نمایند. در سیستم‌های جرقه قدیمی از فشار خلأ اطراف دریچه گاز برای اندازه‌گیری زاویه تایمینگ جرقه استفاده می‌کردند.

۱ــ مشخصات فشار مانیفولد هوای ورودی و سنسور MAP : در شکل ۷۸ــ۵ نمای ساده‌ای از سیستم هوای ورودی نشان داده شده است. مانیفولد هوای ورودی مسیری است که مخلوط سوخت و هوا به داخل سیلندر کشیده می‌شود.



شکل ۷۸ــ۵

در زمانی که موتور کار نمی‌کند، فشار مانیفولد هوای ورودی با فشار آتمسفریک یکسان می‌باشد. زمانی که موتور کار می‌نماید، دریچه گاز واقع در مانیفولد هوای ورودی تا یک اندازه جریان هوا را قطع می‌نماید. سپس فشار در مانیفولد هوای ورودی کاهش پیدا نموده و کمتر از فشار آتمسفریک شده و خلأ در مانیفولد هوای ورودی به‌وجود می‌آید. اگر موتور به‌صورت کامل در زمانی که دریچه گاز کاملاً بسته است کار نماید، فشار خلأ در مانیفولد هوای ورودی به فشار صفر مطلق می‌رسد، یعنی خلأ کامل. ولی در یک موتور واقعی نمی‌توان خلأ کامل را به‌دست آورد. فشار مطلق مانیفولد هوای

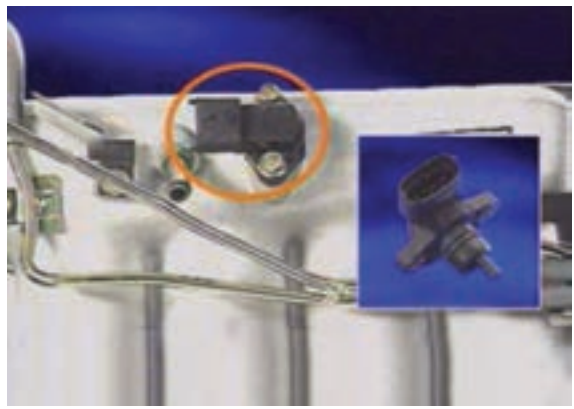
ورودی کمی بالاتر از صفر می‌باشد. حال وقتی که دریچه گاز کمی باز می‌گردد، فشار مانیفولد هوای ورودی تقریباً به فشار آتمسفریک می‌رسد.

۲ــ فشار بارومتریک[۱]: از سنسور فشار بارومتریک برای تعیین دانسیته هوا استفاده می‌گردد. زمانی‌که ارتفاع افزایش می‌یابد، دانسیته هوا کاهش پیدا می‌نماید، در نتیجه نرخ هوای ورودی کاهش می‌یابد. بنابراین با افزایش ارتفاع نرخ هوای ورودی برای ثابت نگه‌داشتن دور آرام باید افزایش پیدا نماید.

به همین‌منظور تایمینگ جرقه باید مطابق با دانسیته هوا تنظیم گردد و همچنین برای تصحیح عملکرد سوپاپ EGR و تنظیم دور آرام استفاده گردد. از اندازه فشار بارومتریک برای تنظیم کردن دانسیته هوا که با تغییرات ارتفاع یا آب و هوا به‌وجود می‌آید، استفاده می‌نمایند.

۳ــ سنسور اندازه‌گیر فشار:

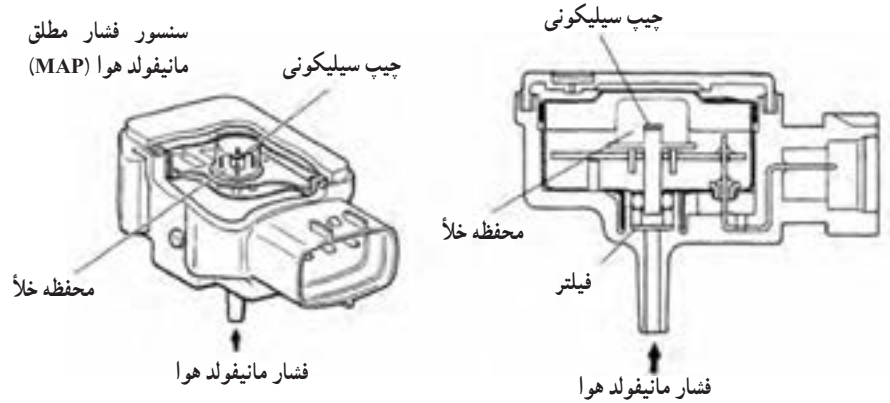
سنسور فشار مطلق مانیفولد[۲] به دو شیوه روی مانیفولد هوا نصب می‌گردد که مستقیماً (شکل ۷۹ــ۵) یا توسط یک شیلنگ به مانیفولد هوای ورودی متصل می‌شود (شکل ۸۰ــ۵) و به انواع سنسور MAP، سنسور MAP و IAT، سنسور فشار باک سوخت، سنسور فشار بارومتریک، سنسور فشار توربوشارژر، سنسور نظارت EGR تقسیم‌بندی می‌گردد.



شکل ۷۹ــ۵

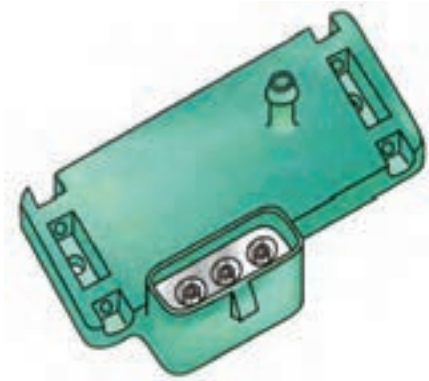
۱ــ Barometric Pressure Sensor

۲ــ Manifold Abosolute Pressure Sensor



شکل ۸۰ــ۵

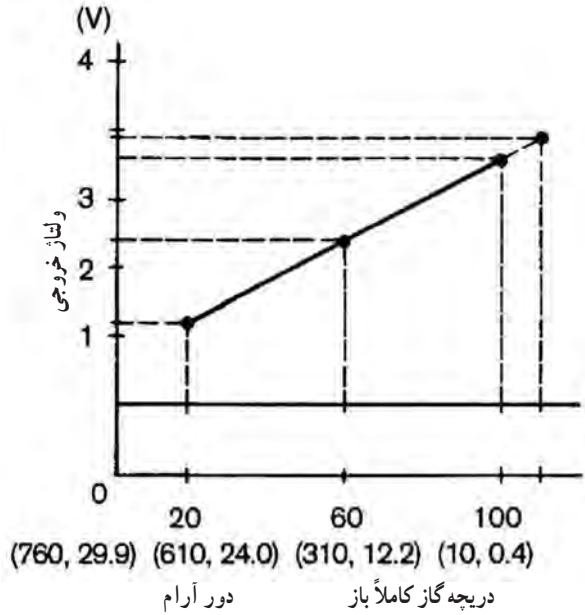
سنسور مانیفولد هوا از طریق سه سیم به پردازشگر موتور متصل می‌باشد. یکی از سیم‌ها یک ولتاژ ثابت ۵ ولتی از طریق پردازشگر موتور به سنسور فشار مطلق مانیفولد هوای ورودی ارسال می‌نماید، سیم دیگر برای ارسال سیگنال به پردازشگر موتور و دیگری سیم اتصال بدنه است. در داخل بعضی از این سنسورها از یک دیافراگم سیلیکونی استفاده شده است (شکل ۸۱ــ۵).



شکل ۸۱ــ۵

زمانی که موتور در دور آرام است و خلأ موتور زیاد می‌باشد، یک سیگنال یک ولتی به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد و زمانی که دریچه گاز کاملاً باز است، خلأ کاهش یافته و تقریباً ولتاژ ۴/۵ ولت از طریق سنسور به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد (شکل ۸۲ــ۵).

پردازشگر موتور با استفاده از ولتاژ خروجی این سنسور برای تصحیح حجم پاشش سوخت متناسب با فشار مطلق مانیفولد استفاده می‌نماید.

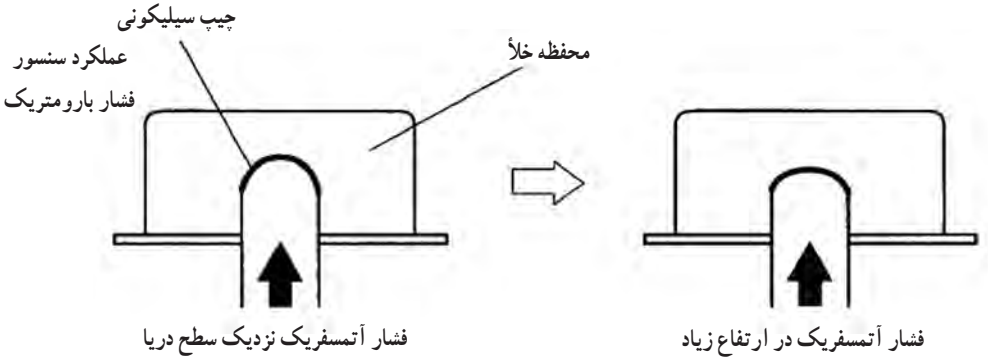


شکل ۸۲ــ۵

سنسور فشار بارومتریک[1] : سنسور فشار بارومتریک در بعضی از خودروهای جدید در داخل پردازشگر موتور ساخته شده است. سنسور فشار بارومتریک از عنصر نیمه رسانا ساخته شده که ولتاژ خروجی را مطابق با فشار آتمسفر به پردازشگر موتور ارسال می‌نماید. پردازشگر موتور با استفاده از ولتاژ خروجی این سنسور که ارتفاع را حس می‌نماید و حجم پاشش سوخت را متناسب با نسبت سوخت و هوا در آن ارتفاع تنظیم می‌نماید (شکل ۸۳ــ۵ و ۸۴ــ۵).

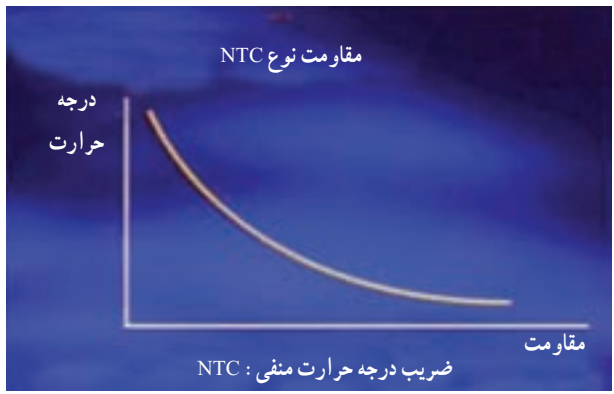
شکل ۸۳ــ۵

۱ــ Barometric Pressure Sensor



شکل ۸۴ــ۵

۲ــ۱۵ــ۵ــ سنسور درجه حرارت: از سنسورهای درجه حرارت برای کنترل موتور استفاده می‌نمایند که شامل سنسور درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور[۱]، سنسور درجه حرارت هوای ورودی[۲]، سنسور درجه حرارت روغن[۳] و سنسور درجه حرارت سوخت (برای خودروهای دیزل) می‌باشند. بیشتر این سنسورها از نوع ترمیستور NTC[۴] می‌باشند. در این نوع از سنسورها با افزایش درجه حرارت مقاومت آنها کاهش می‌یابد (شکل ۸۵ــ۵).



شکل ۸۵ــ۵

۱ــ Coolant Temperatare Sensor

۲ــ Air Temperatare Sensor

۳ــ Oil Temperatare Sensor

۴ــ NTC (Negative Temperature Coefficient)

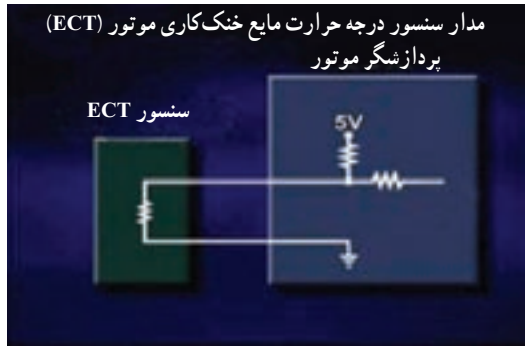
در شکل۸۶ــ۵ و ۱ــ۸۷ــ۵ و ۲ــ۸۷ــ۵ سنسور درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور و سنسور درجه حرارت هوای موتور نشان داده شده است. سنسور درجه حرارت مایع‌خنک‌کاری موتور در بیشتر موتورها در مسیر آب خروجی موتور به رادیاتور بسته می‌شود. سنسور درجه حرارت هوای ورودی در مسیر هوای ورودی روی مانیفولد هوا بسته می‌شود. در بعضی از سیستم‌های انژکتوری سنسور درجه حرارت هوای ورودی و سنسور فشار مطلق مانیفولد به‌صورت یک مجموعه بوده و (MAP & IAT) و به روی مانیفولد مستقیماً بسته می‌شوند.

شکل ۸۶ــ۵

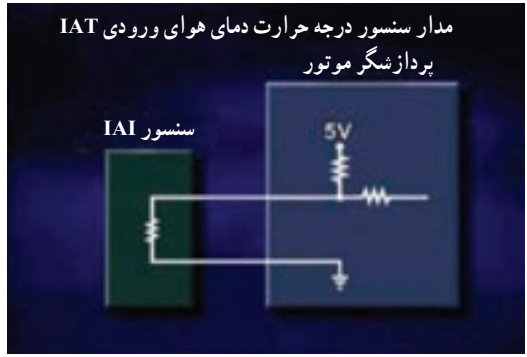
شکل ۱ــ۸۷ــ۵

شکل ۲ــ۸۷ــ۵

در سنسورهای درجه حرارت از دو سیم استفاده شده است. پردازشگر موتور یک ولتاژ ۵ ولتی به سیم سیگنال هر کدام از سنسورهای درجه حرارت (سنسور درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور و سنسور درجه حرارت هوای ورودی) تغذیه نموده و پردازشگر موتور افت ولتاژ در سنسور را محاسبه می‌نماید (شکل ۸۸ــ۵ و ۸۹ــ۵).

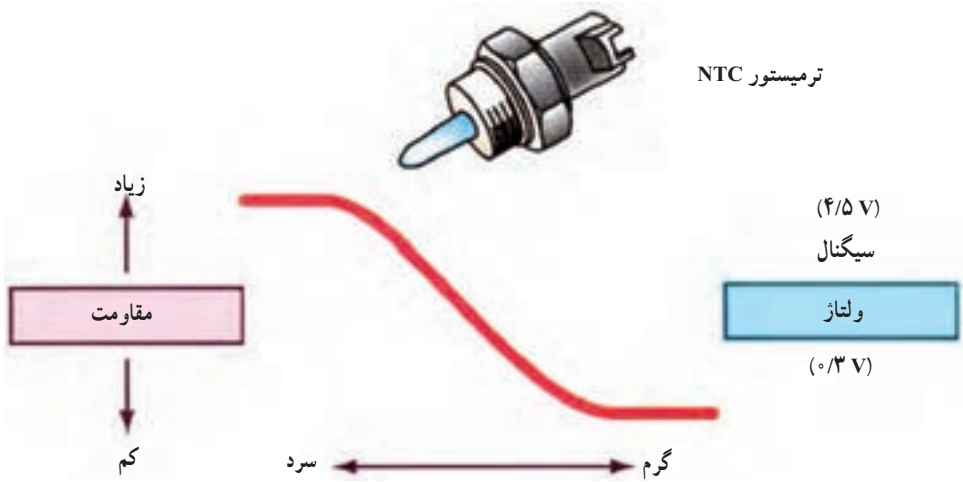


شکل ۸۸ــ۵

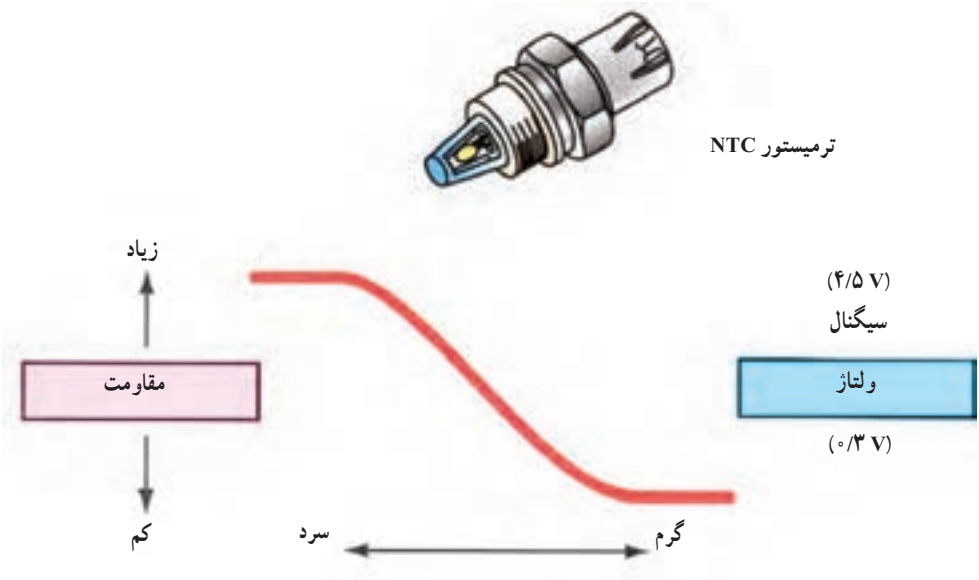


شکل ۸۹ــ۵

زمانی‌که موتور سرد است مقاومت سنسورها زیاد می‌باشد و ولتاژ در حدود ۴/۵ ولت می‌باشد و زمانی‌که موتور گرم است، مقاومت سنسور کم می‌باشد (شکل ۹۰ــ۵ و ۹۱ــ۵).



شکل ۹۰ــ۵



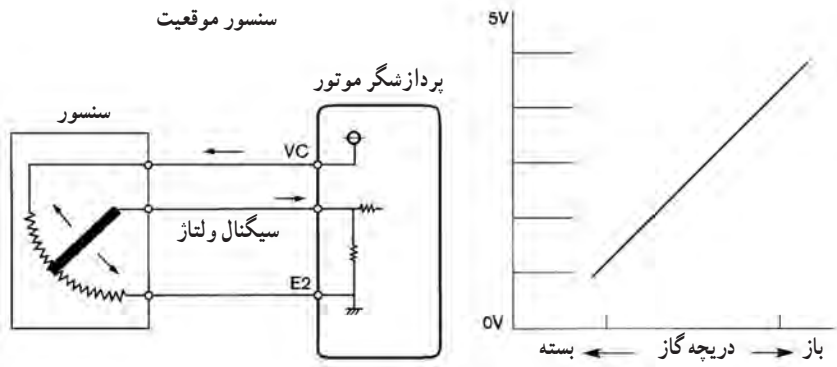
شکل ۹۱ــ۵

پردازشگر موتور از ولتاژ خروجی درجه حرارت هوای ورودی برای کنترل پاشش سوخت و کنترل تایمینگ جرقه استفاده می‌نماید و از ولتاژ خروجی درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور برای کنترل حجم پاشش سوخت و دور آرام و کنترل تایمینگ جرقه استفاده می‌نماید.

۴ــ۱۵ــ۵ــ سنسور موقعیت

۱ــ سنسور زاویه چرخش و موقعیت : اطلاعات موقعیت در سیستم کنترل موتور توسط سنسور موقعیت دریچه گاز (TPS)، سنسور دور موتور برای کنترل دور آرام، سنسور موقعیت سوپاپ EGR برای سیستم کنترل EGR، سنسور موقعیت میل‌لنگ (سنسور دور موتور CKP)، سنسور موقعیت میل سوپاپ (CMP) و ... تهیه می‌گردند. این سنسورها، اطلاعات وضعیت بار موتور را تهیه می‌نمایند و نقش بسیار مهمی در پاشش سوخت و تایمینگ جرقه، تنظیم دور آرام و کنترل EGR و... را دارند. و معمولاً به انواع پتانسیومتر، مقاومت مغناطیسی، اثرهال، القاء الکتریکی و روش نوری تقسیم‌بندی می‌گردند.

پتانسیومتر : پتانسیومتر از یک سیم مقاومت متغیر ساخته شده است که در شکل ۹۲ــ۵ نشان داده شده است. پتانسیومتر شامل یک ترمینال تغذیه برق، ترمینال اتصال بدنه و ترمینال سیگنال متصل به بازوی متحرک می‌باشد.



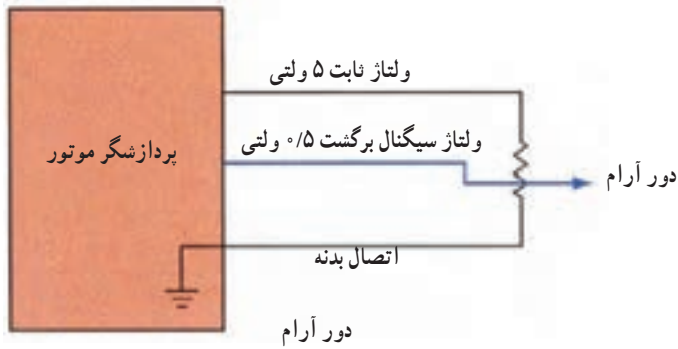
شکل ۹۲ــ۵

۲ــ سنسور موقعیت دریچه گاز[۱] **(TPS)** : سنسور موقعیت دریچه گاز روی پوسته دریچه گاز قرار می‌گیرد و مستقیماً به محور دریچه گاز متصل می‌باشد. سنسور موقعیت دریچه گاز به دو نوع تقسیم‌بندی می‌گردد.

- نوع ON/OFF
- نوع خطی

۱ــ۲ــ نوع ON/OFF

سنسور ON/OFF : در این نوع از سنسورها از سه سیم که متصل به پردازشگر موتور می‌باشد استفاده شده است. یک ولتاژ مرجع ۵ ولتی برای تغذیه استفاده شده است و همچنین دارای یک سیم سیگنال و یک سیم اتصال بدنه می‌باشد (شکل ۹۳ــ۵).



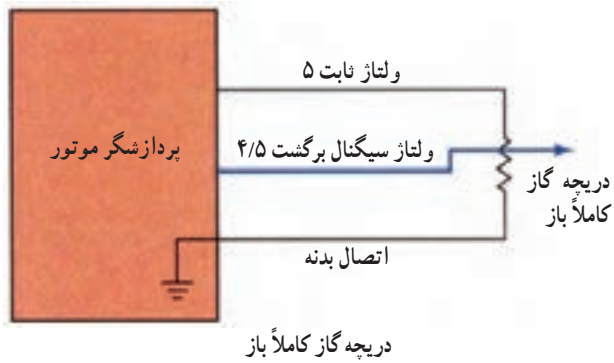
شکل ۹۳ــ۵

۱ــ Throttle Position Sensor

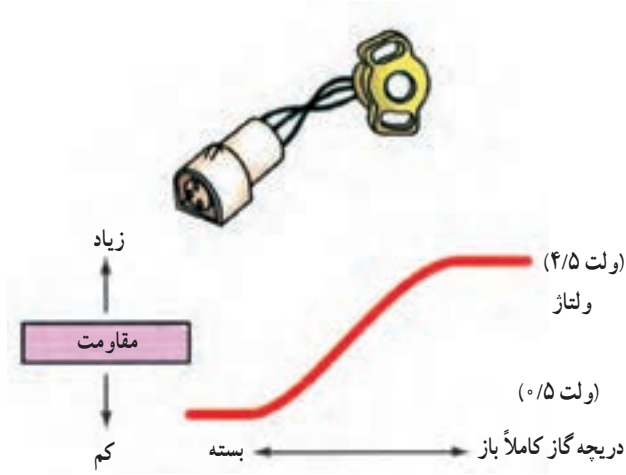
سنسور موقعیت دریچه گاز دارای یک مقاومت متغیر بوده که به شفت دریچه گاز متصل می‌باشد. یک پلاتین روی مقاومت متغیر حرکت می‌نماید.

در دور آرام ولتاژ در حدود ۰/۹ ــ ۰/۵ ولت روی سیم سیگنال می‌باشد. از روی این ولتاژ پردازشگر موتور متوجه بسته‌بودن دریچه گاز می‌گردد. در زمانی که دریچه گاز کاملاً باز است سیگنال ولتاژ در حدود ۴/۷ ــ ۳/۵ ولت می‌باشد (شکل ۹۴ــ۵).

در نوع دیگری از سنسورهای موقعیت دریچه گاز که براساس ولتاژ کار می‌نماید، در دور آرام ۰/۵ تا یک ولت و ۴/۵ ولت در زمانی که دریچه گاز کاملاً باز است ولتاژ تولید می‌گردد (شکل ۹۵ــ۵).



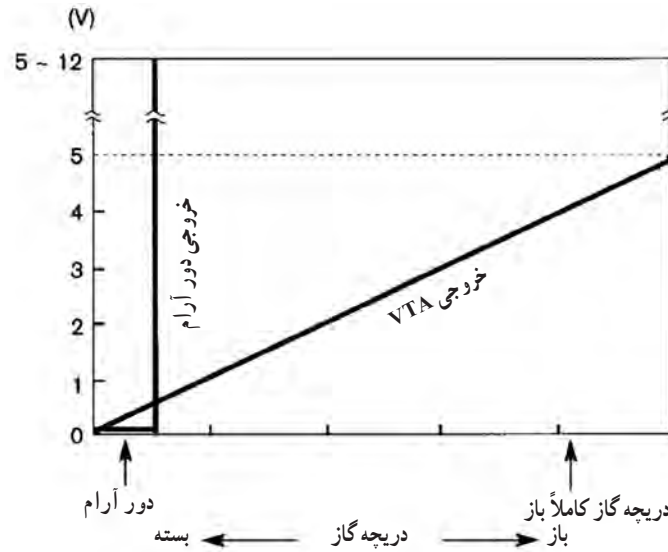
شکل ۹۴ــ۵

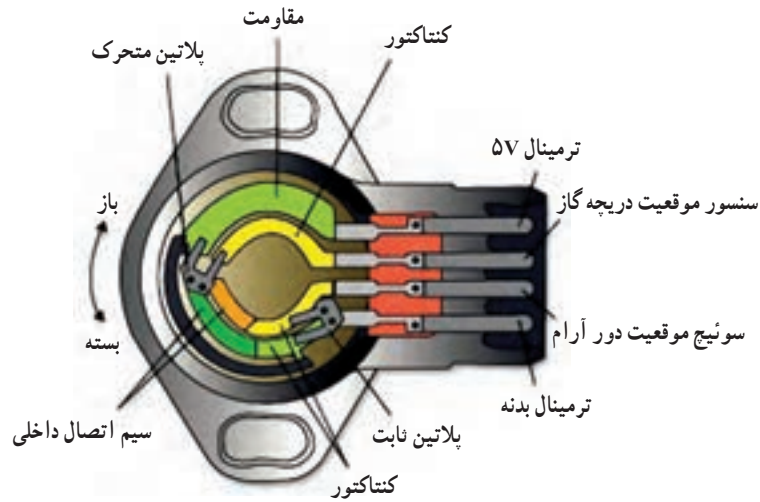


شکل ۹۵ــ۵

سنسور موقعیت دریچه گاز خطی:

در تعدادی از سنسورهای موقعیت دریچه گاز از چهار سیم استفاده شده است که یکی از آنها برای ترمینال سوئیچ موقعیت دور آرام می‌باشد. زمانی‌که دریچه گاز بسته است این سوئیچ بسته می‌باشد. در این موقعیت پردازشگر موتور صفر ولت رادر ترمینال سوئیچ موقعیت دور آرام اندازه‌گیری می‌نماید. زمانی‌که دریچه گاز باز می‌شود، این سوئیچ باز شده و ولتاژ باتری (+B) در ترمینال سوئیچ موقعیت دور آرام اندازه‌گیری می‌گردد (شکل ۹۶ــ۵).

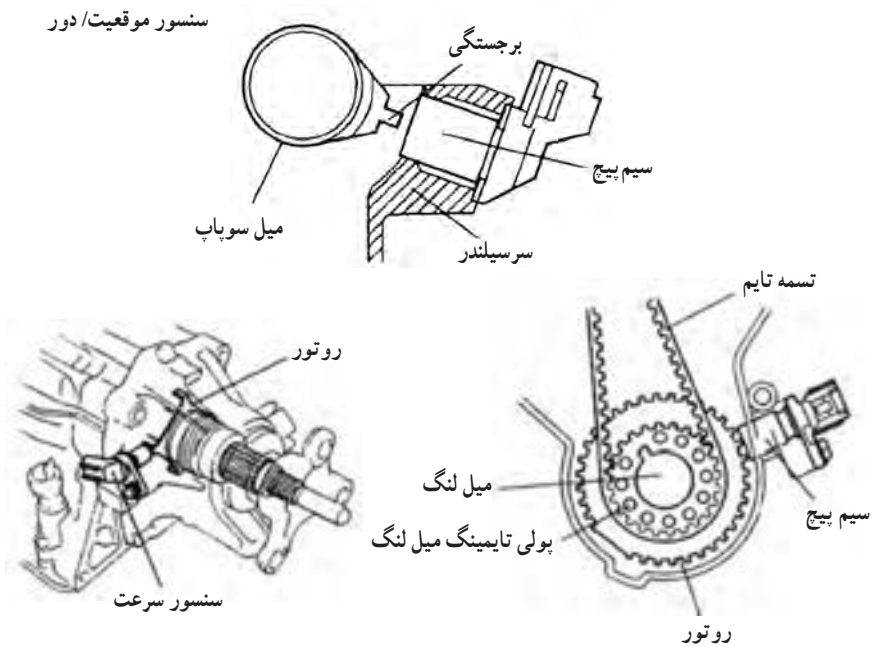




شکل ۹۶ــ۵

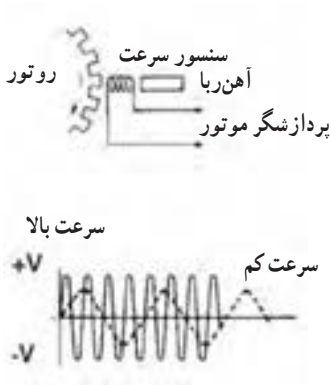
۵ــ۱۵ــ۵ــ سنسورهای دور و موقعیت : سنسورهای دور و موقعیت، اطلاعات موقعیت قطعات را برای پردازشگر موتور تهیه می‌نمایند که شامل دور قطعات و تغییرات دور قطعات می‌باشد.

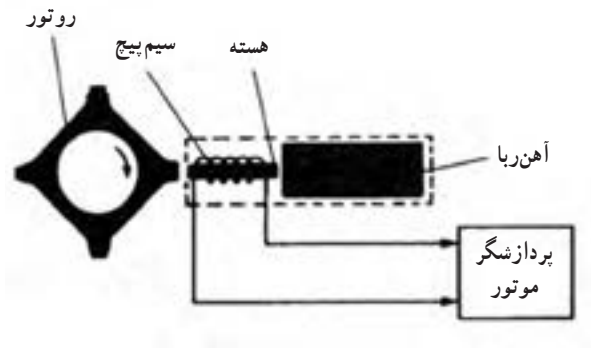
این سنسورها شامل سنسور موقعیت میل سوپاپ، سنسور دور موتور (سنسور زاویه میل‌لنگ) و نوعی از سنسور سرعت می‌باشند (شکل ۹۷ــ۵)



شکل ۹۷ــ۵

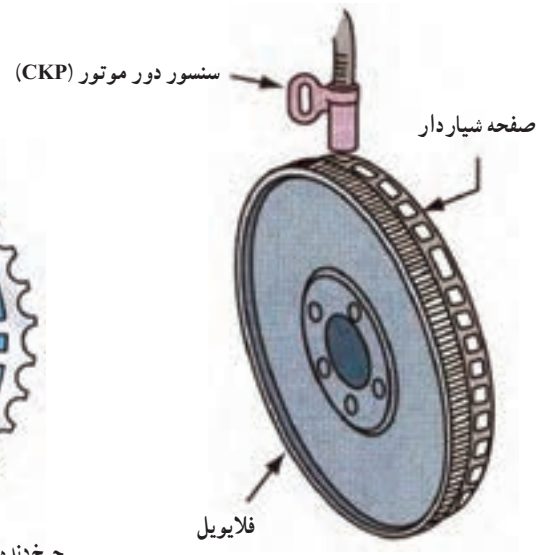
این نوع از سنسورها بـه دو نوع الکترومگنتی و اثـرهال تقسیم‌بندی می‌گـردند. در نوع الکترومگنتی که شامل یک آهن‌ربای دائمی، صفحه و یک سیم‌پیچ می‌باشد. این سنسورها نزدیک یک چرخ دنده‌دار بسته می‌شوند. (به‌عنوان مثال روی پولی سر میل‌لنگ یا روی فلایویل). زمانی‌که چرخ دنده‌دار حرکت می‌نماید. یک پالس ولتاژ AC در سیم‌پیچ تشکیل می‌گردد. هر دندانه یک پالس تولید می‌نماید. هرچه چرخ دندانه سریع‌تر چرخش نماید تعداد پالس‌های بیشتری تولید می‌گردد. پردازشگر موتور سرعت قطعات را با استفاده از شمارش تعداد پالس‌های تولید شده محاسبه می‌نماید. در این نوع از سنسورها پالس سینوسی تولید می‌گردد (شکل ۹۸ــ۵، ۱ــ۹۹ــ۵، ۲ــ۹۹ــ۵).





شکل ۹۸ــ۵

شکل ۲ــ۹۹ــ۵



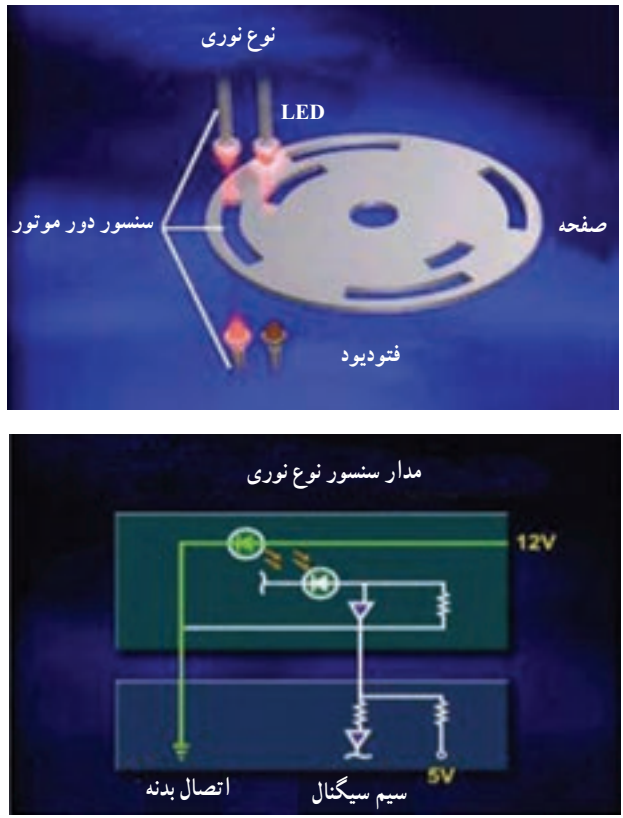
شکل ۱ــ۹۹ــ۵

امروزه از سنسور اثرهال[1] برای سنسور دور موتور، سنسور موقعیت میل سوپاپ و سنسور سرعت خودرو استفاده می‌نمایند (شکل ۱۰۰ــ۵).

۱ــ Hall Sensor

شکل ۱۰۰ــ۵ــ شکل سنسور دور موتور و موقعیت میل سوپاپ

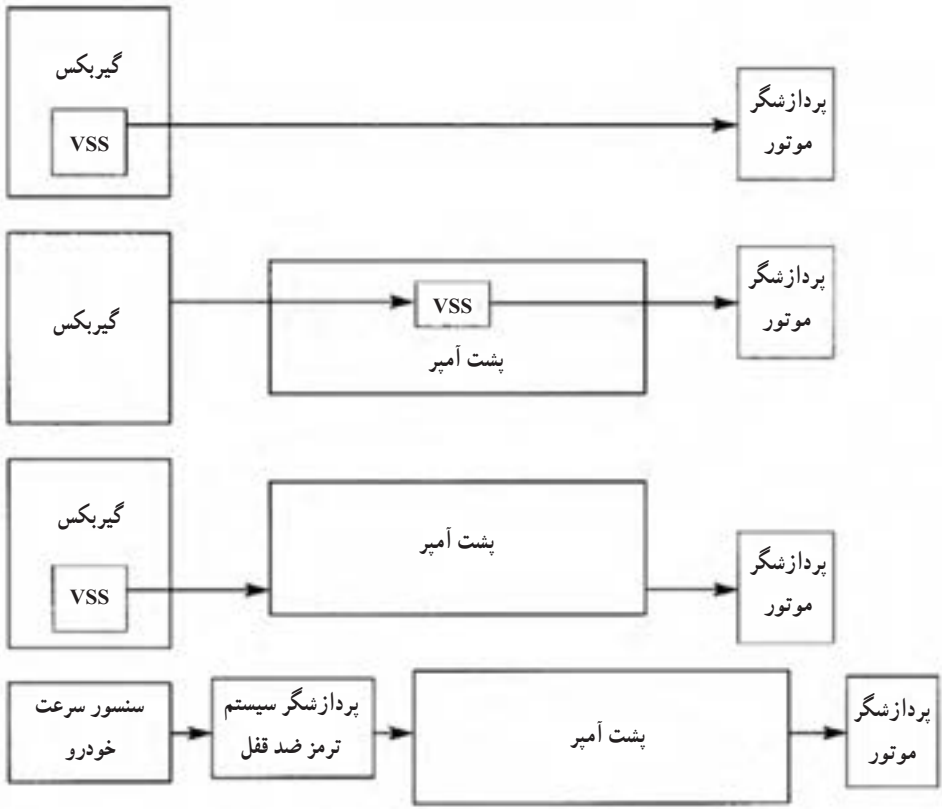
سنسور دور موتور نوع نوری: این نوع از سنسور دور موتور شامل یک LED، فتودیود و یک صفحه شکافدار می‌باشد. نور ساطع شده از LED پس از عبور از صفحه شکافدار توسط فتودیود آشکار می‌گردد. زمانی‌که صفحه شکاف‌دار چرخش می‌نماید، اگر فتودیود نتواند نور را دریافت نماید در نتیجه سیگنال خروجی تولید نمی‌گردد که در شکل ۱۰۱ــ۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۰۱ــ۵

۶ــ۱۵ــ۵ــ سنسور سرعت خودرو[۱] : پردازشگر موتور از سیگنال سنسور سرعت خودرو برای بررسی عملکرد موتور استفاده می‌نماید. این سنسور سرعت شفت خروجی گیربکس یا سرعت چرخ را اندازه‌گیری می‌نماید.

در بعضی از خودروها سیگنال سنسور سرعت خودرو ابتدا به پشت آمپر رفته و سپس به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد. در بعضی از خودروهای مجهز به سیستم ترمز ضد قفل پردازشگر سیستم ترمز ضد قفل سیگنال سرعت چرخ را پردازش نموده و سپس سیگنال سنسور سرعت را به پشت آمپر و بعد به پردازشگر موتور ارسال می‌نماید (شکل ۱۰۲ــ۵).



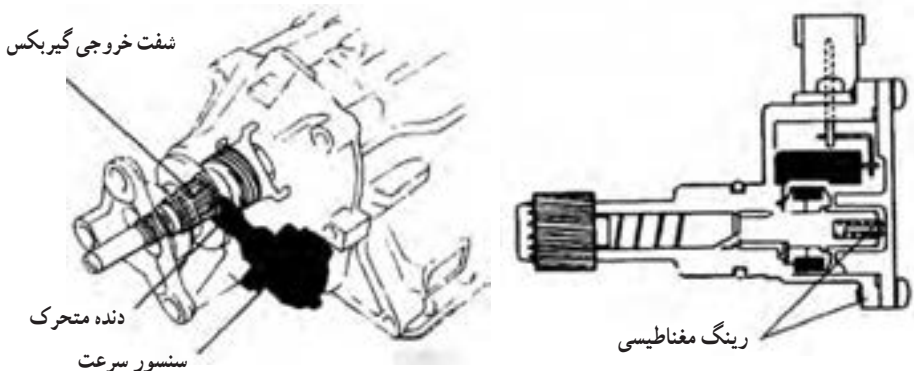
شکل ۱۰۲ــ۵

این سنسور به سه نوع الکترومگنتی و سوئیچ مغناطیسی[۲] و المنت مقاومت مغناطیسی تقسیم می‌گردد. سنسور نوع الکترومگنتی امروزه در خودروها کمتر استفاده می‌گردد. در نوع المنت مقاومت

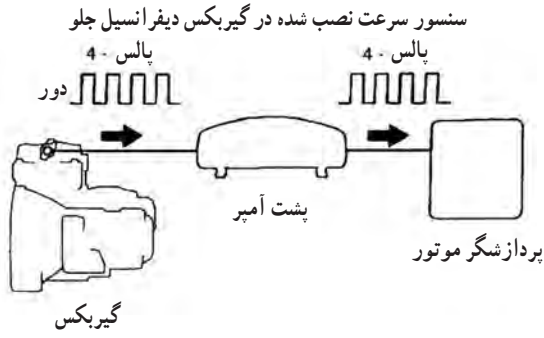
۱ــ Vehicle Speed Sensor (VSS)

۲ــ Reed switch

مغناطیسی که بر روی شفت خروجی گیربکس بسته می‌شود، از یک رینگ مغناطیسی که با شفت خروجی به گردش در می‌آید استفاده شده است. (شکل‌های ۱۰۳ــ۵)

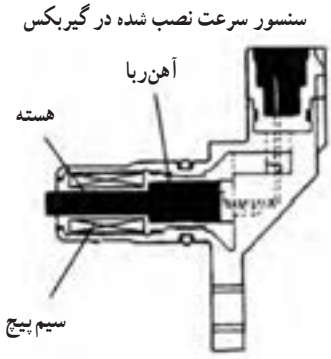


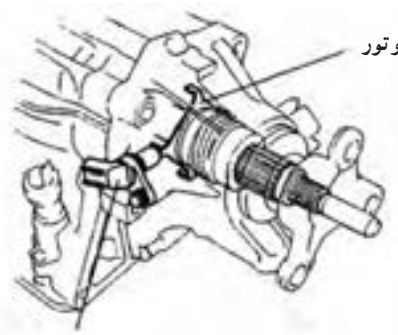
شکل ۱۰۳ــ۵



شکل ۱ــ۱۰۳ــ۶

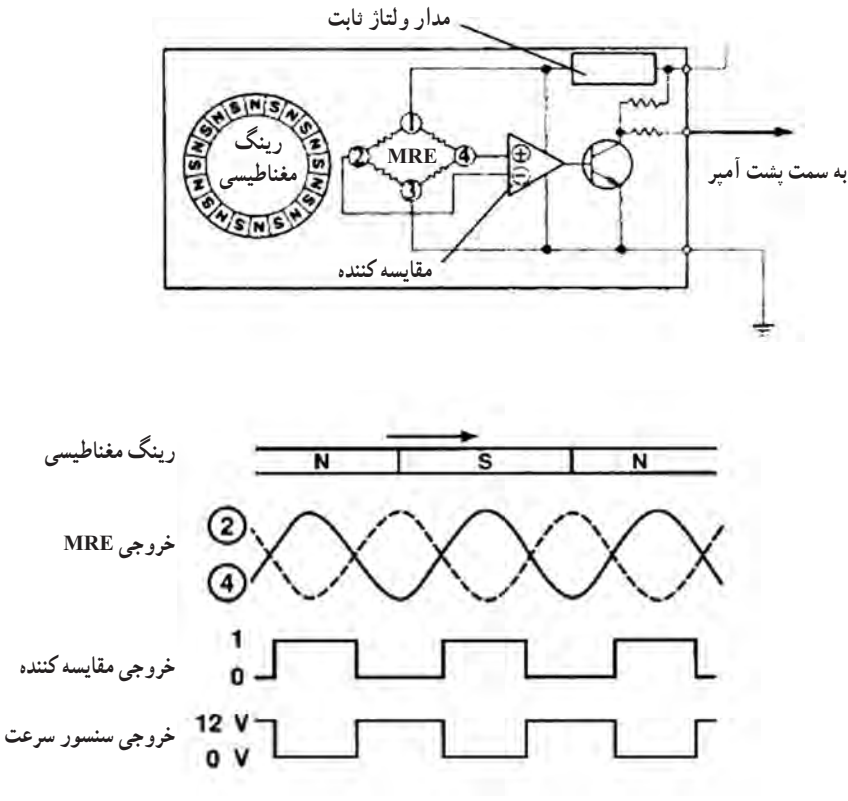
شکل ۲ــ۱۰۳ــ۵





سنسور سرعت شکل ۳ــ۱۰۳ــ۵

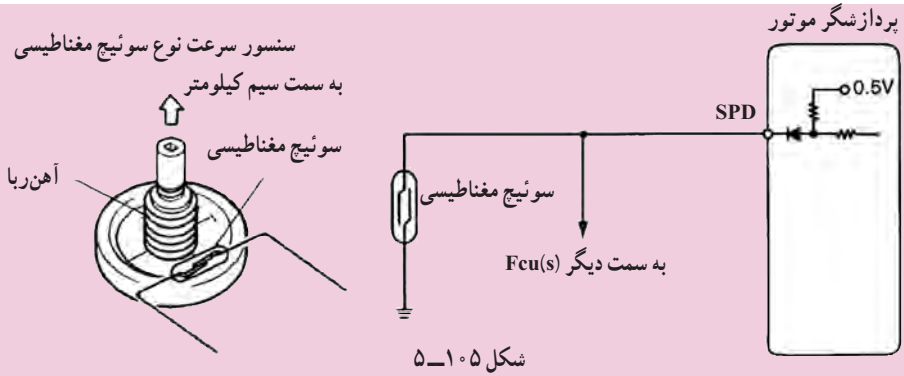
این سیگنال در داخل سنسور سرعت خودرو به سیگنال دیجیتال تبدیل می‌گردد. این سیگنال دیجیتال به پشت آمپر رفته و سپس به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد. در این نوع سنسور باید از یک منبع تغذیه (برق باتری) استفاده گردد (شکل ۱۰۴ــ۵).



شکل ۱۰۴ــ۵

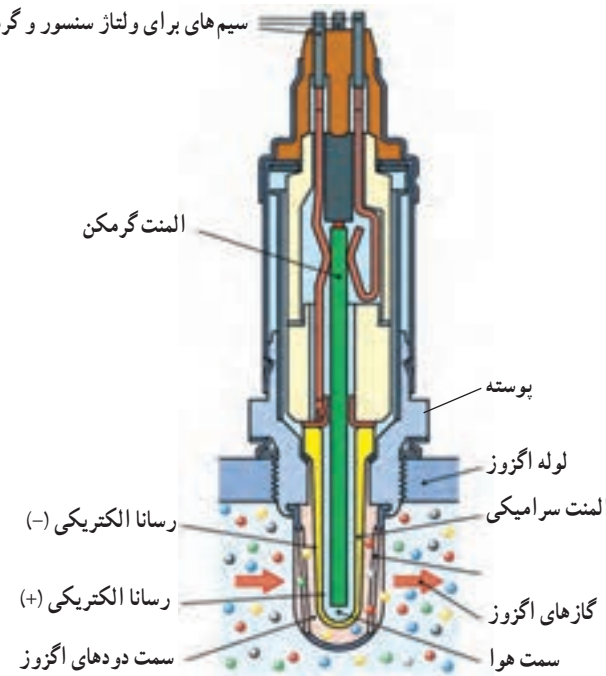
مطالعه آزاد

در سنسورهای نوع سوئیچ مغناطیسی که توسط سیم کیلومتر به حرکت در می‌آید که شامل یک آهن‌ربا و یک سوئیچ مغناطیسی و سیم کیلومتر می‌باشد. زمانی‌که آهن‌ربا می‌چرخد سوئیچ مغناطیسی متصل به آن در هر دور چهار مرتبه باز و بسته می‌گردد. از تعداد این پالس‌ها که از سنسور سرعت خودرو خارج می‌گردند، پردازشگر موتور و پشت آمپر مقدار سرعت خودرو را تعیین می‌کنند (شکل ۱۰۵ــ۵).



شکل ۱۰۵ــ۵

۷ــ۱۵ــ۵ــ سنسور اکسیژن (O_2S) : سنسور اکسیژن روی مانیفولد دود یا لوله اگزوز بسته شده است. در استاندارد OBDII دو عدد سنسور اکسیژن که یکی قبل از کاتالیست کانورتور و دیگری بعد از آن قرار گرفته است.از سنسور اکسیژن بالایی (اوّلی یا قبل از کاتالیست کانورتور) برای مدت زمان پاشش سوخت و از سنسور اکسیژن پایینی (بعد از کاتالیست کانورتور) برای مشخص کردن راندمان کاتالیست کانورتور استفاده می‌گردد. پردازشگر موتور با استفاده از سنسور اکسیژن بالایی پهنای پالس انژکتور را برای مدت زمان پاشش افزایش یا کاهش می‌دهد. مدت زمان پاشش سوخت برای نگه‌داشتن نسبت هوا و سوخت مناسب در زمان عملکرد حلقه بسته موتور لازم است (شکل۱۰۶ــ۵).



شکل ۱۰۶ــ۵

سنسور اکسیژن اوّلی را امروزه به نام سنسور نسبت هوا به سوخت (A/F) نامگذاری می‌نمایند.

قوانین عملکردی: الکترولیت جامد (عنصر زیرکونیوم) در شکل ۱۰۶ــ۵نشان می‌دهد که یک نیروی الکتریکی زمانی‌که اختلاف بین اکسیژن در سطح داخلی (این سطح با گازهای اگزوز در تماس می‌باشد) و غلظت اکسیژن در سطح خارجی (این سطح با هوای بیرون در تماس می‌باشد) تولید می‌گردد. زمانی‌که غلظت اکسیژن در گازهای خروجی کم است، یک مقدار زیادی از یون‌های اکسیژن از سمت هوای بیرون به سمت گازهای اگزوز حرکت می‌نمایند. در نتیجه حرکت یون‌های اکسیژن یک نیروی الکتریکی بین الکترود سمت هوای بیرونی و الکترود سمت گازهای اگزوز تولید می‌گردد.

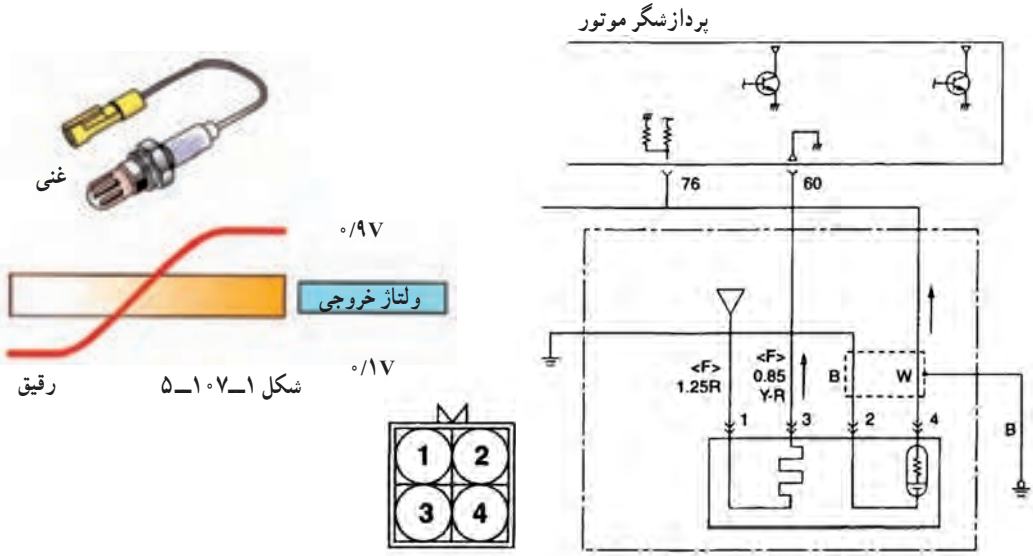
سنسور اکسیژن به دو نوع زیرکونیوم[۱] و تیتانیوم[۲] تقسیم می‌گردد، که از نظر طراحی یکسان بوده، ولی از نظر عملکردی متفاوت می‌باشند. امروزه از سنسور اکسیژن‌هایی که دارای ۴ سیم می‌باشند استفاده می‌گردد. این سنسورها دارای یک گرم‌کن الکتریکی داخلی که دارای یک سیم ولتاژ و یک سیم اتصال بدنه می‌باشد. این سنسورها به نام سنسور اکسیژن گرم‌شونده[۳] نامیده می‌شوند. ولتاژ موردنیاز این نوع سنسور اکسیژن مستقیماً از طریق سوئیچ استارت، رله یا مستقیماً از طریق پردازشگر موتور در زمانی که سوئیچ استارت در حالت روشن (ON) قرار دارد، تغذیه می‌گردد. پردازشگر موتور جریان برق گرم‌کن سنسور اکسیژن را فقط در زمان موردنیاز مانند گرم شدن موتور، دور آرام و دور کم موتور برقرار می‌نماید. وقتی موتور در درجه حرارت نرمال قرار بگیرد یا دور موتور بالا در سرعت‌های زیاد که جریان گازهای خروجی اگزوز درجه حرارت سنسور اکسیژن بالا می‌رود، پردازشگر موتور جریان برق، گرم‌کن سنسور اکسیژن را قطع می‌نماید (شکل ۱۰۷ــ۵).

سنسور اکسیژن نوع زیرکونیوم: وقتی درجه حرارت دودهای خروجی موتور کم است، سنسور اکسیژن گرم‌شونده نوع زیر کونیوم سیگنال ولتاژ تولید نمی‌کند. وقتی درجه حرارت موتور به حالت نرمال می‌رسد، این سنسور شروع به تولید سیگنال ولتاژ می‌نماید (شکل ۱ــ۱۰۷ــ۵). در زمان گرم شدن موتور، پردازشگر موتور به حالت حلقه باز کار می‌نماید در این حالت (حلقه باز) پردازشگر موتور مقدار پاشش سوخت را براساس درجه حرارت موتور و مقدار باز بودن دریچه گاز و یک برنامه

۱ــ Zirconia O_2 Sensors

۲ــ Titania O_2 Sensors

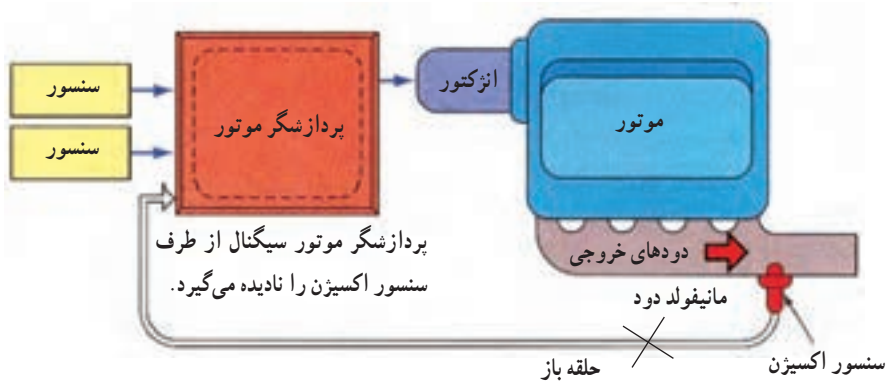
۳ــ Heatead Oxygen Sensors (HO_2S)



شکل ۱ــ۱۰۷ــ۵

شکل ۱۰۷ــ۵

از پیش تعیین شده انجام می‌دهد. وقتی موتور به درجه حرارت نرمال می‌رسد پردازشگر موتور بر اساس حالت حلقه بسته کار می‌نماید (شکل ۲ــ۱۰۷ــ۵).



شکل ۲ــ۱۰۷ــ۵

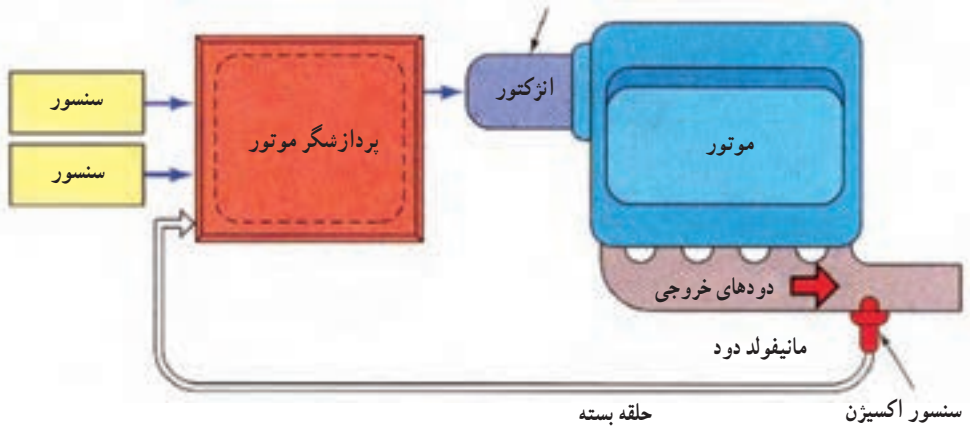
در این حالت (حلقه بسته) پردازشگر موتور برای کنترل نسبت هوا و سوخت از سیگنال سنسور اکسیژن و دیگر سنسورها استفاده می‌نماید (شکل ۳ــ۱۰۷ــ۵).

اگر عملکرد پردازشگر موتور در حالت حلقه بسته نسبت هوا به سوخت رقیق باشد یعنی اینکه همه سوخت پاشیده شده با هوا ترکیب شده و در محفظه احتراق می‌سوزد و اکسیژن زیاد می‌باشد. در این شرایط سنسور اکسیژن مقدار اکسیژن زیادی را تشخیص می‌دهد. در این زمان یک سیگنال ولتاژ

خیلی کم (۱۰۰mv) از سنسور به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد. زمانی‌که این سیگنال به پردازشگر موتور می‌رسد، پردازشگر موتور پهنای پالس پاشش انژکتور را افزایش داده و یک نسبت هوا به سوخت غنی‌تر تهیه می‌گردد.

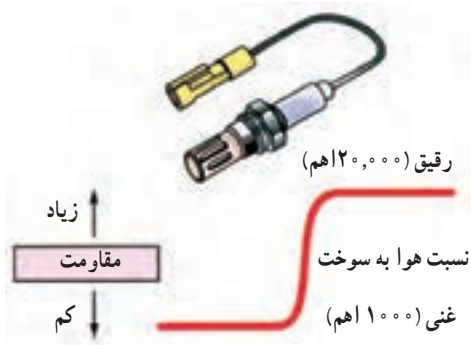
اگر عملکرد پردازشگر موتور در حالت حلقه بسته نسبت به هوا به سوخت غنی باشد یعنی اینکه مقدار سوخت زیاد می‌باشد. در این شرایط سنسور اکسیژن مقدار اکسیژن کمتری را تشخیص می‌دهد. در این زمان یک سیگنال ولتاژ زیاد در حدود (۹۰۰mv) از سنسور به پردازشگر موتور ارسال می‌گردد. زمانی‌که این سیگنال به پردازشگر موتور می‌رسد، پردازشگر موتور پهنای پالس پاشش انژکتور را کاهش داده و یک نسبت هوا به سوخت رقیق‌تر تهیه می‌گردد.

پردازشگر موتور مطابق با سیگنال سنسور اکسیژن پاشش سوخت را کنترل می‌کند.



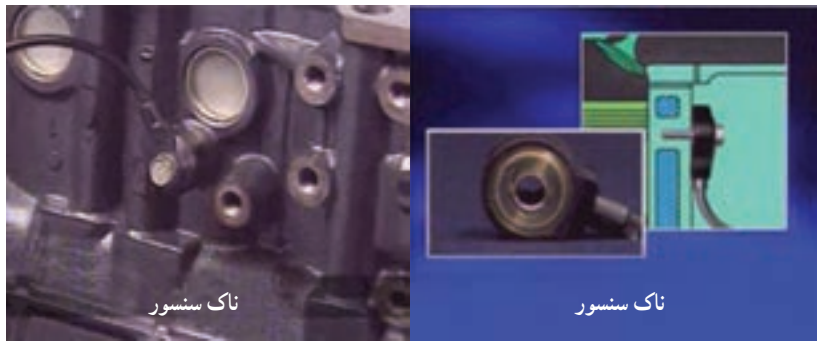
شکل ۳ــ۱۰۷ــ۵

سنسور اکسیژن نوع تیتانیوم: سنسور اکسیژن تیتانیوم از اکسید تیتانیوم (Tio_2) ساخته شده است. مقاومت در سنسور اکسیژن تیتانیوم به نسبت هوا به سوخت از رقیق به غنی تغییر می‌کند. اگر نسبت هوا به سوخت رقیق باشد مقاومت تیتانیوم زیاد و در حدود ۲۰,۰۰۰ اهم (Ω) می‌باشد و سیگنال ولتاژ سنسور کم است. وقتی نسبت سوخت و هوا غنی باشد مقاومت تیتانیوم کم و در حدود ۱,۰۰۰ اهم (Ω) می‌باشد و سیگنال ولتاژ سنسور زیاد است (شکل ۴ــ۱۰۷ــ۵) سنسور اکسیژن نوع تیتانیوم گرم‌کن‌دار بعد از روشن شدن موتور فوراً سیگنال تولید می‌نماید. این فعالیت برای بهبود کنترل نسبت هوا به سوخت در زمان عملکرد موتور سرد می‌باشد.



شکل ۴ــ۱۰۷ــ۵

۸ــ۱۵ــ۵ــ ناک سنسور[1] : ناک سنسور اغلب به روی بلوکه سیلندر یا سرسیلندر بسته می‌شود. این سنسور به نام سنسور ضربه یا سنسور خودسوزی نیز شناخته می‌شود. ناک سنسور از کریستال پیزوالکتریک ساخته می‌شود. زمانی‌که در موتور یک خودسوزی یا ضربه ایجاد می‌گردد یک لرزش در بلوکه سیلندر یا سرسیلندر به‌وجود می‌آید. ناک سنسور این لرزش را به یک سیگنال ولتاژ تغییر می‌دهد. زمانی‌که پردازشگر موتور سیگنال ناک سنسور را دریافت می‌نماید، پردازشگر موتور آوانس جرقه را کاهش می‌دهد تا خودسوزی متوقف گردد (شکل ۱۰۸ــ۵).



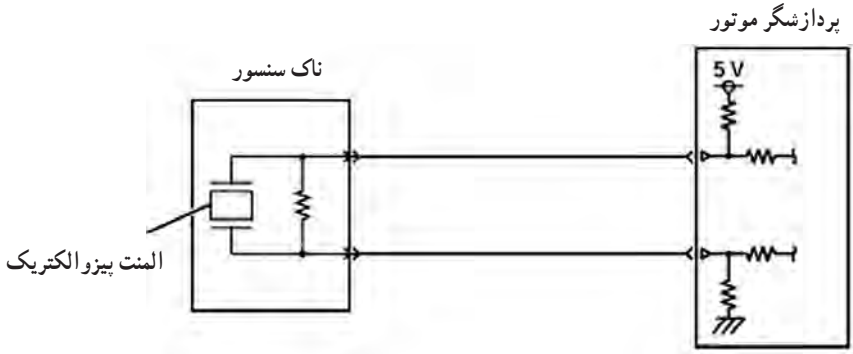
شکل ۱۰۸ــ۵

تا یک محدوده قدرت بیشتر موتور را می‌توان با افزایش آوانس جرقه ایجاد نمود. به هر حال زیاد کردن خیلی زیاد آوانس باعث بروز ضربه در موتور می‌گردد.

ضربه باعث افزایش آلایندگی می‌گردد. ضربه در موتور باعث آسیب دیدن قطعات داخلی موتور

۱ــ knock Sensors

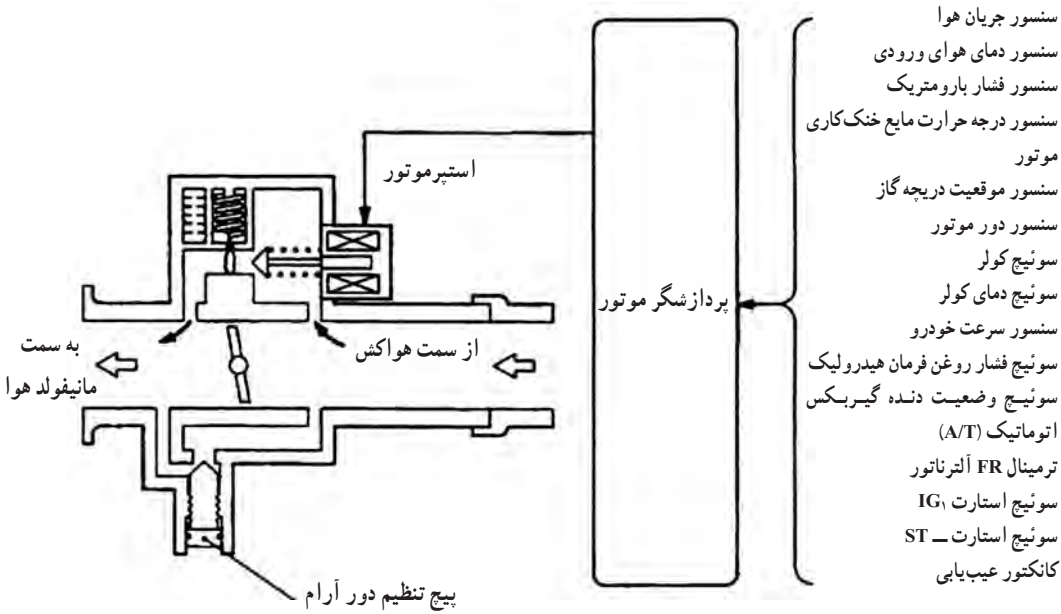
از قبیل پیستون، شاتون، سوپاپ‌ها، واشر سرسیلندر و شمع می‌گردد.
در شکل ۱۰۹ــ۵ مدار الکتریکی سنسور ضربه ترسیم شده است.



شکل ۱۰۹ــ۵

۱۶ــ۵ــ سیستم کنترل دور آرام

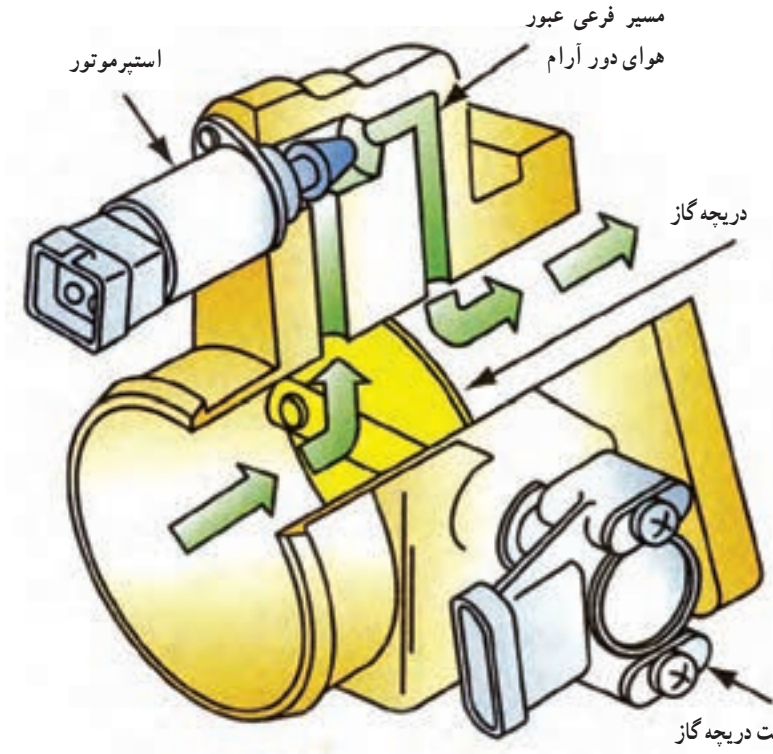
(۱) نمای کلی



شکل ۱۱۰ــ۵

برای فائق آمدن به تغییرات از دور آرام به دیگر حالت‌های عملکردی موتور یک استپرموتور به سمت جلو و عقب مطابق با یک برنامه از پیش تعیین شده برای کنترل مقدار هوای ورودی در یک مسیر فرعی در دریچه گاز عمل می‌نماید. بنابراین دور آرام در یک دور بهینه نگهداری می‌گردد (شکل ۱۱۰ــ۵).

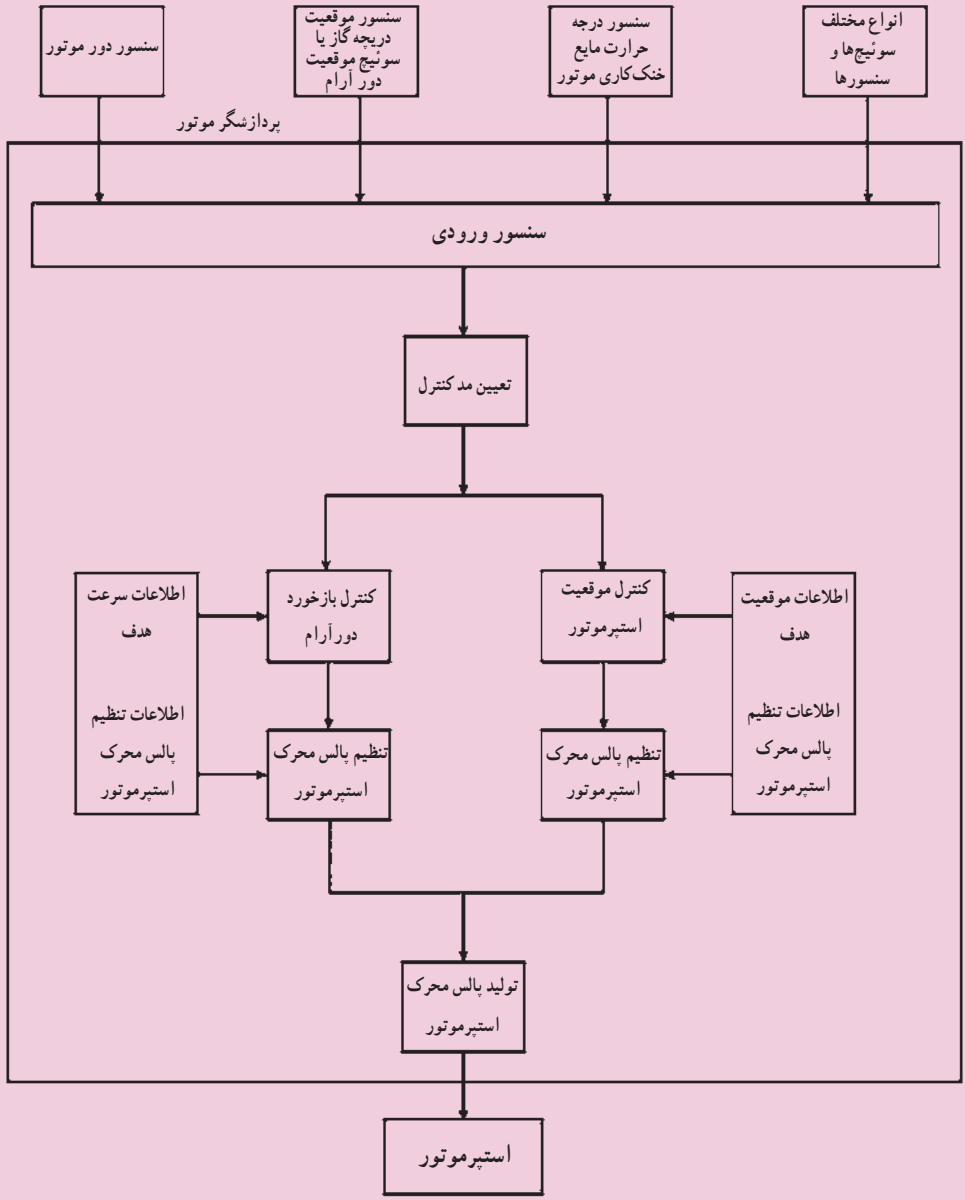
برای کنترل استپرموتور، دور آرام واقعی همیشه توسط پردازشگر موتور محاسبه می‌گردد. اگر اختلافی بین دور آرام هدف باشد، یک کنترل بازخورد استپرموتور را برای تصحیح دور آرام واقعی با دور آرام هدف به حرکت در می‌آورد. برای فائق شدن به تغییرات بار موتور مانند کولر، چرخاندن فرمان هیدرولیک استپرموتور به صورت پله‌ای (مرحله‌ای) به موقعیت هدف حرکت می‌نماید. کنترل موقعیت استپرموتور زمانی‌که موتور در حالت روشن شدن یا کاهش شتاب است نیز انجام می‌گیرد (شکل ۱۱۱ــ۵).



شکل ۱۱۱ــ۵

(۲) عملکرد سیستم

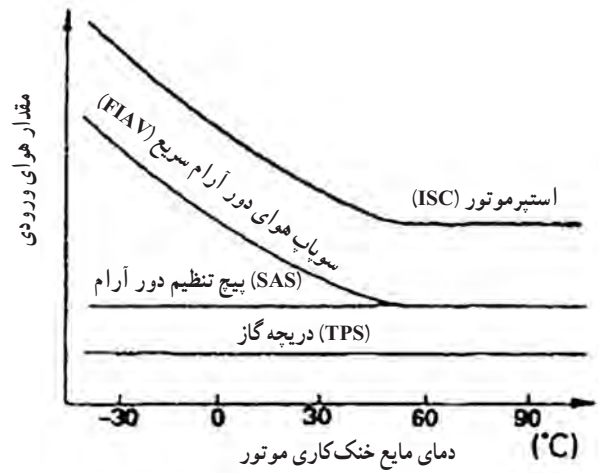
۱ـ جریان کنترل دور آرام



جدول ۴ــ۵

پردازشگر موتور دور موتور واقعی را با دور موتور هدف برنامه‌ریزی شده مطابق با سطح مختلفی از بار موتور مقایسه می‌نماید؛ سپس درجه مورد نیاز برای کنترل انرژی لازم برای چرخاندن استپرموتور مطابق با نتایج محاسبه شده را انجام می‌دهد. استپرموتور درصد جریان هوا را تنظیم می‌نماید (نمودار ۴ــ۵).

۲ـ کنترل جریان هوای دور آرام (در زمان دور آرام): زمانی که موتور در دور آرام است، جریان هوای ورودی از طریق چهار مسیر سوپاپ استپرموتور، سوپاپ هوای دور آرام سریع، پیچ تنظیم دور آرام و دریچه گاز اندازه‌گیری می‌شود (شکل ۱۱۲ــ۵).



شکل ۱۱۲ــ۵

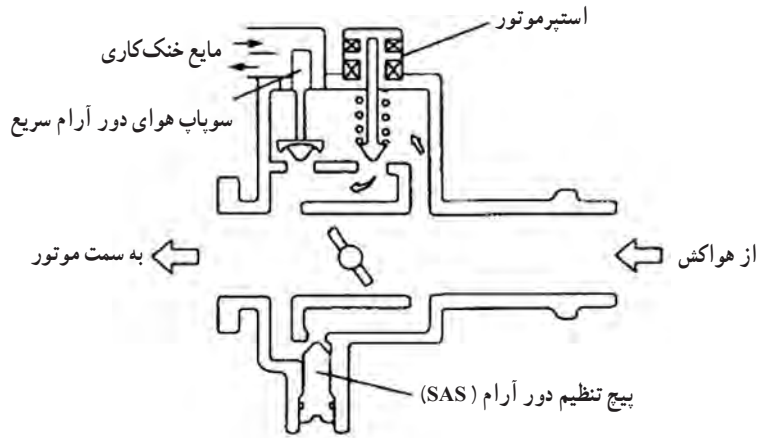
الف) سیستم کنترل دور آرام (با سوپاپ هوای دور آرام سریع)

۱ــ مقدار هوایی که از سوپاپ استپرموتور عبور می‌کند توسط پردازشگر موتور کنترل می‌گردد تا دور آرام موتور بهینه باشد.

۲ــ مقدار هوای عبوری از سوپاپ هوای دور آرام سریع توسط یک ترموواکس[۱] کنترل می‌گردد. زمانی که درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور کم است، ترموواکس جمع شده و درصد جریان هوای عبوری از میان سوپاپ هوا افزایش پیدا می‌نماید. زمانی که درجه حرارت مایع خنک‌کاری به بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌نماید سوپاپ هوا کاملاً بسته می‌شود.

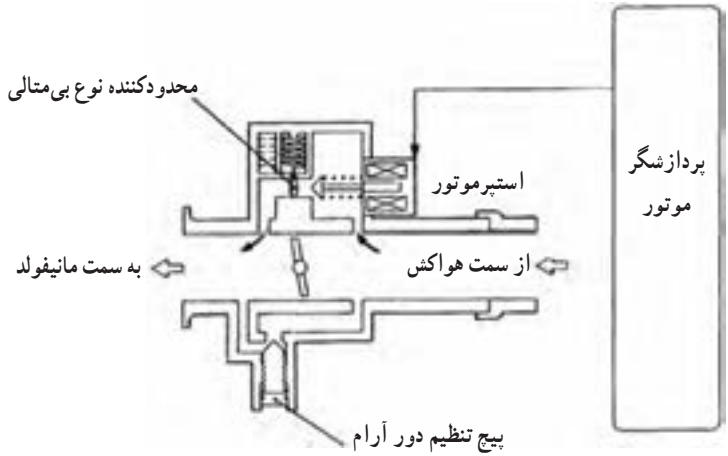
۱ــ Thermo Wax

۳ــ پیچ تنظیم دور آرام (SAS [۱]) در دریچه گاز قرار دارد و برای تنظیم جریان هوای دور آرام در حالت بهینه استفاده می‌گردد (شکل ۱۱۳ــ۵).



شکل ۱۱۳ــ۵

ب) سیستم کنترل دور آرام جریان محدود : سیستم کنترل دور آرام نوع محدودکننده نرخ جریان اجازه می‌دهد زمانی که موتور سرد است هوای بیشتری عبور نماید و زمانی که موتور گرم شود محدود کننده نوع بی‌متالی بسته شده و هوای کمتری به سمت مانیفولد هوا عبور نماید. در این سیستم محدود کننده نوع بی‌متالی به‌صورت سری با استپرموتور قرار گرفته است (شکل ۱۱۴ــ۵).



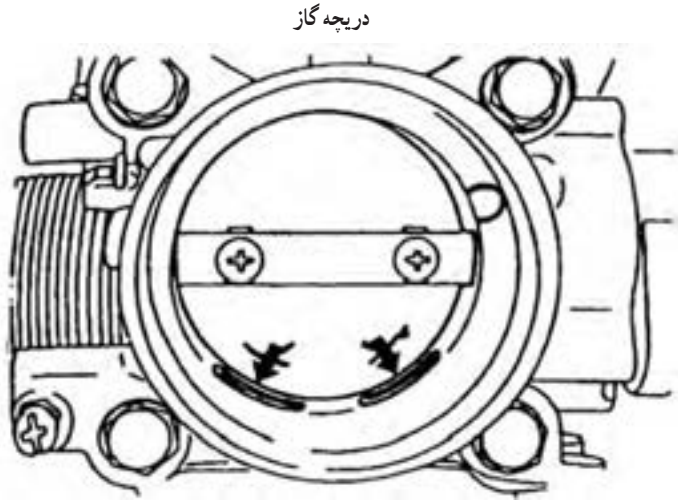
شکل ۱۱۴ــ۵

۱ــ Speed Adjusting Screw

ج) پیچ تنظیم دور آرام : تغییرات موقعیت زاویه‌ای از پیچ تنظیم فاصله بین دریچه گاز و پوسته دریچه گاز را تغییر می‌دهد. این فاصله بهینه در زمان تولید خودرو در کارخانه سازنده، تنظیم می‌گردد. و معمولاً لازم به تنظیم نمی‌باشد (شکل ۱۱۵ــ۵) در صورت نیاز به تنظیم باید توسط دستگاه عیب‌یاب و فیلر تنظیم گردد.

شکل ۱۱۵ــ۵

د) دریچه گاز[1] : دریچه گاز در موقعیت کمی باز برای جلوگیری از چسبیدن دریچه گاز براثر حرارت تنظیم می‌گردد (شکل ۱۱۶ــ۵).



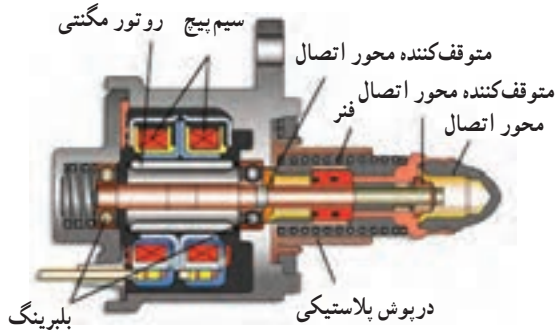
شکل ۱۱۶ــ۵

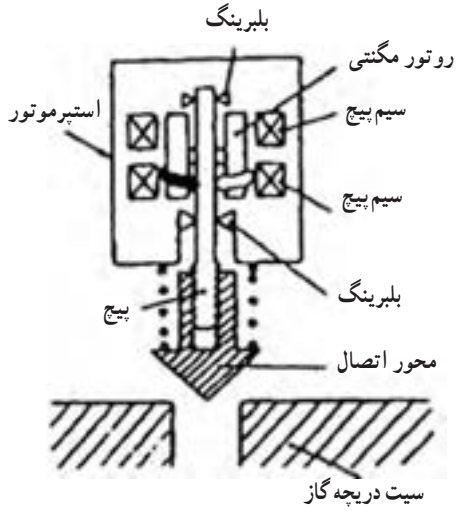
۱ــ Throttle valve

۴ــ سیستم سرو کنترل دورآرام : سیستم سرو کنترل دور آرام شامل یک استپرموتور و یک محور اتصال می‌باشد. آنها در روی بدنه دریچه گاز قرار گرفته‌اند. با چرخش استپرموتور در پاسخ به سیگنال ارسالی از طرف پردازشگر موتور محور اتصال برای افزایش یا کاهش مقدار هوای عبوری از مسیر فرعی دریچه گاز جلو و عقب حرکت می‌نماید (شکل ۱۱۷ــ۵).

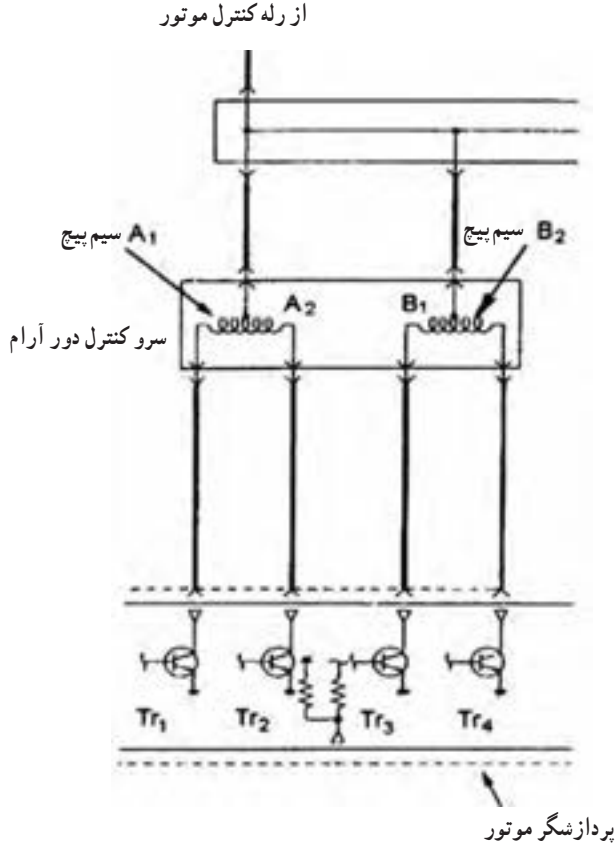
۵ــ مدار سر و کنترل دور آرام : در شکل ۱۱۸ــ۵ پردازشگر موتور ابتدا ترانزیستور Tr_1 را برای سیم‌پیچ A_1 تغذیه می‌نماید و سپس آن Tr_2 را برای سیم‌پیچ B_2 تغذیه می‌نماید. مراحل به ترتیب زیر در شکل ۱۱۹ــ۵ ادامه پیدا می‌نماید.

$$[B_1 \text{ و } A_2] \rightarrow [A_2 \text{ و } B_2] \rightarrow [B_2 \text{ و } A_1] \rightarrow [A_1 \text{ و } B_1]$$

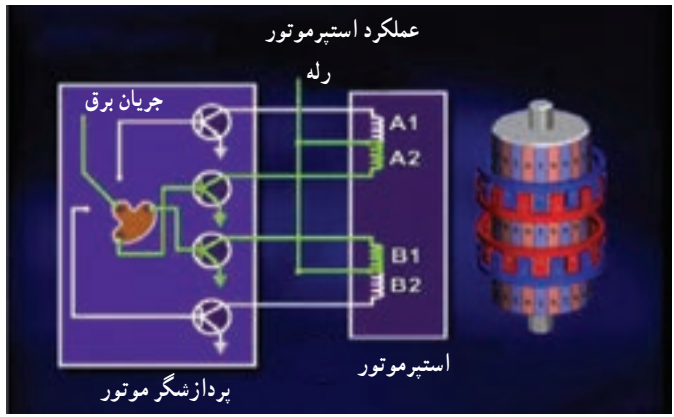




شکل ۱۱۷ــ۵



شکل ۱۱۸ــ۵

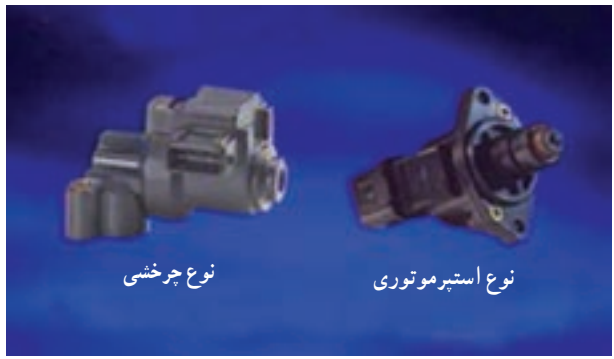


شکل ۱۱۹ــ ۶

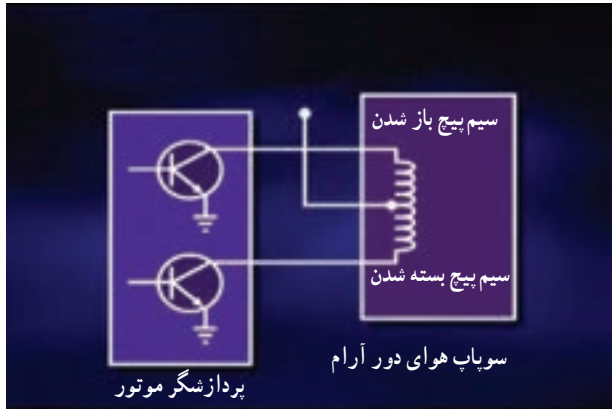
بنابراین سرو موتور موافق عقربه‌های ساعت حرکت می‌نماید. سرو موتور برای چرخش خلاف عقربه‌های ساعت به ترتیب مراحل زیر کار می‌نماید :

$$[B_1 \text{ و } A_1] \rightarrow [A_1 \text{ و } B_2] \rightarrow [B_2 \text{ و } A_2] \rightarrow [A_2 \text{ و } B_1]$$

امروزه از سوپاپ هوای دور آرام نوع استپرموتوری و نوع چرخشی در خودروها استفاده می‌نمایند (شکل ۱۲۰ــ۵ و ۱۲۱ــ۵).

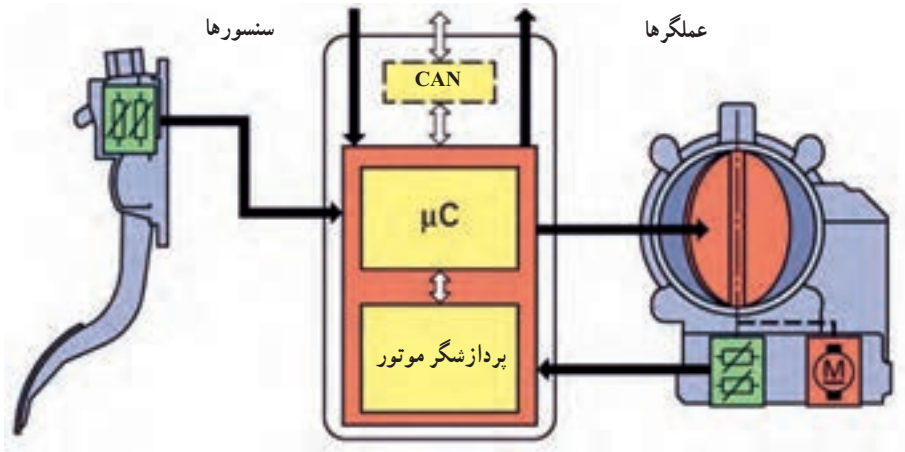


شکل ۱۲۰ــ۵ــ انواع سوپاپ دور آرام



شکل۱۲۱ــ۵ــ مدار الکتریکی نوع چرخشی

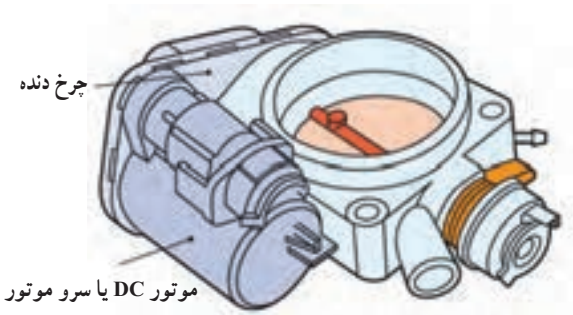
دریچه گاز نوع محرک مستقیم : امروزه در خودروها از دریچه گازهای الکتریکی که فاقد سیم گاز باشند استفاده می‌نمایند. این نوع از دریچه گازها به‌صورت استپرموتور یا موتور DC به حرکت در می‌آیند (شکل ۱۲۲ــ۵).



شکل ۱۲۲ــ۵

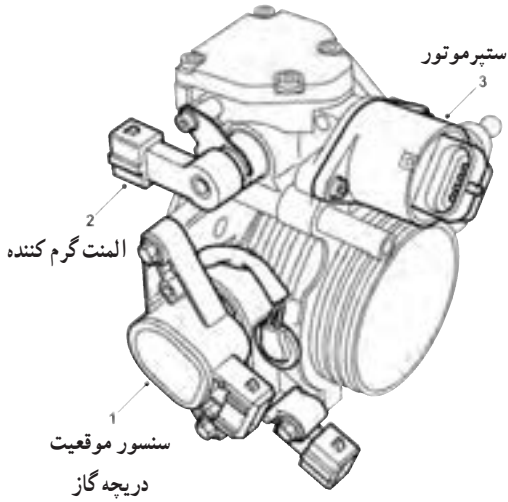
در سیستم کنترل دریچه گاز مستقیم پدال گاز دارای یک سنسور به نام سنسور موقعیت پدال گاز بوده که مقدار فشردگی پدال گاز توسط راننده را به پردازشگر موتور فرستاده و پردازشگر موتور یک موتور یا DC یا سرو موتور روی دریچه گاز را به مقدار فشرده شدن پدال گاز باز می‌نماید (شکل ۱۲۳ــ۵ و ۱۲۴ــ۵).

شکل ۱۲۳ــ۵



شکل ۱۲۴ــ۵

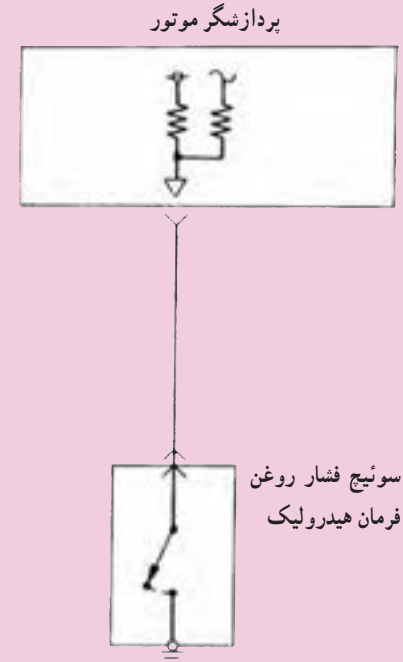
المنت گرم‌کنندهٔ محفظه دریچه گاز: برروی بعضی از خودروها از یک المنت گرم کننده (۲) در شکل ۱۲۵ــ۵ برای جلوگیری از یخ زدن محفظهٔ دریچهٔ گاز استفاده شده است. در بعضی از خودروها آب موتور در اطراف استپرموتور گردش می‌کند تا از یخ‌زدگی و تشکیل ناخالصی که باعث حرکت نامنظم در دور آرام می‌گردد جلوگیری شود.

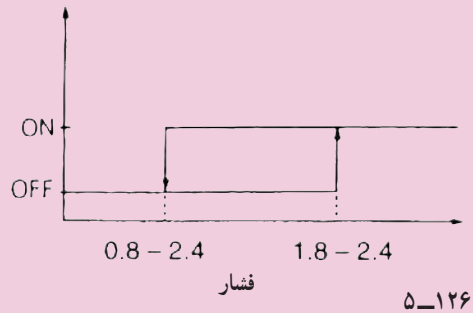


شکل ۱۲۵ــ۵

مطالعه آزاد

۱ــ۱۵ــ۵ــ سوئیچ فشار روغن فرمان هیدرولیک : در بعضی از خودروها که دارای سوئیچ فشار روغن فرمان هیدرولیک می‌باشند با چرخاندن فرمان در دور آرام مقدار هوای دور آرام برای افزایش دور زیادتر می‌شود (شکل ۱۲۶ــ۵).

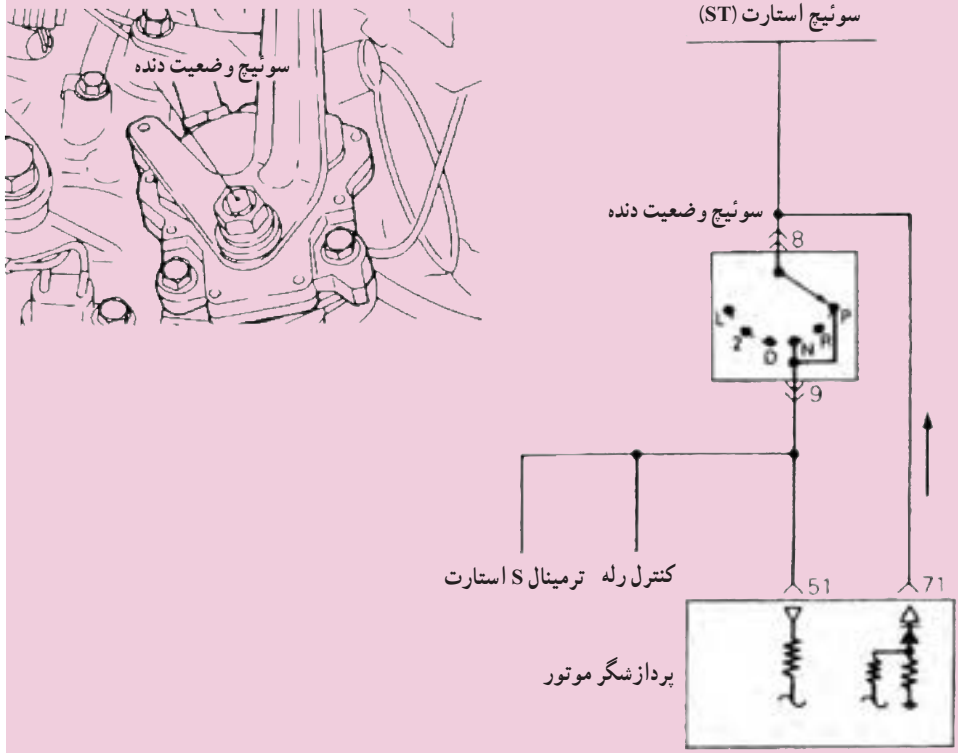




شکل ۱۲۶ــ۵

مطالعه آزاد

۲ــ۱۵ــ۵ــ سوئیچ وضعیت دنده گیربکس اتوماتیک: سوئیچ وضعیت دنده گیربکس اتوماتیک، وضعیت دنده در گیربکس اتوماتیک را تشخیص می‌دهد (شکل ۱۲۷ــ۵).



شکل ۱۲۷ــ۵

۱۷ــ۵ــ سیستم کنترل آلایندگی

گازهای اگزوز

در موتور یک خودرو با سوختن بنزین یا گازوئیل قدرت تولید می‌گردد. متأسفانه احتراق کامل سوخت غیرممکن است، این بدان معنی است که موادی به نام‌های هیدروکربن‌های نسوخته، مونوکسید کربن، اکسید نیتروژن و... در اتسمفر (محیط) آزاد می‌گردند. این مواد هوا را آلوده می‌نمایند و همچنین قوانین سختی برای محدود کردن آلایندگی‌های خروجی موتور وجود دارد.

۱ــ اجزاء گازهای اگزوز : گازهای اگزوز از احتراق و واکنش کربن (C) و هیدروژن (H) که جزء اتم‌های بنزین هستند، و اکسیژن (O) و نیتروژن (N) که مواد تشکیل دهنده هوا می‌باشند، تحت دما و فشار بالا تولید می‌گردند.

مواد آلاینده گازهای خروجی اگزوز

a) مواد آلاینده

- موادی که به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم بروی محیط زیست تأثیرگذارند :

مونوکسید کربن (CO)

هیدروکربن (HC)

اکسید نیتروژن (NO_X)

b) مواد مضر و تأثیرات آن برروی بدن انسان

- مونوکسید کربن (CO) :

یک ماده چسبناکی که ۳۰۰ برابر قوی‌تر از هموگلوبین بوده و به هموگلوبین CO تبدیل شده که باعث بی نظمی در متابولیسم بدن می‌گردد.

- اکسید نیتروژن (NO_X)
- اختلالات در سیستم عصبی بدن به مدت زمانی که اکسید نیتروژن به‌طور پیوسته تنفس می‌گردد وابسته است.
- هیدروکربن و اکسید نیتروژن (NO_X و HC)

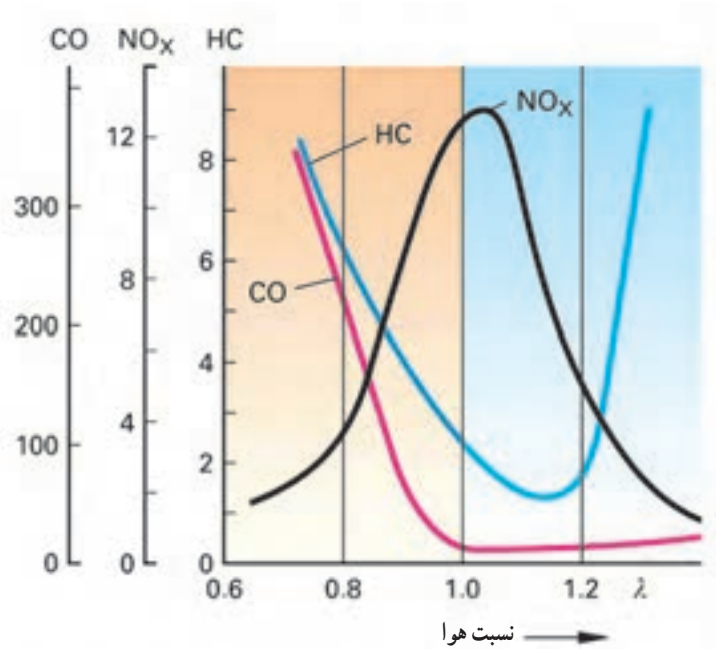
انتشار این مواد در هوای آزاد باعث تولید مه دود تحت نور شدید خورشید می‌گردد. این دود شامل اوزن و ترکیب نیترو گشته و به پوست و چشم آسیب می‌رساند.

۳ــ مکانیزم تولید اجزاء گازهای مضر

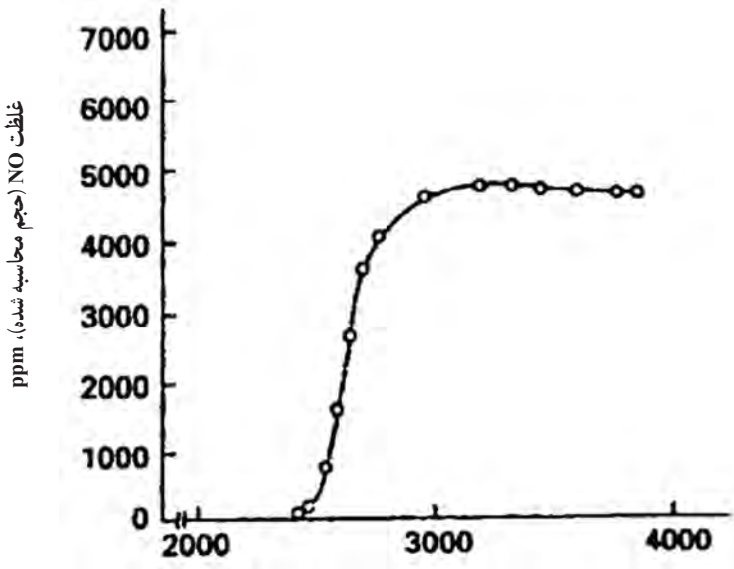
a) تولید CO : مونوکسید کربن (CO) در زمان احتراق بنزین تولید می‌گردد. در شکل ۱۲۸ــ۵ غلظت مونوکسید کربن (CO) در نسبت سوخت و هوای مختلف نشان داده شده است.

b) تولید هیدروکربن‌ها (HC) : هیدروکربن در گازهای خروجی اگزوز یا قسمتی از سوخت‌های نسوخته و روابط آن با نسبت سوخت و هوا در شکل ۱۲۸ــ۵ توضیح داده شده است.

c) تولید اکسیدهای نیتروژن (NO_X) : بیشترین محصول تولید شده در محفظه احتراق موتور NO می‌باشد. NO از ترکیب N_2 و O_2 تحت دما و فشار بالا توسط احتراق تولید می‌گردد (شکل ۱۲۹ــ۵).



شکل ۱۲۸ــ۵



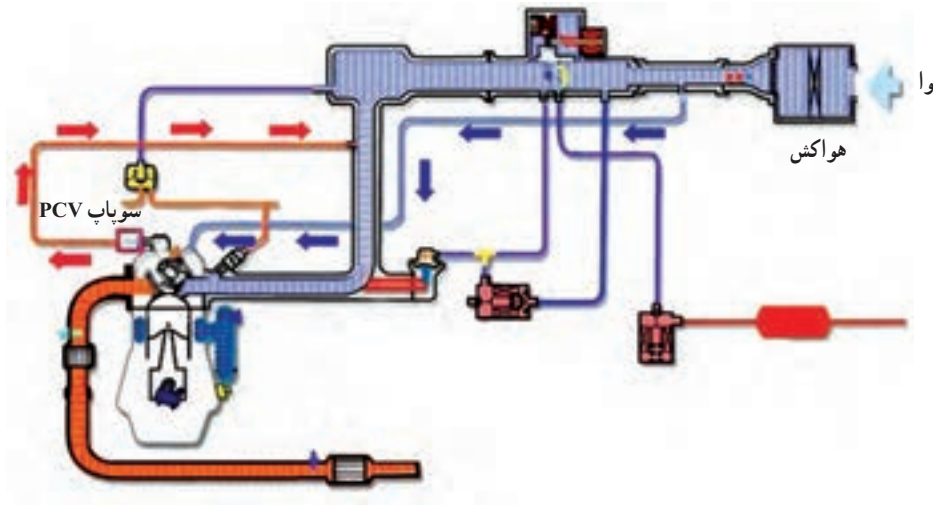
ماکزیمم درجه حرارت گاز احتراق برحسب کلوین (K)

شکل ۱۲۹ــ۵

۱ــ۱۷ــ۵ــ عملکرد سیستم کنترل آلایندگی

۱ــ سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل لنگ : سیستم کنترل آلایندگی محفظه میل لنگ یک سیستمی برای جلوگیری از آزاد شدن بخارهای محفظه میل لنگ[۱] به اتمسفر (محیط) می‌باشد (شکل ۱۳۰ــ۵).

هوای آزاد از هواکش به داخل محفظه میل لنگ از مجرای شیلنگ هواکش وارد و با گازهای محفظه میل‌لنگ مخلوط می‌گردد. گازهای خروجی محفظه میل لنگ به داخل مانیفولد هوای ورودی از مجرای سوپاپ تهویه مثبت محفظه میل لنگ (PCV) کشیده می‌شوند. سوپاپ PCV طوری طراحی شده است که پلانچر مطابق با خلأ مانیفولد بلند شده (حرکت می‌نماید تا جریان گازهای خروجی محفظه میل لنگ) را به‌طور مناسب تنظیم نماید (جدول ۵ــ۵).



شکل ۱۳۰ــ۵

جدول ۵ــ۵ــ جدول عملکرد سوپاپ PCV

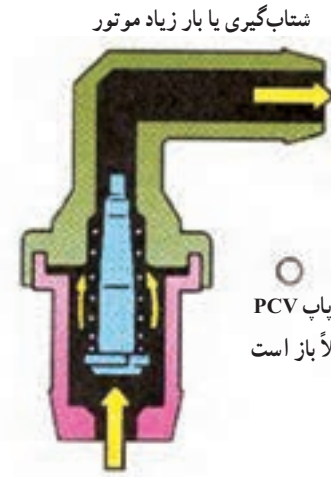
بار موتور	خلأ	پلانچر	جریان گازهای خروجی محفظه میل لنگ
کم	زیاد	حرکت به سمت چپ	کم
متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
زیاد	کم	تا انتها سمت راست	زیاد

۱ــ Blow By Gas

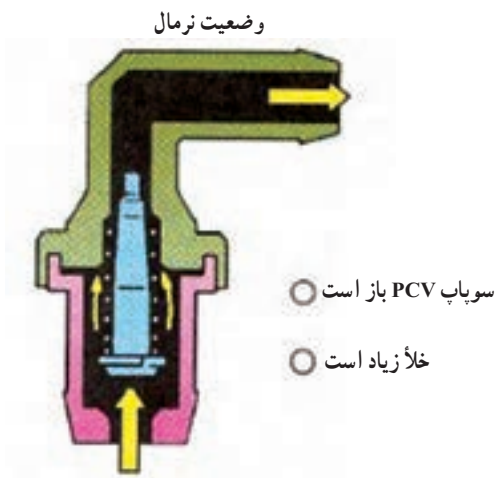
جریان گازهای خروجی محفظه میل لنگ در زمانی که بار موتور کم باشد برای کار کردن پایدار موتور تنظیم می‌گردد. جریان گازهای خروجی میل لنگ در بار زیاد موتور برای بهبود کارایی تهویه افزایش می‌یابد.

● ***سوپاپ تهویه مثبت محفظه میل لنگ (PCV)*** : سوپاپ PCV در پاسخ به خلأ مانیفولد هوای ورودی حرکت می‌نماید، بنابراین گازهای خروجی محفظه میل لنگ بهبود می‌یابد. زمانی‌که بار موتور کم است مقدار گازهای خروجی محفظه میل لنگ (blow –by–Gas) برای پایداری وضعیت موتور محدود می‌گردد و زمانی‌که بار موتور زیاد می‌شود، مقدار آن افزایش می‌یابد (شکل‌های ۱۳۱ــ۵ و ۱۳۲ــ۵).

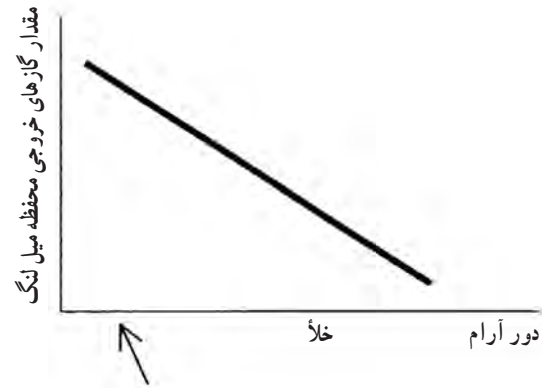
در نمودار ۱۳۳ــ۵ رابطه بین خلأ و مقدار گازهای خروجی محفظه میل لنگ نمایش داده شده است.



شکل ۱۳۱ــ۵

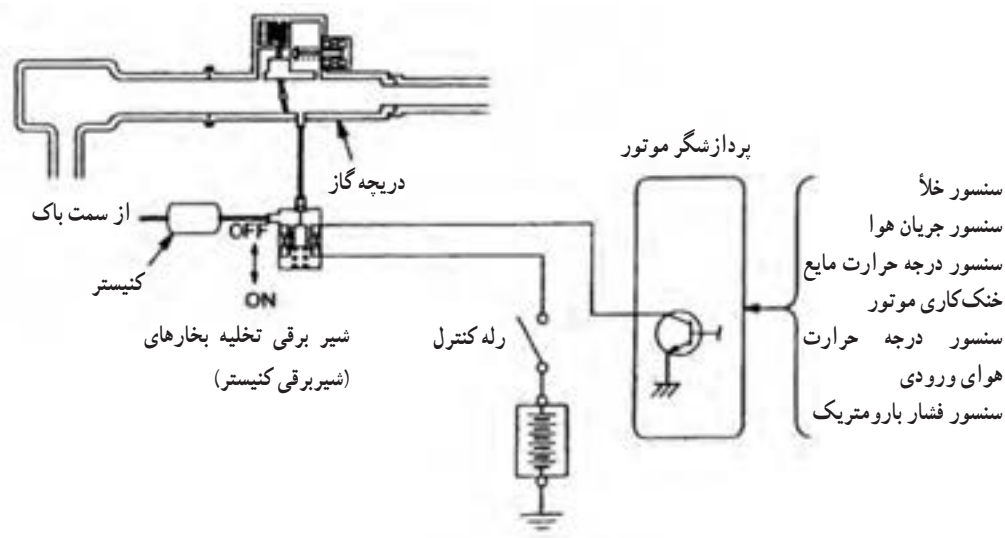


شکل ۱۳۲ــ۵



شکل ۱۳۳ــ۵

۲ــ سیستم کنترل آلایندگی بخارهای سوخت : سیستم کنترل آلایندگی بخارهای سوخت از وارد شدن بخار سوخت تولید شده در باک به اتمسفر جلوگیری می‌نماید (شکل ۱۳۴ــ۵).



شکل ۱۳۴ــ۵

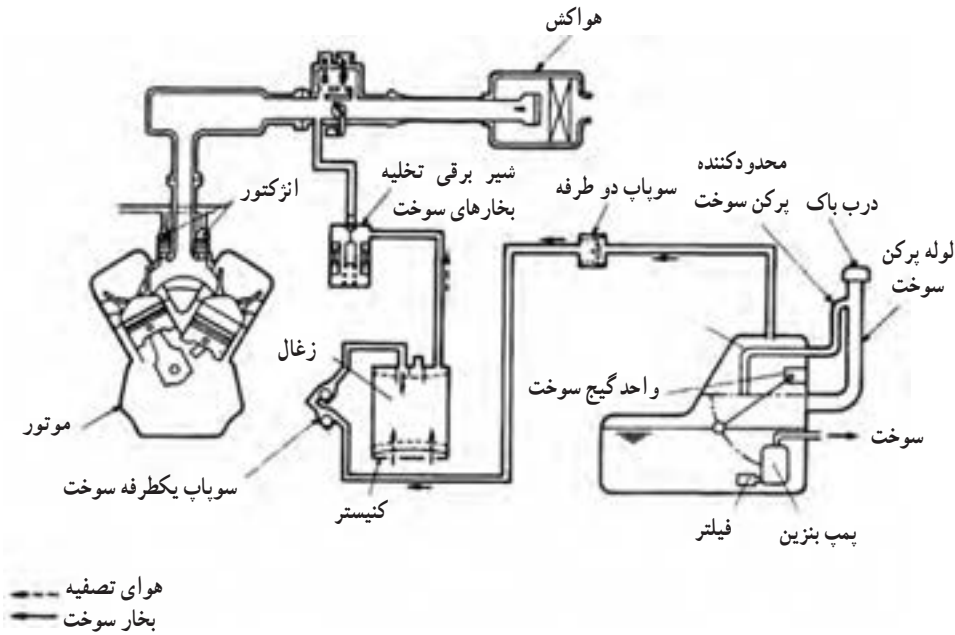
بخارهای سوخت باک از سوپاپ کنترل فشار باک و لوله و شیلنگ‌های بخار جریان پیدا نموده و در کنیستر[1] به‌صورت موقت ذخیره می‌شوند. زمانی‌که خودرو روشن است، سوپاپ سلنوئیدی کنترل تخلیه بخارها[2] توسط پردازشگر موتور روشن می‌گردد، بخارهای سوخت ذخیره شده در کنیستر از میان سوپاپ سلنوئیدی کنترل تخلیه بخارهای (شیر برقی کنیستر) و مسیر مربوطه وارد مانیفولد ورودی شده و در محفظه احتراق می‌سوزد.

زمانی‌که درجه حرارت مایع خنک‌کاری موتور کم است یا زمانی‌که مقدار هوای ورودی کم می‌باشد (برای مثال زمانی‌که موتور در دور آرام می‌باشد.) پردازشگر موتور سوپاپ سلنوئیدی کنترل تخلیه بخارها را در حالت خاموش (OFF) قرار می‌دهد و جریان بخارهای سوخت به مانیفولد ورودی قطع می‌گردد. این عمل نه تنها برای مطمئن شدن از حرکت نکردن خودرو در زمانی‌که موتور سرد است یا بار وارد بر موتور کم می‌باشد بلکه همچنین سطح آلایندگی را تثبیت می‌نماید.

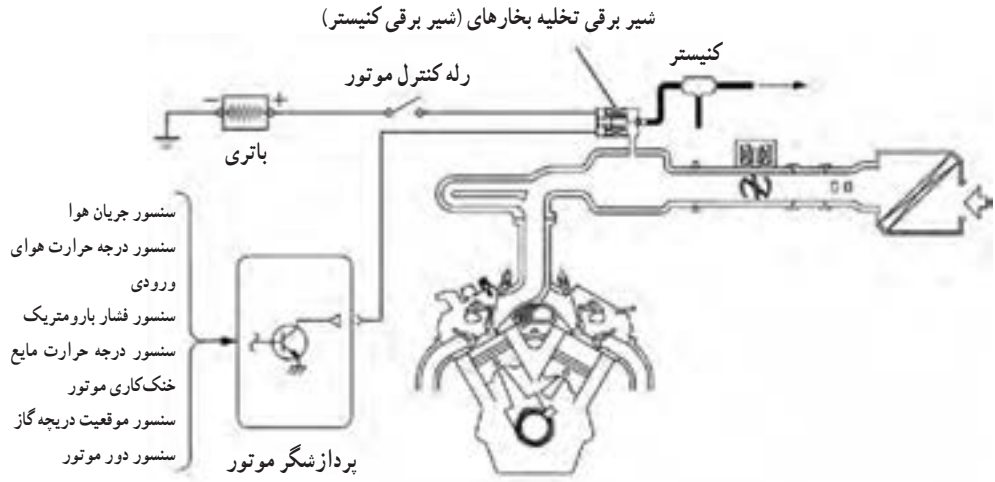
a) دیاگرام سیستم : در شکل ۱۳۵ــ۵ و ۱۳۶ــ۵ دیاگرام سیستم کنترل آلایندگی بخارهای سوخت نشان داده شده است.

۱ــ Canister

۲ــ Purge Control Solenoid Valve

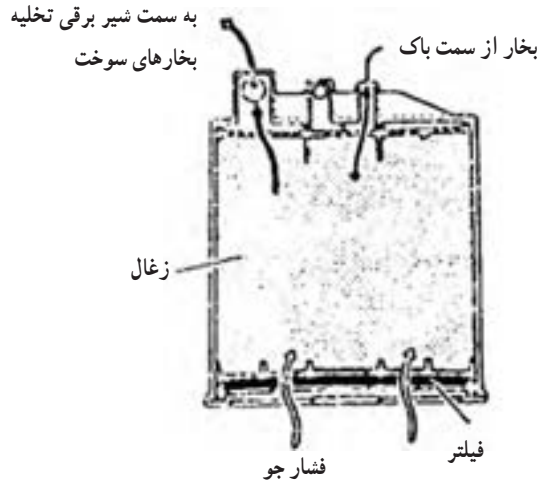


شکل ۱۳۵ــ۵ــ دیاگرام سیستم کنترل آلایندگی با شیر برقی ON/OFF

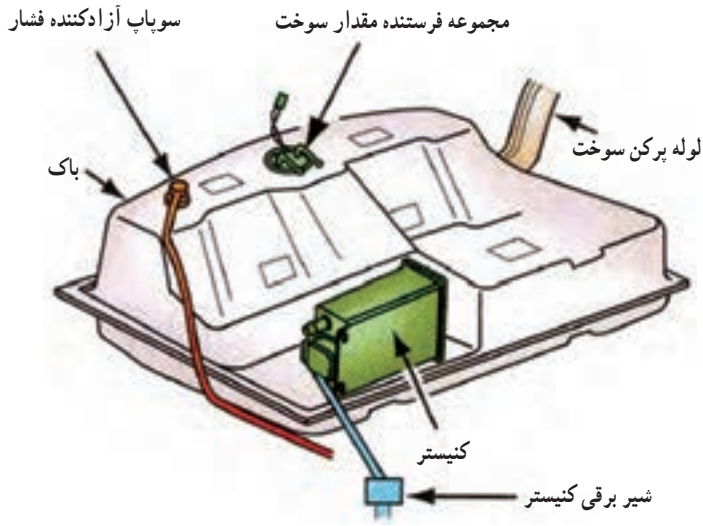


شکل ۱۳۶ــ۵ــ دیاگرام سیستم کنترل آلایندگی با شیر برقی درصدی (Duty Cycle)

b) کنیستر: زمانی‌که موتور روشن نمی‌باشد، بخارهای سوخت تولید شده در داخل باک جذب شده و در کنیستر ذخیره می‌شوند. زمانی‌که موتور روشن می‌گردد، بخارهای سوخت ذخیره شده در کنیستر به داخل دریچه گاز[1] از مجرای سوپاپ سلنوئیدی تخلیه بخارهای کشیده می‌شوند (شکل۱۳۷ــ۵). محل قرارگیری کنیستر در کنار باک و یا در محفظه موتور می‌باشد (شکل ۱۳۸ــ۵).



شکل ۱۳۷ــ۵

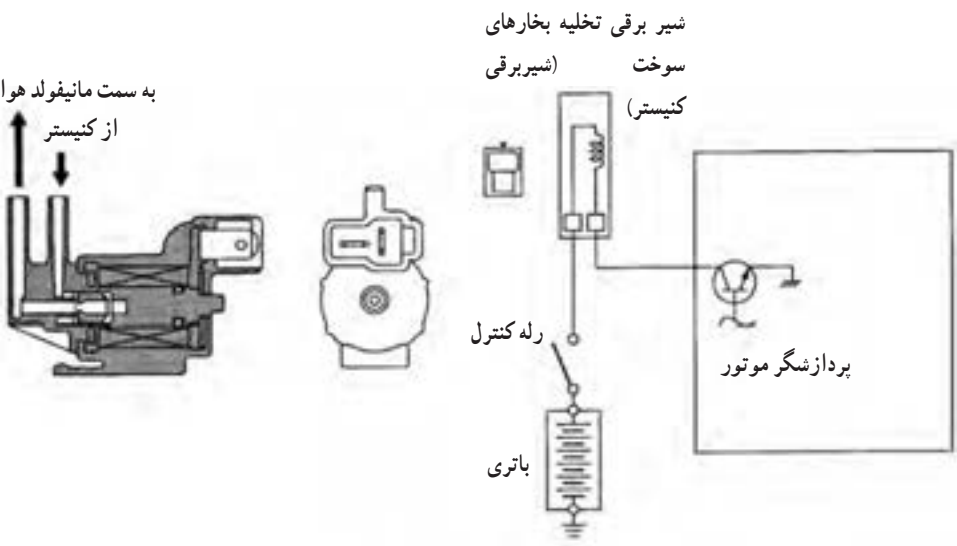


شکل ۱۳۸ــ۵

۱ــ Throttle Body

c) سوپاپ سلنوئیدی تخلیه بخارهای بنزین:

سوپاپ سلنوئیدی تخلیه بخارهای از نوع سوپاپ سلنوئیدی ON/OFF می‌باشد که از طرف پردازشگر موتور کنترل می‌گردد (شکل ۱۳۹ــ۵).

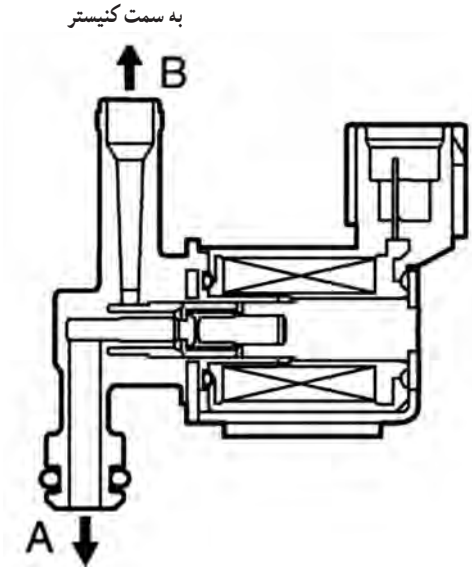


شکل ۱۳۹ــ۵

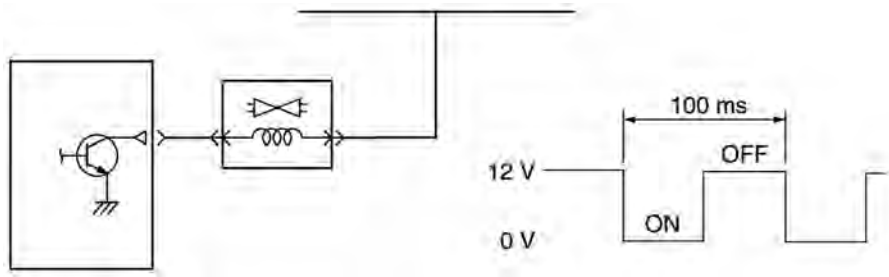
سوپاپ باز شده موقعی‌که سلنوئید روشن (ON) شده و اجازه می‌دهد که بخارهای سوخت داخل کنیستر به داخل مانیفولد هوای ورودی کشیده شود.

امروزه در بعضی از خودروهای جدید از سوپاپ سلنوئیدی تخلیه بخارهای از نوع سوپاپ سلنوئیدی با کنترل درصدی[1] استفاده می‌نمایند (شکل ۱۴۰ــ۵ و ۱۴۱ــ۵) که حجم بخارهای سوخت تخلیه شده از کنیستر را کنترل می‌نماید. وقتی جریان در سیم پیچ جاری نمی‌گردد مسیر A کاملاً مسدود شده و بخارهای سوخت به داخل مانیفولد کشیده نمی‌شوند. زمانی‌که جریان به سیم‌پیچ جاری می‌گردد، هوای تولیدی بین مسیر A و B حرکت می‌نمایند و بخارهای سوخت به داخل مانیفولد کشیده می‌شوند. پردازشگر موتور مدت زمان روشن بودن (ON) شیر برقی را مطابق با وضعیت عملکردی موتور برای عبور بخارهای سوخت تغییر می‌دهد.

۱ــ Duty Cycle



شکل ۱۴۰ــ۵

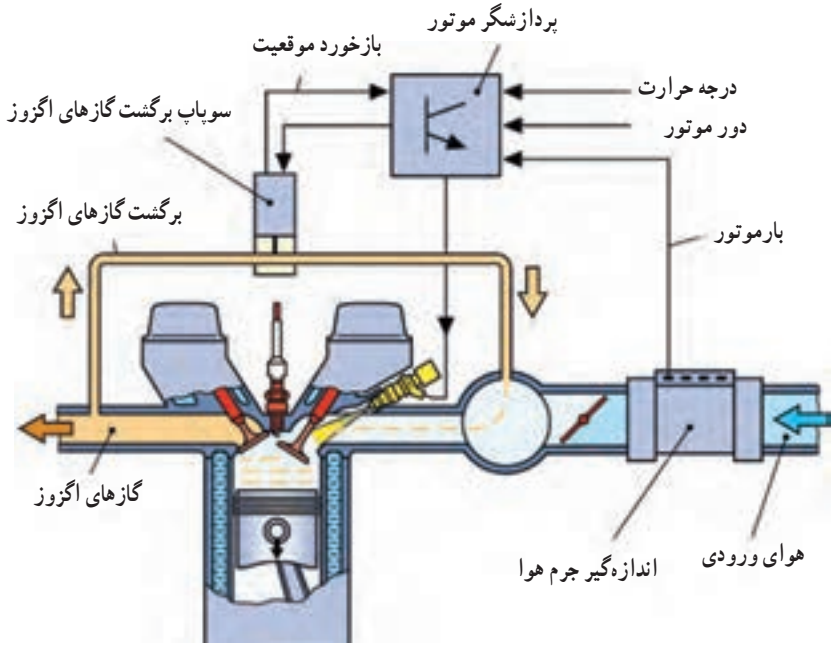


شکل ۱۴۱ــ۵

۳ــ سیستم برگشت گازهای اگزوز (EGR)

سیستم برگشت دودهای اگزوز (EGR) سطح آلایندگی اکسید نیتروژن (NO_X) را کاهش می‌دهد. در هنگامی که درجه حرارت احتراق مخلوط سوخت و هوا بالا است، مقداری اکسید نیتروژن در محفظه احتراق تولید می‌گردد. بنابراین، این سیستم مقداری از گازهای اگزوز را از مانیفولد خروجی از طریق مانیفولد هوای ورودی به محفظه احتراق برگردانده و درجه حرارت احتراق مخلوط

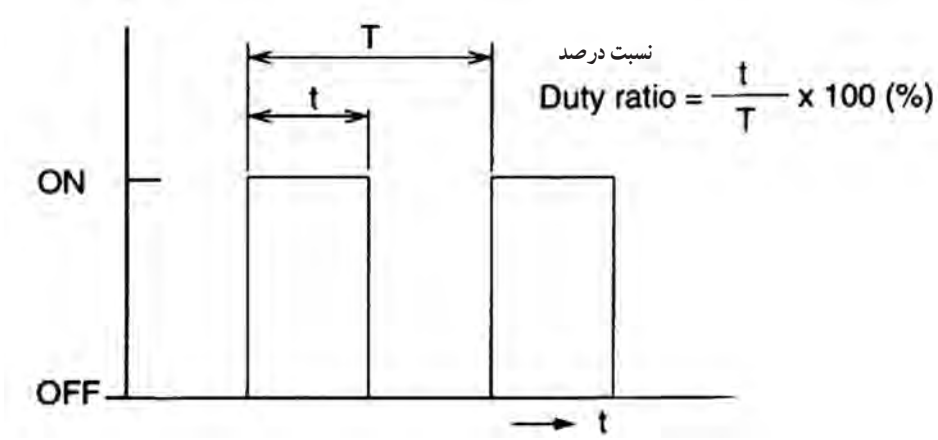
سوخت و هوا کاهش می‌یابد، در نتیجه اکسید نیتروژن (NO_X) کاهش می‌یابد (شکل ۱۴۲ــ۵). امروزه برای پایین آوردن بیشتر دمای دودهای خروجی از گردش آب موتور در اطراف سوپاپ EGR استفاده می‌نمایند.



شکل ۱۴۲ــ۵

a) نوع کنترل ON/OFF : نسبت برگشت دودهای اگزوز (EGR) توسط سوپاپ EGR کنترل می‌گردد و به شرط آنکه قدرت موتور در زمان پایین بودن حرارت موتور، دور آرام یا باز بودن کامل دریچه گاز، یا هنگام شتاب‌گیری سوپاپ سلنوئیدی EGR توسط پردازشگر موتور در حالت خاموش (OFF) قرار داشته و سوپاپ EGR کاملاً بسته باشد. در شرایط کارکرد نرمال خودرو بعد از گرم شدن موتور، پردازشگر موتور سوپاپ سلنوئیدی EGR را در حالت روشن (ON) قرار داده و سوپاپ EGR باز شده و دودهای اگزوز به محفظه احتراق راه پیدا می‌کنند.

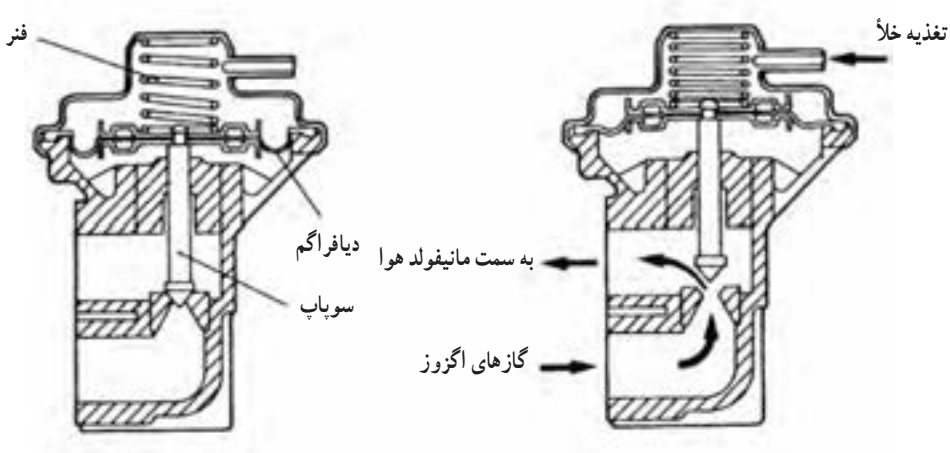
b) نوع کنترل درصدی : در سیستم EGR کنترل الکترونیکی، نسبت جریان EGR توسط سوپاپ سلنوئیدی کنترل EGR از نوع درصدی تنظیم می‌گردد. برای داشتن نسبت عملکردی بیشتر، مدت زمان روشن بودن جریان الکتریکی EGR بیشتر می‌گردد (شکل ۱۴۳ــ۵).



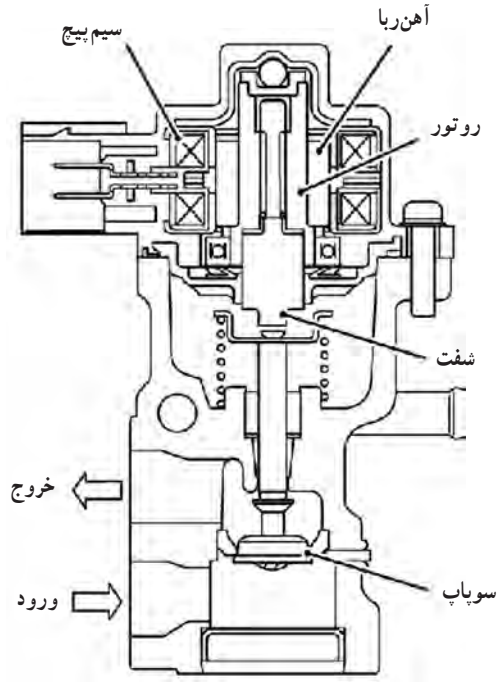
شکل ۱۴۳ــ۵

c) سوپاپ EGR : در سوپاپ EGR از یک دیافراگم استفاده شده که جریان گازهای اگزوز را به‌وسیله باز و بسته‌کردن یک سوپاپ با خلأ، کنترل می‌نماید.

زمانی‌که خلأ از نیروی فنر قوی‌تر گردد، سوپاپ باز می‌شود (مطابق شکل ۱۴۴ــ۵) و گازهای خروجی اگزوز به مانیفولد هوای ورودی راه پیدا می‌نماید. امروزه از سوپاپ EGR با موتور الکتریکی استفاده می‌گردد (شکل ۱۴۵ــ۵).



شکل ۱۴۴ــ۵

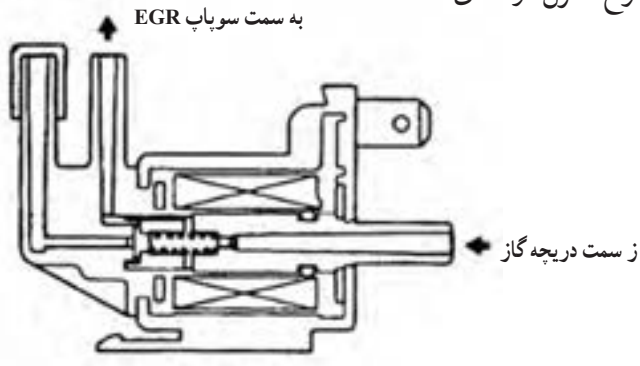


سوپاپ EGR با موتور الکتریکی

شکل ۱۴۵ــ۵

i) سوپاپ سلنوئیدی کنترل EGR (شیر برقی EGR) : سوپاپ سلنوئیدی کنترل EGR، خلأ عملکردی سوپاپ EGR را مطابق با سیگنال ارسالی از طرف پردازشگر موتور کنترل می‌نماید، که به دو نوع تقسیم‌بندی می‌گردد (شکل ۱۴۶ــ۵) :

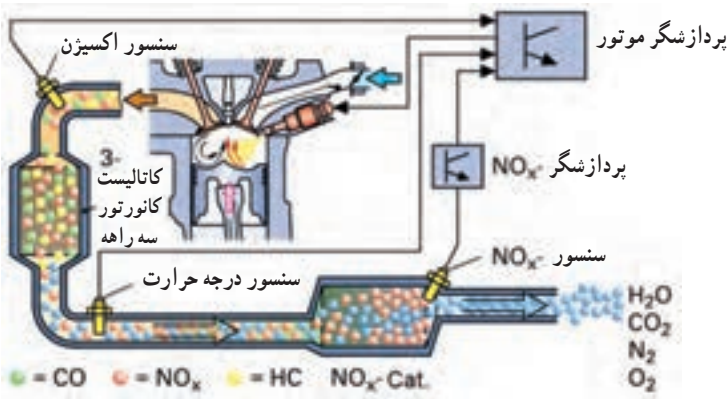
- نوع کنترل ON_OFF (روشن ــ خاموش)
- نوع کنترل درصدی



شکل ۱۴۶ــ۵

۴ــ کاتالیست کانورتور

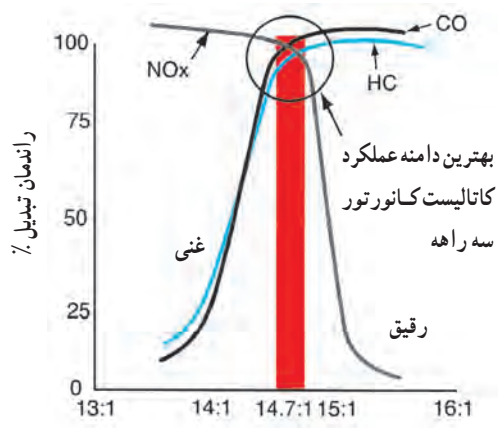
سیستم کنترل آلایندگی نشان داده شده در شکل ۱۴۷ــ۵ از یک کاتالیست کانورتور سه راهه[۱] به همراه یک سیستم بازخورد (سنسور اکسیژن استفاده شده) برای افزایش راندمان کاتالیست کانورتور سه راهه به‌کار رفته است.



شکل ۱۴۷ــ۵

در شکل۱۴۸ــ۵ رابطه بین نسبت سوخت و هوا و مقدار آلایندگی HC، CO و NO_X که توسط کاتالیست کانورتور سه راهه می‌تواند کاهش پیدا نماید، نشان داده شده است.

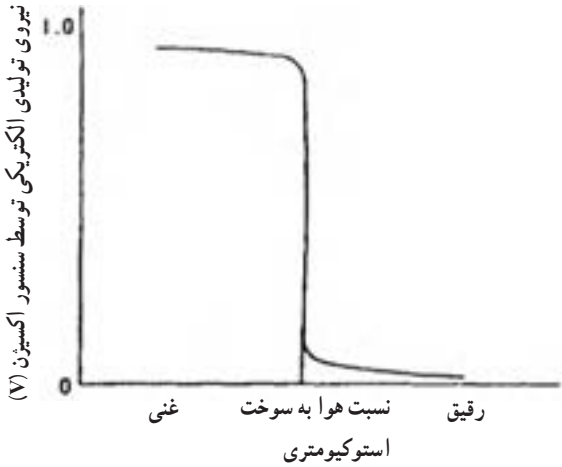
مطابق شکل با یک نسبت سوخت و هوای استوکیومتری مقدار کاهش در HC، CO و NO_X نزدیک به صددرصد ٪۱۰۰ می‌باشد.



شکل ۱۴۸ــ۵

۱ــ Three way Catalytic Converter

در شکل ۱۴۹ــ۵ رابطه بین نسبت سوخت و هوا و ولتاژ تولیدی توسط سنسور اکسیژن در سیستم بازخورد را نمایش می‌دهد. مطابق شکل اگر ولتاژ تولیدی به سرعت افزایش پیدا نماید، نشانگر غنی‌بودن مخلوط سوخت و هوا می‌باشد. اگر ولتاژ تولیدی به سرعت کاهش یابد نشانگر رقیق بودن مخلوط سوخت و هوا می‌باشد.



شکل ۱۴۹ــ۵

پردازشگر موتور نسبت سوخت و هوا را تا حتی‌المقدور نزدیک به سطح استوکیومتری با تنظیم مقدار پاشش سوخت و مطابق با سیگنال ارسالی از طرف سنسور اکسیژن نگه می‌دارد.

پردازشگر موتور در کنترل بازخورد نسبت سوخت و هوا در زمانی که بار موتور کم یا متوسط است مؤثر می‌باشد. در موتورهای پاشش مستقیم بنزین (GDI) نسبت سوخت و هوای خیلی رقیق زمانی که بار وارد بر موتور کمتر از مقدار متوسط است برای کاهش مصرف سوخت و تولید CO_2 کمتر کنترل می‌گردد.

● ***کاتالیست کانورتور سه راهه :*** در کاتالیست کانورتور سه راهه از عناصر کاتالیزوری (به عنوان مثال [پلاتینیوم[۱] + رادیوم[۲]] یا [پلاتینیوم + رادیوم + پالادیوم[۳]] برای تبدیل مواد سمی (CO، HC و NO_X) در گازهای خروجی اگزوز به مواد غیرسمی استفاده شده است. آن به‌طور همزمان HC و CO را به‌وسیله اکسیداسیون کاهش داده و NO_X را نیز کاهش می‌دهد (شکل ۱۵۰ــ۵ و ۱۵۱ــ۵

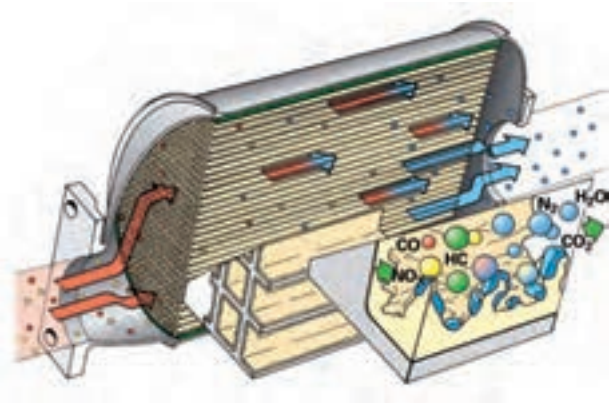
۱ــ Platinum

۲ــ Rhodium

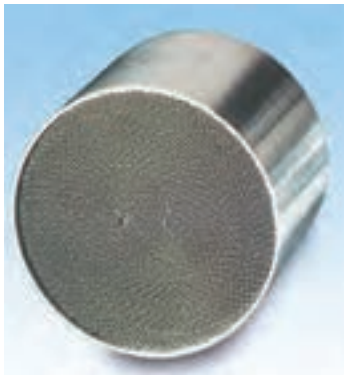
۳ــPaladiam

و ۱۵۲ــ۵).

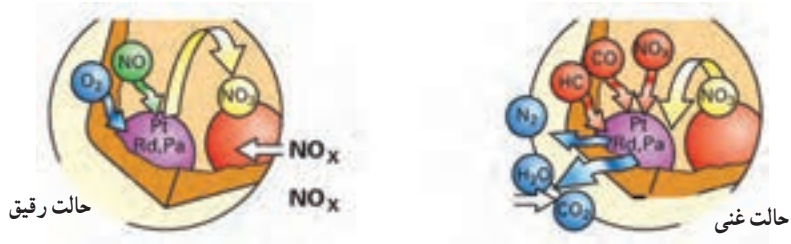
کاتالیست کانورتور سه راهه در دو نوع موجود می‌باشد، یک نوع آن گلوله‌ای و نوع دیگر یکپارچه (شبکه‌ای) می‌باشد. در نوع گلوله‌ای از ساچمه‌هایی به قطر ۴mm ــ۲ میلی‌متر به تعداد ۲۰۰/۰۰۰ ــ ۱۰۰/۰۰۰ که با عناصر کاتالیزوری پوشانده شده استفاده شده است و در نوع یکپارچه شبکه‌ای از شکل لانه زنبوری که سطح آن با عناصر کاتالیزوری پوشانده شده، استفاده شده است. بیشتر کاتالیست کانورتورها از نوع شبکه‌ای می‌باشند.



شکل ۱۵۰ــ۵

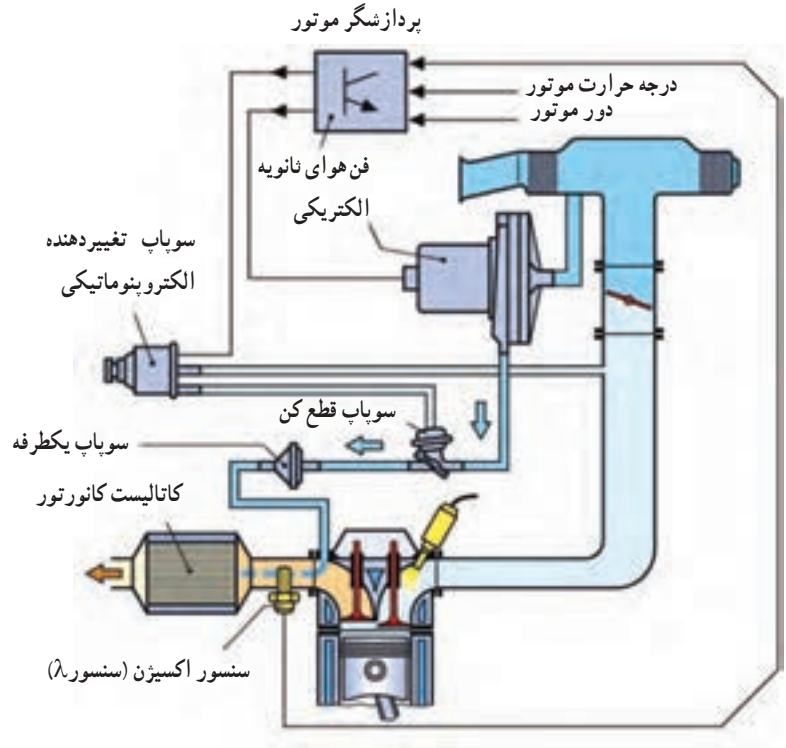


شکل ۱۵۱ــ۵



شکل ۱۵۲ــ۵

۵ــ سیستم کنترل آلایندگی پاشش هوای ثانویه : سیستم پاشش هوای ثانویه برای کاهش مقدار آلایندگی HC و CO در زمان گرم شدن موتور (λ <۱) احتراق مجدد گازهای حاصل از احتراق می‌باشد. در این سیستم هوای تازه به مانیفولد اگزوز قبل ازکاتالیست کانورتور تغذیه می‌گردد (شکل۱۵۳ــ۵).

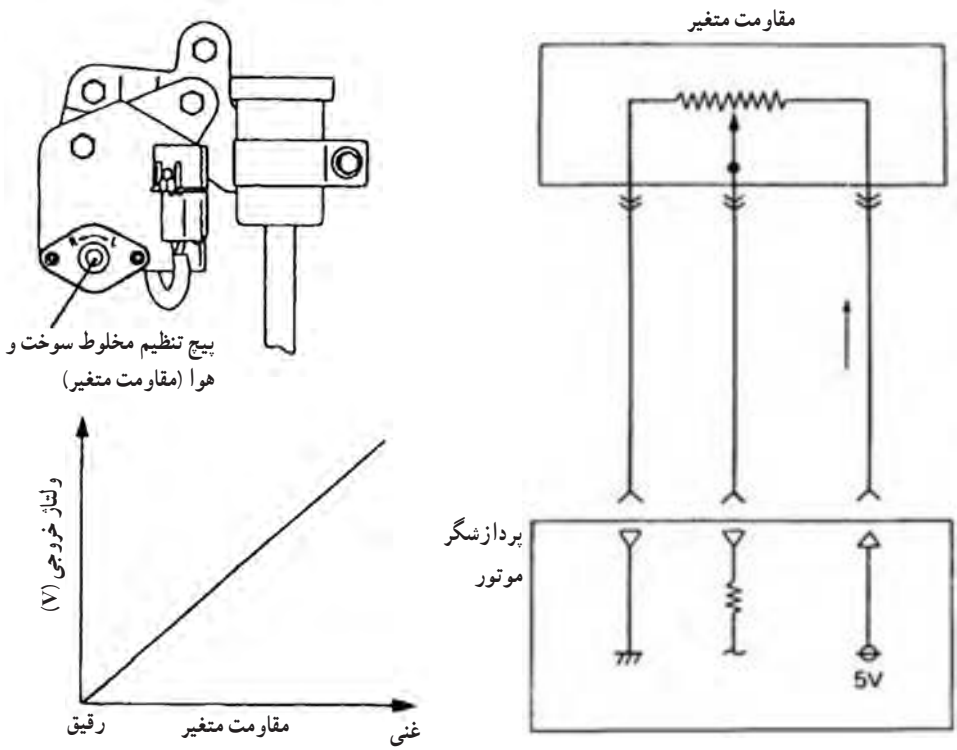


شکل ۱۵۳ــ۵

در این سیستم کاتالیست خیلی زود به عملکرد خود پس از روشن شدن موتور سرد می‌رسد و همچنین کاتالیست را می‌توان در فاصله دورتری از مانیفولد اگزوز قرار داد که بدین ترتیب طول عمل کاتالیست افزایش می‌یابد. در این سیستم یک فن هوای ثانویه الکتریکی و یک سوپاپ تغییردهنده الکتروپنوماتیکی که توسط سیستم مدیریت موتور با توجه به درجه حرارت موتور فعال می‌شوند، هوا را از طریق یک سوپاپ قطع کن و یک سوپاپ یکطرفه به گازهای خروجی اگزوز قبل ازکاتالیست می‌دمند. سوپاپ یکطرفه توسط سوپاپ تغییردهنده الکتروپنوماتیکی فعال می‌گردد. سوپاپ یکطرفه اجازه نمی‌دهد که فشارگازهای خروجی اگزوز به فن رسیده و باعث خرابی آن گردد. همچنین از برگشت دودهای اگزوز جلوگیری می‌نماید.

۶ــ پیچ تنظیم مخلوط سوخت و هوا : در خودروهای بدون کاتالیست کانورتور (که در حال حاضر این خودروها تولید نمی‌گردند) از یک پیچ تنظیم مخلوط سوخت و هوا که شبیه یک مقاومت متغیر است استفاده می‌گردد. از آن برای تنظیم مقدار غلظت CO در گازهای خروجی اگزوز در زمان

دور آرام استفاده می‌نمایند. پردازشگر موتور برای تنظیم مقدار پاشش سوخت مطابق با مقاومت، این مقاومت متغیر برنامه‌ریزی شده است (شکل ۱۵۴ــ۵).

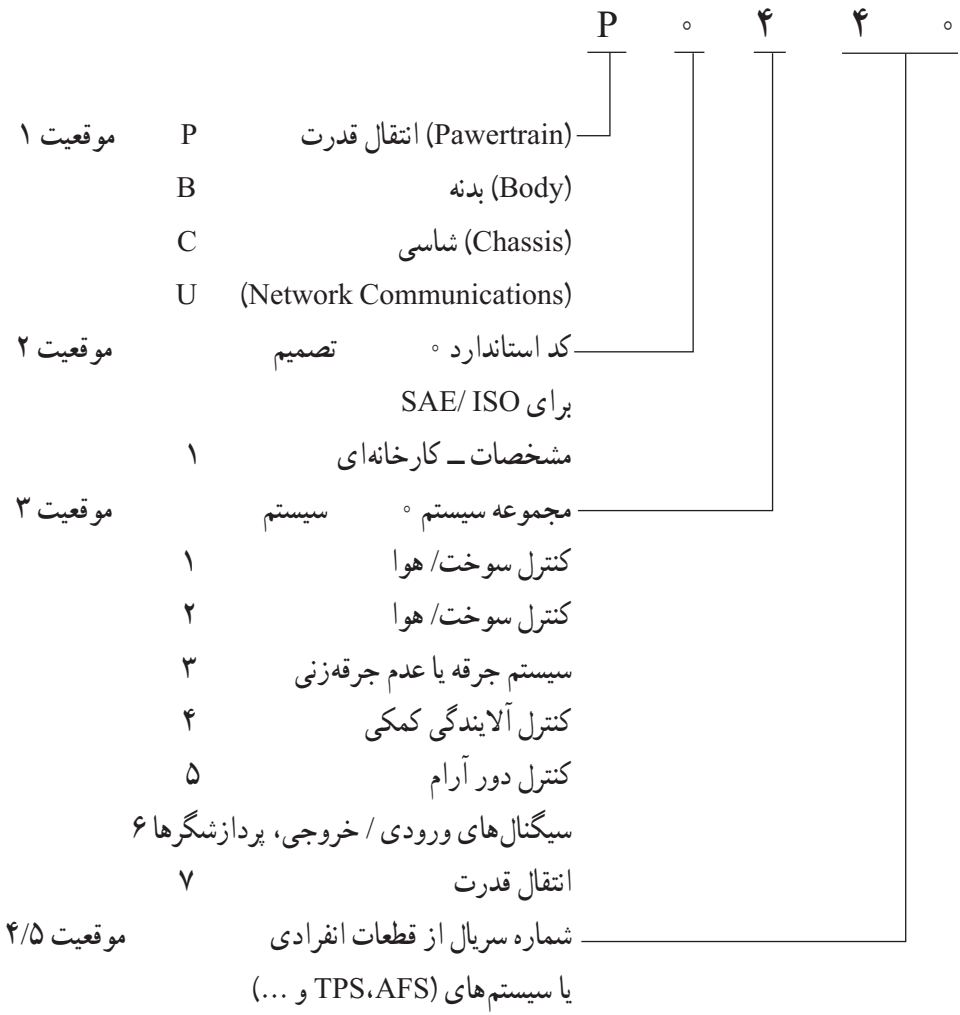


شکل ۱۵۴ــ۵

۷ــ سیستم عیب‌یابی هوشمند (OBD[1]) :

در سیستم‌های عیب‌یابی قدیمی از کدهای خطا دو رقمی استفاده می‌گردید. امروزه از سیستم استاندارد بین‌المللی «۴ رقمی+P» (ISO 15031ــ6/SAE J2012)استفاده می‌شود و با دستگاه عیب‌یاب کدهای خطا (DTC) قابل خواندن می‌باشد (شکل ۱۵۵ــ۵).

۱ــ On – Board Diagnosis (OBD)



۱۸ــ۵ــ نمای کلی پاشش مستقیم بنزین[۱] (GDI)

با یک موتور GDI، بنزین مستقیماً به داخل سیلندر پاشیده می‌شود. در این حالت که احتراق رخ می‌دهد عکس‌العمل سریع‌تر و کنترل سوخت با دقت بالاتری انجام می‌گیرد. بدین ترتیب راندمان احتراق یک مخلوط رقیق خیلی بالا می‌باشد.

۱ــ قطعات اصلی : چهار ویژگی مهّم که موتورهای GDI را بهتر از موتورهای با سیستم پاشش انژکتوری (EFI) می‌نماید (شکل ۱۵۶ــ۵).

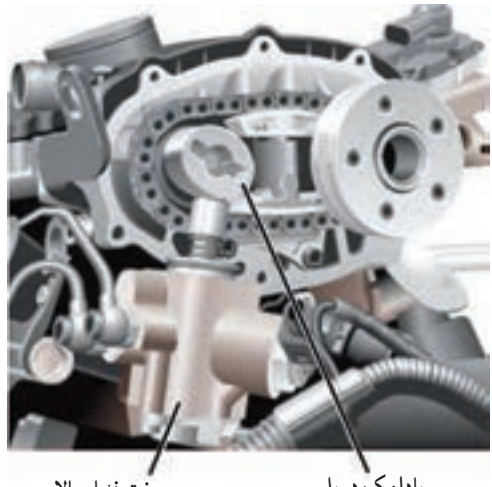
۱ــ Gasoline Direct Injection

۲ــ ویژگی‌های موتورهای GDI

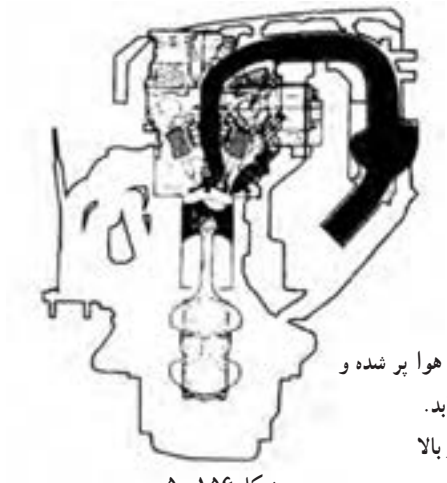
۱ــ مصرف سوخت کمتر : پاشش مستقیم بنزین به داخل سیلندر، باعث کنترل دقیق‌تر سوخت تقسیم شده به داخل محفظه احتراق می‌گردد.

به‌وسیله جریان هوای تولید شده توسط مسیر هوای ورودی مستقیم از بالاو منحنی بالای پیستون، ما می‌توانیم یک لایه از مخلوط سوخت و هوا در سیلندر ایجاد نماییم. با این روش، احتراق پایدار با یک مخلوط سوخت و هوای فوق‌العاده رقیق بالاتر از 1 :40 قابل دسترسی می‌باشد.

جهت یادآوری درموتورهای انژکتوری معمولی نسبت سوخت و هوا 1 :15 تا 5 :12 می‌باشد.

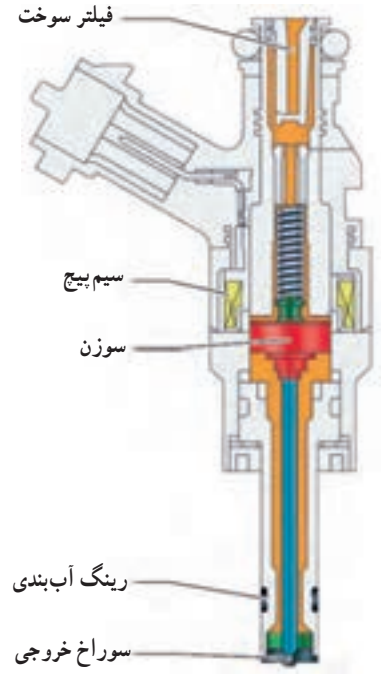


پمپ سوخت فشار بالا سوخت را با فشار بالا به انژکتور می‌رساند.



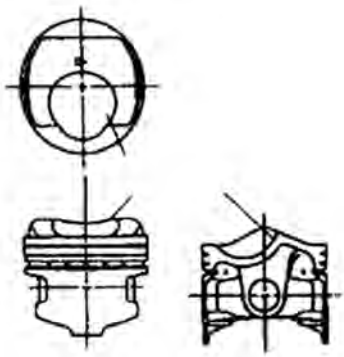
با این روش سیلندر بهتر از هوا پر شده و راندمان حجمی افزایش می‌یابد.
مسیر هوای ورود مستقیم از بالا

شکل ۱۵۶ــ۵



سوخت در زمان دقیق خود تحویل داده می‌شود.

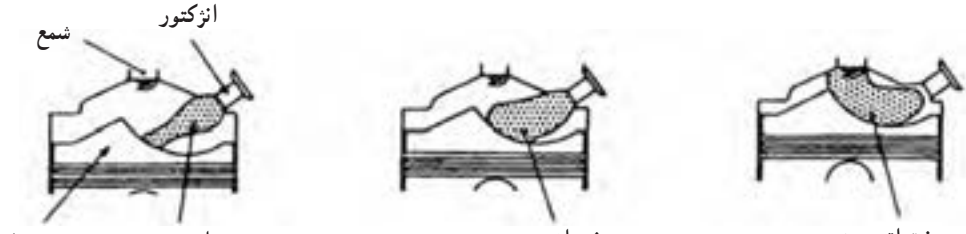
انژکتورهای چرخشی فشار بالا



باعث چرخش بهتر هوا (موافق عقربه‌های ساعت) شده و در نتیجه مخلوط سوخت و هوا بهتر اختلاط پیدا نموده و باعث جرقه بهتر می‌گردد.

منحنی بالای پیستون

شکل ۱۵۷ــ۵

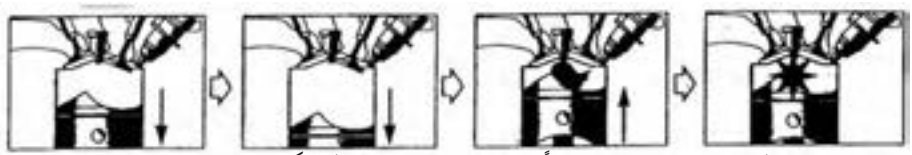


شروع پاشش — در زمان پاشش — انتهای پاشش سوخت

شکل ۱۵۸ــ۵

ب) مراحل پاشش سوخت :

در زمان احتراق خیلی رقیق،سوخت در نیمه دوم کورس تراکم درست قبل از جرقه پاشیده می‌شود. در زمانی که فشار داخل سیلندر بالا است، سوخت اتمیزه شده به‌وسیله انژکتورهای چرخشی فشار بالا پاشیده می‌شود (شکل ۱۵۹ــ۵).



شمع جرقه‌زده و مخلوط سوخت و هوا مشتعل می‌شود.

سوخت مستقیماً به داخل سیلندر پاشیده می‌شود.

پیستون به نقطه مرگ پایین رسیده و کورس تراکم شروع می‌شود.

پیستون در زمان مکش به پایین حرکت می‌کند.

شکل ۱۵۹ــ۵

در موتورهای GDI (پاشش مستقیم بنزین) روش‌های پاشش سوخت به چهار قسمت با توجه به مدت پاشش و نسبت سوخت و هوا تقسیم‌بندی می‌شود.

حالت عملکردی	مصرف سوخت کم	قدرت بالا		
حالت پاشش سوخت	نسبت هوا به سوخت در کورس تراکم رقیق است. (A/F نسبت‌هوا‌به‌سوخت)	نسبت هوا به سوخت در کورس مکش رقیق است. (در بعضی از مدل‌ها)	بازخورد نسبت هوا و سوخت	حلقه باز در حالت غنی
تایمینگ پاشش سوخت	کورس تراکم	کورس مکش	کورس مکش	کورس مکش
نسبت سوخت و هوا	30ــ40	20ــ24	استوکیومتری 14.7: 1	غنی
حالت مخلوط هوا	مخلوط لایه‌ای	مخلوط همگن	مخلوط همگن	مخلوط همگن
شرایط عملکرد	عملکرد در بار کم	عملکرد در بار متوسط	عملکرد در بار زیاد	عملکرد در بار زیاد
کنترل بازخورد نسبت سوخت و هوا	حلقه باز	حلقه باز	حلقه بسته	حلقه باز
کنترل EGR	استفاده شده	استفاده نشده	استفاده شده	استفاده شده
کنترل مسیر فرعی هوای دور آرام یا بدون سیم گاز	استفاده شده	استفاده شده	استفاده شده	استفاده شده

ج) کاهش مصرف سوخت :

مصرف سوخت مطابق با وضعیت‌های عملکردی موتور به نسبت متفاوت بهبود پیدا می‌نماید به

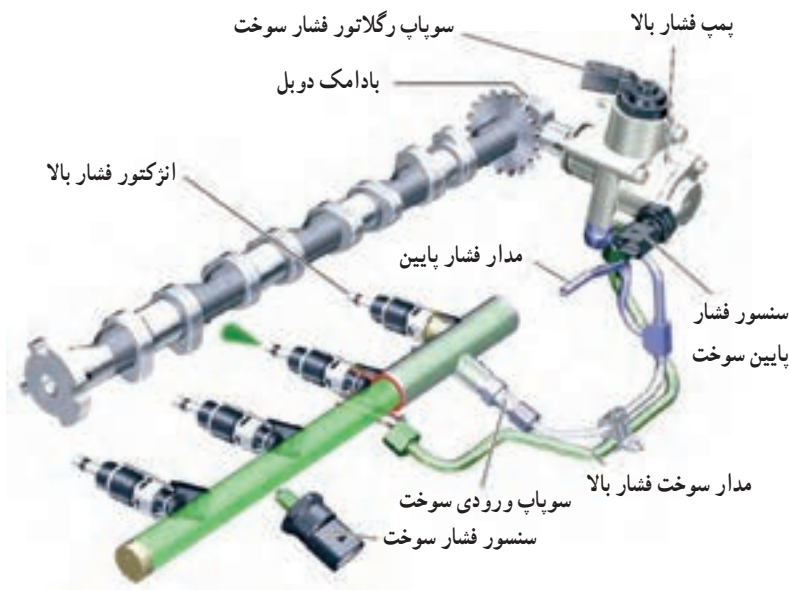
عنوان مثال در عملکردهای با بار کم مصرف سوخت بیشتر کاهش پیدا می‌نماید.

۱ــ در زمان دور آرام: مصرف سوخت به‌وسیله احتراق خیلی رقیق کاهش پیدا می‌نماید، در زمانی که هوا زیاد است، نوسان گشتاور و پاسخ سریع‌تر موتور می‌تواند به آسانی توسط مقدار پاشش سوخت کنترل گردد.

با این روش دور آرام می‌تواند در حدود ۶۰۰ دور بر دقیقه تنظیم گردد و اجازه دهد که درحدود ۴۰٪ مصرف سوخت در مقایسه با موتورهای معمولی بهبود پیدا نماید.

۲ــ در زمان حرکت با سرعت ثابت: در یک موتور معمولی اگر شروع احتراق با نسبت هوا به سوخت 20 :1 انجام گیرد خیلی موتور بدکار می‌کند، ولی در موتورهای GDI احتراق با نسبت هوا به سوخت 40 :1 نیز خیلی پایدار می‌باشد. این اجازه می‌دهد که مصرف سوخت در حدود ۵۰ــ۲۰درصد بهبود پیدا نماید (در km/h ۱۰۰ یا کمتر).

۳ــ فشار سوخت بالا: در پاشش سوخت مستقیم فشار سوخت باید در حدود 5mpa (مگاپاسکال) تنظیم گردد. به علّت کم بودن زمان پاشش سوخت و زمان سریع عکس‌العمل انژکتور، راه‌انداز انژکتور باید ولتاژ زیادی در حدود ۱۰۰ ولت (v) با جریان زیاد مطابق با سیگنال ارسالی از پردازشگر موتور به انژکتور تغذیه نماید (شکل ۱۶۰ــ۵).



شکل ۱۶۰ــ۵

منابع و مآخذ

1. Modern Automative Technology Europ Refrence Book
2. Mstep II Mitsubishi Training Electrical
3. Mstep II Mitsubishi Training MPI
4. Workshop Manual Mitsubishi
5. Workshop Manual Mazda
6. Mazda Training Book
7. Automotire Techndogy Jack Evjavec
8. Hyundai Training Book
9. KIA Training Book
10. N – Step NISSAN
11. Toyo TA Training

۱۲ــ کتاب راهنمای تعمیرات سواری مزدا ۲ و ۳ گروه بهمن
۱۳ــ کتاب راهنمای تعمیرات میتسوبیشی پاجرو گروه بهمن
۱۴ــ کتاب راهنمای تعمیرات سمند ایران‌خودرو
۱۵ــ کتاب راهنمای تعمیرات ریو سایپایدک
۱۶ــ تکنولوژی مولد قدرت وزارت آموزش و پرورش