فصل اوّل :

سوخت و احتراق

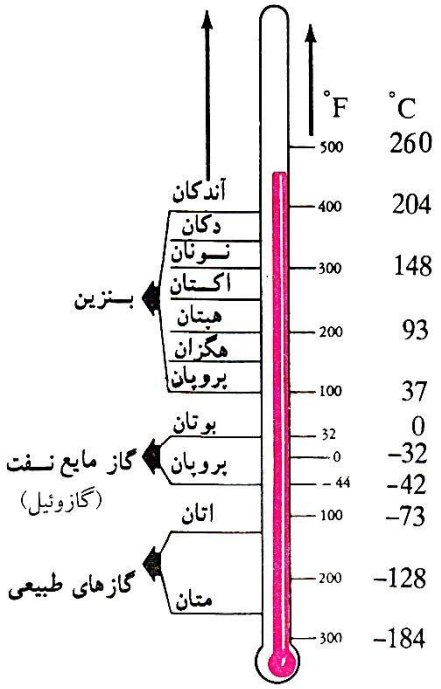
سوخت های مصرفی در موتورهای احتراق داخلی

بنزین :

رایج ترین سوخت موتور خودروهای سواری، بنزین است. بنزین هیدروکربنی است که عمدتاً از هیدروژن و کربن تشکیل شده و از مشتقّات نفت خام است. بنزین معمولاً مایع بی رنگی است که از تقطیر نفت خام در بُرج تقطیر به دست می آید و نیز از روش کراکینگ (شکستن مولکول های هیدروکربن های سنگین تر) و پُلی مریزاسیون (ترکیب مولکول های هیدروکربن های سبک با هم) هیدروکربن ها، حاصل می شود.

بنزین یک مایع مرکّب از چند هیدروکربن است که هر مادّه ی ترکیب کننده ی آن، نقطه ی جوش مخصوص به خود را دارد. بنزینی که امروزه در دسترس قرار دارد، ترکیبی از پروپان با نقطه ی جوش $37.7^{\circ}c(100^{\circ}F)$ تا آندکان با نقطه ی جوش $204.4^{\circ}c(400^{\circ}F)$ است.

نقطه جوش هیدروکربورهای تشکیل دهنده بنزین، گاز مایع نفت و گاز طبیعی



گازوئیل :

این سوخت نیز از محصولات تقطیر نفت خام بوده و دارای دمای تبخیر بالاتری نسبت به بنزین است، و در موتورهای اشتعال جرقه ای قابل مصرف نمی باشد. زیرا به کندی و در دمای بالایی تبخیر می شود. علاوه براین قابلیّت خودسوزی بالایی دارد و در نسبت تراکم پایین خودبخود مشتعل می شود. امّا در فشار و دمای بالا، سرعت احتراق خوبی دارد.

متانول (الکل متیلیک) :

نوعی الکل (الکل چوب) است که می توان آن را در موتور سوزاند. این سوخت به شدّت سمّی و خورنده بوده و انرژی آن نصف انرژی بنزین است. برای استفاده از این سوخت باید اجزاء و قطعات سیستم سوخت رسانی را از فولاد ضدّ زنگ و ... ساخت. یکی از محاسن متانول این است که می توان آن را از زغال سنگ، چوب، کود، زباله و سایر موادّ آلی ساخت.

از این سوخت بیش تر در خودروهای مسابقه ای استفاده می شود.

اِتانول (الکل اتیلیک) :

این سوخت معمولاً مخلوطی از **10%** الکل اِتیلیک و **90%** بنزین بدون سرب است. الکل اِتیلیک از شکر، غلّات یا سایر موادّ آلی استخراج می شود. موتور خودرو می تواند بدون تغییر در سیستم سوخت رسانی، اِتانول کار کند.

گاز مایع نفت (LPG) :

گاز مایع نفت (**Liquid Petrolume Gas**) را از نفت خام استخراج می کنند، و اساساً از ترکیب بوتان و پروپان به دست می آید. این گاز تحت فشار (**15-20bar**) در مخازن، به صورت مایع است و وقتی فشار از روی آن برداشته شود، به حالت گاز در می آید. گاز مایعی که اغلب در خودروهای گاز سوز مصرف می شود، پروپان است. یکی از محاسن گاز مایع عدد اُکتان آن است، که از **100** بالاتر است. در نتیجه موتور گاز سوز می تواند نسبت تراکم بالاتری داشته باشد و با توان و بازده بیشتری کار کند.

گاز طبیعی فشرده (CNG) :

این گاز یا از چاه های نفت خام، به همراه نفت خام (به صورت محلول در نفت خام یا در بستر چاه های نفت) به دست می آید یا از چاه هایی که فقط گاز طبیعی از آن خارج می شود و یا در معادن زغال سنگ، به دست می آید. لذا چون به طور طبیعی به دست می آید، به آن گاز طبیعی (**Natural Gas**) می گویند. و چون آن را تحت فشار بالا (**200bar**) در مخازن گاز خودروها ذخیره می کنند، به آن گاز طبیعی فشرده (**Compressed Natural Gas**) می گویند.

عمده ی ترکیب این گاز **80-90%** متان و **10-20%** اِتان و مقادیر اندکی نیتروژن و هیدروکربن های دیگر است. مهم ترین ناخالصی های موجود در این گاز، بخار آب (H_2O)، سولفید هیدروژن (H_2S) و دی اُکسید کربن (CO_2) است. از مزایای استفاده از گاز طبیعی در مقایسه با بنزین می توان آلایندگی کمتر، عدد اکتان بالا (**130**)، افزایش راندمان (**15%**)، فراوانی و قیمت مناسب را نام برد.

هیدروژن :

هیدروژن فراوان ترین عنصر طبیعت محسوب می شود. گازی بی رنگ و بی بو است که از سوختن آن فقط بخار آب حاصل می شود که سریع و بدون هیچ خطری توسّط محیط اطراف جذب می شود.

برای استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت در خودروها، دو روش اصلی و کاربردی وجود دارد که عبارت اند از :

۱- احتراق هیدروژن در محفظه ی احتراق موتور

۲- به کارگیری سلّول سوختی

در روش اوّل هیدروژن به مانند سایر سوخت های مورد مصرف در موتورهای احتراق داخلی، به کار گرفته می شود. و در روش دوّم هیدروژن به واسطه ی به کارگیری سلّول سوختی، به انرژی الکتریکی تبدیل شده و موتورهای الکتریکی به کار رفته در خودرو را تغذیه می کند. هیدروژن را می توان از روش های مختلف ترموشیمیایی از موادّ گوناگون از قبیل متان، زغال سنگ، گاز مایع نفت (**LPG**)، آب و ... استحصال کرد.

روغن های گیاهی و بیو دیزل :

هدف از سوخت های گیاهی، تولید سوخت های مایع از محصولات کشاورزی می باشد. این سوخت ها می توانند به صورت روغن های طبیعی نظیر روغن ذرّت، تخم پنبه و ... مورد استفاده قرار گیرند و یا با انجامیک سری مراحل شیمیایی بر روی همین روغن های گیاهی، می توان آن ها را به بیو دیزل مورد مصرف در موتورهای اشتعال تراکمی تبدیل کرد.

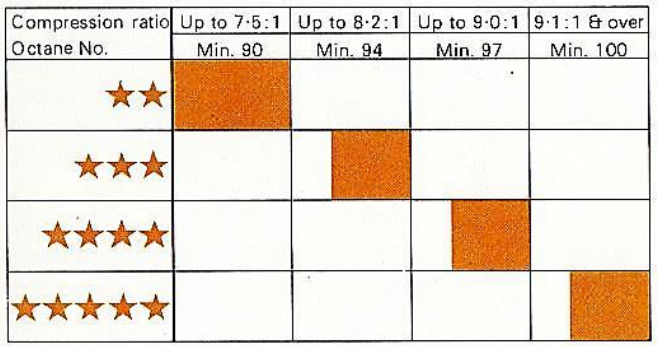
عدد اُکتان (Octane No) :

میزان مقاومت سوخت در مقابل خودسوزی را درجه ی اُکتان آن می گویند. مقاومت سوخت در مقابل فشار تراکم، به نوع پایه ی نفتی آن بستگی دارد. مثلاً سوخت با پایه ی اسفالتیک، مقاومت بیش تری نسبت به سوخت با پایه ی پارافینی دارد. و بنزین های تهیّه شده با روش کراکینگ از بنزین های برج تقطیر، مقاوم ترند.

روش تعیین درجه ی اُکتان سوخت :

برای این کار، مخلوطی از دو سوخت ایزواُکتان که خاصیّت تراکم پذیری زیادی دارد و هپتان که تمایل به اشتعال خود به خود آن زیاد است را با درصد های مختلف انتخاب می کنند و درجه ی خودسوزی آن ها را در یک موتور تک سیلندر آزمایشی که نسبت تراکم متغیّری دارد، تعیین کرده، و در جدولی تنظیم می کنند. سپس هر سوخت نامشخّصی را در همین موتور آزمایشی قرار داده و با مقایسه ی مقدار تراکم پذیری آن با جدول، درصد اِکتان آن را معیّن می کنند.

درصد اُکتان از **90** شروع شده، در چهار گروه طبقه بندی می شود. بنزین با اُکتان **90** یعنی سوختی که معادل **90%** ایزواُکتان و **10%** هپتان است. جدول زیر چهار دسته بنزین را برای نسبت تراکم های مختلف نشان می دهد.



راه های بهبود درجه ی اُکتان :

۱- **افزودن ترا اِتیل سُرب** $((C_2H_5)_4Pb)$:

ترا اِتیل سُرب (**TEL**) را با نسبت حجمی **1 : 1200** به سوخت اضافه می کنند. این عامل شیمیایی، مایعی است که به طور کامل با بنزین مخلوط شده و همراه آن تبخیر می شود. برای آن که رسوب سُرب در کناره های شمع و سوپاپ ها به وجود نیاید، به بنزین اِتیلن دی برومید اضافه می کنند. و برای تعیین نوع بنزین سُرب دار و جلوگیری از مصرف آن در موارد دیگر (به دلیل سمّی بودن)، به بنزین رنگ قرمز می زنند. مهم ترین عیب **TEL** ، آلوده سازی محیط زیست است.

۲- **اِتیل الکل** (C_2H_5OH)

۳- **بنزن یا بنزل** (C_6H_6)

۴- **تِری کربونیل و الکل ها و اِتِرها**

احتراق (Combustion) :

ترکیب سریع مادّه ی سوختی (عناصر کربن(C) و هیدروژن (H) که هیدروکربن نامیده می شود.) با اُکسیژن موجود در هوا (اُکسیداسیون) در دمای بالا را احتراق می گویند. طی این عمل که با جرقه ی شمع در موتور کامل می شود، در صورت انجام احتراق کامل، واکنش شیمیایی انجام شده و ضمن تولید حرارت زیاد، دی اُکسید کربن (CO_2) و بخار آب (H_2O) آزاد می شود.

احتراق کامل (Complete Combustion) :

احتراقی است که در طی آن، همه ی کربن ها و هیدروژن های موجود در سوخت، اُکسیژن کافی دریافت کنند و تبدیل به دی اُکسید کربن (CO_2) و بخار آب (H_2O) شوند و در نتیجه حدّاکثر حرارت ممکن تولید شود.

معادله ی احتراق تئوری بنزین $C_8H_{18} + 12.5O_2 \Rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$

احتراق ناقص (Incomplete Combustion) :

احتراقی است که در آن کربن ها و هیدروژن های سوخت، به دلیل راندمان حجمی پایین موتور (خوب پُر نشدن سیلندر)، جرقّه ی ضعیف شمع، سوخت غنی، تایمینگ غلط جرقّه و ... نمی توانند اُکسیژن لازم را دریافت کنند و تبدیل به مونو اُکسید کربن (CO) و اُکسید های سمّی آزت (NO_x) می شوند.

احتراق کامل صرفاً یک حالت ایده آل است و در عمل، احتراق به طور ناقص رخ می دهد. برخی از دلایل مهم احتراق ناقص عبارت اند از کافی نبودن مقدار اُکسیژن، مخلوط نشدن کامل سوخت و اُکسیژن و تجزیه ی محصولات احتراق در دمای بالا. لذا با افزایش مقدار اُکسیژن و بهبود اختلاط سوخت و هوا، می توان در جهت کامل تر شدن احتراق گام برداشت.

معادله ی احتراق عملی بنزین $C_8H_{18} + 12.5(O_2 + 3.76N_2) \Rightarrow 8CO_2 + 9H_2O + 47N_2$

احتراق شامل سه جزء اصلی زیر است :

۱- سوخت

۲- اُکسید کننده

۳- محصولات احتراق

در مورد سوخت ها توضیحات لازم ارائه شد. حال دو جزء دیگر واکنش احتراق معرفی می شوند.

اُکسید کننده ها (Oxidizer) :

مهم ترین اُکسید کننده ها در احتراق، اُکسیژن است. امّا در شرایط عادّی اُکسیژن خالص وجود ندارد و از هوا به عنوان اُکسید کننده استفاده می شود. ترکیب شیمیایی هوای خشک به شکل زیر است :

$N_2 = 78.1\%$ $O_2 = 20.9\%$ $Ar = 0.9\%$ سایر گاز ها $= 0.1\%$

در عمل چون گاز آرگون یک گاز بی اثر بوده و در احتراق نقشی ندارد و به علّت ناچیز بودن مقدار سایر گازها، این دو بخش از هوا، را نادیده گرفته و هوا را شامل **79%** نیتروژن و **21%** اُکسیژن در نظر می گیریم بنابر آنچه گفته شد، به ازاء هر مول اُکسیژن موجود در هوا که در احتراق شرکت می کند، $\frac{0.79}{0.21} = 3.76$ مول نیتروژن نیز وارد سیلندر می شود. لذا در هنگام نوشتن معادله ی احتراق یک سوخت با هوا، برای هوا از نماد $(O_2 + 3.76N_2)$ استفاده می کنند.

محصولات احتراق (Combustion Products) :

محصولات احتراق متشکّل از ترکیبات مختلفی هستند که به شکل گاز از محلّ احتراق خارج می شوند و اصطلاحاً دود (Smoke) نامیده می شوند. در عمل، دود به محصولات ذکر شده در واکنش های احتراق محدود نمی شود؛ بلکه شامل طیف وسیعی از محصولات واسطه، مقداری سوخت خام و مقداری اُکسیژن است.

تشکیل دوده و عوامل مؤثّر بر آن :

دوده ی خارج شده از موتور نشان دهنده ی احتراق ناقص در موتور می‌باشد. این دوده در حجم‌های مختلف در هر موتوری با مخلوط‌های غنی به‌وجود می‌آید. در نسبت هم‌ارزی سوخت به هوای بزرگ تر از **1.5** و در فشارهای معمول کاری در موتور دیزل دوده تولید می‌شود. در هنگام تشکیل دوده اگر O_2 کافی موجود باشد، دوده می‌تواند بسوزد. در غیر این‌صورت از اگزوز خارج می‌شود. چنان چه این دوده غلیظ باشد، قابل مشاهده می‌شود. هم چنین اندازه ی ذرّات دوده روی دیده شدن آن تأثیر دارند. در اثر جمع شدن ذرّات ریز دوده، ذرّات بزرگ تر تشکیل می‌شوند.

دوده به دوده‌های آبی، سفید و سیاه تقسیم می‌شود :

۱– دوده ی آبی :

دوده آبی با سوختن قطرات روغن روان‌کاری که به محفظه ی احتراق می‌رسند، تولید می‌شود و بیش تر به علّت کهنه بودن رینگِ پیستون و لایه‌های سیلندر این اتّفاق می‌افتد.

۲– دوده ی سفید :

دوده سفید در اثر ذرّات نیمه سوخته یا نسوخته ی سوخت می‌باشد و معمولاً مربوط به کار خودرو در دمای کم تر از دمای معمول (سرد کار کردن موتور)، بعد از استارت می‌باشد. زمان‌های طولانی درجا کارکردن، حرکت در بارِ کم و نَشت آب به داخل محفظه ی احتراق، از جمله عوامل تولید این نوع دوده می‌باشند. وقتی موتور گرم می‌شود و به شرایط کاری عادّی خود می‌رسد، این دوده از بین می‌رود.

۳– دوده سیاه :

دوده ی سیاه از ذرّات کربن نسوخته (با قطر **0.5-1 mm**) و سایر محصولات جامد احتراق به‌وجود می‌آید. معمولاً وجود این نوع دوده مربوط به بارهای کاری و سرعت بوده و بعد از این‌که موتور گرم شد، در حال شتاب گرفتن یا با حرکت در سرعت‌های معمولی، تشکیل می‌شود. دوده ی سیاه بسیار متداول‌تر از دوده های نوع قبل می‌باشد و لازم است تا برای کاهش آلودگی کنترل شود. مهم ترین عامل تولید دوده، مخلوط نشدن کافی سوخت و هوا می‌باشد. وقتی که دمای اطراف برای تجزیه ی سوخت به اندازه ی کافی بالا باشد ولی O_2 کافی برای سوختن کربن تشکیل‌شده موجود نباشد، دوده تولید می‌شود. مخلوط‌های بسیار غنی به‌طور موضعی تولید کربن می‌کنند.

عوامل زیر در تولید دوده نقش دارند :

۱– سیستم پاشش:

نحوه و شکل توزیع سوخت توسّط انژکتور در محفظه احتراق می‌تواند بر مقدار دوده ی تولید شده اثر بگذارد. نفوذ زیاد، اندازه‌های بزرگ ترِ قطرات، مدّت طولانی‌تر پاشش و پخش غیرهمگن، تولید دوده را زیاد می‌کنند.

۲– نوع سوخت:

کیفیّت سوخت بر دوده سفید تولید شده تأثیر می‌گذارد. سوخت‌های با فرّاریت بیش تر، دوده ی کم تری نسبت به سوخت‌های سنگین‌تر با همان عدد ستان تولید می‌کنند.

۳– بار:

در مخلوط غنی به علّت در دسترس نبودن O_2 ، دوده بیش تری تولید می‌شود. بنابراین در هر بارِ اضافه ی وارد شده به موتور از آنجا که مقدار سوخت وارد شده نسبت به هوای ورودی بیش تر می‌باشد، باعث تولید دوده سیاه می‌شود.

۴– سرعت موتور :

مقدار دوده در سرعت‌های کم و زیاد، بسیار زیاد می‌باشد. در سرعت‌های کم این امر به علّت گرم شدن مخلوط و در سرعت‌های بالا این امر به علّت مکش سریع سوخت اتّفاق می‌افتد. علاوه بر این به نظر می‌رسد که حرکت هوا در محفظه ی احتراق با حرکت سوخت در این دو حالت هماهنگ نمی‌باشد؛ که این خود باعث افزایش دوده می‌شود. مقدار دوده در موتورهای توربوشارژی نسبت به موتورهای تنفس طبیعی، کم تر است و این به علّت وجود O_2 کافی حتّی در حالت بار کامل می‌باشد.

۵– نسبت سوخت به هوا :

مقدار دوده با افزایش نسبت سوخت به هوا زیاد می‌شود. این افزایش حتّی با **25%** هوای اضافی در سیلندر نیز دیده می‌شود. این مسأله به‌طور واضح نشان می‌دهد که در موتور دیزل حتّی با وجود O_2 اضافی، مشکل اختلاط وجود دارد. موتور توربوشارژی دوده کمتری تولید می‌کند، چرا که نسبت سوخت به هوا در آن، افزایش پیدا کرده و هم چنین اختلاط در این موتور به علّت وجود O_2 کافی، بسیار بهتر صورت می‌گیرد.

مراحل احتراق عادّی هیدروکربن در موتور :

۱- تبخیر سوخت و اُکسید کننده (اُکسیژن هوا) به نسبت مناسب

۲- فشرده شدن مخلوط سوخت و هوا و رسیدن آن به دمای اشتعال

۳- انتشار و گسترش جبهه ی آتش

احتراق زودرس (Pre Ignition) :

اگر فشار تراکم موتور خیلی زیاد باشد، گاز متراکم شده، قبل از جرقّه ی شمع و شروع احتراق، خود به خود منفجر شده و به علّت کاهش زمان احتراق و تدریجی نبودن آن، به موتور ضربه (**Knock**) وارد می کند. در این حالت صدایی ناهنجار از موتور شنیده شده، قدرت موتور کاهش می یابد.

علل اصلی احتراق زودرس :

۱- رسوبات باقی مانده در کف پیستون و اتاق احتراق و سرخ شدن آن ها
۲- گرم شدن سوپاپ های دود
۳- ایجاد مناطق گرم به علّت خنک کاری ناقص
۴- گرم شدن بیش از حدّ پایه شمع ها
۵- وجود لبه های تیز در اتاق احتراق
۶- کمبود اُکتان سوخت

احتراق همراه خودسوزی (Knocking) :

در این حالت پس از آن که شمع جرقّه زده و احتراق شروع می شود، از سمت دیگر، گاز متراکم نیز خود به خود منفجر شده و شعله ها از دو طرف با هم برخورد کرده و ایجاد ضربه (**Knock**) می کنند.

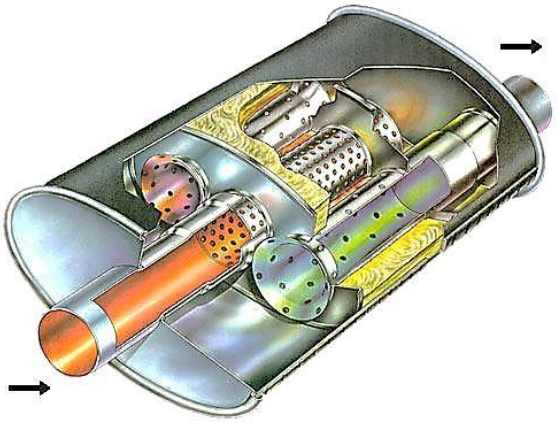
علل اصلی احتراق همراه با خودسوزی :

۱- سوخت ضعیف کاربراتور
۲- کمبود اُکتان سوخت
۳- آوانس بودن زیاد زمان جرقّه
۴- زیر بار زیاد قرار گرفتن موتور
۵- تجمّع زیاد کربن و رسوبات در موتور

سیستم اِگزوز (Exhaust System) :

سیستم اِگزوز، وظیفه دارد دودهای خروجی حاصل از احتراق موتور را پس از بی صدا نمودن و نیز بی خطر نمودن هیدروکربن های نسوخته، به خارج از موتور هدایت نماید. وظیفه ی بی صدا نمودن دود را انباره ی خفه کُن انجام می دهد. انباره ی خفه کُن بر اساس ذخیره ی امواج کار می کند و بیضی شکل بوده و درون آن چهار اتاقک دو جداره

وجود دارد که دود موتور ابتدا به اتاقک سوّم رسیده، سپس به اتاقک اوّل برمی گردد. (دود طول انباره را در جهت مخالف طی می کند.) پس از اُفت انرژی کافی، دودها از داخل لوله ی میانی، انباره را ترک می کنند.



گازهای خروجی از اِگزوز :

همان طور که در بحث احتراق اشاره شد، احتراق کامل صرفاً یک حالت ایده آل است و در عمل، احتراق به طور ناقص رخ می دهد. لذا با توجّه به معادله ی احتراق ناقص، گازهای خروجی اِگزوز را می توان به دو گروه تقسیم بندی کرد :

۱- گازهای غیر سمّی و بی ضرر :

گازهایی هستند که برای موجودات زنده (به خصوص برای انسان) مضر نبوده و یا خطرات کمی دارند. این گازها عبارت اند از دی اُکسید کربن (CO_2)، نیتروژن (N_2) و بخار آب (H_2O).

۲- گازهای سمّی و خطرناک :

گازهایی هستند که وقتی توسّط اِگزوز خودروها در هوا پخش می شوند، باعث آلودگی هوا شده و برای موجودات زنده بسیار خطرناک می باشند. به خصوص برای انسان ها در موقع تنفّس سبب ایجاد بیماری هایی مانند : مسمومیّت، سرگیجه وسستی در بدن شده و حتّی گاهی باعث ایجاد انواع سرطان می گردد. این گازها عبارت اند از مونو اُکسید کربن (CO)، اُکسید های نیتروژن (NO_x)، هیدروکربن های نسوخته (HC) و ذرّات جامد.

مونو اُکسید کربن (CO) :

گازی است بی رنگ و بی بو که حتّی در مقادیر پایین نیز خطرناک است. چنان چه فردی امونو اُکسید کربن را استنشاق نماید، این گاز با گلبول های قرمز خون ترکیب شده و قابلیّت انتقال اُکسیژن را می گیرد. و اگر جذب خون شود، در مدّت کوتاهی سبب مرگ انسان می شود. میزان مونو اُکسید کربن تولیدی ناشی از احتراق ناقص در خودروها به طور متوسّط حدود **67%** است.

اُکسید های نیتروژن (NO_x) :

این گاز ها در موقع خروج از اِگزوز، بی رنگ و بی بو بوده امّا به محض ورود به هوا و ترکیب شدن با اُکسیژن (در درجه حرارت بالا)، به رنگ قهوه ای مایل به قرمز در می آید. و با ورود به سیستم تنفّسی انسان، آسیب جدّی وارد می کند. میزان اُکسیدهای نیتروژن تولیدی ناشی از احتراق ناقص در خودروها به طور متوسّط حدود **20%** است.

دی اُکسید گوگرد (SO_4) :

دی‌اُکسید گوگرد گازی است بی‌رنگ که بیش تر از سوختن سوخت‌های حاوی گوگرد به‌وجود می‌آید. از ترکیب این گاز با آب موجود در هوای مرطوب، اسید بسیار خورنده H_2SO_4 تشکیل می‌شود. باران اسیدی و اثر خورندگی این اسید از دیگر تبعات این آلاینده می‌باشد.

هیدروکربن های نسوخته (HC) :

در حقیقت همان گازهای نیم سوخته ای هستند که از اِگزوز خارج می شوند. البتّه هیدروکربن های نسوخته می تواند از کارتل روغن (بخار روغن) نیز به وجود بیاید. این گازها می تواند سرطان زا باشد و در شهرهای بزرگ به صورت توده ی ابر سیاه، در روزهای آفتابی مشاهده می شود. میزان هیدروکربن های نسوخته ی تولیدی ناشی از احتراق ناقص در خودروها به طور متوسّط حدود **10%** است. میزان ذرّات جامد نیز درحدود **2%** است.

سُرب :

آلودگی سُرب فقط در موتورهای اشتعال جرقّه ای (**SI**) تولید می‌شود. سُرب در سوخت به صورت تتراتیل یا تترامتیل سُرب وجود دارد. بیشتر این سُرب از اگزوز خارج می‌شود و به صورت ذرّات بسیار ریز اُکسید، وارد جو می‌شود. قسمتی از این سُرب سریعاً به زمین می‌رسد، سایر این ذرّات به اندازه ی کافی کوچک هستند که به صورت معلّق قبل از آن‌که به واسطه ی ترکیب با سایر مواد به زمین برسند، مدّتی در جو باقی بمانند.

راه های کنترل و کاهش گازهای خطرناک و سمّی اِگزوز :

در اکثر کشورهایی که استانداردهای زیست محیطی بالایی را اجرا می کنند، معمولاً از خودروهایی با مصرف سوخت های غیرفسیلی (هیبریدی، برقی، هیدروژنی، خورشیدی و ...) استفاده می کنند. امّا در خودروهایی که سوخت های فسیلی استفاده می کنند، برای کاهش آلودگی اِگزوز از روش های زیر استفاده می برند :

۱- تغییر شکل محفظه ی احتراق
۲- تغییر نسبت تراکم
۳- تایمینگ متغیّر سوپاپ ها

۴- طرّاحی منیفولدهای هوا و دود

روش های دیگری نیز، امروزه در خودروها به کار گرفته شده است که کاربردی تر بوده و در زیر به آن ها اشاره می کنیم :

۱- برگردان دود اِگزوز (EGR) :

وقتی دمای موتور بالا می رود (درجه حرارت احتراق)، امکان تولید اُکسیدهای نیتروژن (NO_x) زیاد می شود. لذا هدف سیستم برگردان دود اِگزوز (**Exhaust Gas Recirculation**) آن است که با برگرداندن کمی از دودهای خروجی موتور به محفظه ی احتراق، سبب کاهش درجه حرارت احتراق و در نهایت کاهش تولید اُکسید های نیتروژن می شود. البتّه مقدار برگشتی دود اِگزوز به محفظه ی احتراق، توسّط شیر برقی و به وسیله ی واحد کنترل الکترونیکی (**ECU**) مدیریّت می شود. این سیستم در بعضی از خودروها به تنهایی و یا با مبدّل کاتالیست استفاده می شود. (پراید انژکتوری مدل کیا)

۲- تزریق هوای اضافی به لوله ی اِگزوز :

این سیستم نیز در بعضی از خودروها (زانتیا) استفاده شده است؛ که با تزریق یک مقدار هوا توسّط یک پمپ دمنده هوا، به لوله ی اِگزوز، سبب سوختن گازهای نسوخته شده و آلودگی اِگزوز کاهش می یابد. این سیستم نیز در بعضی از خودروها به تنهایی و یا با کاتالیست نصب می شود می شود.

۳- کاتالیست سه راهه (TWC) :

یکی دیگر از راه های کاهش آلودگی آگزوز در خودروها، استفاده از کاتالیست است که کاتالیست سه راهه (**Three Way Catalyctic**) کامل ترین نوع کاتالیست محسوب می شود و در مسیر لوله ی اِگزوز و در نزدیکی موتور نصب می شود. علّت این که این نوع کاتالیست ها را کاتالیست سه راهه می نامند، این است که سه نوع گاز خطرناک و سمّی موجود در دود اِگزوز (CO ، NO_x و HC) را به گاز بی خطر تبدیل می کند.

امروزه استفاده از کاتالیست سه راهه در خودروها اجباری است.

اجزای کاتالیست سه راهه :

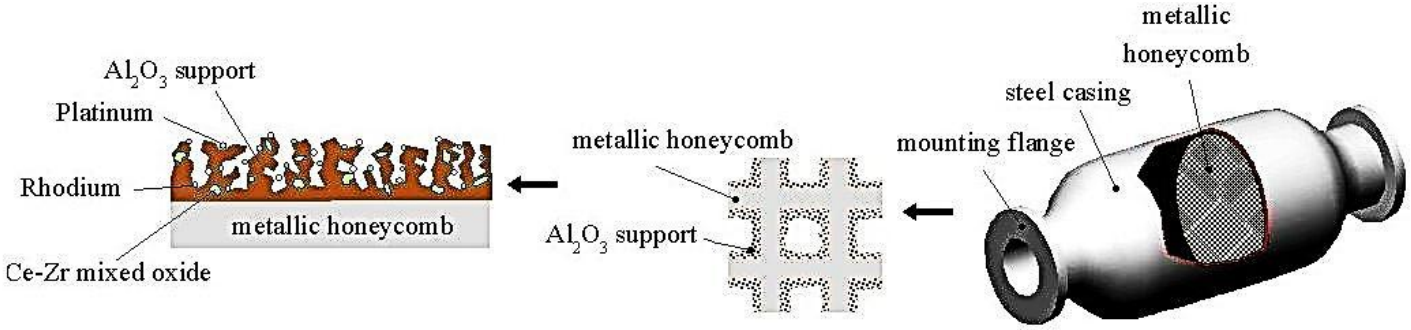
۱- محفظه ی فلزی (فولادی)

۲- بلوکه سرامیکی (لانه زنبوری)

۳- عایق حرارتی

نحوه ی عملکرد کاتالیست سه راهه :

وقتی دود خروجی موتور وارد کاتالیست می شود، با انجام واکنش های شیمیایی، گازهای خروجی از کاتالیست، تبدیل به گازهای بی خطر می شوند. انجام واکنش های شیمیایی معمولاً از $\mathbf{300^{\circ}C}$ شروع و با افزایش دما، سرعت انجام واکنش، افزایش می یابد. بهترین دمای کارکرد کاتالیست بین $\mathbf{300 \rightarrow 800^{\circ}C}$ می باشد.



انواع کاتالیست :

کاتالیست ها براساس جنس به سه نوع عمده ی زیر تقسیم می شوند :

کاتالیست گلوله ای :

اوّلین نوع مبدّل های کاتالیستی، گلوله ای بودند که از کُره های پرسوراخ آلومینا که فلزات گران بها در داخل آن ها کاشته شده بود، تشکیل می شدند. قطر این گلوله ها بین **1.1-1.8 in** بودکه درون محفظه ای فلزی، زیر خودروها قرار می گرفتند. این نوع مبدّل ها برای موتورهای با حجم زیاد، سرعت پایین و دمای پایین، همچون کامیون ها استفاده می شدند.

کاتالیست سرامیکی :

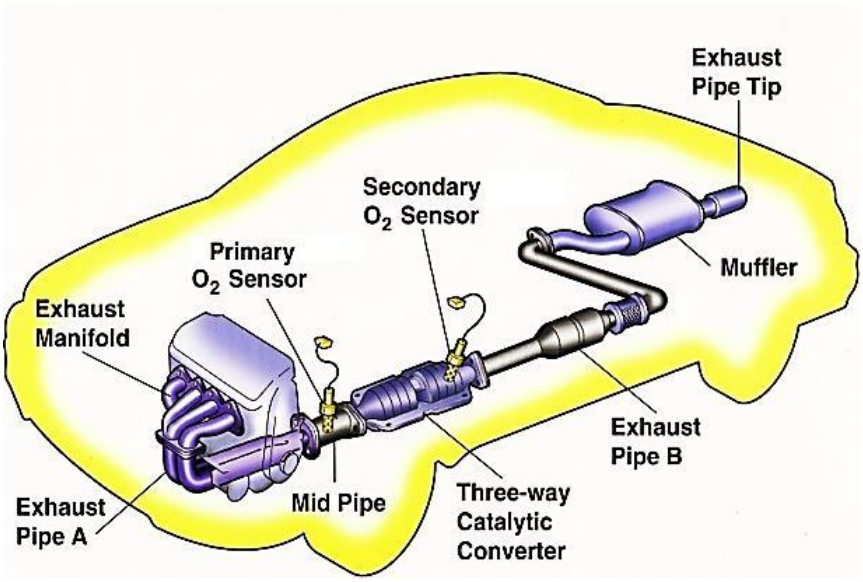
کاتالیست های نوع دوّم، از دیواره های نازک سرامیکی لانه زنبوری تشکیل یافته و مونولیت های سرامیکی هستند. این دیواره ها، محل نشستن فلزات گران بها نیستند. بلکه فلزات گران بها برای داشتن سطوح تماس بیش تر بر روی لایه ی خارجی به نام **wash coat** قرار می گیرند که این لایه، شامل اکسید فلزات همچون آلومینا (Al_2O_3) و سریا (CeO_2) است. ساختمان اصلی کاتالیست های سرامیکی معمولاً از طریق اِکستروژن مادّه سرامیکی کوردریت ساخته می شود.

کاتالیست فلزی :

کاتالیست نوع سوّم که کم تر از نوع دوم مورد استفاده قرار می گیرد، مونولیت های نوع فلزی است که از آلیاژ فلزات با مقاومت حرارتی بالا تشکیل یافته است. مونولیت های فلزی نیز مانند سرامیکی، از سوراخ های بسیاری تشکیل شده که از ورق های فنری مانند فرم یافته کنار هم ساخته می شوند.

۴– سنسور اُکسیژن (O_2 Sensor) :

امروزه از سنسور اُکسیژن در تمامی خودروهای انژکتوری استفاده می شود. این سنسور معمولاً بر روی منیفولد دود و یا بر روی لوله ی اِگزوز (قبل از کاتالیست)، نصب می شود و اطّلاعاتی را از دود خروجی به واحد کنترل الکترونیکی (**ECU**) ارسال می کند که **ECU** مقدار سوخت و هوای مصرفی موتور را پیوسته تصحیح می کند تا نسبت هوا و سوخت در بهترین حالت ($\lambda = 1$) قرار بگیرد. امروزه در خودروهای جدید انژکتوری جهت اخذ استانداردهای بالای زیست محیطی و کنترل کاتالیست سه راهه، از دو سنسور اُکسیژن به نام های سنسور اُکسیژن بالا (قبل از کاتالیست) و سنسور اُکسیژن پایین (بعد از کاتالیست) استفاده می کنند. استفاده از سنسور اُکسیژن به همراه کاتالیست سه راهه از بهترین راه های کاهش آلودگی اِگزوز محسوب می شود.



آشنایی با استانداردهای گازهای خروجی اِگزوز :

اوّلین بار در سال **1960** در آمریکا، مقرّراتی را جهت کاهش آلودگی خودروها به اجرا گذاشتند و به همین ترتیب سال به سال قوانین جدیدتری را به اجرا گذاشتند و از روش های مختلف برای کاهش آلودگی هوا، استفاده کردند. این مقرّرات ۱۰ سال بعد در اروپا تدوین شد و در مدّت کوتاهی توانستند قوانین و مقرّرات سخت گیرانه تری را در شرکت های خودروسازی خود به اجرا بگذارند و آلودگی خودروها را با روش های مختلف، تا حدود زیادی کاهش دهند.

در کشور ما نیز در سال های اخیر، شرکت های خودروسازی، استانداردهای اروپایی را اخذ کرده اند و اکثر خودروهای سواری ساخت داخل دارای استاندارد اروپایی **Euro2** بوده و قابلیّت ارتقاء به استانداردهای **Euro3** و **Euro4** را دارند.

فصل دوّم :

پمپ بنزین های برقی

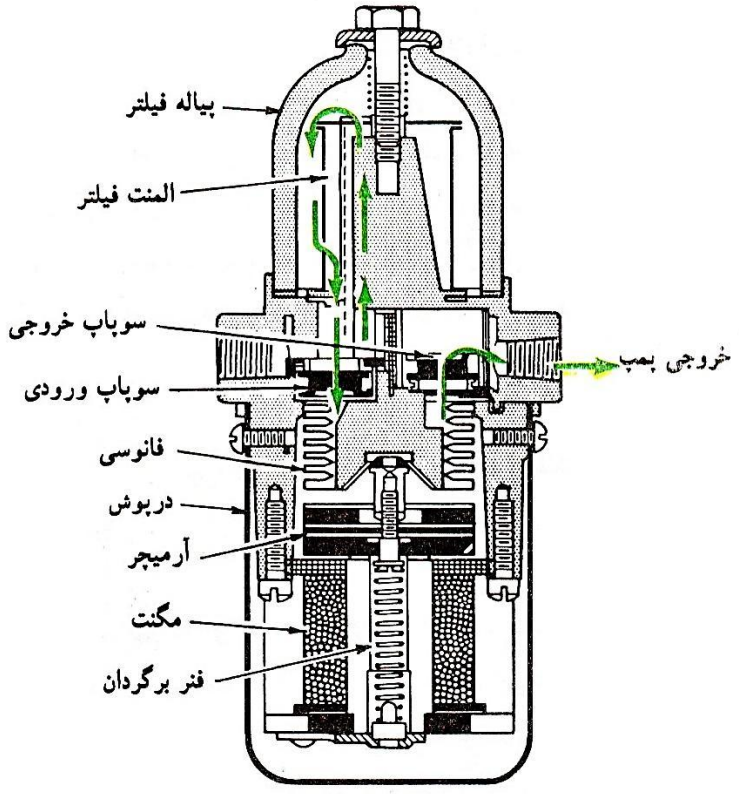
پمپ بنزین

پمپ بنزین ها معمولاً به دو صورت مکانیکی و برقی می باشند. در نوع مکانیکی اغلب پمپ ها دیافراگمی بوده و در خودروهای قدیمی کاربرد داشتند. در خودروهای امروزی از پمپ بنزین های برقی استفاده می شود. پمپ بنزین های برقی اصولاً در دو نوع داخل مخزن (in-tank type) و نوع خطّی (in-line type) به کار می روند؛ که امروزه نوع داخل مخزن در بیش تر خودروها به کار می رود. این نوع پمپ را نوع خیس (wet type) نیز می نامند. زیرا موتور برقی آن با پمپ به صورت یک پارچه در داخل بنزین غوطه ور می شود. در خودروهای انژکتوری پمپ بنزین وظیفه دارد تا سوخت را با فشار بالا به ریل سوخت ارسال کند.

انواع پمپ بنزین برقی

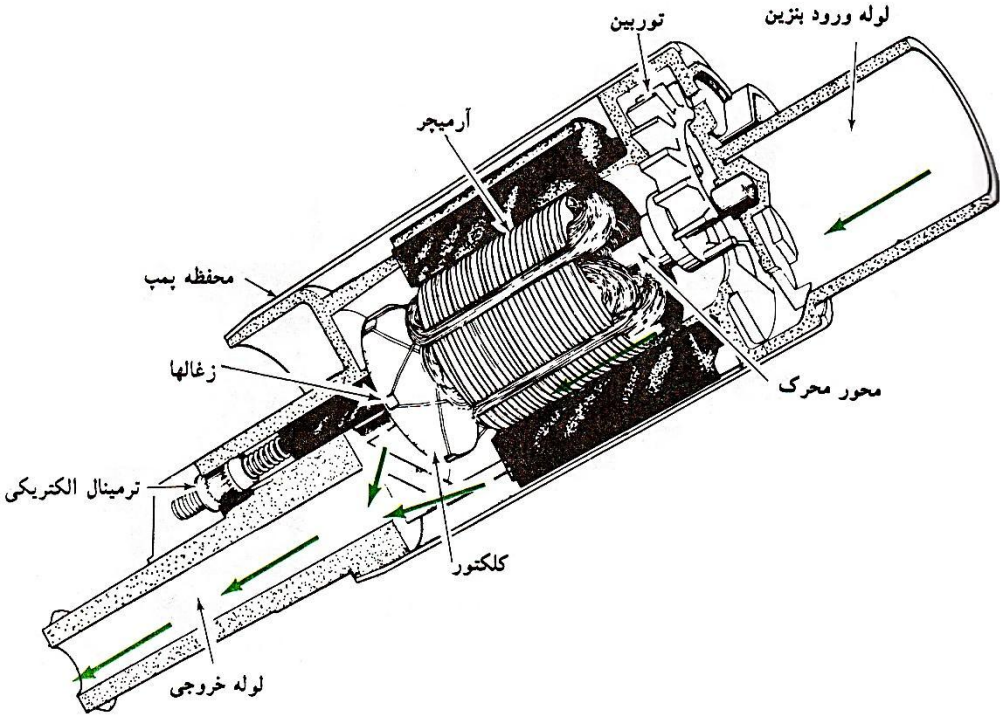
۱– پمپ بنزین برقی مکشی

در ساختمان این نوع پمپ بنزین، مانند پمپ بنزین های مکانیکی، دیافراگمی وجود داردکه به وسیله ی حوزه ی مغناطیسی سیم پیچی، پایین (کورس مکش) کشیده شده و به وسیله ی فنر برگرداننده به بالا (کورس ارسال) بر می گردد. این پمپ ها به صورت خطّی (in-line) به کار می روند.



۲– پمپ بنزین برقی فشاری (توربینی)

در ساختمان این نوع پمپ بنزین، یک یا دو پروانه (توربین) وجود دارد که توسّط موتور برقی به حرکت در آمده و بنزین را از دریچه ی ورودی مکش کرده و به طرف دریچه ی خروجی می فرستد. سوخت تخلیه شده از دریچه ی خروجی، از اطراف موتور برقی پمپ عبور کرده و از طریق شیر یک طرفه از پمپ خارج می شود. این نوع پمپ در داخل باک بنزین (in-tank) قرار داشته و در بنزین غوطه ور است.



ساختار داخلی پمپ بنزین های برقی

پمپ بنزین های برقی از دو قسمت کلّی زیر تشکیل شده اند :

۱- موتور الکتریکی پمپ شامل آرمیچر، بالشتک ها، کلکتور، زغال ها و ...

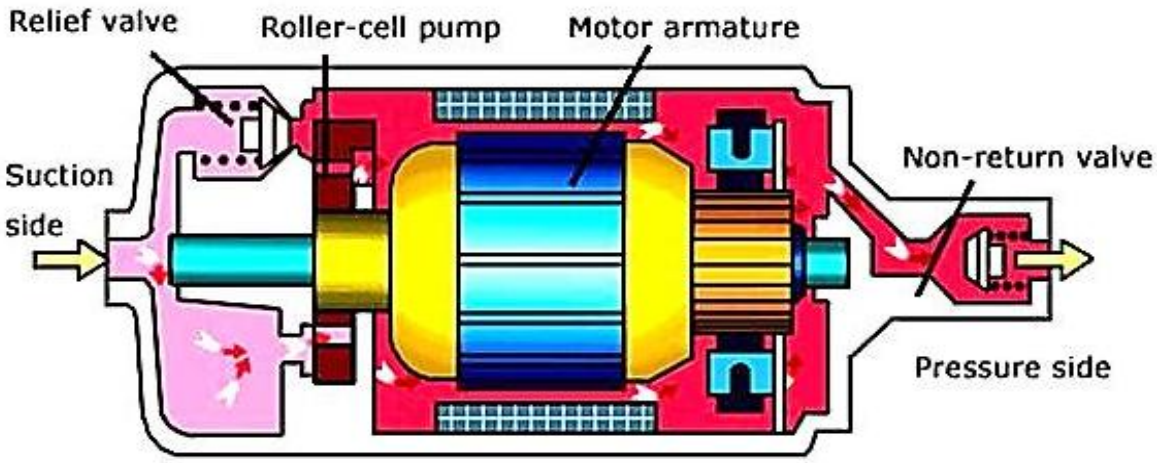
۲- مجموعه ی پمپ شامل محفظه ی پمپ، لوله های ورود و خروج سوخت، توربین (روتور)، دریچه های ورود و خروج سوخت، شیر تعدیل فشار، شیر یک طرفه، رگولاتور (در مدل های جدید)، فیلتر سوخت و ...

شیر تعدیل فشار (Relief Valve)

هنگامی که فشار قسمت ارسال سوخت پمپ به **350-590Kp** می رسد، این شیر باز شده و سوخت تحت فشار بالا مستقیماً به مخزن سوخت بر می گردد.

شیر یک طرفه (Check Valve)

هنگامی که پمپ سوخت متوقّف (خاموش) می شود، شیر یک طرفه و رگولاتور (تنظیم کننده ی فشار) با هم دیگر باعث ثابت ماندن فشار باقی مانده در خطّ سوخت رسانی می گردند. تا استارت زدن مجدّد موتور به راحتی انجام گیرد. درصورت عدم وجود فشار باقی مانده در خطّ سوخت رسانی، در موتور گرم و با درجه حرارت بالا، امکان هوا گرفتگی (vapor lock) زیاد شده و استارت مجدّد موتور به سختی انجام می گیرد.



مدارهای الکتریکی

در پمپ بنزین های خطّی (in-line)، دو سیم به پمپ بنزین متّصل می شودکه یکی ولتاژ **12V+** دارد و از رله ی دوبل، بعد از گذشتن از سوئیچ ثقلی (اینرسی) به کانکتور (ترمینال) مثبت پمپ بنزین وصل می شود و دیگری دارای ولتاژ منفی است.

در پمپ بنزین های داخل باکی (in-tank)، یک کانکتور چند پایه وجود دارد که دو پایه ی آن وظیفه ی ارسال ولتاژ را به پمپ بنزین بر عهده دارد و پایه های دیگر، از مجموعه ی نشان دهنده ی سطح سوخت باک، مقدار سوخت را به آمپر سوخت ارسال می کنند.

طرز کار پمپ بنزین

پمپ بنزین بعد از باز شدن سوئیچ، به مدّت ۲ تا ۳ ثانیه و در حالت موتور روشن به طور دائم، ولتاژ **12V+** را از رله ی دوبل دریافت می کند. در زمان موتور روشن، پمپ بنزین سوخت را با فشاری حدود **5-6bar** به طرف ریل سوخت ارسال می کند؛ امّا فشار سوخت داخل ریل سوخت به دلیل تنظیم رگولاتور فشار سوخت، همیشه بین **2.5-3.5bar** ثابت است. دلیل بالا بودن فشار سوخت در پمپ بنزین آن است که موتور در موقع کارکرد در دورهای بالا، دچار کمبود سوخت نشود.

مزیّت پمپ بنزین های داخل باک نسبت به خارج باک :

۱- خنک شدن موتور برقی پمپ بنزین به دلیل عبور بنزین از درون آن (دمای پایین بنزین)

۲- عمر طولانی تر

۳- کار کردن با سر و صدای کم تر

عیب هایی که در اثر خرابی پمپ بنزین در خودرو به وجود می آید :

۱- خودرو روشن نمی شود.

۲- خودرو روشن شده ولی گاز نمی خورد و هنگام گاز دادن خاموش می شود.

۳- خودرو در سربالایی دچار ریپ شده و خاموش می شود.

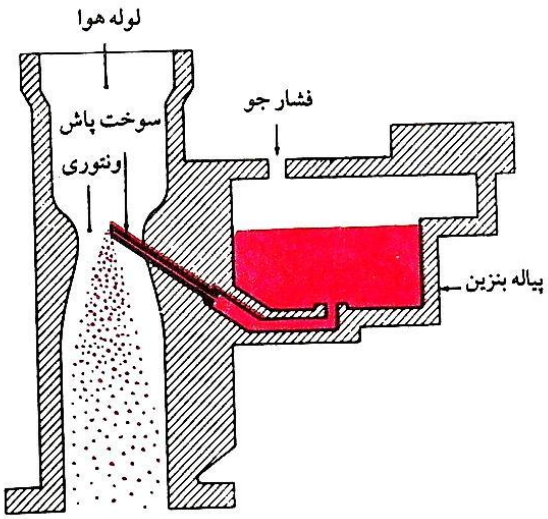
۴- شتاب و سرعت خودرو کاهش می یابد.

فصل سوّم :

سیستم سوخت رسانی کاربراتوری

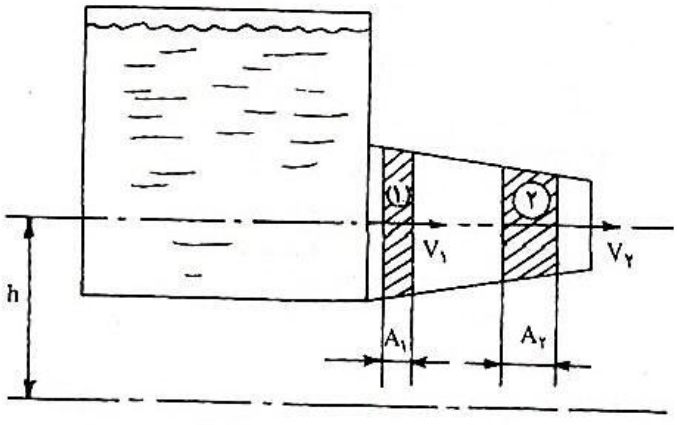
چگونگی تولید خلأ در کاربراتور

وقتی پیستون به سرعت در سیلندر پایین می رود، حجم سیلندر به طور ناگهانی افزایش یافته و فشار بالای پیستون کم تر از فشار جو می شود (خلأ نسبی به وجود می آید.). در این موقع اگر دریچه ی گاز کاربراتور باز شود، هوای خارج با سرعت زیاد از لوله ی کاربراتور عبور کرده و فضای سیلندر را پُر می کند.



فرمول بقای جرم

هرگاه سیّال غیر قابل تراکمی از داخل لوله ای مانند شکل زیر عبور کند، طبق قانون بقای جرم، مقدار جرمی که در واحد زمان از سطح A_1 می گذرد برابر مقدار جرمی است که از سطح A_2 می گذرد.



چون چگالی سیّال در سرتاسر لوله یکسان و برابر است، بنابراین :

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad \Rightarrow \quad \dot{V}_1 \times \rho = \dot{V}_2 \times \rho \qquad \dot{V} = A \times V$$

$$A_1 \times V_1 \times \rho = A_2 \times V_2 \times \rho \quad \Rightarrow \quad A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

بنابراین در جایی که مقطع لوله بزرگ تر است، سرعت سیّال کم تر و در جایی که مقطع لوله کوچک تر است (ونتوری)، سرعت سیّال زیاد تر است.

فرمول برنولی

با توجّه به متغیّر بودن سرعت سیّال در در لوله ای که قطر متفاوتی دارد، می توان گفت سرعت سیّال در چنین لوله ای، تند شونده یا کُند شونده است. بنابراین در این حرکت غیر متشابه، بر سیّال نیروهای متفاوتی وارد می شود که در اثر این نیروها فشار در طول لوله تغییر می کند. به طور کُلّی می توان گفت که فشار وارد بر سیّال، تابع اختلاف ارتفاع و اختلاف سرعت بین دو نقطه است.

اگر فشار، سرعت و ارتفاع در نقاط ۱ و ۲ را به ترتیب p_1 , V_1 , h_1 , p_2 , V_2 , h_2 در نظر بگیریم، فشار و سرعت نقاط ۱ و ۲ با یک دیگر تغییر می کند.

کار انجام شده بین نقاط ۱ و ۲ برابر است با تغییرات انرژی جنبشی آن (به علّت افقی گرفتن لوله از تأثیر ارتفاع و انرژی پُتانسیل صرف نظر شده است.) :

$$W = F_1 \times S_1 - F_2 \times S_2 \quad , \quad F = P \times A \quad \Rightarrow \quad W = p_1 \times A_1 \times S_1 - p_2 \times A_2 \times S_2$$

$$V = A \times S \quad , \quad V = {}^{m}/_{\rho} \quad \Rightarrow \quad W = (p_1 - p_2) \times {}^{m}/_{\rho}$$

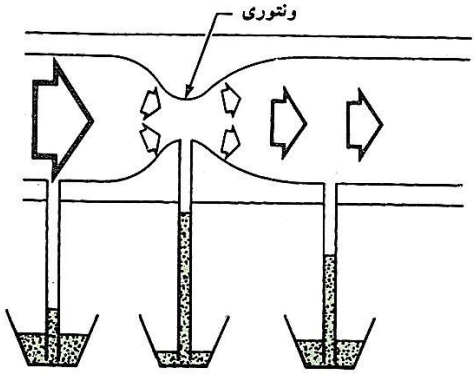
$$W = (p_1 - p_2) \times {}^{m}/_{\rho} = \frac{1}{2} m \times {V_2}^2 - \frac{1}{2} m \times {V_1}^2$$

$$\Rightarrow \quad p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho \times {V_2}^2 - \frac{1}{2}\rho \times {V_1}^2 \quad \Rightarrow \quad p_1 + \frac{1}{2}\rho \times {V_1}^2 = p_2 + \frac{1}{2}\rho \times {V_2}^2$$

بنابراین برای هر نقطه از لوله می توان گفت که :

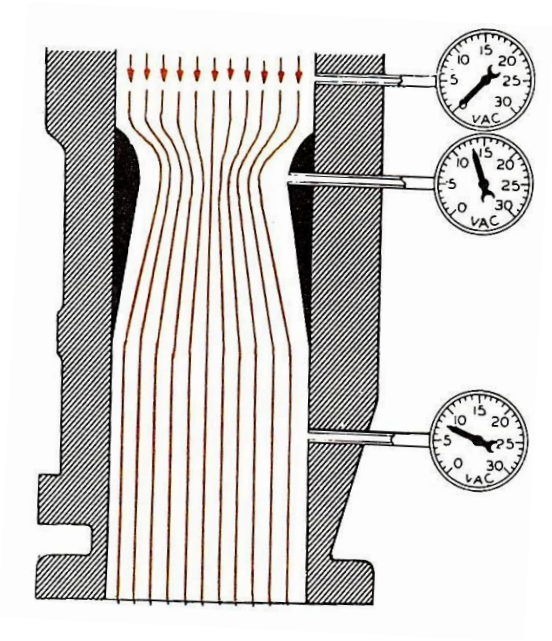
فرمول برنولی برای لوله ی افقی $p + \frac{1}{2}\rho \times V^2 =$ ثابت

نتیجه می گیریم که : مجموع اندازه ی فشار و سرعت سیّال در هر نقطه ی دلخواه از لوله، ثابت است. بنابراین در تنگ ترین محلّ لوله که سرعت سیّال افزایش می یابد (طبق فرمول بقای جرم) فشار در آن نقطه کم می شود.



اگر در مسیر هوای لوله ی کاربراتور، یک گلوگاه (ونتوری) قرار دهند، مولکول های هوا در ونتوری سریع تر حرکت کرده، فشار وارد از آن بر جداره کاهش می یابد. با قرار دادن فشار سنج در لوله ی حامل سیّال نتیجه می گیریم که :

با کاهش سطح مقطع عبور گاز در گلوگاه (ونتوری)، سرعت عبور سیّال افزایش یافته و طبق فرمول برنولی، فشار کاهش می یابد.



وظایف کاربراتور :

۱- مخلوط کردن سوخت و هوای مورد نیاز موتور

۲- اَتمیزه کردن سوخت

۳- تعیین نسبت سوخت به هوا (با توجّه به بار وارد بر موتور و دمای موتور)

انواع کاربراتور

الف- از نظر جهت حرکت بنزین :

۱- کاربراتور صعودی

۲- کاربراتور نزولی

۳- کاربراتور اُفقی

ب- از نظر ونتوری :

۱- کاربراتور ونتوری ثابت

۲- کاربراتور ونتوری متغیّر

ج- از نظر تعداد دهانه ها :

۱- کاربراتور یک دهانه

۲- کاربراتور دو دهانه

۳- کاربراتور چهاردهانه

کاربراتور ونتوری ثابت یک دهانه

در مسیر جریان ورودی هوا در کاربراتور، مقطع باریکی وجود دارد که ونتوری نامیده می شود. در اثر این تغییر سطح مقطع، در ونتوری خلأ یا مکشی ایجاد می شود که شدّت این مکش با سرعت هوای عبوری از ونتوری متناسب است. به عبارتی با افزایش سرعت هوای عبوری از ونتوری، کاهش فشار این منطقه افزایش یافته و در اثر اختلاف فشار این ناحیه و پیاله ی کاربراتور، سوخت از ژیگلور بنزین مکش شده و در هوای ورودی به موتور پاشیده می شود، که این محلوط از دریچه ی گاز عبور کرده و وارد منیفولد بنزین می شود.

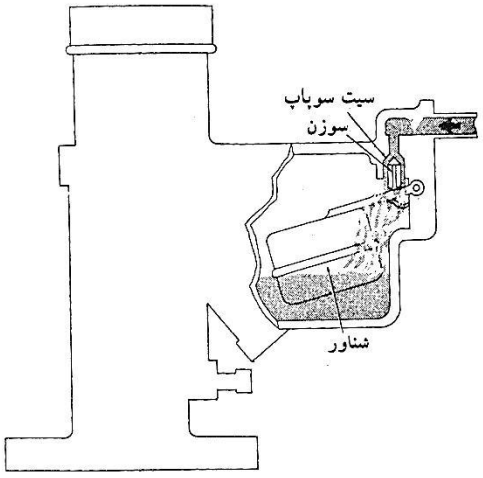
مدارات کاربراتور ونتوری ثابت یک دهانه :

۱- مدار شناور ۲- مدار دور آرام و تغییر دور (انتقال) ۳- مدار دور متوسّط

۴- مدار دور زیاد (مدار قدرت) ۵- مدار شتاب دهنده ۶- مدار ساسات

مدار شناور :

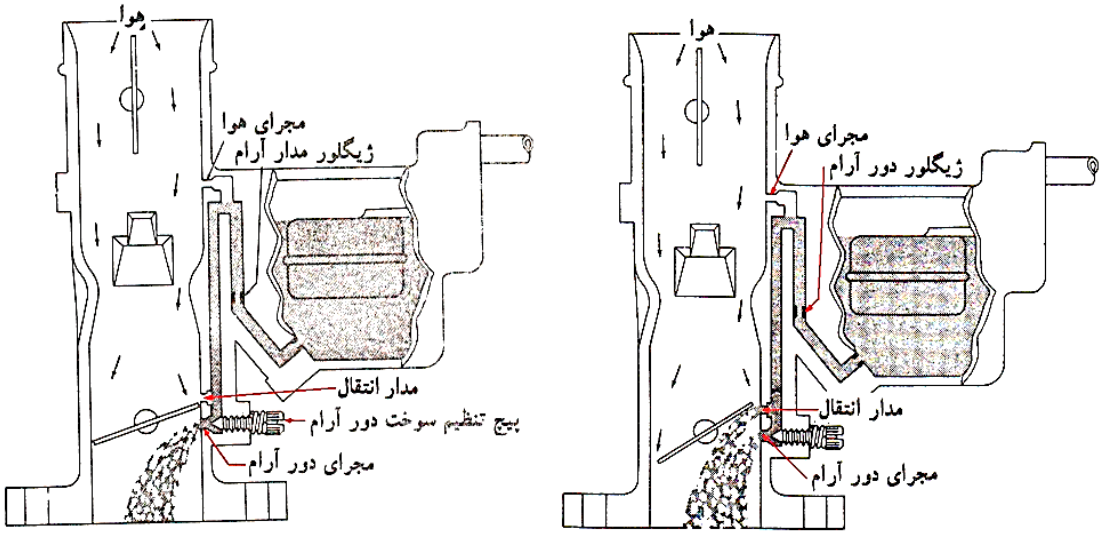
پمپ بنزین، سوخت مورد نیاز موتور را با فشار و شدّت جریان (دبی) مناسبی به وسیله ی لوله ی لاستیکی به لوله ی ورودی کاربراتور ارسال می کند. با ورود بنزین به لوله ی ورودی پیاله، سوپاپ سوزنی متّصل به شناور باز شده و بنزین وارد پیاله می شود. وقتی پیاله ی بنزین به اندازه ی لازم پُر شود، شناور آن بالا می آید و سوپاپ سوزنی را در تکیه گاه خود قرار گرفته و راه عبور بنزین به پیاله را می بندد.



مدار دور آرام و تغییر دور (انتقال) :

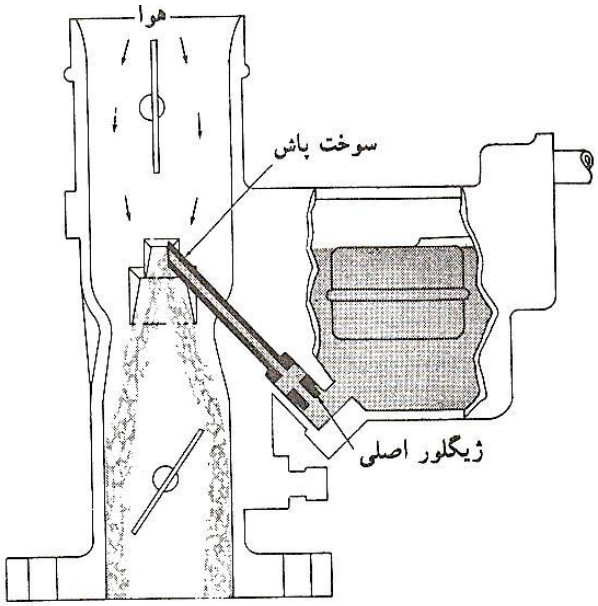
برای جلوگیری از خاموش شدن موتور در هنگام توقّف، مداری پیش بینی شده است که از مدار اصلی منشعب گردیده و تا زیر دریچه ی گاز ادامه دارد. موقعی که دریچه ی گاز بسته است، در طرفین آن دو مجرا وجود دارد. مجرای زیرین، مجرای دور آرام و مجرای بالایی، مجرای تغییر دور (انتقال) نامیده می شود، که هر دو به یک مدار مربوط هستند.

مدار دیگری در بین راه به این مدار ملحق می گردد که هوای لازم آن را تأمین می کند. اندازه ی هوای مصرفی مدار را، ژیگلور هوای دور آرام و اندازه ی سوخت آن را پیچ تنظیم دور آرام تأمین می کند.



مدار دور متوسّط (نیمه بار) :

با فشار بر روی پدال گاز و باز شدن دریچه ی گاز کاربراتور، سرعت عبور هوا از مقابل مجرای دور آرام، کاهش یافته، لذا این مدار فعّالیّت نمی کند. به علّت زیاد شدن مقدار هوای مصرفی موتور و عبور آن از ونتوری، فشار در ونتوری کاهش یافته، به تناسب سرعت هوا و اُفت فشار، سوخت از سوخت پاش اصلی، متناسب با مقدار باز بودن دریچه ی گاز، خارج می شود (مکش می شود).



مدار دور زیاد (مدار قدرت–مدار اصلی) :

کنترل سوخت مدار اصلی (قدرت) به صورت های زیر در کاربراتورها انجام می گیرد :

۱- سوپاپ کنترل سوخت

۲- کنترل سوخت با سوزن مرحله ای

۳- سوخت پاش تعدیل کننده

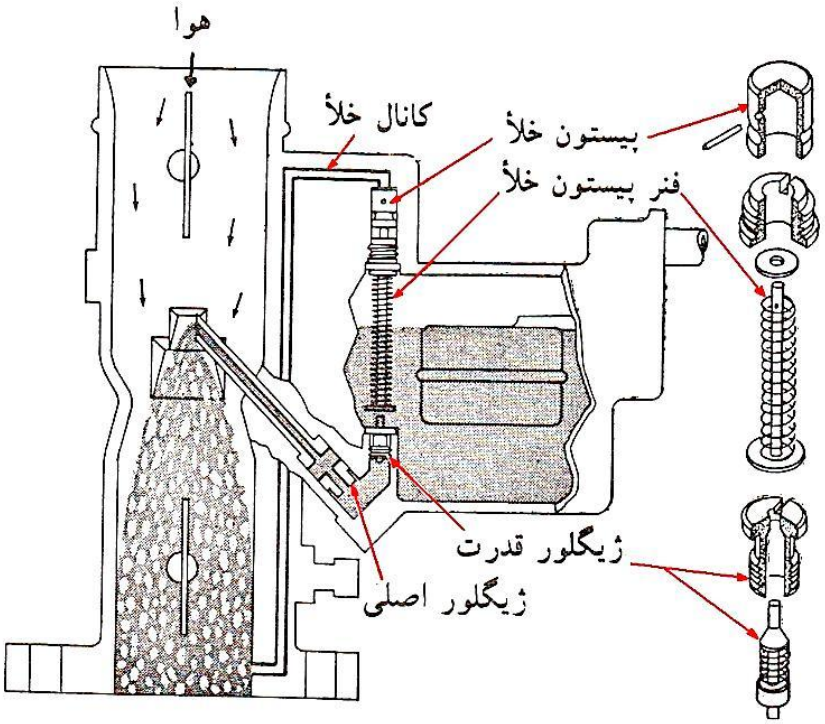
۴- کنترل سوخت با ژیگلور هوا

۵- کنترل سوخت برحسب تغییرات خلأ و سوزن یک نواخت

از بین روش های بالا، نوع اوّل کاربرد بیش تری در کاربراتورها دارد.

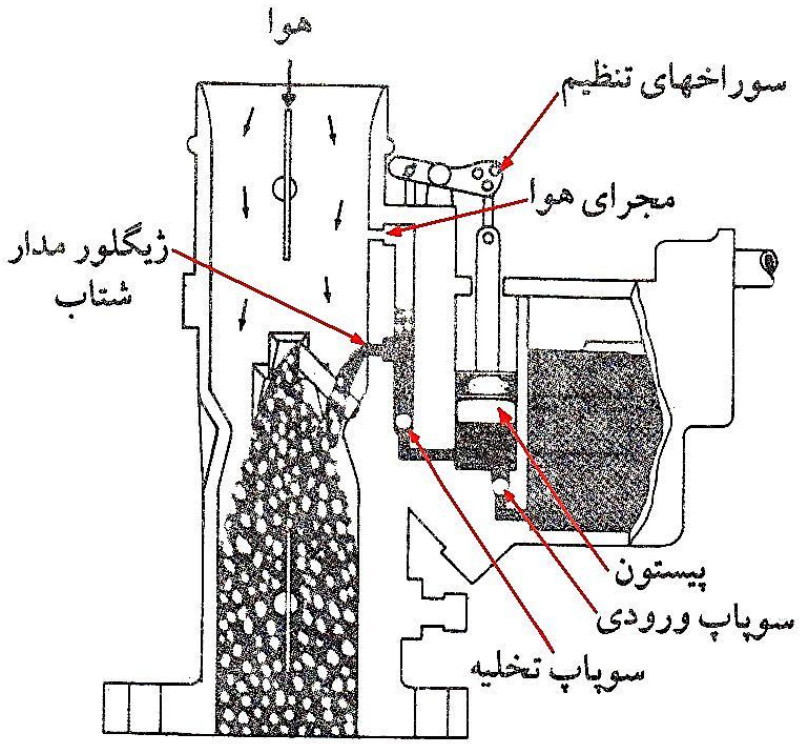
سوپاپ کنترل سوخت :

در این نوع کاربراتور، یک پیستون خلائی به کار رفته که در حالت عادّی با تأثیر خلأ موتور به طرف بالا کشیده می شود. وقتی خلأ قسمت ونتوری (موقع باز شدن کامل دریچه ی گاز) کاهش می یابد، نیروی خلأ مؤثّر بر پیستون کاهش یافته، فنر آن را به پایین هدایت می کند. در این حرکت، دسته ی پیستون، سوپاپ قدرت را که به وسیله ی فنر کوچکی بسته و راه ژیگلور قدرت را تنگ کرده بود، بازتر می کند و به این ترتیب سوخت اضافی در حالت تمام بار به موتور ارسال می شود.



مدار شتاب دهنده :

در این مدار، یک پمپ ارسال سوخت به کار رفته است که با اهرم بندی خاصّی به دریچه ی گاز متّصل می شود. وقتی دریچه ی گاز بسته باشد، پیستون پمپ شتاب دهنده به طرف بالا حرکت می کند و با باز شدن سوپاپ ورودی و بسته شدن سوپاپ خروجی، سوخت از از پیاله ی کاربراتور به سیلندر پمپ شتاب دهنده کشیده می شود. وقتی دریچه ی گاز به طور ناگهانی (آنی) باز شود، پیستون پمپ شتاب دهنده هم به طور ناگهانی به پایین حرکت کرده و سوخت زیر پیستون با باز شدن سوپاپ خروجی، از سوخت پاش مدار شتاب دهنده به لوله ی کاربراتور پاشیده می شود.



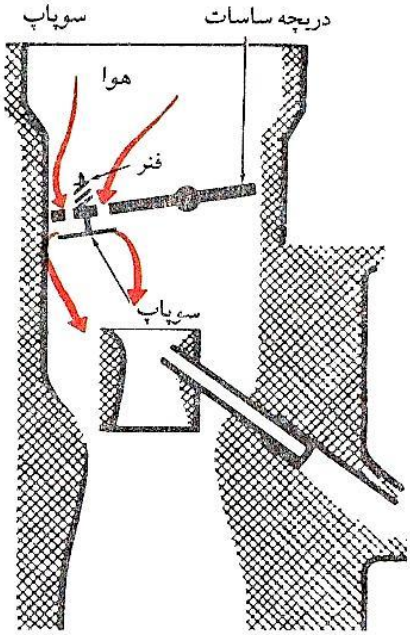
مدار راه انداز (ساسات) :

برای راه اندازی موتور در هوای سرد، نیاز به مداری است که سوخت غنی تر از حالت عادّی تهیّه و به موتور ارسال کند. انواع سیستم های ساسات در کاربراتورها عبارت است از :

۱- دریچه ی ساسات (مکانیکی)

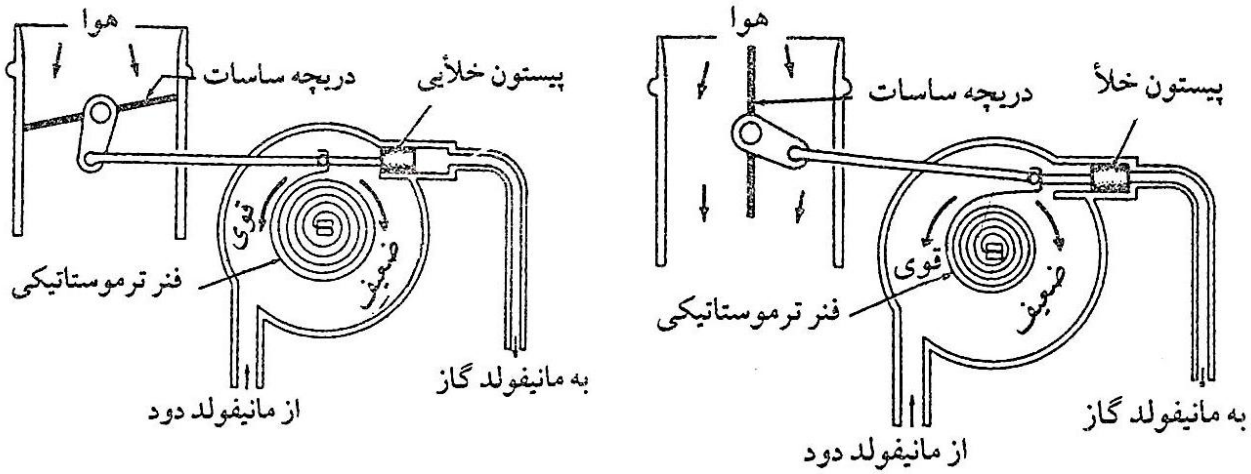
در بالای لوله ی کاربراتور، دریچه ای قرار دارد که در موقع سرد بودن هوا با بستن آن، راه عبور هوای ورودی مسدود می گردد. در نتیجه خلأ زیادی در زیر دریچه ی ساسات به وجود آمده، فشار منطقه ی سوخت پاش به حدود **0.3 atm** می رسد، در حالی که فشار سطح پیاله ی بنزین حدود **1 atm** است. بنابراین سوخت با اختلاف فشار **0.7 atm** و با

نسبت غنی حدود **1:8** به موتور ارسال می شود. با این نسبت غنی، موتور به سرعت روشن می شود و به زودی به درجه حرارت نرمال می رسد.



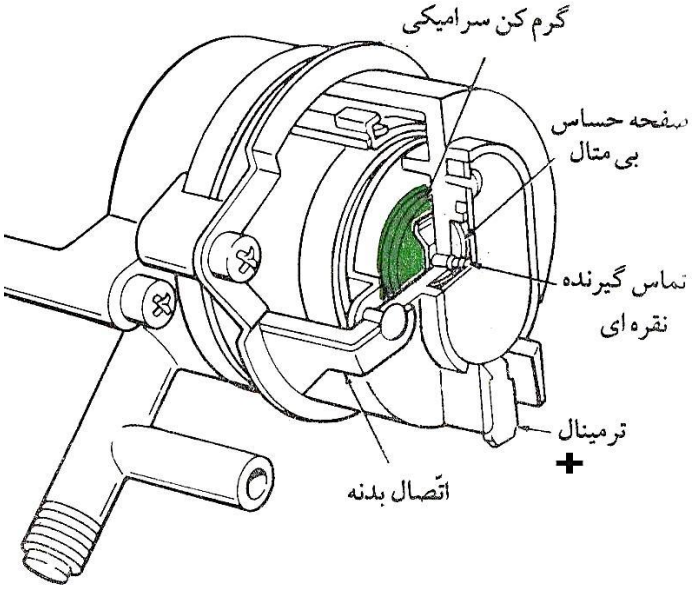
۲- ساسات اتوماتیک گرمایی- بی متالی

فنر بی متال و پیستون خلائی هر دو به دریچه ی ساسات متّصل هستند. در موقع سرد بودن موتور، فنر بی متال کشش زیادتری نسبت به خلأ منیفولد دارد و دریچه ی ساسات بسته می ماند. با روشن شدن موتور، دود گرم بر فنر بی متال تأثیر نموده، کشش آن را می کاهد. لذا نیروی خلأ منیفولد، پیستون را جذب نموده، دسته ی پیستون دریچه ی ساسات را باز می کند.



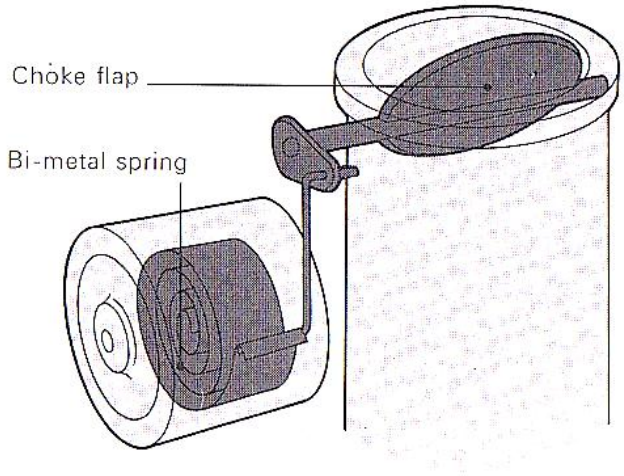
۳- ساسات اتوماتیک الکتریکی- بی متالی

در این نوع ساسات، وسیله ی گرم کن بی متال، اِلمنت الکتربکی است که مانند یک سیم مقاومتی، از مدار الکتریکی جزیان گرفته، گرم می شود. در حالت خاموش بودن موتور، فنر ترموستاتیک، دریچه ی ساسات را می بندد. وقتی موتور را روشن می کنند، جریان الکتریکی از مدار جرقه به گرم کن ترموستات متّصل شده، اِلمنت آن را گرم می کند. با گرم شدن تدریجی ترموستات، فنر بی متال باز شده و محور ساسات را در جهت باز شدن دریچه می چرخاند.



۴- ساسات اتوماتیک آبی- بی متالی

گرم کننده ی بی متال این نوع ساسات، آب خنک کاری موتور می باشد. آب خنک کاری به وسیله ی لوله ای به درپوش ترموستات جریان پیدا می کند و به مرور که آب گرم می شود، ترموستات نیز انبساط پیدا کرده، در نتیجه محور دریچه ی ساسات را باز می کند.



کاربراتور پراید (کاربراتور ونتوری ثابت یک دهانه) :

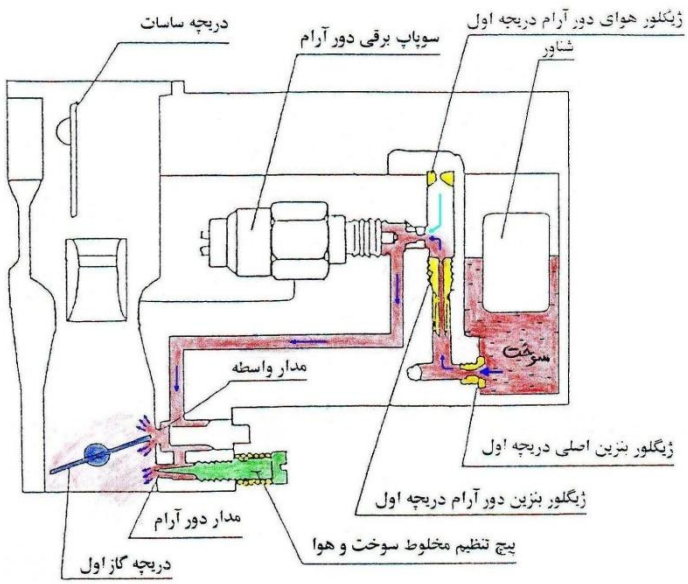
سیستم سوخت رسانی کاربراتوری در خودروی پراید، دارای یک کاربراتور ونتوری ثابت دودهانه و نزولی است که به وسیله ی آن هر ۴ سیلندر موتور تغذیه می شوند.

مدار دور آرام دریچه ی اوّل :

وقتی که موتور در حالت درجا (دور آرام) کار می کند، بنزین از طریق ژیگلور اصلی دریچه ی اوّل به ژیگلور بنزین دور آرام دریچه ی اوّل رسیده و پس از مخلوط شدن با هوایی که از طریق ژیگلور هوای دور آرام دریچه ی اوّل می رسد، از قسمت زیر دریچه ی گاز به سمت سیلندرها حرکت می کند.

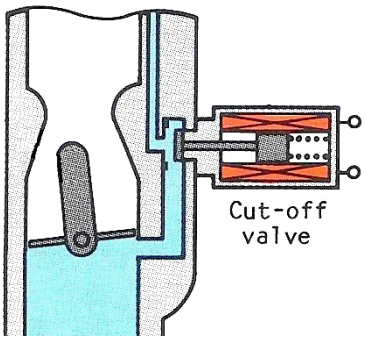
پیچ تنظیم مخلوط، مقدار مخلوط سوخت و هوا را در دور آرام تنظیم می کند.

مدار دورآرام دریچه اول



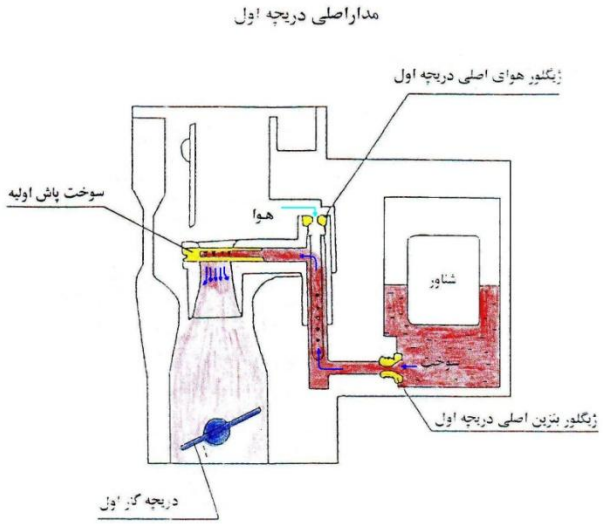
سوپاپ برقی دور آرام :

وظیفه ی این سوپاپ، مسدود نمودن مسیر ورود سوخت پس از بستن سوئیچ (خاموش نمودن موتور) است.که این کار از خودسوزی یا پس زدن در موتور جلوگیری می کند.



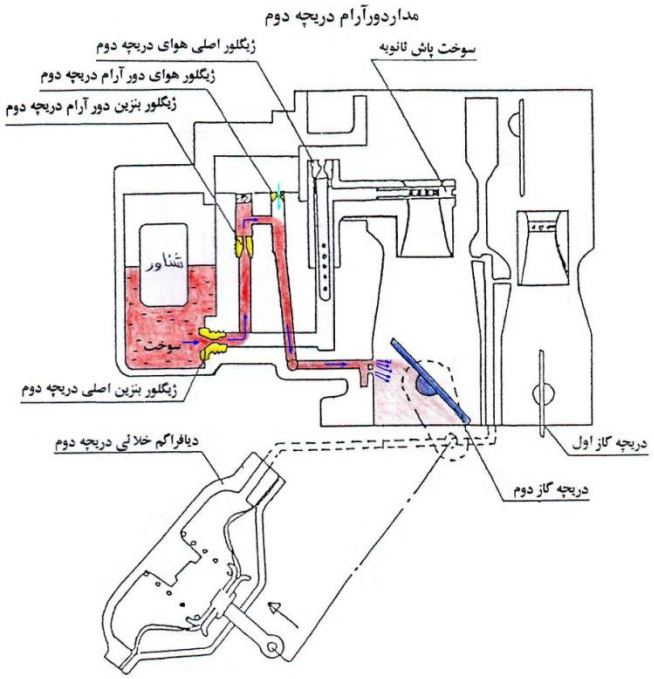
مدار اصلی (دور متوسّط) دریچه ی اوّل :

در دهانه ی اوّل کاربراتور دو ونتوری جهت افزایش سرعت هوا وجود دارد. که سبب بهتر و بیشتر پودر شدن (اتمیزه شدن) سوخت شده و در نتیجه راندمان حجمی موتور را افزایش و قدرت و کارایی (راندمان) موتور را افزایش می دهد.



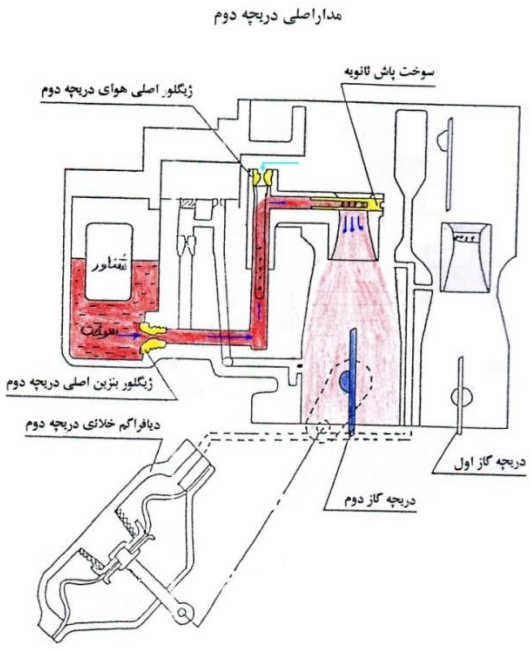
مدار دور آرام دریچه ی دوّم :

باز شدن دریچه ی دوّم بستگی به مقدار باز شدن دریچه ی اوّل دارد. به این ترتیب که اگر مقدار باز شدن دریچه ی اوّل حدود ۵۰ درجه یا بیشتر باشد، دریچه ی دوّم به صورت مکانیکی شروع به باز شدن می کند. در این زمان برای جلوگیری از کمبود سوخت از مدار دور آرام دریچه ی دوّم استفاده می شود که در این حالت سوخت از طریق ژیگلور اصلی دریچه ی دوّم به ژیگلور بنزین دور آرام دریچه ی دوّم رسیده و پس از مخلوط شدن با هوای عبوری از ژیگلور هوای دور آرام دریچه ی دوّم، از قسمت زیر دریچه ی گاز دهانه ی دوّم، به سمت سیلندرها حرکت می کند.



مدار اصلی (دور متوسّط) دریچه ی دوّم :

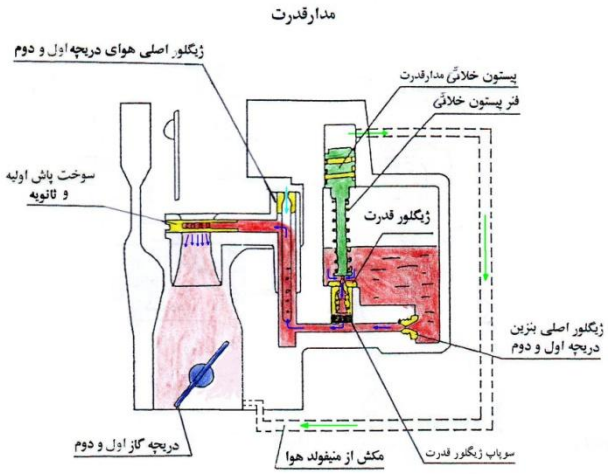
مدار اصلی دریچه ی دوّم در سرعت های بالا به کار می اُفتد.(حدود **80km/h**) باز شدن دریچه ی دوّم در این زمان با استفاده از خلأ می باشد. از هر دو دریچه ی اوّل و دوّم، مداری به پشت دیافراگم خلائی دریچه ی دوّم وجود دارد. خلأ موجود در دهانه ی کاربراتور (در دور آرام)، عمل باز کردن دریچه ی دوّم را از طریق اتّصال مکانیکی بین محور دیافراگم با دریچه ی گاز دهانه ی دوّم انجام می دهد.



مدار دور زیاد (قدرت) :

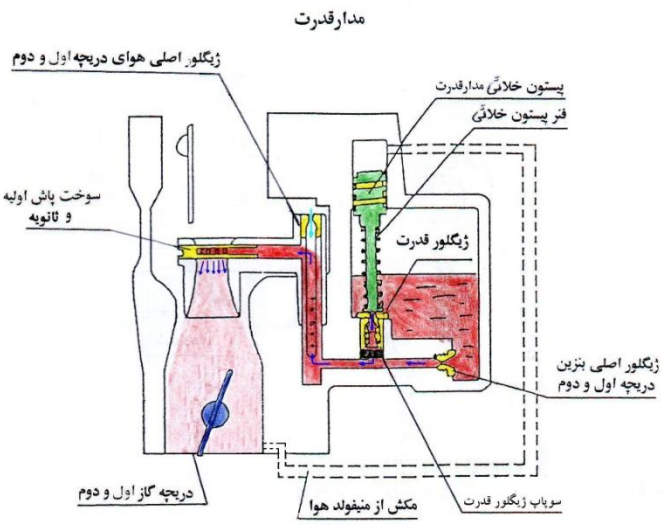
الف- در هنگام کار سبک موتور :

در این حالت دریچه ی گاز به مقدار کمی باز است، درنتیجه مقدار خلأ در منیفولد گاز زیاد بوده و این خلأ از مسیر بالای پیستون خلائی، سبب بالا نگه داشته شدن این پیستون می شود. در این حالت ژیگلور قدرت بسته بوده و بنزینی از آن خارج نمی شود.



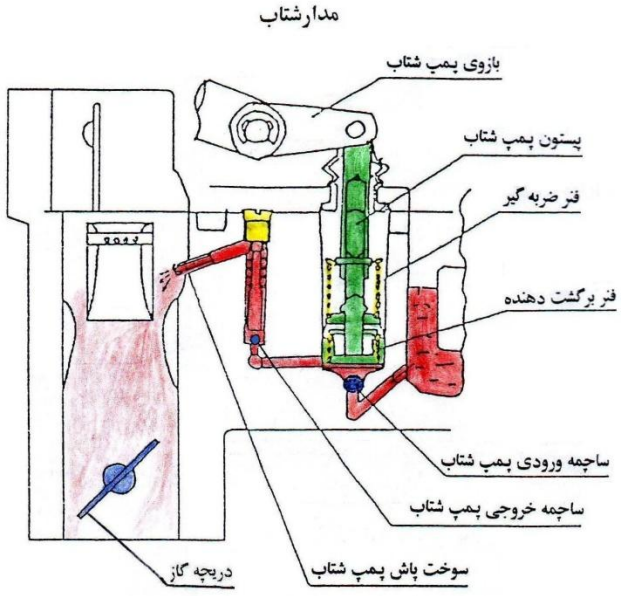
ب- در هنگام کار سنگین موتور :

در این حالت با توجّه به باز بودن دریچه های گاز، خلأ کمی در منیفولد وجود داشته و درنتیجه نیروی فنر پشت پیستون خلائی، سبب پایین آمدن این پیستون و باز شدن سوپاپ ژیگلور قدرت شده و نهایتاً بنزین اضافی مورد نیاز در هر دو مدار دریچه های اوّل و دوّم تزریق گردیده و قدرت موتور افزایش می یابد.



مدار شتاب :

فعّالیّت این مدار در مواقعی است که راننده برای حرکت با شتاب به طور ناگهانی پدال گاز را تا انتها می فشارد و دریچه ی گاز دفعتاً باز می شود. عملکرد پمپ شتاب در جهت جلوگیری از کم آوردن موتور در زمان شتاب لحظه ای است؛ لذا در این حالت، بازوی پمپ شتاب به صورت مکانیکی با دریچه ی گاز در ارتباط بوده و با هر بار فشرده شدن پدال گاز، یک بار پمپ شتاب به کار افتاده و سوخت اضافی مورد نیاز را از طریق سوخت پاش پمپ شتاب در هر دو دریچه ی اوّل و دوّم، تزریق می نماید.



روش های جلوگیری از آلودگی هوا توسّط سوخت

۱- جلوگیری از تبخیر سوخت در پیاله ی کاربراتور :

برای جلوگیری از تشکیل حباب و تبخیر بنزین و ایجاد قفل گازی در مدار و یا اعمال فشار زیاد روی سطح بنزین پیاله ی کاربراتور و فلوت نمودن کاربراتور، از مدار ضدّ جوش یا ضدّ تراوش استفاده می کنند. مدار ضدّ جوش نزدیک مدار اصلی است و در مدار خروجی آن، یک ژیگلور آزاد (بدون سوپاپ) وجود دارد. از این مدار، بخارات ایجاد شده خارج می گردد.

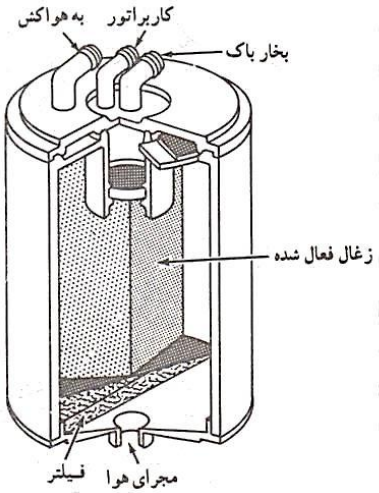
۲- جلوگیری از تبخیر سوخت در باک :

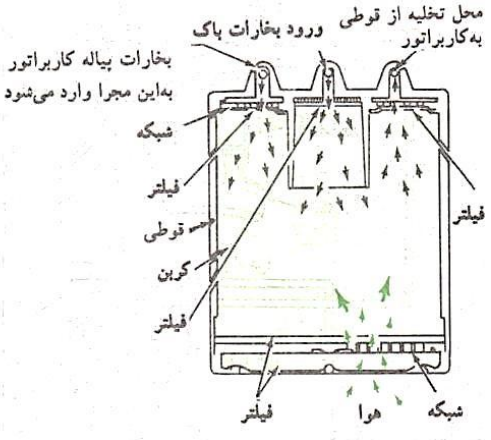
برای جلوگیری از تبخیر سوخت باک و سوخت پیاله ی بنزین، از سیستم کنترل تبخیر بنزین استفاده می شود. در مدار یک قوطی پُر از کریستال های کربن فعّال شده (کَنیستر)، یک محفظه ی تعادل فشار که همه ی لوله های کنترل تبخیر بنزین به آن متّصل می شوند، درپوش فشاری باک و تعدادی لوله ی رابط به کار رفته است.

پس از خاموش کردن موتور، گرما به محفظه ی کاربراتور انتقال پیدا می کند زیرا جریان بنزین که خنک کننده می باشد، متوقّف شده است. گرمای رسیده به کاربراتور، بنزین درون پیاله را تبخیر می کند. بخارات ایجاد شده از لوله های انتقال عبور کرده و وارد کَنیستر می شود. در داخل کَنیستر، بخارات بنزین جذب زغال ها شده و از طرف دیگر، سوخت تبخیر شده ی باک به وسیله ی لوله ی رابط به کَنیستر هدایت می شود.

بخارات بنزین پس از ورود به کَنیستر و جذب گردیدن در فیلتر زغالی، در کف قوطی تقطیر می گردد. در موقع کار کردن موتور، سوخت داخل قوطی مجدّداً به کاربراتور مکیده شده و در منیفولد مصرف می شود.

در خودروهای انژکتوری نیز، کَنیستر بخارات بنزین داخل باک را درکریستال های کربن خود، به صورت گاز نگه داشته و از تقطیر آن جلوگیری می کند. در هنگام روشن شدن موتور و مواقعی که خلأ داخل منیفولد زیاد است، **ECU** شیر برقی کَنیستر را که در مسیر بین مخزن و منیفولد هوا قرار دارد، باز می کند. خلأ منیفولد و اختلاف آن با فشار هوای جَو، باعث انتقال بخارات بنزین از کَنیستر به منیفولد هوای ورودی به موتور می شود.





توربو شارژر (Turbocharger) :

توربوشارژر نوعی سیستم دمنده است که هوا را با فشار زیاد به درون سیلندر می دمد. همان طور که می دانید ، هنگامی که پیستون در حالت مکش قرار دارد، مخلوط هوا و سوخت (در موتور دیزلی، هوا) را به درون سیلندر می مکد. هرچه فشار هوا بیشتر باشد، مقدار مولکول های هوا بیشتر خواهد بود، در نتیجه مخلوط هوا و سوخت بیش تری در سیلندر جای خواهد گرفت. هرچه سوخت بیش تر باشد، قدرت ناشی از احتراق هم بیش تر خواهد بود. بدین ترتیب موتور مجهّز به توربوشارژر قدرت بیش تری نسبت به موتور معمولی تولید می کند.

توربوشارژر به سادگی می تواند نسبت قدرت به وزن موتور را بهبود ببخشد، یعنی با قدرت مساوی، خودروی مجهّز به توربوشارژر از موتوری با وزن و حجم کم تر سود می برد، در نتیجه حجم و وزن خودرو نیز کم تر می شود و این بدان معنی است که شتاب خودروی مجهّز به توربوشارژر بیش تر است و سریع تر به سرعت مناسب دست پیدا می کند.

توربوشارژر قدرت لازم برای فشرده کردن هوای ورودی را از فشار گاز خروجی اگزوز می گیرد. گازهای خروجی اگزوز داغ هستند و می‌توان از انرژی جنبشی زیاد، سرعت و فشار آن ها برای چرخاندن یک توربین استفاده کرد. این توربین هم یک پمپ هوا را می‌گرداند و در نهایت، پمپ، هوا را فشرده کرده به درون سیلندر می‌فرستد. توربین نصب شده در مسیر گازهای خروجی گاه به سرعت **150,000 R.P.M** می‌رسد که بیش از ۳۰ بار سریع تر از دور موتور اغلب خودروهای امروزی است. دمای این توربین هم به دلیل تماس با گازهای داغ خروجی بسیار بالاست. این دو عامل موجب می‌شوند، توربین از فناوری پیشرفته ای برخوردار باشد تا بتواند کارآیی و دوام خود را تا مدّت‌ها حفظ کند.

توربوشارژرهای رایج می‌توانند هوا را با فشار **40-55 KPa** بیش تر از هوای محیط به موتور برسانند. از آنجایی که فشار هوای سطح دریا **100 KPa** است، مشخّص می‌شود که توربوشارژر تقریباً **50%** هوای بیش تری وارد سیلندر می‌کند. بنابراین انتظار می‌رود که قدرت هم تا **50%** افزایش یابد. ولی به دلیل برخی تلفات، این افزایش قدرت بین **30-40%** خواهد بود.

یکی از دلایل این اتلاف به این موضوع باز می‌گردد که کار مورد نیاز توربوشارژر رایگان نیست. هنگامی که گاز خروجی اگزوز توربین را می‌چرخاند، بدان معنی است که مقاومتی در برابر خروج گازها وجود دارد، پس پیستون باید فشار بیشتری اعمال کند تا گاز تخلیه شود و این عمل، بخشی از قدرت موتور را مصرف می‌کند.

یکی دیگر از مزایای توربوشارژر، قابلیت بهبود کارکرد موتور در ارتفاعات است. در ارتفاعات، فشار هوا کم تر است و در نتیجه هوای کم تری در سیلندر وارد می‌شود. خودروهای معمولی در چنین ارتفاعاتی با کاهش قدرت مواجه می‌شوند، ولی خودروهای مجهّز به توربوشارژر علی رغم آن که با کاهش قدرت مواجه می‌شوند، ولی مقدار این کاهش به مراتب کم تر است؛ چرا که کار لازم برای فشرده کردن گاز رقیق کم تر است.

اجزای اصلی توربو شارژر :

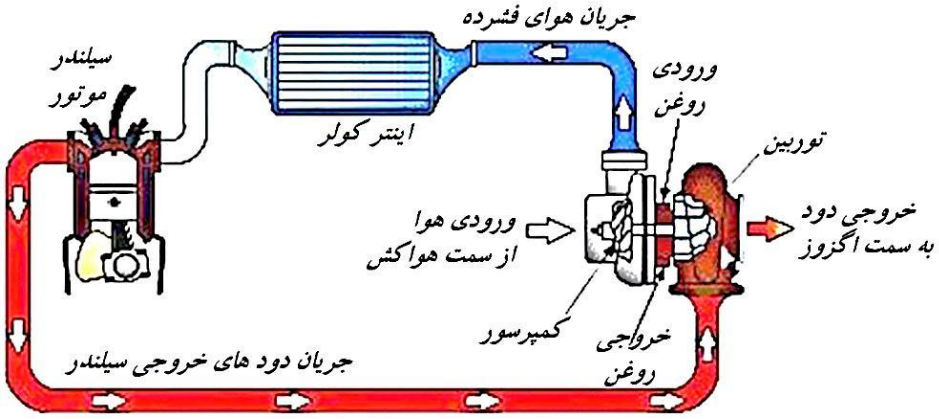
۱) توربین

۲) کمپرسور

۳) شفت مشترک بین آن ها

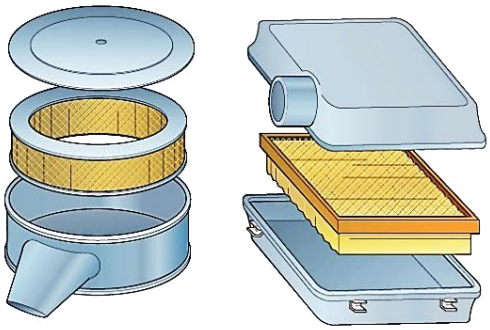
نحوه عملکرد توربوشارژر :

استفاده از توربوشارژرها یکی از مؤثّرترین راه های افزایش بازده در موتورهای توربین گازی می باشد. به منظور درک صحیح از نحوه ی عملکرد توربوشارژرها می بایستی ابتدا طرزکار موتور اتومبیل های مُدرن را بررسی کنیم. این موتورها با نام مرسوم چهارزمانه شناخته شده و در هر چرخه ی کاری، پیستون چهار مرحله را طی می کند. زمانی که پیستون پایین می آید، در یک لحظه هوا از طریق دریچه ای به داخل سیلندر وارد می شود و وقتی که پیستون برمی گردد، دریچه ها (سوپاپ ها) بسته شده و هوای درون محفظه احتراق با بالا آمدن پیستون متراکم می گردد. زمانی که پیستون به بالای سیلندر می رسد، با جرقّه ی شمع، مخلوط هوا و سوخت مشتعل می شود.



فیلتر هوا (Air Filter) :

فیلتر (صافی) هوا، قبل از کاربراتور نصب شده و وظیفه دارد هوای مصرفی موتور را تصفیه نموده و از ورود گرد و خاک و ذرّات شناور در هوا، به موتور جلوگیری کند.



انواع فیلتر هوا

۱– فیلتر روغنی :

قسمت فیلتر کننده ی هوا (اِلمنت)، توریِ فلزی است که از الیاف مس یا فولاد ساخته شده است و به روغن موتور آغشته می شود. هوای ورودی ابتدا به اینِ اِلمنت برخورد نموده و از منافذ ریز آن عبور می کند و ذرّات معلّق توسّط آن جذب می شود. این نوع فیلتر را هر چند وقت یک بار با نفت یا بنزین شستشو داده و مجدّداً به روغن موتور آغشته می کنند. توری سیمی در این فیلترها، به عنوان شعله گیر (صدا خفه کن) هم عمل کرده و صدای کاربراتور را می گیرد.

۲– فیلتر کاغذی :

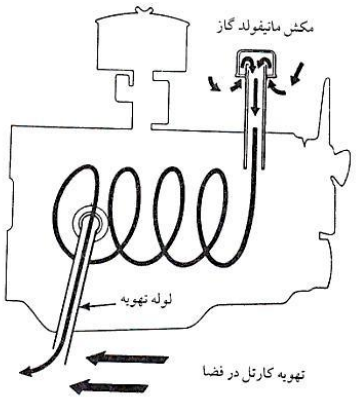
قسمت فیلتر کننده ی هوا (اِلمنت)، کاغذ مخصوصی است که به صورت زیگزاگ تا شده که سطح مؤثّر آن را افزایش می دهد. جهت جذب بهترِ ذرّات معلّق در هوا، لوله ی تهویه ی کارتل را که حاوی بخار روغن و هیدروکربن های نسوخته است را به ورودی هواکش نصب می کنند. با این کار، ضمن سوختن هیدروکربن ها و جلوگیری از آلودگی، هوای گرم و بخارات روغن، سبب مرطوب شدن اِلمنت کاغذی فیلتر شده و راندمان تصفیه ی آن را افزایش می دهد.

روش های تهویه ی کارتل :

برای بی خطر نمودن هیدروکربن های نسوخته (HC) درکارتلِ روغن (بخار روغن) و نیز جلوگیری از کثیف شدن روغن و لجن گرفتن آن لازم است محفظه ی کارتل را تهویه کرد. تهویه ی کارتل به دو روش زیر انجام می گیرد :

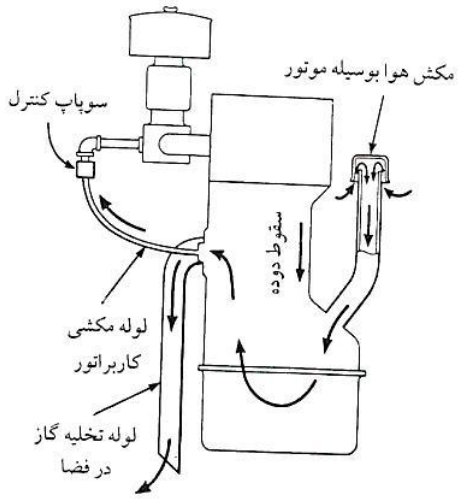
۱– تهویه در فضای آزاد :

در این طرح، هوای خارج پس از عبور از یک فیلتر سیمی، وارد محفظه ی میل لنگ شده و پس از شستشوی گازها و دودها (بخارات روغن و سوخت نفوذ کرده به کارتل)، از لوله ی خروجی، در هوای آزاد تخلیه می شود.



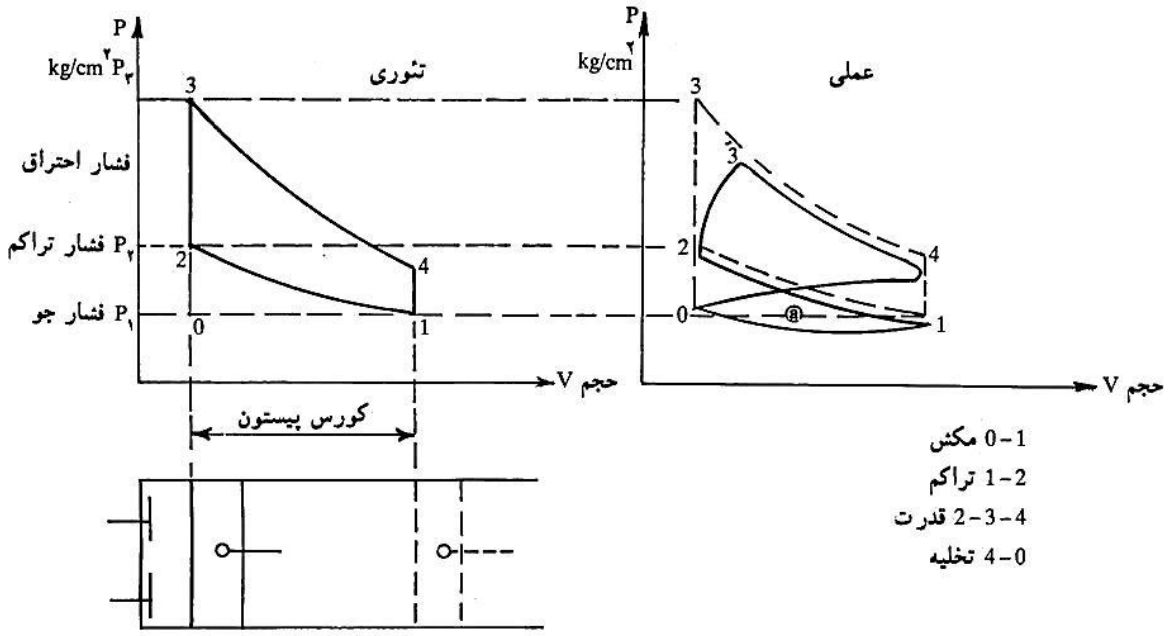
۲– برگشت به موتور :

در این طرح، بخار آب، هیدروکربن های نسوخته و سایر مواد مجدّداً به موتور بازگشته و مورد استفاده قرار می گیرند. گاهی در مسیر لوله ی تهویه به هواکش، سوپاپ قرار می دهند تا بخارات آب و سایر موادّ مُضر را جدا نموده و فقط هیدروکربن های نسوخته و هوای گرم را به مصرف موتور می رساند. البتّه در این طرح نیز مقداری از بخارات و هیدروکربن های نسوخته توسّط لوله ی خروجی دیگری، در هوای آزاد تخلیه می شود.



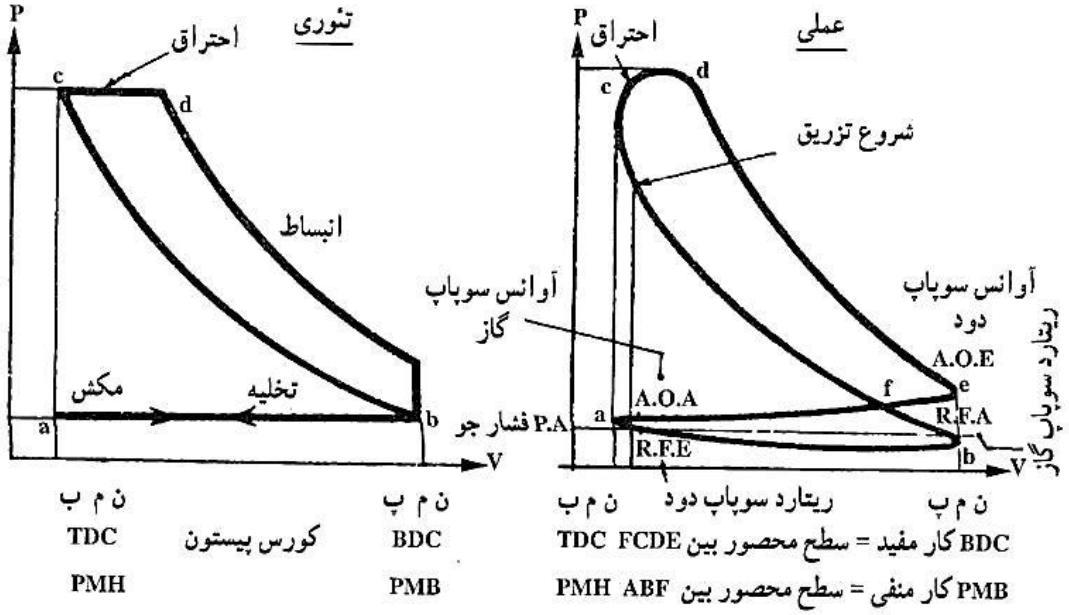
سیکل اُتو (Otto Cycle) :

دیاگرام تئوری و عملی سیکل چهار زمانه ی «اُتو»



سیکل دیزل (Diesel Cycle) :

دیاگرام تئوری و عملی سیکل چهار زمانه ی «دیزل»



فصل چهارم :

سیستم سوخت رسانی انژکتوری

آشنایی با کاربراتور و دلکو و معایب ذاتی آن ها

قبل از تشریح عملکرد سیستم انژکتوری ابتدا باید بفهمیم که یک سیستم کاربراتوری چگونه کارکرده و چه معایبی از این سیستم موجب شده تا با کنار گذاشتن آن، سیستم انژکتوری جایگزین آن شود. با نگاهی گذرا به خودرویی که تحت سیستم کاربراتوری کار می کند که دو قسمت اساسی این سیستم را کاربراتور و دلکو تشکیل می دهند.

کاربراتور :

کاربراتور دو وظیفه ی عمده را عهده دار است :

۱- **مخلوط کردن سوخت و هوا به نسبت ترکیبی مشخّص، که در هر کاربراتور به عنوان یک پارامتر اساسی تعیین می شود.**

۲- **توزیع سوخت پودر شده به میزان برابر بین سیلندرها**

دلکو :

دلکو دو وظیفه ی اساسی را پوشش می دهد :

۱- تولید برق مبتنی بر مکانیزم کارکرد پلاتین و خازن دلکو

۲- توزیع برق در روی سر شمع ها، در زمان لازم

آشنایی با معایب عمده ی ذاتی کاربراتور :

با دقّت در انجام کار کاربراتور می توان دید، علی رغم تمام محاسنی که کاربراتور برای یک خودرو دارد امّا چند عیب ذاتی مهم و بزرگ دارد که چشم پوشی از آن ها امکان پذیر نیست.

این معایب عبارت اند از :

۱- **عدم تناسب میزان مخلوط شدن هوا و سوخت در شرایط مختلف**

۲- **وابستگی شدید کاربراتور به شرایط محیط**

۳- **عدم توزیع یکسان سوخت بین سیلندرها**

۴- **خفه کردن کاربراتور**

۵- **پدیده ی قفل گازی**

۶- **حساسیت به نوع بنزین**

۷- **تنظیمات متعدّد و پیچیدگی زیاد مکانیکی**

برای مثال این تنظیمات در خودروی پژو ۴۰۵ کاربراتوری بالغ بر هفت مورد می شود.

قفل گازی :

این پدیده پس از خاموش کردن موتور رخ می دهد. وقتی موتور و متعاقب آن پمپ بنزین خاموش می شود، بنزینی که در لوله ها وکاربراتور وجود دارد بر اثر از دست دادن حرکت خود و نیز هم نشینی با گرمای موتور، بخار شده و باعث دیر روشن شدن، پس از چند لحظه خاموش کردن موتور می شود. این پدیده در خودروهای انژکتوری نیز اتّفاق می افتد، امّا پس از باز کردن سوئیچ و با کارکرد پمپ بنزین، قبل از روشن کردن موتور این عیب رفع می شود.

آشنایی با معایب عمده ی ذاتی دلکو :

همین طور با دقّت در انجام کار دلکو می توان دید، علی رغم تمامی محاسنی که دلکو برای خودرو دارد، چند عیب مهم و ذاتی بزرگ دارد که چشم پوشی ازآن ها امکان پذیر نیست. این معایب عبارت اند از :

۱- وابستگی شدید قدرت جرقّه، به دور موتور

۲- یکسان نبودن شدّت توزیع جرقّه بر روی سر شمع ها، که این مسئله در اثر بلندی و کوتاهی طول وایر شمع ها می باشد. (این عیب در خودروهای ۲۰۶ و زانتیا برطرف شده است.)

۳- عدم تناسب آوانس های دینامیکی و استاتیکی

۴- تنظیمات متعدّد و پیچیدگی زیاد مکانیکی

مشاهده ی تمامی موارد ذکر شده موجب شد تا با حذف کلّی کاربراتور و دلکو، برای انتقال سوخت به موتور و اعمال جرقّه در سیلندر، در موتورهای انژکتوری، اجزای الکترونیکی خاصّی جایگزین این واحدها گرددد.

لذا در مجموع، تفاوت اوّلیّه و عمده ی موتورهای انژکتوری نسبت به موتورهای کاربراتوری، نداشتن کاربراتور، دلکو و در نهایت متّکی بودن به واحد الکترونیکی، سنسورها(حسگرها) و عملگرهای وابسته به آن است.

مزایای سیستم سوخت رسانی انژکتوری نسبت به کاربراتوری :

۱- احتراق کامل و آلودگی کم تر

۲- کاهش مصرف سوخت

۳- توزیع یک نواخت سوخت بین همه ی سیلندرهای موتور

۴- قابلیّت استارت بهتر در هوای سرد

۵- افزایش راندمان حجمی موتور

۶- قابلیّت شتاب گیری سریع

۷- افزایش گشتاور خروجی موتور (به خصوص در دورهای پایین)

۸- افزایش توان خروجی موتور

۹- تنظیم پیوسته ی مقدار سوخت و هوا، در تمامی شرایط کار موتور

۱۰- اخذ استانداردهای بالای زیست محیطی

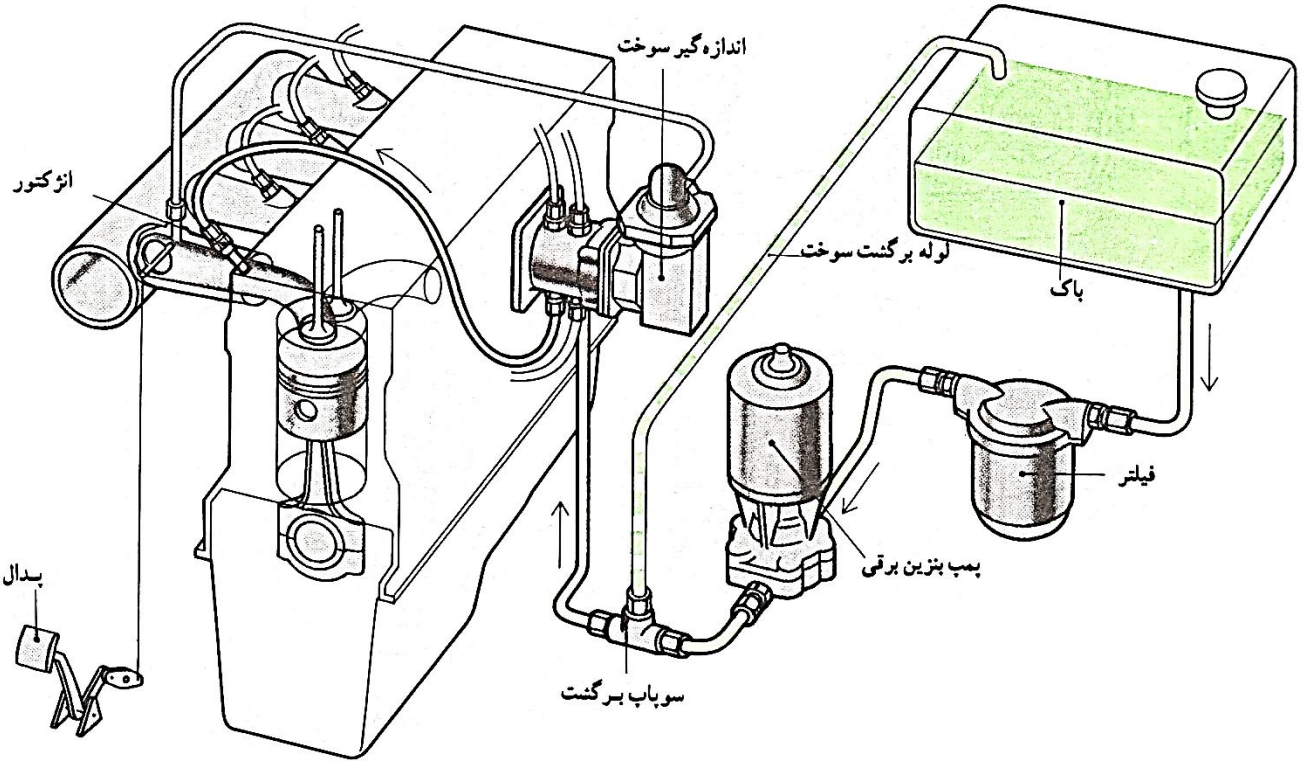
اوّلین سیستم سوخت رسانی انژکتوری مکانیکی :

در اواخر دهه ی ۱۹۵۰ و اوایل ۱۹۶۰ میلادی، کارخانه ی شورلت و پونتیاک اوّلین طرح سوخت رسانی انژکتوری مکانیکی نوع تزریق دائم را عرضه نمودند.

اندازه گیری اصلی سوخت را تغییرات خلاء موتور انجام داده و در هر لحظه که خلاء موتور تغییر می کند، اندازه ی سوخت رسالی نیز متناسب با آن تنظیم می شود.

نحوه ی ارسال سوخت به صورت پیوسته بوده و از سوخت پاش سادّه ای که مشابه افشانک بدون سوپاپ است، به درون منیفولد گاز تزریق می گردد. فشار تزریق سوخت را پمپی فراهم می نماید و برای مقدار تزریق از تغیرات خلاء منیفولد استفاده می شود. خلاء منیفولد در موقع بسته بودن دریچه ی گاز (دورآرام) خیلی زیاد و در موقع باز بودن کامل دریچه ی گاز، حدود صفر است. بنابرین کنترل سوخت با یک چنین تغییراتی در خلاء بسیار دشوار و غیر قابل استفاده می باشد.

در این طرح منیفولد مخصوص، دستگاه اندازه گیری هوا و دستگاه اندازه گیری سوخت به کار رفته است. وظیفه ی دستگاه اندازه گیری هوا، کنترل نمودن هوای مصرفی موتور و انتقال آن به دستگاه اندازه گیر سوخت بوده که در آنجا مقدار سوخت مصرفی موتور تعیین می شود. در شکل زیر سیستم سوخت رسانی انژکتوری مکانیکی مُدل لوکاس دیده می شود.



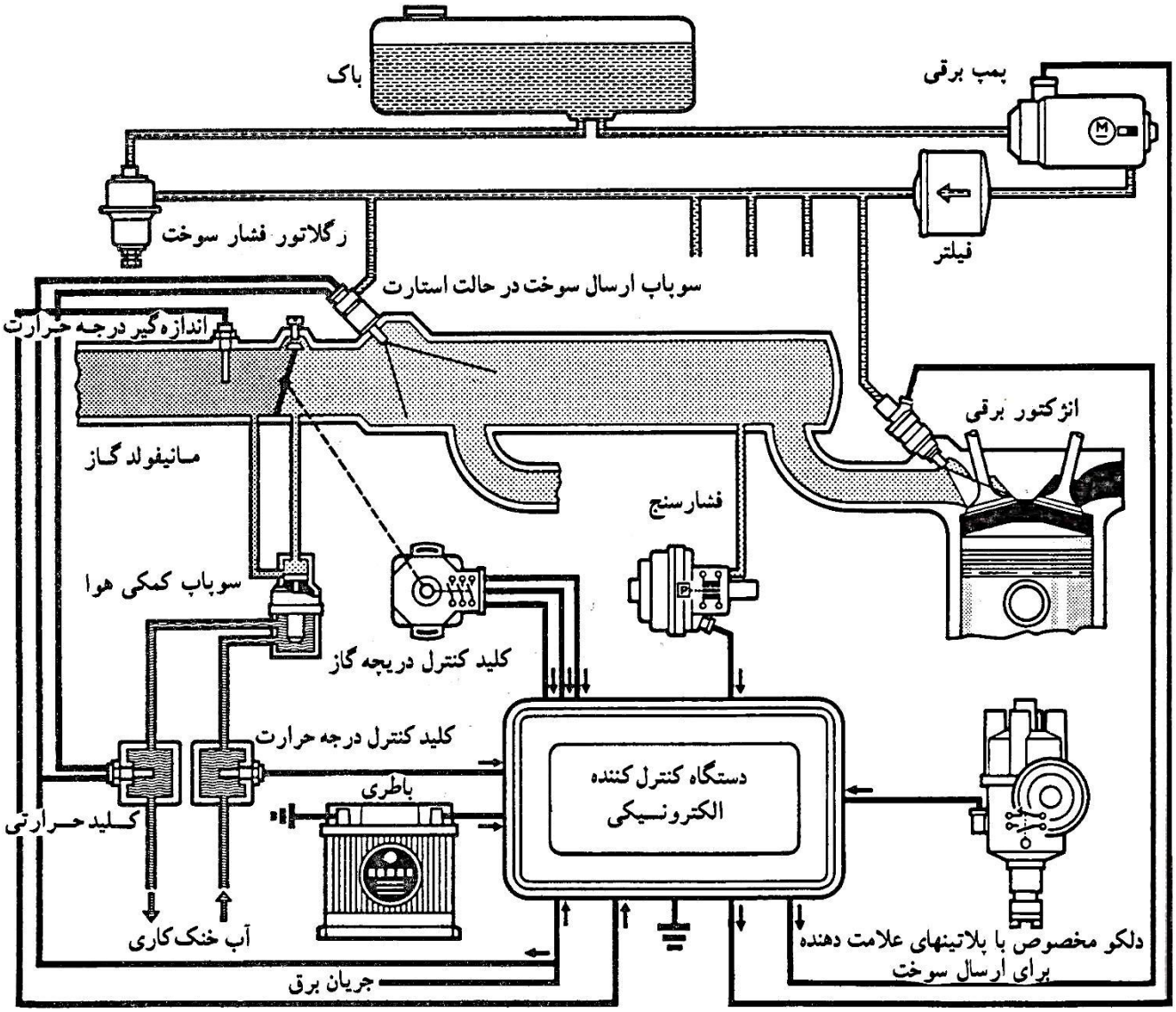
دستگاه سوخت رسانی انژکتوری الکترونیکی :

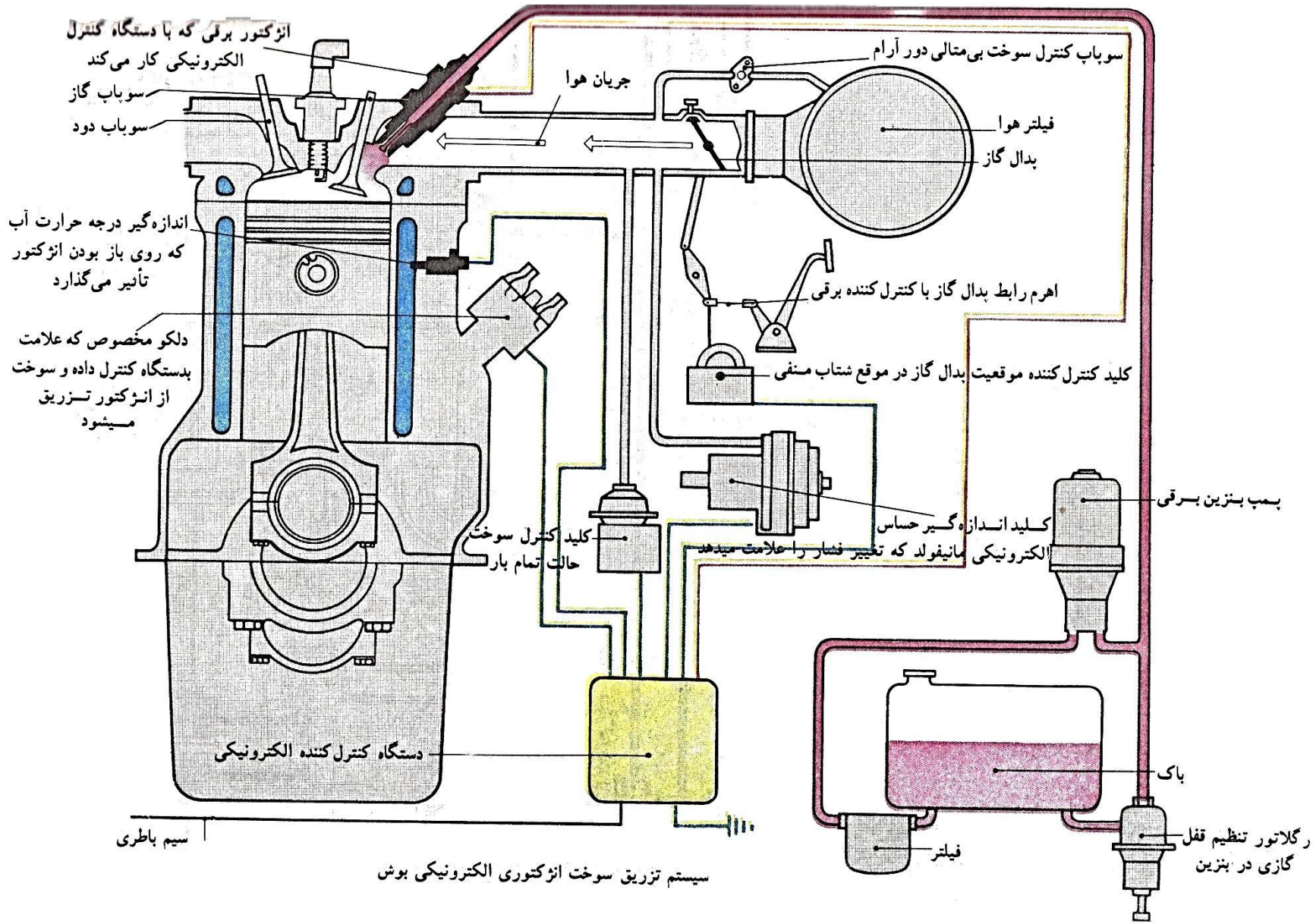
در اواخر دهه ی ۱۹۵۰ میلادی، شرکت کرایسلر تعدادی اتومبیل انژکتوری با سیستم الکترونیکی تولید نمود و نام این طرح را بندیکس الکتروژکتور نامید.

قسمت الکترونیکی این سیستم از لوله های خلائی ساخته شده بود و به همین دلیل گسترش زیادی پیدا نکرد، تا این که اختراعات تازه ای در صنعت الکترونیک پدید آمد و مواد جامدی مانند ترانزیستور ها و دیود ها، مدارات الکترونیکی را دگرگون نمود ند.

در سال ۱۹۶۷ میلادی شرکت فولکس واگن نمونه جالبی از این طرح را که شرکت بوش ساخته بود در روی موتور های خود به کار برد.

دستگاه تزریق سوخت انژکتوری الکترونیکی بوش

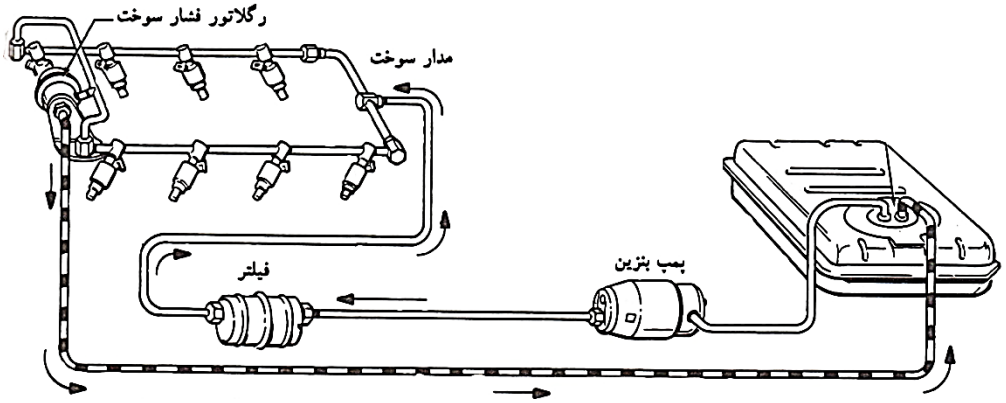




سیستم تزریق سوخت انژکتوری الکترونیکی بوش

سیستم سوخت رسانی انژکتوری الکترونیکی کادیلاک :

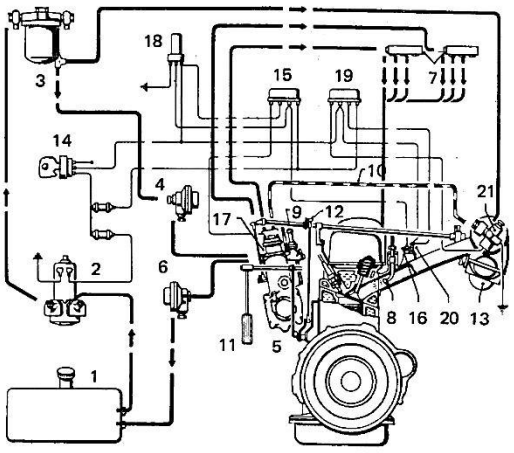
در این طرح، کادیلاک برای هر سیلندر، انژکتور برقی جداگانه ای ساخته است و ۸ انژکتور آن در مدار به دو گروه ۴ تایی تقسیم گردیده است. در هر دو دور میل لنگ، یک بار ۴ انژکتور و بار دیگر ۴ انژکتور دیگر تزریق می کنند.



سیستم سوخت رسانی انژکتوری الکترومکانیکی :

عملکرد این سیستم به طور کلی مکانیکی است و در آن چند رله ی کنترل کننده ی الکتریکی استفاده شده است.

در این روش دو پمپ انژکتور به کارمی رود که هر یک سه سیلندر را تغذیه می کنند. سوخت در منیفولدگاز تزریق شده و مقدار تزریق سوخت توسّط پدال گاز کنترل می شود، دستگاه سوخت رسانی آن مشابه پمپ انژکتور در موتور های دیزل است. دستگاه دیگری که به صورت دیافراگمی است اندازه ی سوخت را در ارتفاعات بر حسب تغییرات فشار جو، کنترل می نماید.



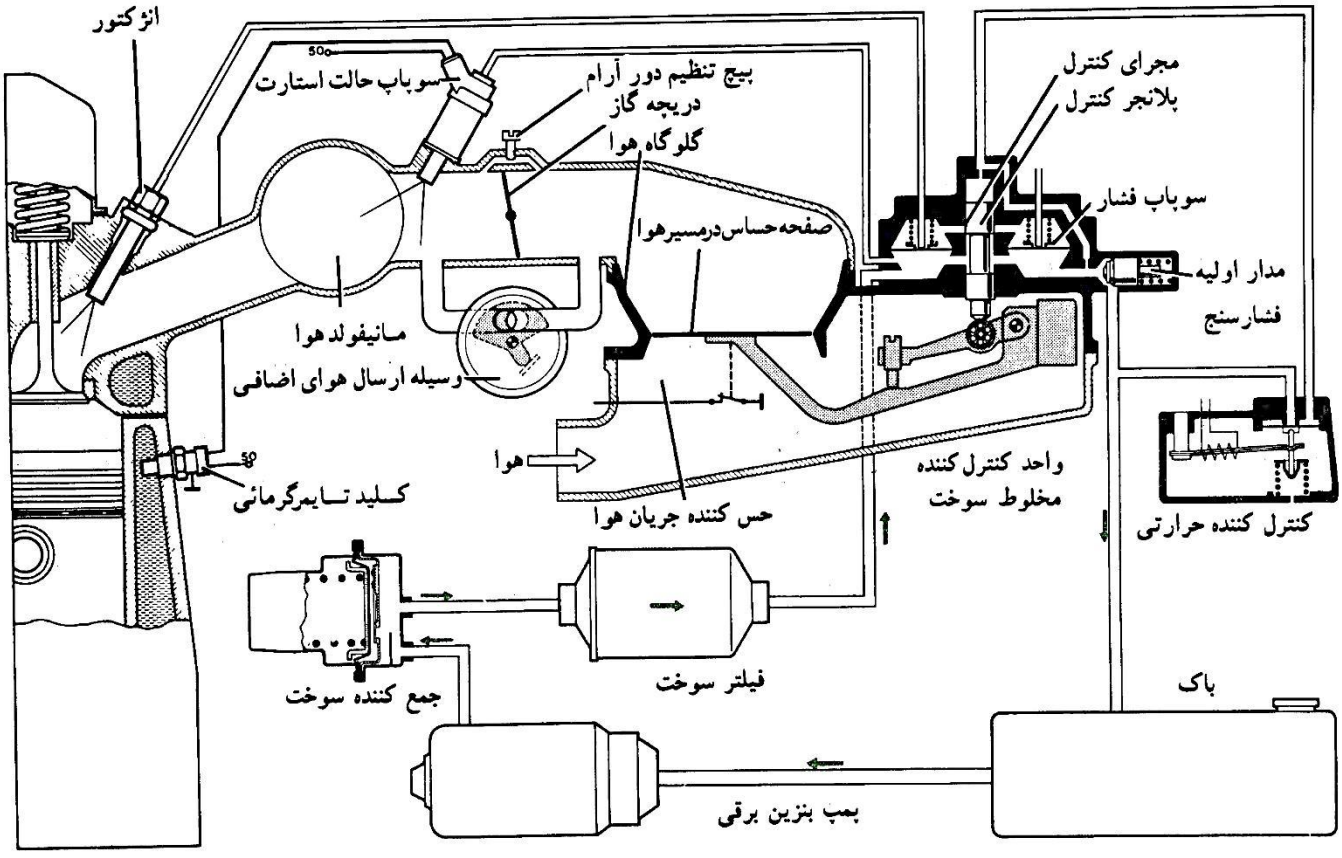
۱ ــ باک
۲ ــ پمپ بنزین
۳ ــ فیلتر
۴ ــ محفظه ورودی
۵ ــ پمپ انژکتور
۶ ــ محفظه خروجی
۷ ــ اندازه‌گیر سوخت
۸ ــ انژکتورها
۹ ــ ترموستات مدار خنک‌کاری
۱۰ ــ مدار هوای اضافی
۱۱ ــ پدال گاز
۱۲ ــ اهرم کنترل
۱۳ ــ رابط دریچه گاز
۱۴ ــ کلید جرقه
۱۵ ــ رله
۱۶ ــ کلید حرارتی مدار آب
۱۷ ــ کلید برقی کنترل کننده سوخت
۱۸ ــ کلید تایمر
۱۹ ــ رله
۲۰ ــ کلید تایمر حرارتی مدار خنک‌کاری
۲۱ ــ سوپاپ حالت استارت زدن

سیستم سوخت رسانی انژکتوری الکترومکانیکی
موتور ۶ سیلندر بنز

سیستم جدید سوخت رسانی انژکتوری با تزریق دائم :

شرکت بوش روش تزریق دائم را که با فرمان مکانیکی کار می کرد تولید نمود. در این طرح یک پمپ الکتریکی سوخت را تا حدّ لازم تحت فشار قرار داده و پس از عبور از فیلتر، به دستگاه اندازه گیر می فرستد. دستگاه اندازه گیر یک صفحه دارد که در معرض هوای منیفولد می باشد. هرگاه جریان هوای مصرفی موتور افزایش یابد، صفحه ی اندازه گیر دستگاه از محلّ خود بلند شده و تغییر حالت می دهد. تغییر شکل صفحه به وسیله ی اهرمی به پلانجر انتقال یافته و با حرکت پلانجر مقدار سوخت ارسالی به انژکتور ها تغییر می کند.

سوخت به طور پیوسته از انژکتورها در منیفولدگاز تزریق می شود. برای حالت ساسات، سوپاپ ترموستاتیکی الکتریکی باز شده و سوخت اضافی در مدار منیفولد گاز قرار می دهد. در موقع گرم شدن موتور، کلید ترموستاتیکی برق، سوپاپ را قطع کرده و ارسال سوخت اضافی متوقّف می شود.



سیستم سوخت رسانی انژکتوری با تزریق دائم ساخت بوش

سیستم های سوخت رسانی انژکتوی بنزینی با کنترل الکترونیکی

مقدّمه :

سیستم های سوخت رسانی انژکتوی بنزینی با کنترل الکترونیکی، به مرور زمان تکامل یافته و امروزه تحت نام های مختلف بر روی خودروها نصب شده و مورد استفاده قرار می گیرند. اگر چه نسل های مختلفی از این سیستم ها وجود دارد، امّا اصول کاری آن ها بسیار به یک دیگر شبیه بوده و تفاوت آن ها گاهی به افزوده شدن یا حذف یک قطعه، سنسور، مدار الکتریکی و ... محدود می شود. تعدادی از سیستم های انژکتوری بنزینی کنترل الکترونیکی عبارت اند از :

Motronic ، Mono-jetronic ، Ke-jetronic ، K-jetronic ، L3-jetronic ، LH-jetronic ، L-jetronic ، D-jetronic

در این سیستم ها، خدرو مجهّز به واحد کنترل الکترونیکی (**ECU**) شده تا داده های سنسورهای مختلف را دریافت، کنترل و ارزیابی کرده و بر طبق داده های پیش فرض (نرم افزار داخل**ECU**)، بهترین حالت را برای شرایط مختلف کار خودرو، تعیین کند؛ و دستورات لازم برای تطبیق شرایط را به عملگرها بدهد.

اصول کارکرد همه ی سیستم های بالا، شبیه به یک دیگر بوده و با درک و شناخت یک سیستم، ارزیابی سایر سیستم ها، ساده می باشد. لذا در این جزوه، از میان سیستم های فوق، تنها به بررسی سیستم مـوترونیک (**Motronic**) پرداخته و آن را مورد ارزیابی قرار می دهیم.

ویژگی های سیستم مدیریّت موتور موترونیک (Motronic Motor Management) :

۱- عملیّات تزریق سوخت و فرآیند جرقّه زنی، در این سیستم، هم زمان به صورت الکترونیکی کنترل شده، به همین دلیل قابلیّت های زیادی به این سیستم مدیریّت موتور داده است. که عبارت اند از :

- ✓ **استفاده از یک سری سنسور، برای کنترل عملیّات جرقّه و پاشش سوخت**
- ✓ **کاهش هزینه ها، به دلیل استفاده از سنسورهای مشترک**
- ✓ **بهینه سازی هم زمان کنترل جرقّه و پاشش سوخت**
- ✓ **استفاده از یک واحد کنترل الکترونیکی (ECU) برای کنترل عملیّات جرقّه و پاشش سوخت**
- ✓ **افزایش راندمان موتور و کاهش آلاینده های خروجی**
- ✓ **تهیّه مخلوط مناسب سوخت و هوا، به همراه تایمینگ صحیح جرقّه در تمام شرایط کار موتور**

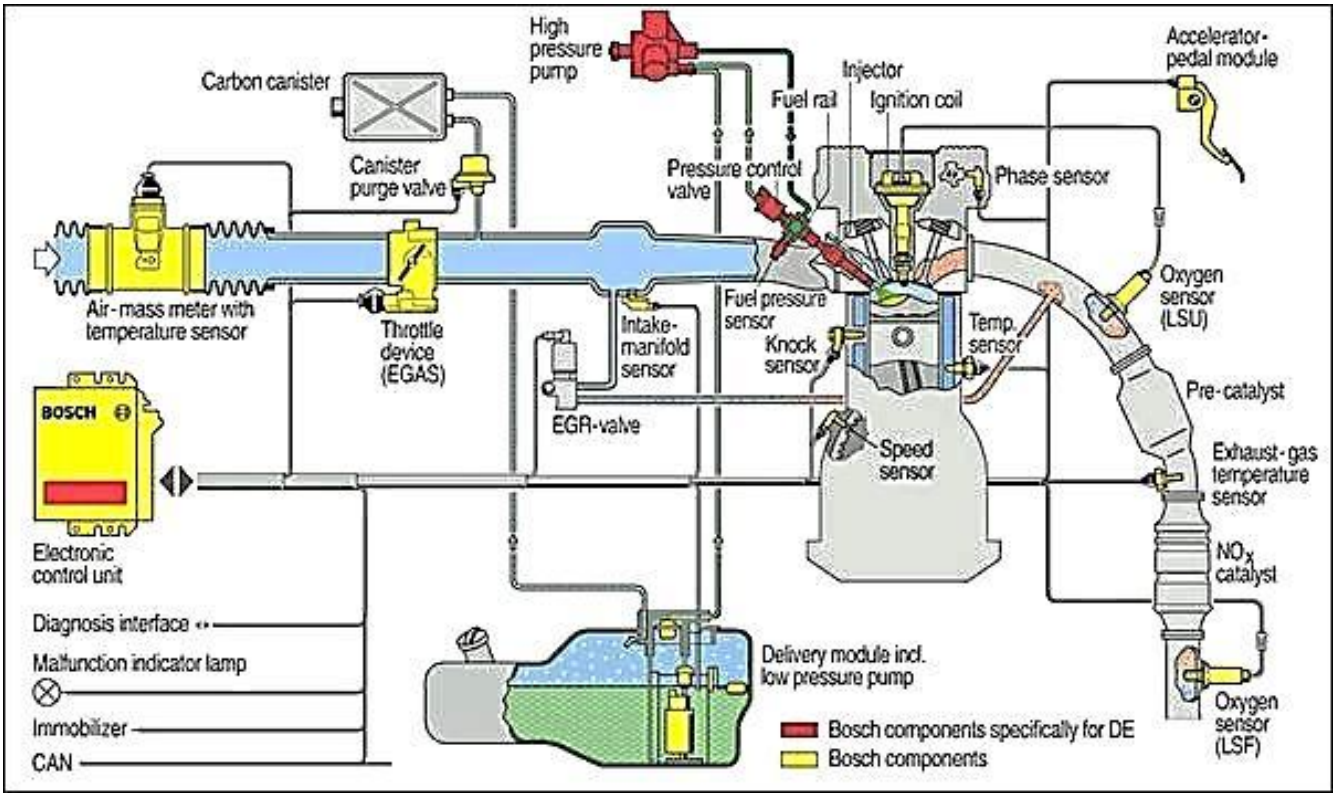
۲- پردازش سیگنال های ورودی از سنسورها، به روش دیجیتالی انجام می شود.

۳- برای تعیین مقدار آوانس جرقّه در شرایط مختلف، از نمودارهای سه بعدی متفاوتی استفاده شده است که برای عملکرد بهینه ی موتور، طرّاحی و در حافظه ی **ECU** ذخیره شده است.

۴- برای کنترل فاکتورهای مهمّ عملکرد موتور، از اطّلاعات سنسورهای مختلف استفاده می شود.

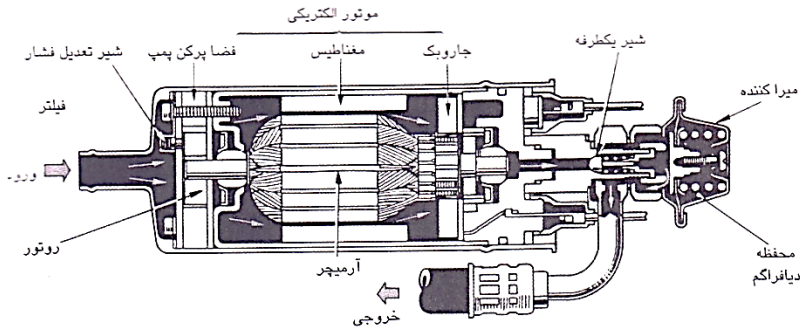
مثلاً : برای کنترل جرقّه، از سیگنال های ورودی سنسور موقعیّت دریچه ی گاز، سنسور دمای آب خنک کننده ی موتور و سنسور دمای هوای ورودی به موتور، به طور هم زمان استفاده می شود.

۵- برای افزایش راندمان، کاهش آلاینده های خروجی و ....، می توان مدارات مختلفی را به این سیستم اضافه نمود.



سیستم سوخت رسانی موترونیک :

وظیفه ی این سیستم، ارسال سوخت به موتور در شرایط مختلف کارکرد آن است. اجزای اصلی این سیستم شامل : پمپ بنزین الکتریکی، فیلتر سوخت، ریل سوخت، رگولاتور فشار سوخت و انژکتورها می باشد. سوخت مورد نیاز خودرو که در داخل باک ذخیره شده است، توسّط پمپ بنزین الکتریکی، مکیده شده و پس از عبور از میان فیلتر سوخت، توسّط لوله های انتقال سوخت، به ریل سوخت و پس از آن به انژکتورها می رسد. بر روی ریل سوخت، رگولاتور فشاری تعبیه شده که سوخت اضافی را به باک برگشت می دهد؛ که نتیجه، استفاده از این رگولاتور فشار، ثابت باقی ماندن فشار سوخت در پشت انژکتورها است. در بعضی از سیستم ها برای ممانعت از به وجود آمدن تلاطم در مسیر سوخت رسانی، از خفه کُن نوسانات فشار سوخت (میرا کننده) استفاده می شود.



ساختار اصلی سیستم سوخت رسانی انژکتوری

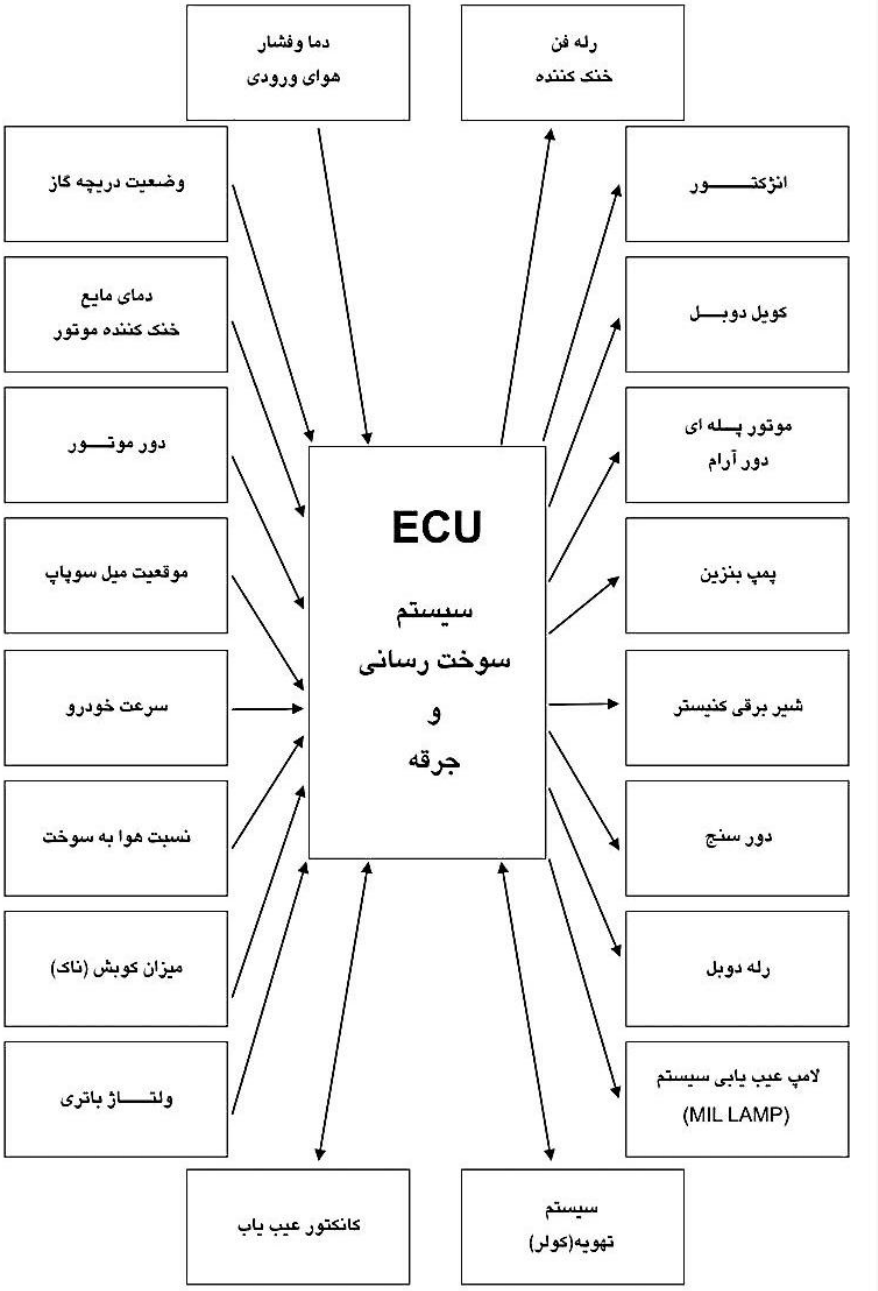
سیستم سوخت رسانی انژکتوری در خودروهای بنزینی شامل سه بخش اصلی زیر است :

الف) سنسورها

ب) واحد کنترل الکترویک

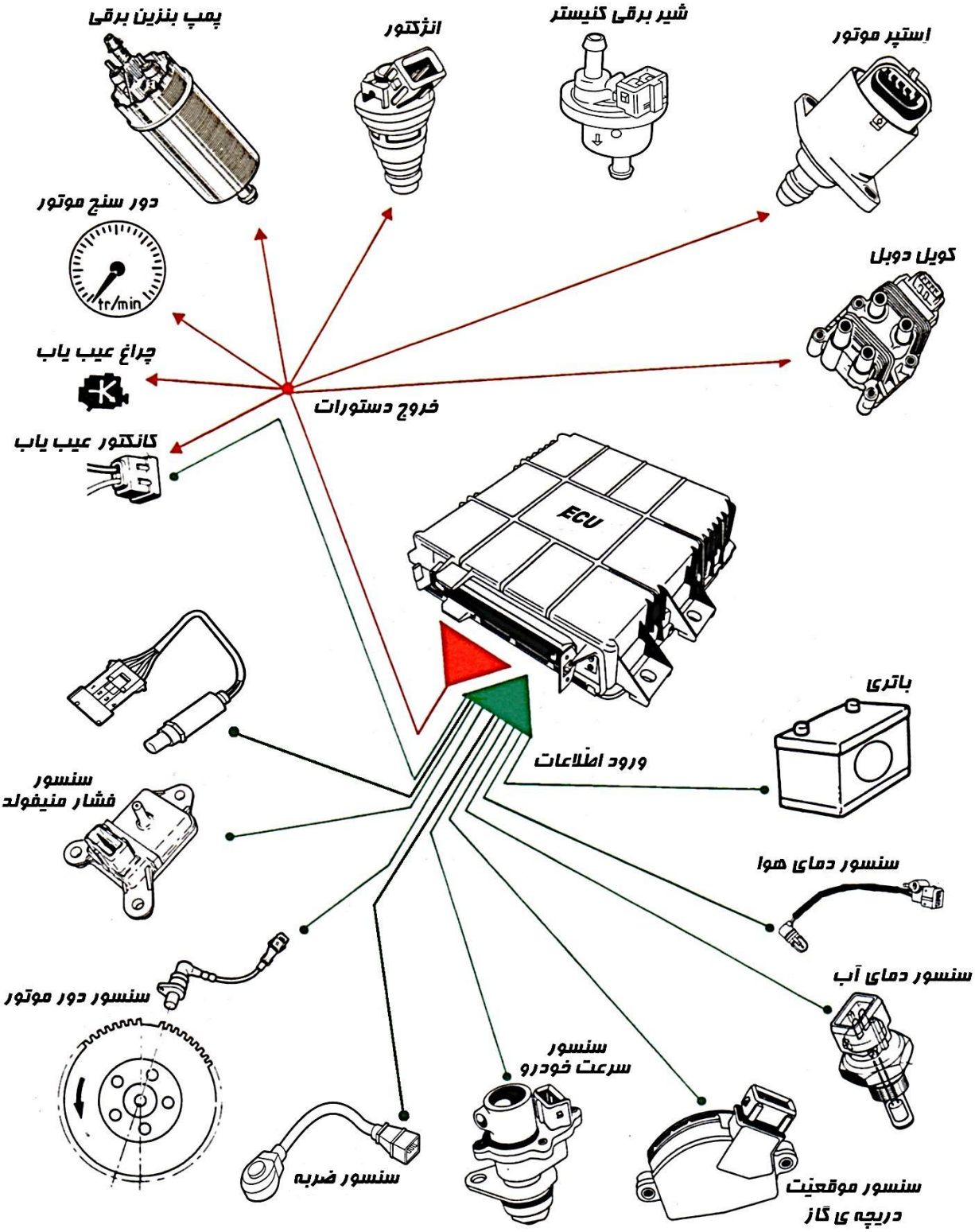
پ) عملگرها

ت) قطعات تکمیل کننده



برای شناخت کامل و نحوه ی عملکرد این سیستم، ساختار و نحوه عملکرد هر یک از اجزاء آن را به طور جداگانه مورد بحث و بررسی قرار می دهیم.

نمایش شکل فیزیکی اجزای سیستم (سنسورها و عملگرها) و ارتباط آن ها با ECU



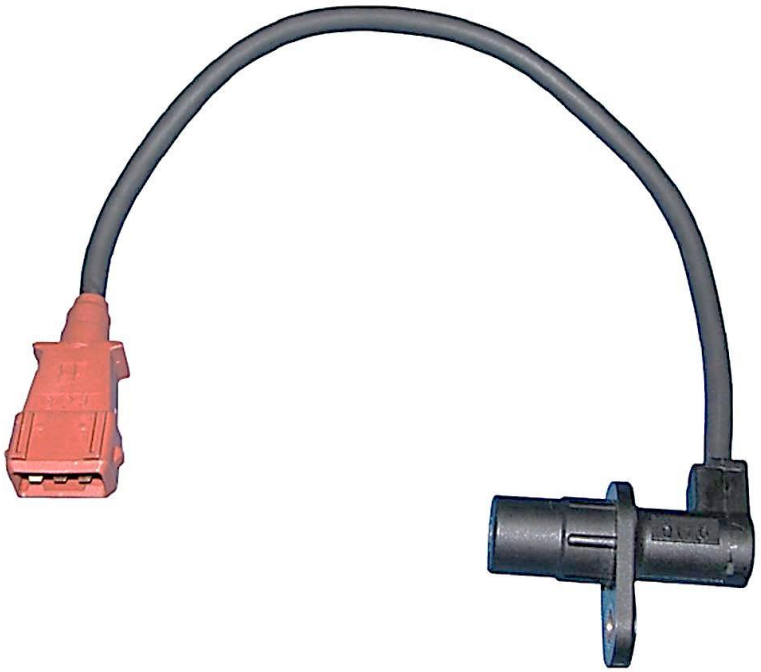
الف) سنسورها :

در همه ی سیستم انژکتوری از سنسورهای اصلی **دور موتور ، سرعت خودرو ، موقعیّت دریچه ی گاز ، موقعیّت میل سوپاپ ، دمای آب موتور ، فشار و دمای هوای ورودی ، ضربه و اُکسیژن** استفاده می شود.

سنسور دور موتور (Engine Speed Sensor-ESS) :

این سنسور بر روی پوسته کلاچ و در مقابل چرخ دنده ی دور موتور فلایویل قرار گرفته است. انتهای این سنسور اِلقایی حسّاس که دارای یک آهنربای دائم و یک سیم پیچ است، با دندانه های چرخ دنده ی دور موتور فلایویل، چند میلی متر فاصله دارد. (**1±0.5 mm**) که این فاصله غیر قابل تنظیم است.

چرخ دنده ی دور موتور فلایویل شامل ۶۰ دندانه است که دو دندانه ی آن را برداشته اند. (به معنی۱۲درجه قبل از نقطه مرگ بالا). این نقطه، تنها نقطه ی اشتراک سیستم استارتر و سیستم انژکتوری موتور است. در زمان چرخش فلایویل، هنگامی که محلّ دو دندانه ی حذف شده به سر سنسور رسید، پیستون های ۱ و ۴ به دلیل لنگ های هم نام میل لنگ، در نقطه مرگ بالا قرار دارند. در این نقطه، سنسور به این دلیل که دندانه ی دیگری را مقابل خود نمی یابد، سیگنالی نیز تولید نکرده و لذا **ECU** بلافاصله درک می کند که نقطه مرگ بالای این پیستون ها فرا رسیده و در این زمان با فعّال کردن انژکتورها و کویل دستور پاشش سوخت و جرقه زنی را صادرکرده و موجب روشن شدن این دو سیلندر می شود. این سنسور علاوه بر تشخیص موقعیّت پیستون های ۱ و ۴ ، وظیفه دارد تعداد دور موتور را اندازه گیری و نیز زاویه ی دوران میل لنگ را به **ECU** گزارش دهد.



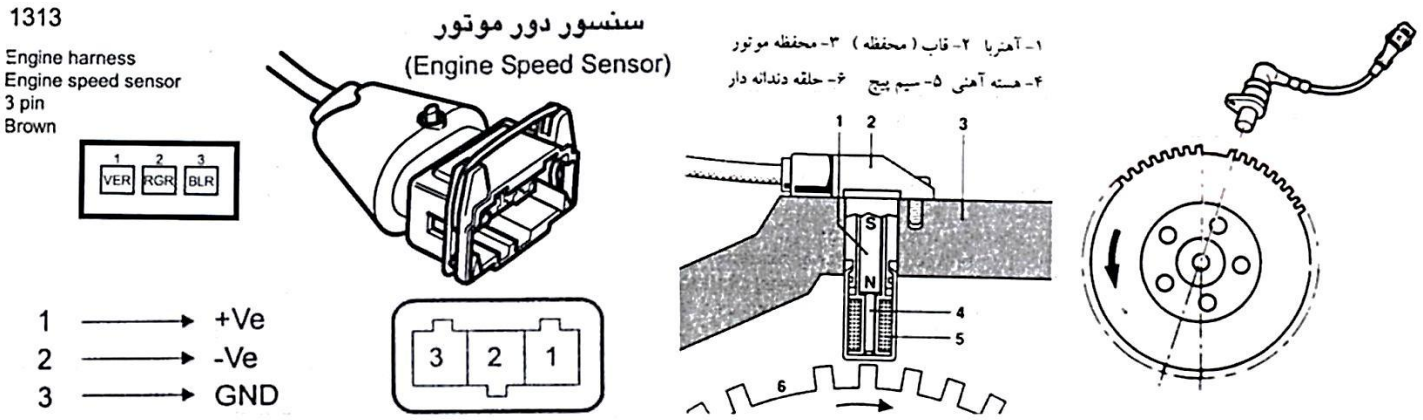
آشنایی با اثرات خرابی سنسور دور موتور در روی خودرو :

با توجّه به نقش وکارکردهای بسیار ویژه ی این سنسور باید گفت که پس از **ECU** ، این سنسور قلب دوّم سیستم انژکتوری است و خرابی آن موجب بروز موارد ذیل می شود :

۱- **روشن نشدن موتور به علّت عدم ارسال مجوز پاشش (سیگنال) برای ECU**

۲- **بالا نرفتن دور موتور از یک حدّ خاص. مثلاً 3000 R.P.M و یا انجام عمل Cut Off در دور پایین تر از 6000 R.P.M**

۳- **نمایش ارقام نامربوط در روی دورسنج خودرو. مثلاً زمانی که دور موتور عادّی می باشد، دورسنج دور 3500 را نشان می دهد و با گاز دادن به جایی که بالا رود پایین می آید.**



سنسور سرعت خودرو (Vehicle Speed Sensor-VSS) :

این سنسور از یک شافت و چرخ دنده ی کائوچویی تشکیل شده است و مانند سنسور موقعیّت میل سوپاپ، با اثر هال (الکترومغناطیسی) کار می کند؛ و بر روی پوسته ی گیربکس و در مقابل دنده ی کیلومتر شمار نصب شده است.

در خودروهای جدید که دارای نشان دهنده ی کیلومتر دیجیتالی هستند، سنسور سرعت بدون سیم کیلومتر شمار بوده و چرخ دنده ی پلاستیکی روی دیفرانسیل و سر سنسور نیز حذف شده است.

وظیفه ی سنسور سرعت خودرو، سنجش سرعت خودرو می باشد.

از اطّلاعات این سنسور برای به دست آوردن پارامترهای ذیل استفاده می شود :

۱- **فهمیدن و درک سرعت خودرو و نمایش آن**

۲- **بهینه کردن شتاب خودرو**

۳- **کاهش مکث های موتور (نوسانات)**

۴- **تثبیت دور آرام موتور در هنگام حرکت خودرو**

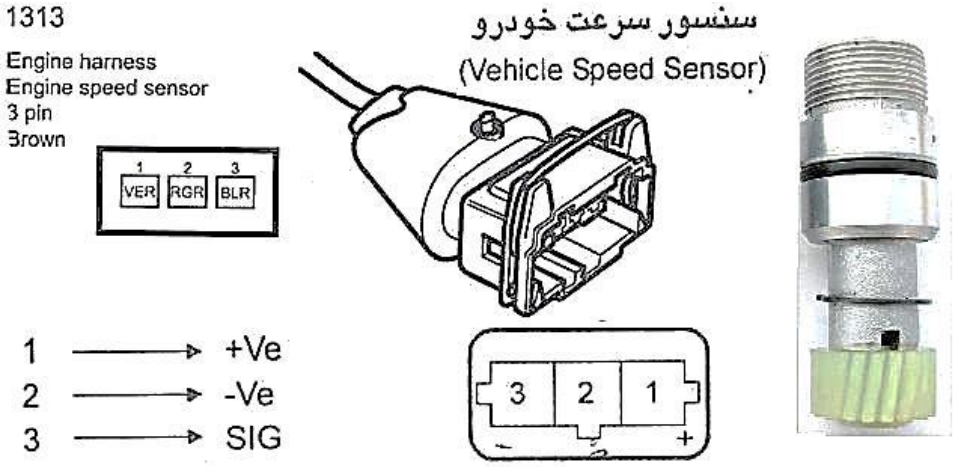
لحاظ شدن موارد بالا به راننده احساس راحتی بیش تری در رانندگی می دهد.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور سرعت در روی خودرو :

۱- خاموش شدن خودرو در موقع رها کردن پدال گاز (در مواقعی خاص مانند توقّف آنی)

۲- احساس بد کار کردن موتور برای راننده (در سرعت های بالا)، که با افزایش سرعت بیش تر می شود.

۳- ریپ زدن در سربالایی ها و یا هنگام دنده معکوس دادن



سنسور فشار هوای ورودی به منیفولد (Inlet Manifold Air Pressure Sensor-MAP) :

اگر یک خودرو را در شهری مانند سمیرم تنظیم کرده و به شهری از شهرهای کنار دریا مانند رامسر بروید، خواهید دید خودرو شما از تنظیم خارج شده و بد کار می کند. به ویژه صبح ها بد روشن می شود. نکته ی جالب آن است که اگر دوباره به همان شهر قبلی (سمیرم) برگردید، خواهید دید که خودروی شما بدون آن که تنظیمات آن را به هم بزنید، به شرایط نسبتاً مطلوب خود بازگشته و راندمان اوّلیّه را ارائه می دهد. این تفاوت مشاهده ناشی از اختلاف ارتفاع شهر سمیرم از سطح دریا است و ربطی به نوع هوا و یا رطوبت آن ندارد.

فشار هوای ورودی به منیفولد، بر روی محفظه ی آرامش قرار داشته و وظیفه دارد تغییرات فشار هوای داخل محفظه را به **ECU** گزارش کند. این قطعه یک مقاومت پیزوالکتریک (مقاومت متغیّر با فشار) است که بر اثر فشار، مقاومت آن تغییر کرده و این فشار متغیّر به اطّلاع **ECU** می رسد. این سنسور با ولتاژ **5V** تغذیه شده و از دو قسمت تشکیل شده است :

۱- قسمت حسّاس به فشار هوا (مکانیکی)

۲- قسمت ارزیابی مدار (الکتریکی)

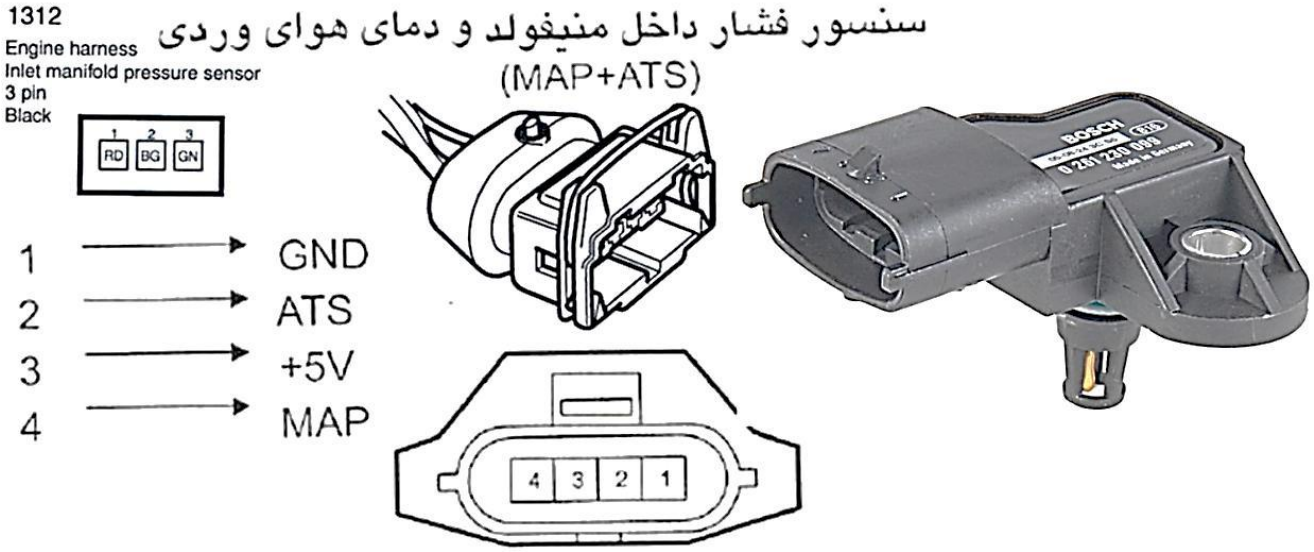
آشنایی با اثرات خرابی سنسور فشار هوای ورودی به منیفولد :

۱- خودرو با لرزش خاموش می شود. (در اثر اتّصالی بین پایه های ۱ و۲ ، فشار هوا را به طور کاذب کم گزارش می دهد.)

۲- خودرو به خام سوزی می افتد. (در اثر اتّصالی بین پایه های ۱ و۳ ، فشار هوا را به طور کاذب زیاد گزارش می دهد.)

۳- خودرو تک کار کرده و صبح ها با استارت زدن زیاد و بد روشن شده و با گاز دادن خاموش می شود.

در خودروهای پژو پارس، سمند و پژو**405GlX** ، موجب حالتی شبیه به سه کارکردن و در پیکان و **RD** در صورتی که تنظیم **CO** نشده باشند، حتّی منجر به خاموشی خودرو و روشن نشدن آن می شود. لازم است بدانید که در پراید و پژو **206** ، سنسور فشار و سنسور دمای هوای ورودی در یک غلاف قرار داشته و در صورت خرابی هرکدام، دیگری نیز باید تعویض شود.



سنسور دمای هوای ورودی (Inlet Air Temperature Sensor-ATS) :

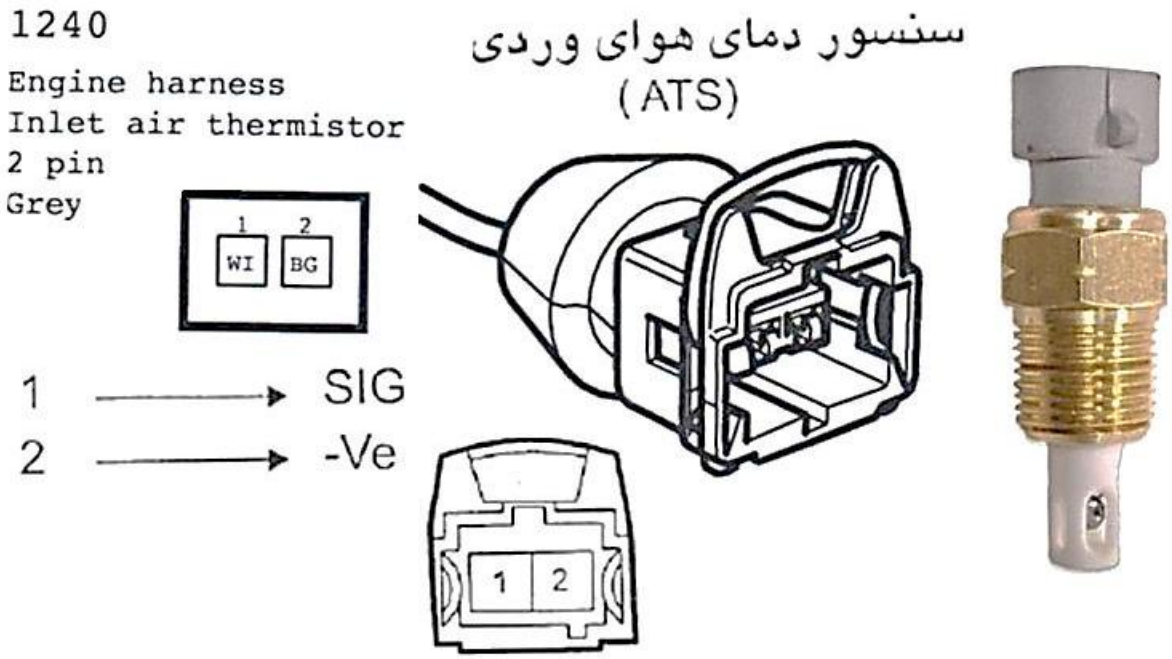
سنسور دمای هوای ورودی، بر روی محفظه ی دریچه ی گاز یا بر روی محفظه ی فیلتر هوا قرار داشته و وظیفه دارد دمای هوای ورودی به سیستم را به **ECU** گزارش کند. این قطعه یک مقاومت **NTC** است. (مانند فشنگی آب موتور) که با ولتاژ **5V** تغذیه می شود و محدوده ی کارکرد آن بین $+150^{\circ c}$ → $-40^{\circ c}$ است.

نقش این سنسور از بعضی جهات بسیار مهم است زیرا در شرایط مختلف دمایی، وزن هوای موجود در یک حجمِ بخصوص، ثابت نیست. مقدار هوای موجود در این حجمِ ثابت، در دمای پایین، سنگین تر از زمانی است که هوا گرم است. اگر این سنسور درست کار نکند، **ECU** دیگر قادر نخواهد بود که میزان هوای ورودی را به درستی تعیین کند.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور دمای هوای ورودی :

اگر یک کاربراتور را تنظیم کنیم ناخودآگاه این تنظیم فقط برای همان ساعت معتبر است، به محض تغییر ساعت و متعاقب آن گرم و سرد شدن هوا در صبح ها و عصرها، خودرو از تنظیم خارج شده و این تغییر بیش تر برای راننده

محسوس می باشد، تا شخص تعمیر کننده. در صورت خرابی این سنسور، به دلیل عدم گزارش صحیح دمای هوای ورودی به موتور، مصرف سوخت موتور دچار تغییر می شود.



سنسور دمای آب موتور (Water Temperature Sensor-WTS) :

یکی از مزایای سیستم انژکتوری نسبت به کاربراتوری، قابلیّت مناسب آن در استارت های اوّلیّه و روشن شدن راحت خودرو در هوای سرد است. این سنسور، دمای آب رادیاتور را به **ECU** می رساند و **ECU** با توجّه به گزارش دریافتی، مدّت زمان پاشش سوخت را افزایش می دهد و یا با گرم شدن موتور، مدّت زمان پاشش سوخت را کاهش می دهد. و یا آوانس جرقّه را برای حالت های مختلف از جمله برای حالت ساسات و دماهای مختلف تنظیم می کند. و در بعضی مدل ها، **ECU** بر اساس اطّلاعات این سنسور، فن سیستم خنک کننده را فعّال می کند.

سنسور دمای آب بر اساس مقاومت متغیّر دمایی عمل می کند و از نوع مقاومت **NTC** می باشد. (با افزایش دمای آب موتور، مقاومت این سنسور کاهش می یابد و بالعکس). این سنسور در اکثر خودروها، در پشت هوزینگ ترموستات که گرم ترین نقطه ی دمای آب موتور است، نصب می شود.

امروزه در خودروهای انژکتوری، اطّلاعات دمای آب موتور در سه محل، مورد نیاز است :

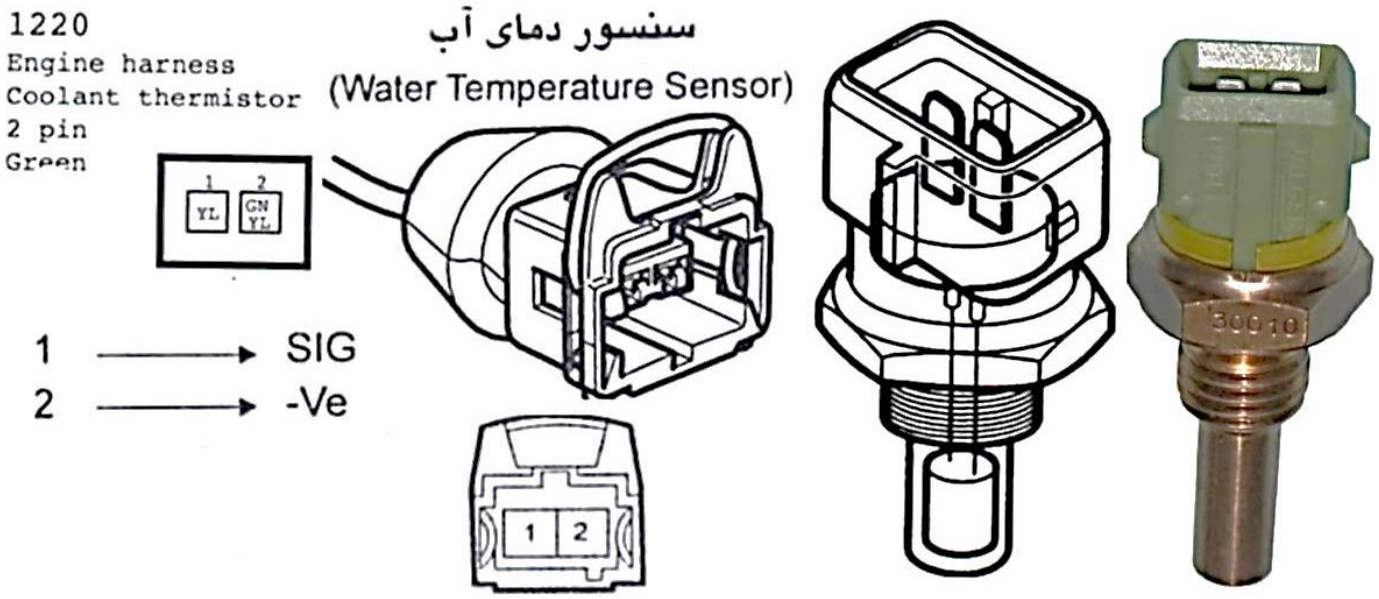
۱- **پشت آمپر (صفحه ی داشبورد)، جهت اعلام دمای آب موتور به راننده**
۲- **واحد کنترل الکترونیکی (ECU)، جهت محاسبه ی مقدار سوخت مصرفی موتور**
۳- **فن ها، جهت فعّال شدن آن ها و خنک نمودن موتور**

بر همین اساس در خودروهای انژکتوری از یک، دو یا سه سنسور دمای آب استفاده می شود. به طور مثال در پیکان انژکتوری از یک سنسور دمای آب سه پایه، در خودروی پراید از دو سنسور، یک دو پایه و یک تک پایه، و در خودروی پژو **405GLX** از سه سنسور دو پایه استفاده شده است.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور دمای آب موتور :

۱- دود کردن خودرو به طور محسوس به خصوص در زمان سرد بودن خودرو و یا پس از گرم شدن (در یکی از حالات)

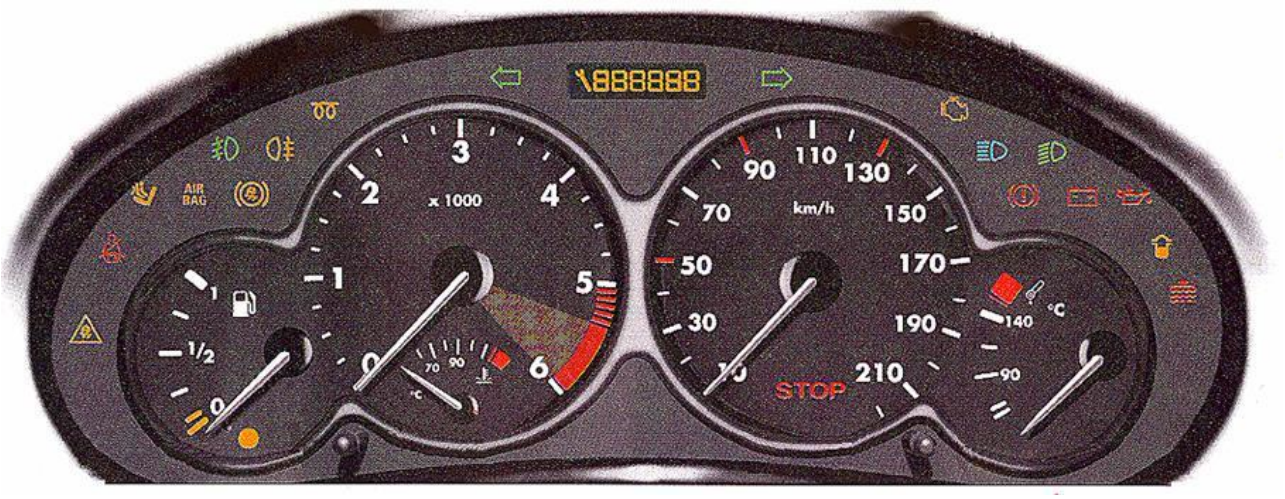
۲- ساسات نکردن خودرو و یا بد روشن شدن آن در زمان سرد بودن موتور (این عیب می تواند ناشی از خرابی اِستپر موتور نیز باشد.)



سنسور ۱۱۸ درجه (118° Sensor) :

این سنسور که در بغل سرسیلندر، سمت گیربکس (در خودرو پژو **206**) نصب است، در واقع یک نقش ایمنی و سوپاپ اطمینان را برای سرسیلندر بازی می کند. این سنسور با سنسور دمای آب رادیاتور از نظر مدار الکتریکی موازی است امّا با آب رادیاتور در تماس نیست و به سرسیلندر پیچ می شود. در داخل این سنسور دو پِلیت (**Plate**) وجود دارد که در حالت عادّی باز هستند. با افزایش دمای موتور و دمای سرسیلندر، سنسور دمای آب به طور پیوسته، جهت تنظیم سیستم انژکتور اطّلاعات دما را به **ECU** ارسال می کند و در یک دمای معیّن، فن را ابتدا در دورکُند و با افزایش دما در دور تُند به کار می اندازد. امّا به هر دلیلی سنسور کار عادی خود را انجام ندهد، نتیجه آن افزایش سریع دما به دلیل عدم کارکرد فَن و سوختن واشر سر سیلندر در مرحله ی اوّل است. برای ایجاد یک ایمنی بالاتر این سنسور نصب می شود و هم چنان که از اسم آن مشخّص است در دمای**118°** سرسیلندر، دو پلیت آن که یکی به بدنه و دیگری به یک سیمِ سر

سیمِ سنسور آب و **ECU** متّصل است، به هم می چسبند. با بدنه شدن این سیم، **ECU** بلافاصله دور تُند فَن ها را راه اندازی کرده و چراغ **STOP** را در پشت آمپر، برای اخطار به راننده، روشن می کند.



سنسور ضربه (Knock Sensor-KS) :

این سنسور از یک قطعه ی پیزوالکتریک ساخته شده که در بین دو قطعه ی مرتعش چدنی قرار دارد و بر روی پوسته ی بلوکه ی سیلندر قرار داشته و معمولاً در خودروهای ۴ سیلندر بین سیلندرهای ۲ و ۳ نصب می شود اگر در سیستم از دو سنسور ضربه استفاده شود، یکی بین سیلندر های ۲ و۳ و دیگری بین سیلندر های ۳ و۴ قرار دارند.

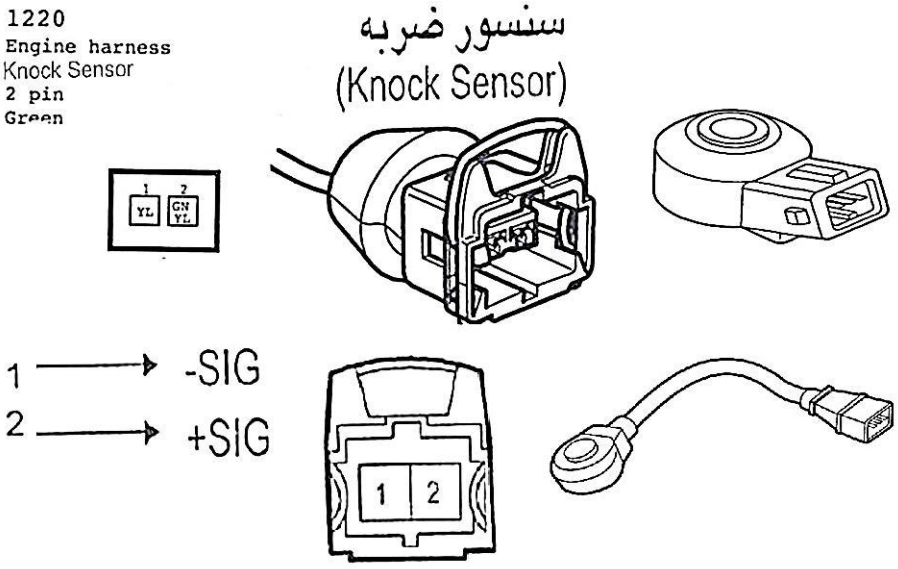
سنسور ضربه وظیفه دارد ضربات حاصل از احتراق زودرس (کوبش) و یا خودسوزی موتور را به **ECU** ارسال و با استفاده از اطّلاعات دریافتی از آن آوانس جرقه را تنظیم می کند.

این سنسور یکی از سنسورهایی است که کاری دقیق و ظریف بر روی موتور انجام داده و تا حدود زیادی به کیفیّت بنزین ارتباط دارد. هر چه درجه ی اُکتان بنزین پایین تر باشد، میزان خودسوزی بنزین بالاتر رفته و این خودسوزی ضرباتی را بر پیکره ی سیلندر وارد می کند. هر چه ضربات لحظه ای موتوری ناشی از خودسوزی بیش تر باشد، شدّت سیگنال های سنسور ضربه بیش تر خواهد بود. و در مقابل **ECU** نیز با گرفتن این سیگنال ها، میزان شدّت آن ها با کاهش متناسب آوانس لحظه ای و غنی کردن هم زمان مخلوط سوخت و هوا، کاهش می دهد.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور ضربه در روی خودرو :

با توجّه به عملکرد ظریف این سنسور و نیز پشتیبانی کیفی سنسور اکسیژن، در هنگام خرابی آن، راننده به سختی شاهد عکس العمل محسوسی خواهد شد، امّا احساس راننده مبنی بر کارکرد دوگانه ی خودرو با بنزین های معمولی و سوپر

می تواند دلیلی بر خرابی احتمالی این سنسور باشد. یا آن که موتور با لرزش کارکرده و آمپر آب دمای بالایی را نشان می دهد.



سنسور اکسیژن (Oxygen Sensor-OS) :

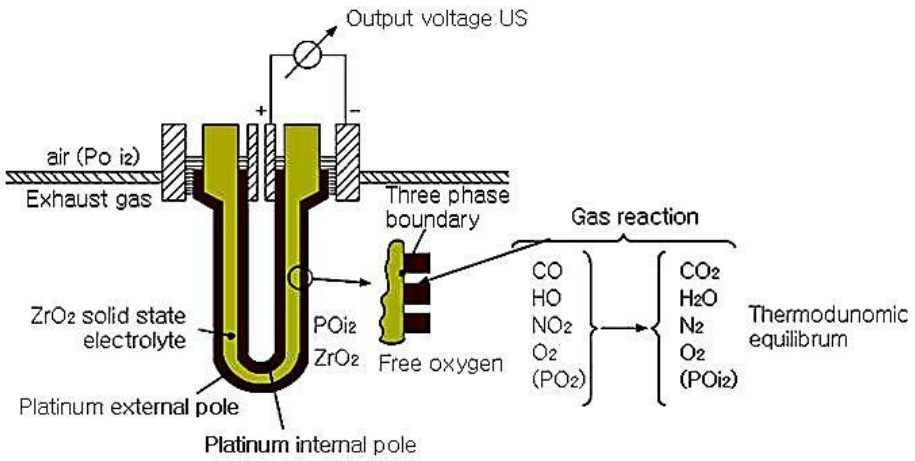
سنسور اکسیژن از یک بدنه ی سرامیکی و الکترودهایی از جنس پلاتینیوم است و غلاف محافظ آن از جنس دی اکسید زیرکونیوم بوده و دارای یک المنت گرم کن است تا دمای آن را همیشه حدود $300^{\circ}c \rightarrow 800^{\circ}c$ نگه دارد. این سنسور بر روی چدنی اگزوز و در مسیر گازهای خروجی قرار داشته و با ولتاژ **+12V** توسّط رله ی دوبل تغذیه می شود.

سنسور اکسیژن وظیفه دارد مقدار اکسیژن موجود درگازهای خروجی اگزوز را سنجیده و به **ECU** گزارش داده تا **ECU** بر اساس آن :

۱- **نسبت مخلوط سوخت و هوا را محاسبه می کند.**

۲- **غنی بودن مخلوط سوخت و هوا را تعدیل می کند.**

۳- **زمان پاشش سوخت را بهینه می کند.**

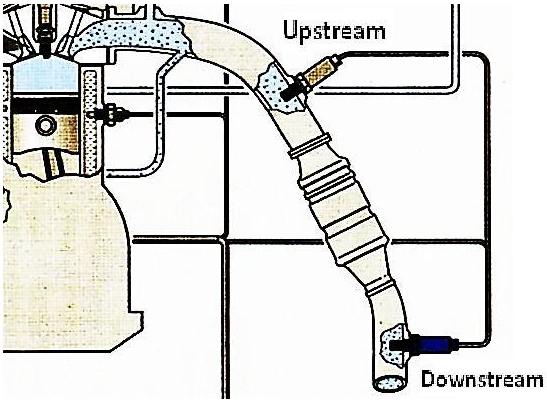


سنسور اُکسیژن بالایی (Upstream) :

این سنسور بر روی منیفولد دود نصب می شود و نسبت به جریان اُکسیژن موجود در دود حسّاس بوده و عکس العمل آن در مقابل اکسیژن، تولید ولتاژ مستقیمی بین **0.1-0.9V** جهت ارسال به **ECU** است. ولتاژهای پایین تر نشان دهنده ی غنی بودن سوخت و ولتاژهای بالاتر نشان دهنده ی رقیق بودن سوخت در دود خروجی است.

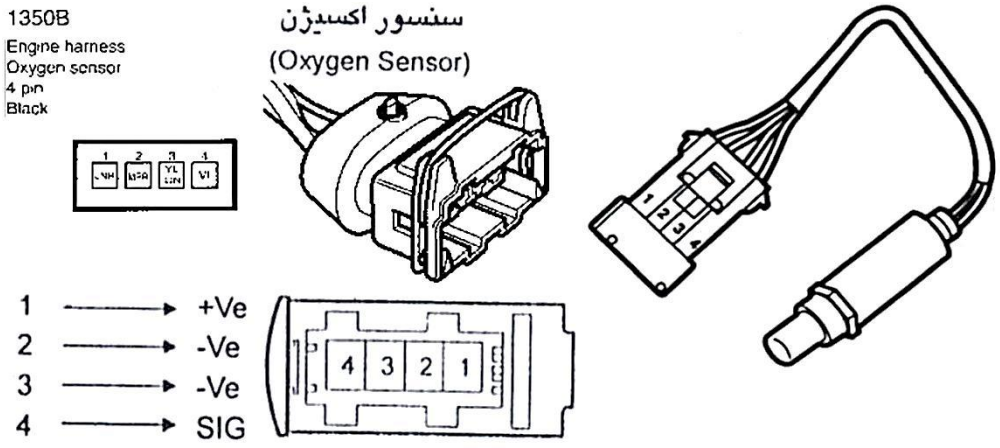
سنسور اُکسیژن پایینی (Downstream) :

تنها در خودرو های پژو**206** (**1587cc**) تیپ **TU5** وجود دارد و بعد از محفظه ی کاتالیست قرار می گیرد. این سنسور وظیفه ی نمونه برداری از محصول خارج شده از کاتالیست را بر عهده دارد و در واقع حلقه ی سیستمی انژکتور را برای بهینه سوختن بنزین کامل می کند.



آشنایی با اثرات خرابی سنسور اکسیژن در روی خودرو :

با توجّه به عملکرد ظریف این سنسور، در صورت خرابی آن، راننده به سختی شاهد عکس العمل محسوسی خواهد شد. امّا در صورت تست **CO** خودرو توسّط دستگاه های تست چهارگاز می توان مشاهده کرد که میزان آلودگی **CO** اِگزوز بیش تر از اندازه ی استاندارد بوده و یا مرتّب کم و زیاد می شود. هم چنین راننده با فشردن پدال گاز، احساس می کند که شتاب خودرو در دورهای بالا، کاهش یافته، مصرف سوخت افزایش و آیجاد آلایندگی زیاد می کند. و در صورت خرابی المنت گرم کُن آن، خودرو در هنگام روشن شدن (حالت سرد بودن) دچار خام سوزی می شود.



سنسور موقعیت دریچه گاز (Throttle position Sensor-TPS) :

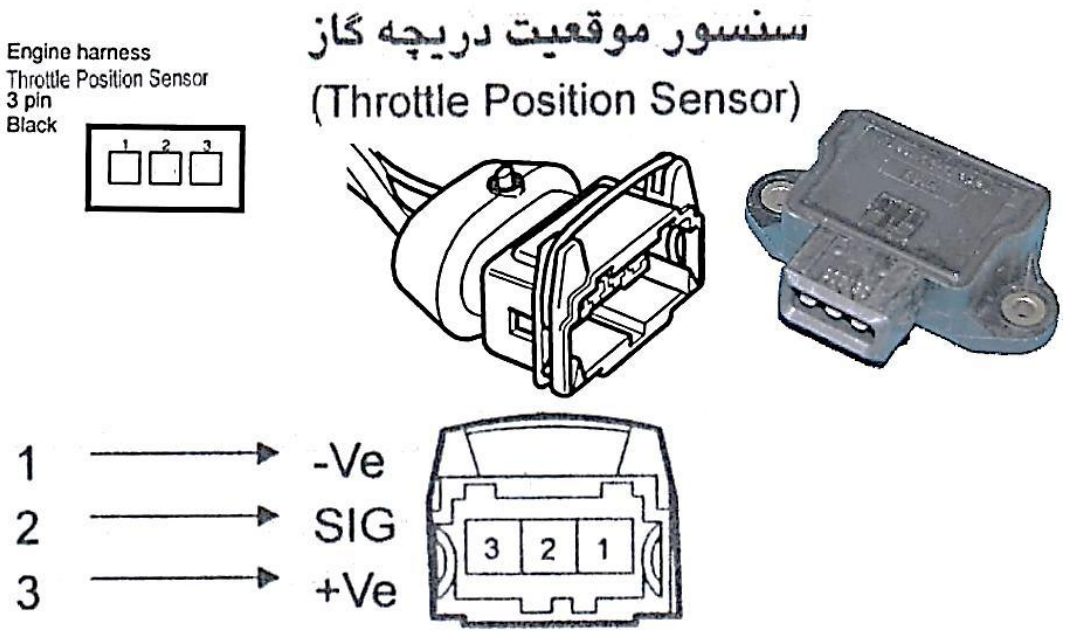
پتانسیومتر دریچه ی گاز یا سنسور دریچه ی گاز، شامل یک مجموعه ی مقاومت است که با تغییر زاویه ی باز شدن دریچه ی گاز مقدار آن تغییر می کند و بر روی دریچه ی گاز قرار دارد. میله ی دریچه ی گاز از یک طرف به سیم گاز و از طرف دیگر داخل این سنسور قرار دارد. این سنسور وظیفه ی دارد موقعیّت دریچه گاز را به **ECU** اعلام نماید.

وظایف دیگر سنسور موقعیّت دریچه ی گاز عبارت اند از :

۱- **تشخیص حالت های بسته بودن (دور آرام) ، نیمه باز بودن و باز بودن کامل دریچه ی گاز**

۲- **تشخیص وضعیّت های افزایش و کاهش شتاب**

در زمانی که پدال گاز توسّط راننده فشرده می شود، از طریق پایه ی متغیّر آن، ولتاژی از **0-5V** از طرف این سنسور مقاومتی به **ECU** ارسال شده و **ECU** نیز بر اساس آن، فرمان پاشش سوخت را به انژکتورها صادر کند.



آشنایی با اثرات خرابی سنسور دریچه ی گاز :

۱- **گاز نخوردن خودرو در هنگام فشردن پدال گاز**

۲- **بالا نرفتن دور موتور از حدّ معیّنی**

۳- **عدم پایداری موتور در دور آرام و کاهش و افزایش بی دلیل دور آن**

۴- **خاموش شدن خودرو در هنگام رها کردن پدال گاز (به خصوص رهاکردن ناگهانی پدال گاز)**

سنسور موقعیّت میل سوپاپ (Camshaft position Sensor-CPS) :

این سنسور شامل یک آی سی **(IC)** اثر هال و یک قطعه ی نیمه هادی است که جریان از آن عبور می کند.

محلّ قرارگیری این سنسور در پراید، پژو**405GlX** و سمند، در جای سابق دلکو (در مقابل میل سوپاپ) است.

وظیفه ی این سنسور، تعیین موقعیّت نقطه ی مرگ بالا (**TDC**) در سیلندر یک و تفکیک آن از موقعیّت اندازه گیری شده توسّط سنسور دور موتور و نیز شناسایی سیلندرها برای جرقه زنی مناسب در مرحله ی احتراق است.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور موقعیّت میل سوپاپ :

خودرو ریتارد و با کمی ریپ کار می کند. (ریپ زدن لحظه ای در حال حرکت)

سنسور خطّی فشار گاز کولر (Gas Linear Pressure Sensor) :

این سنسور، نوع پیشرفته تر سوئیچ سه مرحله ای کولر است که در خودروی پژو**405** استفاده شده است. مراحل کاری در این سوئیچ ها، مطابق با فشار گاز موجود در لوله های گاز، به شرح زیر بود :

۱- **فشار گاز کولر زیر 2.5 bar : در این حالت فن ها در دور کُند چرخیده و کولر خاموش است.**

۲- **فشار گاز کولر بیش از 2.5 bar : در این حالت فن ها در دور کُند چرخیده و کولر روشن است.**

۳- **فشار گاز کولر حدود 19 bar : در این حالت فن ها در دور تُند چرخیده و کولر خاموش است.**

۴- **فشار گاز کولر حدود 32 bar : در این حالت فن ها در دور تُند چرخیده و کولر خاموش است.**

در خودروی پژو**206** ، این سنسور به جای مراحل کاری، دارای محدوده ی کاری است و فشار گاز را نه به صورت مرحله ای، بلکه به صورت خطّی و پیوسته، به **ECU** اعلام می کند. پایه ی ۱ این سنسور، ولتاژ تغذیه ی **5V** از جانب **ECU** دریافت کرده و ولتاژ برگشتی (سیگنال)، از پایه ی ۲ به **ECU** ، نشان دهنده ی میزان فشار گاز کولر است. **ECU** نیز بر حسب این شرایط و نیز شرایط کار موتور، تصمیم می گیرد که فَن، پس از زدن کلید **A/C** ، در چه دوری باید بچرخد. (کُند یا تُند)

در خودروی پژو**206** ، وظیفه ی وَکیوم کولر نیز بر عهده ی **ECU** است. امّل وظیفه ی روشن و خاموش کردن کولر بر عهده ی **BSI** است.

آشنایی با اثرات خرابی سنسور خطّی فشار گاز کولر :

در صورت خرابی این سنسور، بلافاصله پس از زدن کولر، فن عمل نمی کند. یا این که در مواردی که فشار گاز کولر از حدود خاصّی بالاتر یا پایین تر برود، سنسور برای روشن شدن کولر، به **BSI** دستور نمی دهد.

سنسور فشار هیدرولیک فرمان (Power Steering Fluid Pressure Sensor) :

این سنسور، بر روی لوله های هیدرولیک فرمان با سوکت دو پایه ی آبی رنگ، مشخّص شده است و در سرعت های کم تر از **4 Km/h** نقش خود را ایفا می کند. زمانی که فرمان خودرو در دور آرام تا انتها چرخانده شود (به خصوص در زمانی که موتور سرد است)، موتور تحت فشار قرار گرفته و تا حدودی از دور آن کاسته می شود. این به دلیل افزایش فشاری است که در سیستم هیدرولیک رُخ می دهد و بار خود را به موتور تحمیل می کند.

در خودروی پژو**206** ، وقتی این عمل رُخ می دهد، سنسور فشار هیدرولیک فرمان به کار می افتد. در داخل این سنسور، کنتاکتی مشابه فشنگی روغن وجود دارد که با افزایش فشار روغن هیدرولیک فرمان، باز می شود. باز و بسته شدن این کنتاکت تحت نظارت **ECU** بوده و به محض کاهش دور موتور، **ECU** آن را افزایش می دهد تا موتور فشار اعمالی را جبران کند.

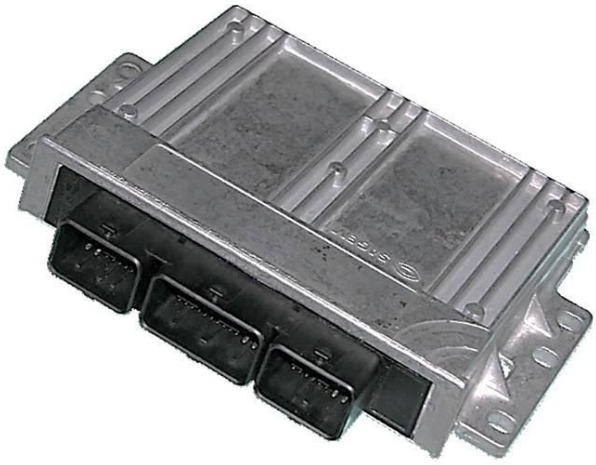
آشنایی با اثرات خرابی سنسور خطّی فشار گاز کولر :

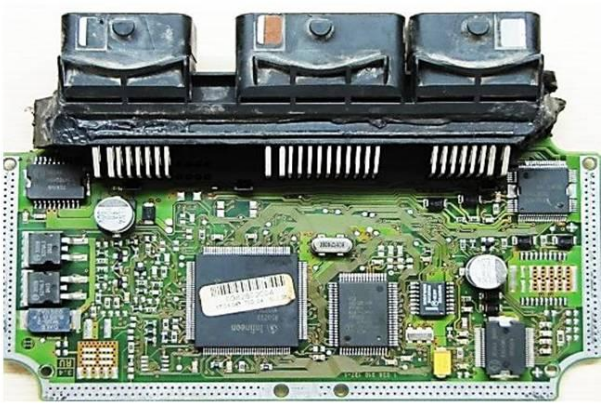
برای تست این سنسور، فرمان را تا انتها چرخانده و سوکت سنسور را کشیده و مجدّداً جا بزنید. این کار را چند بار تکرار کنید تا به کارکرد این سنسور در تنظیم دور موتور و خرابی ناشی از آن پی ببرید.

ب) واحد کنترل الکترونیکی (ECU) :

این واحد یک میکروکنترلر است که از قبل برای اطّلاعاتی که سنسورها به آن ارسال می کنند، برنامه نویسی شده است تا براساس اطّلاعات دریافتی از سنسورها و تجزیه و تحلیل و مطابقت آن ها، با دستوراتی که در برنامه داده شده است، فرمان لازم را به عملگرها بدهد. **ECU** یک کنترل کننده ی سیستم مدیریتی موتور می باشد، که از نظر فیزیکی شامل یک قاب فلزی و یک مدار چاپی با اجزای الکترونیکی می باشد.

ECM - ECU (Electronic control unit - Engine control unit – Electronic control motor)





این کامپیوتر نیز به مانند دیگر هم نوع های خود، شامل **CPU (Central Processing Unit)**، به معنی واحد پردازش مرکزی، می باشد که به صورت یک مدار مجتمع بر روی بُرد اصلی در واحد سیستم قرار گرفته و عملیّات محاسبه، کنترل و به طور کلّی پردازش داده ها را بر عهده دارد.

در داخل **ECU** دو نوع حافظه وجود دارد :

۱– حافظه ی موقّت :

مانند حافظه ی **RAM** کامپیوتر بوده و قسمتی از ی **ECU** است که توسّط حافظه ی دائم راه اندازی می شود. این حافظه جهت خواندن و نوشتن اطّلاعات به کار می رود.کلیّه ی خطاهای سیستم در این حافظه ثبت شده و با قطع برق خودرو بیش از ۱۵ دقیقه این اطّلاعات پاک می شوند؛ که در این صورت ، خودرو دچار ریپ زدن یا خاموش شدن بدون دلیل در هنگام شتاب گیری، رها نمودن پدال گاز و تعویض دنده می شود.

اطّلاعات پاک شده در این حافظه، مجدداً قابل برگشت بوده که به روش برگرداندن این حافظه، روش تجدید حافظه یا **Initialize** می گویند. حافظه ی موقّت شناسایی اِستپر موتور، دنده ها، حالات عملی خودرو و محاسبات لحظه ای برای تنظیمات لحظه ای را به عهده دارد و محلّی برای نگه داشتن معایب موقّت و دائم سیستم انژکتور است.

۲–حافظه ی دائم :

مانند سیستم عامل و**SET UP** کامپیوتر می باشد. اطّلاعات آن فقط قابل خواندن می باشد،که از قبل توسّط کارخانه ی سازنده در آن قرار داده شده و قسمتی از حافظه ی **ECU** است که بر اساس آن شرایط لازم برای راه اندازی موتور تعیین می گردد. با قطع برق خودرو (برداشتن باتری) این اطّلاعات از بین نمی رود. امّا در صورت خراب شدن، دیگر قابل برگشت نبوده و می توان گفت که **ECU** سوخته است.

حافظه ی دائم شامل جدول بزرگی به نام **Look up table** است که در این جدول به مانند جدول ضرب، ردیف ها و ستون ها و خانه هایی وجود دارد. **ECU** در هر حال، پس از باز کردن سوئیچ، در حال اِسکن کردن سنسورها و گرفتن اطّلاعات آن ها به صورت لحظه ای و تجزیه و تحلیل آن ها است. با هر دور اِسکن، اطّلاعات سنسورها را دریافت داشته و از طریق این جداول و با استفاده از ردیف های این جدول، یک خانه از جدول را هدف یابی می کند. در این خانه از جدول که طی آزمایشات متعدّد در شرکت های سازنده برنامه ریزی شده، سه چیز تعیین می گردد. (در شرایط محیطی موتور)

۱- **مدّت زمان پاشش سوخت چه قدر باید باشد.**

۲- **پاشش سوخت توسّط انژکتور در چه زمانی باید باشد.**

۳- **زمان ایجاد جرقّه یا آوانس باید به چه میزان اعمال شود.**

نکته جالب :

این عملیّات قبل از هر بار جرقّه زنی انجام می شود؛ به طوری که در سرعت **100 Km/h** در هر ثانیه، سیستم انژکتور نزدیک به ۱۰۰ بار خود را تنظیم می کند. پس می توان فهمید که سیستم انژکتور می تواند تا چه اندازه دقیق باشد.

یک ویژگی مهم ECU :

عملیّات Cut Off : این عملیّات، کنترل دور موتور توسّط **ECU** می باشد. اگر دور موتور به دلیل فشردن بیش از حدّ پدال گاز، تمایل به بالا رفتن از حدّ مجاز (**6250 R.P.M**) نماید، **ECU** به طور اتوماتیک برق انژکتور را موقّتاً قطع کرده و خودرو در این دور خاموش می شود؛ با پایین آمدن دور، **ECU** مجدّداً فرمان پاشش را صادر کرده و موتور را روشن می کند. انجام این عملیّات به دلیل جلوگیری از ریسک یاتاقان زدن موتور و یا عدم رسیدن روغن کافی به موتور انجام می شود. برای مشاهده ی این عملیّات، درب کاپوت را بالا بزنید و به طور دستی تا به انتها گاز بدهید؛ خواهید دید که موتور در دور بالا حالتی شبیه به سکته و یا سه کارکردن شدید پیدا می کند.

این همان وضعیّت **Cut Off** است. انجام اتوماتیک عملیّات **Cut Off** توسّط **ECU** ، در تمامی خودروها صورت گرفته و تنها دور موتور مشخّص آن ها بر حسب نوع **ECU** مصرفی می تواند متفاوت باشد.

موارد ایمنی حفاظت از ECU :

۱- **کابل باطری را هنگامی که خودرو روشن است جدا نکنید.**

۲- **هرگز وایر شمع ها را به بدنه، جهت امتحان نزدیک نکنید.**

۳- **به ECU آب نرسد.**

۴- **به پین های پشت ECU دست نزنید. نکته ی جالب این است که چون الکتریسیته ی بدن گاهی اوقات تا هزارها ولت می تواند بالا رود، در صورتی که به کانکتور ECU دست زده شود، به دلیل ریسک، الکتریسیته ی بدن می تواند موجب آسیب رساندن جدّی به ECU شود.**

۵- **باطری به باطری کردن خودرو آن هم به صورت سری، سبب سوختن ECU خواهد شد. چون در حالت سری ولتاژ باطری جمع می شود و به 24V می رسد، در حالی که ولتاژ مورد نیاز ECU کم تر از 16V می باشد.**

تذکّر :

اگر هر یک از سه کار زیر را انجام دهید، حافظه ی موقّت موجود در **ECU** پاک شده و خودرو به دلیل از دست دادن برخی از اطّلاعات لحظه ای موتور، تا مدّتی بد کار می کند :

۱- **جدا کردن کابل باطری بیش از ۱۵ دقیقه**

۲- **جدا کردن سوکت های ECU بیش از ۱۵ دقیقه**

۳- **جدا کردت سوکت رله ی دوبل بیش از ۱۵ دقیقه**

در چنین حالتی باید خودرو دوباره تجدید حافظه شود. در این حالت، خودرو سکته های بی دلیل و نا به هنگام نموده و در هنگام تعویض دنده و به خصوص در هنگام دنده معکوس کشیدن، راننده احساس می کند که خودرو لحظه ای دچار مکث می شود.

آشنایی با اثرات خرابی ECU در روی خودرو :

۱- **روشن نشدن خودرو در 80% حالات**

۲- **روشن شدن خودرو هم زمان با روشن شدن چراغ عیب یاب موتور (در پشت آمپر) در 10% حالات**

۳- **خرابی نامشخّص، که اثری مشابه با خرابی یک یا چند جزء از سیستم انژکتور داشته باشد؛ و یا اعلام دستگاه عیب یاب (Diag) مبنی بر خرابی یک قطعه ی سالم، مانند استپ موتور در 10% حالات.**

نحوه ی عملکرد واحد کنترل الکترونیکی :

واحد کنترل الکترنیکی در شرایط مختلف، عملکرد های مختلفی را ایجاد می کند که به چند نمونه از مهم ترین عملکرد های آن می پردازیم :

عملکرد در زمان استارت زدن به موتور :

در زمان استارت زدن به موتور، سوخت به طور متناوب توسّط انژکتورها تزریق می شود. و مقدار تزریق سوخت با توجّه به دور موتور، دمای آب، دما و فشار هوای ورودی تنظیم می شود و مقدار هوای اضافی مورد نیاز نیز، توسّط موتور پله ای تعیین می گردد.

عملکرد در دور های مختلف :

در موقع تغییرات لحظه ای موتور (شتاب گیری و کاهش سرعت) مدّت زمان تزریق سوخت توسّط انژکتورها، براساس تغییر پارامترهایی مانند : دور موتور، وضعیّت دریچه ی گاز، فشار هوای ورودی و دمای مایع خنک کننده تعیین می گردد.

عملکرد قطع پاشش و یا کاهش خیلی زیاد سوخت انژکتورها :

قطع پاشش و یا کاهش خیلی زیاد سوخت در زمان کاهش ناگهانی سرعت خودرو :

زمانی که راننده به طور ناگهانی پای خود را از روی پدال گاز در دور های بالا بر می دارد، دریچه ی گاز بسته می شود و واحد کنترل الکترونیکی نیز به دلایل کاهش مصرف سوخت و آلا ینده های خروجی اِگزوز، پاشش سوخت انژکتور ها را قطع و یا خیلی کاهش می دهد (در**ECU** های مختلف متفاوت می باشد).

نکته :

در اکثر **ECU** های مدل ساژم طوری برنامه ریزی شده است که در موقع این عمل (کاهش ناگهانی دور موتور و یا رها کردن ناگهانی پدال گاز)، پاشش سوخت انژکتورها به طور کامل قطع می شود (زمان بسیار کوتاه). امّا در اکثر **ECU** های مدل زیمنس طوری برنامه ریزی شده است که در موقع رها کردن ناگهانی پدال گاز، پاشش سوخت انژکتورها به طور کامل قطع نمی شود، بلکه زمان پاشش سوخت به حدّاقل ممکن می رسد (حدوداً **1.2 ms**).

قطع پاشش سوخت در دور بُحرانی :

برای جلوگیری از افزایش بیش از حدّ دور موتور و عوارض ناشی از آن مانند : بریدن میل لنگ، شاتون زدن، خام سوزی و .... ، در **ECU** طوری برنامه ریزی می کنند که برای جلوگیری از مشکلات بیان شده، به محض رسیدن دور موتور به دور مشخّص، که در اکثر خودرو ها این دور بین **5500 R.P.M** الی **6500 R.P.M** تعیین می شود، پاشش سوخت انژکتورها قطع می گردد. و شروع مجدّد پاشش انژکتورها پس از کاهش دور موتور و رسیدن به دور تعریف شده، جهت جلوگیری از خاموش شدن موتور، انجام می گیرد.

نکته :

دور بُحرانی میل لنگ در اکثر خودرو های انژکتوری متفاوت می باشد که مشخّص کردن دور معیّن در هر خودرو توسّط کارشناسان واحد برنامه ریزی **ECU** انجام می گیرد که قابلیّت تغییر نیز دارند، البتّه نه توسّط افراد در بیرون، بلکه توسّط کارشناسان برنامه ریزی قابل انجام می باشد.

در اکثر خودرو های خارجی تغییر دور بُحرانی موتور توسّط دستگاه دیاگ مخصوص خود، قابل انجام می باشد که در بعضی از این خودرو ها تغییر دور بُحرانی تا دور **9000 R.P.M** قابل انجام است.

گرم شدن موتور :

معیارهای اصلی در حین گرم شدن موتور، قابلیّت رانندگی بهتر، کاهش آلودگی و مصرف سوخت می باشد. استفاده از مخلوط غنی شده ی سوخت و هوا، باعث افزایش سریع تر دمای کاتالیست شده و نیز باعث گرم تر شدن سریع موتور می گردد.

کنترل دور آرام :

وظیفه ی اصلی **ECU** در این حالت، تأمین شرایطی است که در آن عملکرد موتور ایده آل و بدون نوسان دور باشد. بدون ریپ زدن موتور، دارای کم ترین مصرف سوخت و آلودگی اِگزوز باشد.

نکته :

سیستم کنترل دور آرام موتور در **ECU** ، موازنه ای را بینتولید گشتاور و بار موتور به وجود می آورد تا سرعتی ثابت را در دور آرام فراهم نماید.

اجزای تشکیل دهنده ی ECU :

اجزای تشکیل دهنده ی **ECU** در خودروهای مختلف، اکثراً مشابه هم دیگر بوده، با یک سری تفاوت ها، از جمله در شکل ظاهری، تعداد سوکت ها و پایه ها، میزان حافظه، سیستم عیب یابی و پردازش و ... با هم فرق دارند.

اجزای اصلی ECU عبارت است از :

۱- کانکتورها و پین ها

۲- پوسته یا بدنه اصلی که رادیاتور نیز گفته می شود.

۳- در پوش یا پوسته ی پایینی

۴- پلاک

۵- کیت یا بُرد الکترونیکی

براساس اهمیّت هر قسمت، به شرح هر یک از اجزای اصلی می پردازیم :

کانکتورها و پین ها :

تعداد کانکتورها و پین ها در **ECU** های مختلف، متفاوت بوده امّا به طور کلّی از نظر کانکتور، در **ECU** های مختلف به یک یا دو یا سه و حتّی در بعضی موارد به چهار کانکتور تقسیم بندی می شوند و از نظر تعداد پین یا پایه ۳۵ ، ۵۵ ، ۸۱ ، ۸۸ ، ۹۰ ، ۱۱۲ و ... می باشند که در بخش انواع **ECU** ها به طور کامل به همراه تصویر شرح داده خواهد شد.

پوسته یا بدنه ی بالایی و پایینی :

پوسته یا بدنه ی **ECU** ، در حقیقت به عنوان محافظ سخت افزاری **ECU** بوده و لایه ای جهت نصب روی خودرو و طرف دیگر به عنوان رادیاتور خنک کننده ی بُرد الکترونیکی **ECU** نیز می باشد. توجّه داشته باشید که منفی **ECU** از طریق پوسته یا بدنه تأمین نمی شود. بلکه به طور مستقل از طریق یک سری پین های **ECU** به سیم کشی اصلی بدنه و در نهایت به بدنه ی خودرو متّصل می باشد.

پلاک یا لیبل ECU :

پلاک یا لیبل **ECU** در حقیقت نشان دهنده ی شناسنامه و هویت **ECU** بوده که به طور مشترک توسّط سازندگان **ECU** و شرکت های خودروسازی در نظر گرفته می شود. البتّه پلاک یا لیبل روی **ECU** ، درخودروها متفاوت بوده و معنا و مفهوم زیادی دارند که به چند مورد از آن ها اشاره می کنیم.

پلاک یا لیبل نشان دهنده ی موارد ذیل می باشد :

۱- **شرکت سازنده ی ECU : در اکثر ECU ها آرم یا نام شرکت سازنده ی ECU ، بر روی پلاک نوشته می شود. مانند : Siemens ، Valeo ، Sagem ، Magneti Marielli ، Bosch ، VDO و ...**

۲- **کشور سازنده ی ECU : در بعضی از ECU ها، نام کشور سازنده (مونتاژ کننده) بر روی پلاک نوشته می شود. مانند : China ، Korea ، France ، Spain ، Hungary و ....**

۳- **شرکت خودرو سازی : بر روی پلاک اکثر ECU ها اسم یا آرم شرکت خودرو سازی که در محصولات آن ها مورد استفاده قرار می گیرد، نوشته می شود.**

۴- **شماره ی سریال ECU**

۵- **شماره ی شناسایی ECU : شماره ی شناسایی ECU در حقیقت همان شماره ی شناسایی مشخّصات فنّی و خصوصیّات بوده که در هنگام کار با دستگاه عیب یاب (دیاگ) این شماره توسّط دستگاه تأیید می شود و تأیید این شماره توسّط دستگاه دیاگ به مفهوم آن است که قادر به شناسایی سیستم سوخت رسانی انژکتوری آن خودرو است. و می توان خودرو را عیب یابی کرد.**

۶- **شماره ی تغییرات ECU : این شماره نشان دهنده ی هرگونه تغییرات در ECU بوده که توسّط شرکت سازنده ی ECU و خودرو سازی، بر روی آن انجام می گیرد.**

۷- **سری نوع سیستم انژکتور**

بُرد الکترونیکی :

بُرد الکترونیکی **ECU** که اصلی ترین قسمت **ECU** بوده ، در حقیقت قسمت سخت افزاری **ECU** است که شامل قطعات الکترونیکی می باشد که از نظر شکل ظاهری و تعداد در **ECU** های مختلف متفاوت بوده، ولی به طور کلّی دارای اجزای اصلی یکسانی می باشد که عبارت است از :

۱- **انواع IC ها - مدار چاپی**

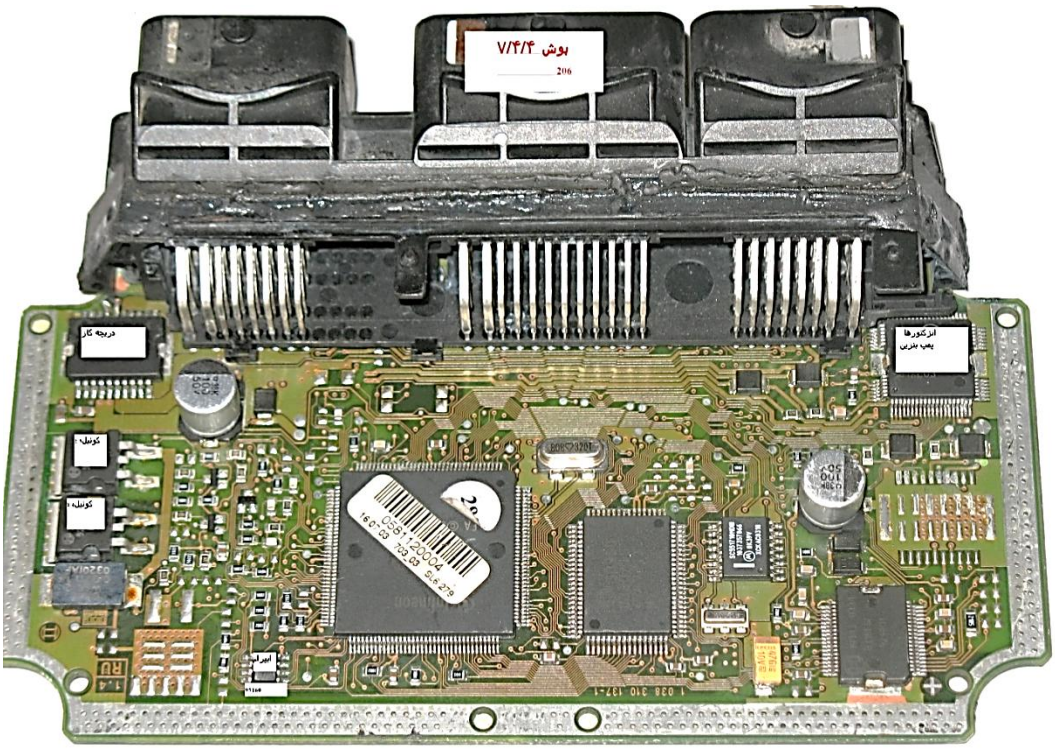
۲- **انواع ترانزیستورها**

۳- **انواع دیودها**

۴- **انواع خازن ها**

۵- **انواع مقاومت ها**

و...



انواع ECU :

ساخت **ECU** های تخصّصی به خصوص**ECU** موتور در دنیا کاملاً انحصاری بوده و تعداد شرکت های سازنده ی **ECU** موتور بسیار محدود اند.

چند نمونه از شرکت های سازنده ی ECU عبارت اند از : بوش (Bosch) ، زیمنس (Siemens) ، ساژم (Sagem) ، والئو (Valeo) ، مگنتی مارلّی (Magneti Marielli) ، فورد (Ford) ، دلکو (Delco) ، نیپون دنسو (Nippon Denso) ، هیتاچی (Hitachi) و ...

نکته :

ECU نوع زیمنس (**Siemens VDO**) به کار رفته در پراید و محصولات ایران خودرو ، دارای ۵ مُدل : **CI5** ، **CI4** ، **CI3** ، **CI2** ، **CI1** می باشد که تفاوت های زیادی با هم دارند ، از جمله : فرمان هیدرولیک ، گاز سوز بودن ، ترمز **ABS** و ... که توصیه می شود به جای یک دیگر استفاده نشوند.

در اکثر خودروهای ساخت داخل (ایران) ، از **ECU** های شرکت بوش ، ساژم ، والئو و زیمنس استفاده شده است. در جدول ذیل، مشخّصات انواع مُدل های **ECU** در خودروهای مختلف نشان داده شده است.

ردیف	شرکت سازنده ی ECU	نوع ECU	نوع خودرو	تعداد پایه/کانکتور
1	Magneti Marielli	MM8P	سمند و پژو پارس	1 - 35
		6LPB	پژو 407	3 – 112
		4MP2	پژو 607	3 – 112
2	Sagem	SL96	سمند، پژو پارس، پژو 405 ، پیکان و RD	1 – 55
		S2000	سمند، پژو پارس، پژو 405 ، پیکان ، RD پژو 206 تیپ ۱ و ۲ و۳ و پراید	3 – 84
3	Valeo	S2000	سمند، پژو پارس، پژو 405 ، پیکان ، RD پژو 206 تیپ ۱ و ۲ و۳ و پراید	3 – 84
4	Siemens	Siemens VDO	پراید (زیمنس جدید) ، پیکان وانت ، سمند، ریو ، پژو 405 و RD	2 – 90
		Siemens	پراید (زیمنس قدیم)	1 – 55
5	Bosch	ME 7.4.4	پژو 206 تیپ ۵ و ۶	3 – 84
		ME 7.4.5	پژو 206 صندوق دار (SD)	3 – 84
		MP 7.3	زانتیا 2000 و پژو پارس ELX	1 – 88
		MP 5.2	زانتیا 1800	1 – 88
		M 7.9.7.1	نیسان زامیاد	1 – 81
		M 7.9.7	پراید	3 - 88

مکان نصب ECU :

مکان نصب **ECU** موتور در خودروهای مختلف، متفاوت بوده امّا به طور کلّی می توان مکان نصب **ECU** موتور را در خودروها به دو گروه زیر تقسیم بندی کرد :

۱- **خودروهایی که ECU موتور آن ها در اطراف موتور بسته می شود. اکثر محصولات شرکت ایران خودرو مانند : سمند ، پژو پارس ، پژو 405 ، RD ، پژو 206 ، RD و پیکان و خودروهای دیگر مانند : زانتیا ، ریو و ...**

۲- **خودروهایی که ECU موتور آن ها در زیر داشبورد سمت راننده (زیر فرمان) یا سمت شاگرد بسته می شود. مانند : پراید (مُدل ساژم و زیمنس) ، نیسان زامیاد و ...**

نکته :

از نظر ایمنی تصادفات و سرقت، بهترین مکان نصب **ECU** موتور، زیر داشبورد سمت راننده می باشد.

عیب یابی ECU :

عیب یابی**ECU** همانند عیب یابی سنسورها و عملگرها که معمولاً توسّط دستگاه دیاگ و دستگاه مولتی متر انجام می گیرد، نیست؛ بلکه شرکت های سازنده ی **ECU** و خودروسازها از یک دستگاه مخصوص کامپیوتری که بتواند از نظر نرم افزاری **ECU** را تست کند، استفاده می کنند.

امّا متأسّفانه به دلیل نداشتن چنین دستگاهی، در اکثر تعمیرگاه ها و مکانیکی ها، برای تست سالم بودن **ECU** از روش جایگزینی (سعی و خطا) استفاده می کنند. یعنی در صورتی که فرد تعمیرکار به خرابی **ECU** شک کند و یا بعد از تعویض قطعات (سنسورها، عملگرها، سیم کشی و ...) و نتیجه نگرفتن، به سُراغ **ECU** می رود و با جایگزینی یک **ECU** مشابه سالم با **ECU** مورد نظر، اگر عیب برطرف شد، متوجّه خرابی **ECU** می شود. البتّه این کار، امروزه به دلیل تنوّع **ECU** ها و داشتن سیستم ضدّ سرقت و ... ، اصولاً روش درستی نیست.

در چند سال اخیر، بعضی از شرکت های تولید کننده ی دستگاه عیب یاب (Diag) در داخل کشور، دستگاهی را طرّاحی و ساخته اند که می تواند **ECU** و بعضی از سنسورها و عملگرها را تست کند. این دستگاه ها توانایی و قابلیّت های زیادی دارند، از جمله :

۱- **نمایش عملکرد انژکتورها، کویل ها، فَن ها و رله ی دوبل (رله ی اصلی و پمپ بنزین)**

۲- **نمایش عملکرد چراغ Check ، ایموبیلایزر و ولتاژ تغذیه ی 5V سنسورها**

۳- **نمایش جریان مصرفی ECU**

۴- **تست موتور پلّه ای و تغییر وضعیّت رله و کلید کولر**

۵- **تغییر میزان دور موتور بین 0-7000 R.P.M**

۶- **تغییر سرعت خودرو بین 0-200 Km/h**

۷- **بررسی تغییرات ولتاژ سنسور اُکسیژن**

۸- **تغییر حالت های سنسور دریچه ی گاز و سنسور فشار هوای ورودی، سنسور دمای هوا و سنسور دمای آب**

۹- **اتّصال به دستگاه عیب یاب و بررسی پارامترها و تست عملگرها و ...**

۱۰- **بررسی و مشاهده ی حالت Fuel Cutt Off (قطع پاشش سوخت) در شرایط مختلف کارکرد موتور و قابلیّت های دیگر ....**

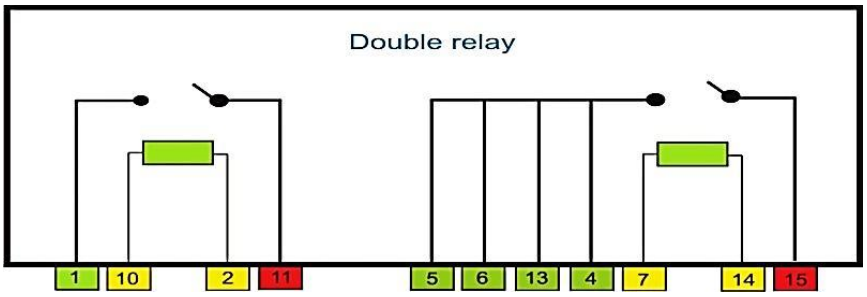
پ) عملگرها :

رله دوبل (Double Relay) :

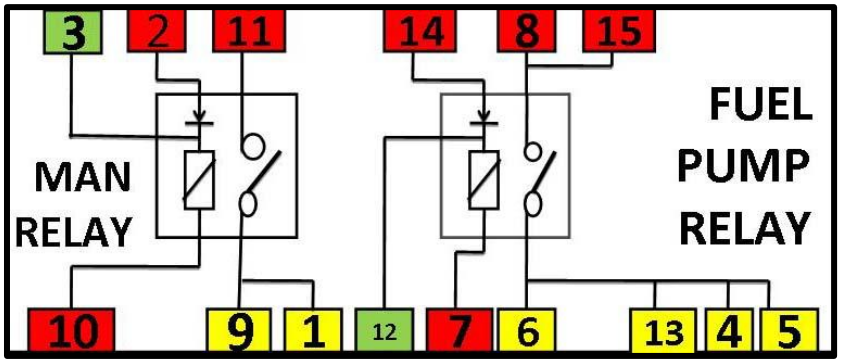
رله ی دوبل از دو رله، یکی رله ی اصلی و دیگری رله ی قدرت تشکیل شده است. این رله وظیفه ی برق رسانی به قسمت های مختلف را بر عهده دارد و دستور خود را از **ECU** می گیرد. لذا یکی از عناصر فرمان بَر محسوب می شود. این قطعه در کنار **ECU** و یا در زیر آن نصب می شود. وظیفه این رله تأمین برق **ECU** در زمان سوئیچ بسته، برای حفظ حافظه ی داخلی آن و در زمان سوئیچ باز و موتور روشن، برق رسانی به برخی قسمت ها و خود **ECU** است. رله دوبل در مجموع به هفت قسمت زیر برق رسانی می کند :

۱) پمپ بنزین
۲) ECU
۳) انژکتورها
۴) کویل دوبل
۵) شیر برقی کنیستر
۶) اِلمنت گرم کُن سنسور اُکسیژن
۷) گرم کُن دریچه ی گاز

رله ی دوبل در مُدل زیمنس

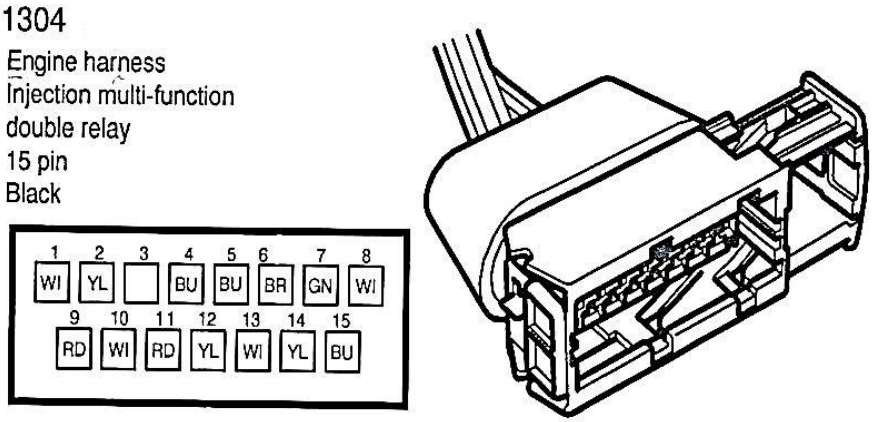


رله ی دوبل در مُدل ساژم



آشنایی با اثرات خرابی رله ی دوبل :

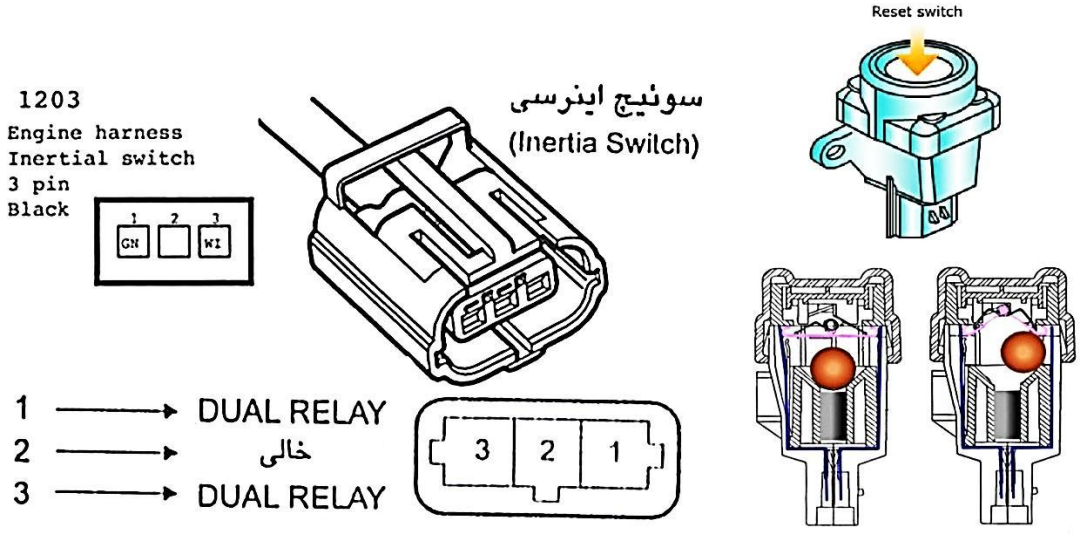
با توجّه به نقش عمده ی رله دوبل در کارکرد موتور، خرابی آن معمولاً باعث روشن نشدن خودرو (قطع برق کلّ سیستم) و در مواقعی خاص، باعث پاک شدن مکرّر حافظه ی موقت می شود. در بعضی از خودروها (سمند، پژو و آردی) رله ی دوبل در بالای رادیاتور قرار دارد، در پیکان، کنار **ECU** و در پراید، کنار باتری قرار دارد.



سوئیچ اینرسی (Inertial Switch) :

سوئیچ اینرسی وظیفه دارد تا در تصادفات شدید و واژگونی خودرو، جریان برق مدار پمپ بنزین را قطع و ارسال سوخت را متوقّف کند؛ تا از بروز آتش سوزی احتمالی جلوگیری نماید. این قطعه بر روی قسمتی از بدنه ی خودروکه کم ترین ارتعاشات را دارد نصب می شود. این سوئیچ از یک مجموعه ی کلید برق و یک ساچمه تشکیل شده است. اگر ضربه ی محکمی به بدنه ی خودرو وارد شود، ساچمه باعث قطع شدن کلید برقی شده و برق پمپ بنزین را قطع و در نتیجه خودرو خاموش می شود. در چنین مواردی، با فشار دادن کلید فشاری روی سوئیچ، می توان برق پمپ بنزین را مجدّداً وصل نمود.

این سوئیچ در خودروهای پیکان، پژو پارس، سمند، پژو**405GlX** و **RD** بر روی کناره ی گلگیر سمت چپ یا راست چراغ های جلو نصب شده است.

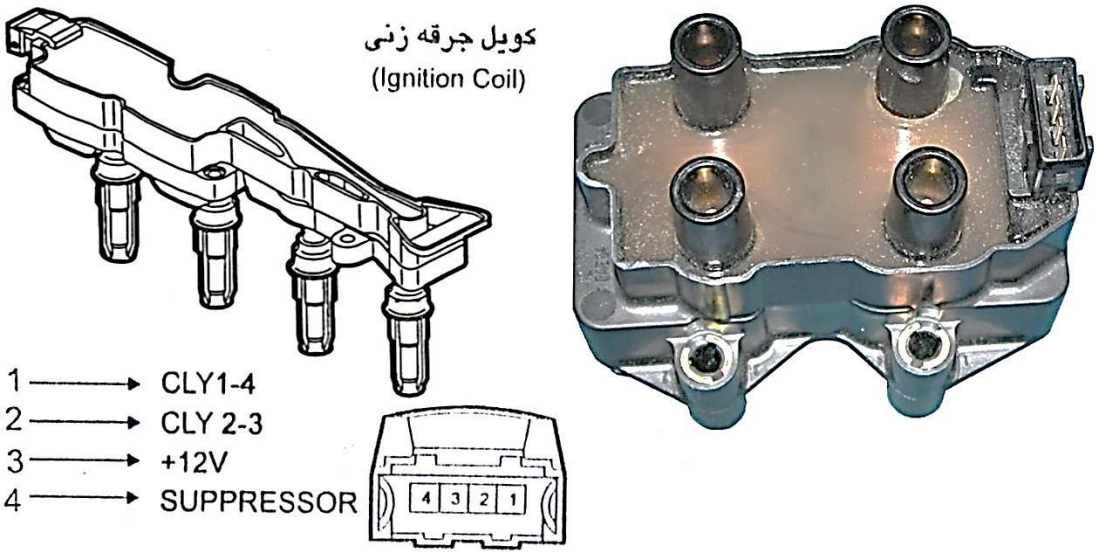


آشنایی با اثرات خرابی سوئیچ اینرسی :

در صورت خرابی سوئیچ اینرسی، خودرو روشن نمی شود.

کویل دوبل (Double Coil) :

وظیفه ی کویل دوبل، افزایش ولتاژ برای انجام فرآیند جرقّه زنی است. تنها تفاوت کویل دوبل خودروهای انژکتوری نسبت به کویل معمولی در خودروهای کاربراتوری، دوبل بودن آن است. یعنی دو کویل مجزّا که در کنار هم و در داخل یک مجموعه قرار دارند. یک سر سیم پیچ های اوّلیّه این کویل ها به برق ارسالی از رله ی دوبل (**+12V**) متّصل است و سر دیگر سیم پیچ های اوّلیّه به پایه های **ECU** ارتباط دارند. در این سیستم، **ECU** کار پلاتین (تبدیل جریان مستقیم باطری) و نیز وظیفه ی کویل (تقسیم برق فشار قوی بین شمع های موتور) را برعهده دارد.



آشنایی با اثرات خرابی کویل دوبل :

۱- **بالا رفتن مقدار مصرف بنزین به طور محسوس در زمان نیم سوز شدن کویل.**

به عنوان مثال اگر راننده به طور معمول پدال گاز را ۳ سانتی متر زیر پا می فشرد تا به سرعت **100km/h** برسد، حالا ناخودآگاه باید پدال را ۳/۵ سانتی متر فشار دهد.

۲- **سوختن کویل، که خودرو طبیعتاً روشن نمی شود.**

امّا روشن نشدن آن با روشن نشدن ناشی از سوختن سنسور دور موتور متفاوت است. وقتی کویل می سوزد در بیش تر حالات، یکی از دو کویل معیوب می شود. در این حالت با توجّه به این که یک کویل سالم است، دو سیلندر از چهار سیلندر در هنگام استارت زدن روشن شده و به نظر می رسد که موتور در هنگام استارت زدن روشن شده است. امّا با رها کردن سوئیچ، خودرو بدون آن که به طور کامل روشن شود، خاموش می شود.

اِستپر موتور (Stepper Motor) :

با نگاهی به سیستم سوخت رسانی خودروهای کاربراتوری و مشاهده ی کارکرد دور آرام موتور، به قطعه ی حسّاسی به نام ژیگلور دور آرام می رسیم. این قطعه در خودرویی مانند پژو**405** کاربراتوری، با باز کردن یک مسیر اضافه، باعث می شود تا پس از بسته شدن دریچه ی گاز، به دلیل رها کردن پدال گاز، موتور به خاطر نرسیدن سوخت خاموش نشود. با توجّه به نحوه ی عملکرد این قطعه (ژیگلور دور آرام) ، در موتورهای انژکتوری از یک قطعه حسّاس با کارایی بیش تر به نام اِستپر موتور که قطعه ای الکترونیکی است، استفاده می شود. اِستپر موتور در واقع موتوری است که به جای حرکت چرخشی آزاد، حرکت قفلی، مانند عقربه ی ثانیه شمارِ ساعت داشته و به جای کار با برق، با پالس کار می کند و به ازای هر پالس دریافتی می تواند یگ گام به جلو و یا عقب بردارد. این گام که قابل تنظیم است می تواند در جهت راست گرد یا چپ گرد باشد. اِستپر موتور یک دور کامل، یعنی ۳۶۰ درجه را در ۲۰۰ پله (۲۰۰ مرحله)، که هر مرحله ۱/۸ درجه (اندازه ی **0.04mm**) طی می کند. اِستپر موتور برای طی این ۲۰۰ مرحله، نیاز به ۲۰۰ پالس از جانب **ECU** دارد، که در زمان های مقتضی آن را دریافت می کند.

اِستپر موتور، بر روی هوزینگ هوای ورودی (محفظه ی دریچه ی گاز) و در مقابل مسیر هوای کنار گذر (بای پاس) نصب شده و ساختمان آن شامل یک سوزن، روتور، هسته ی مغناطیسی و دو عدد سیم پیچ با تغذیه ی معکوس است.

وظایف مهم اِستپر موتور :

۱- **تنظیم نسبت اختلاط سوخت و هوا در دور آرام موتور (روشن نگه داشتن موتور در این حالت)**

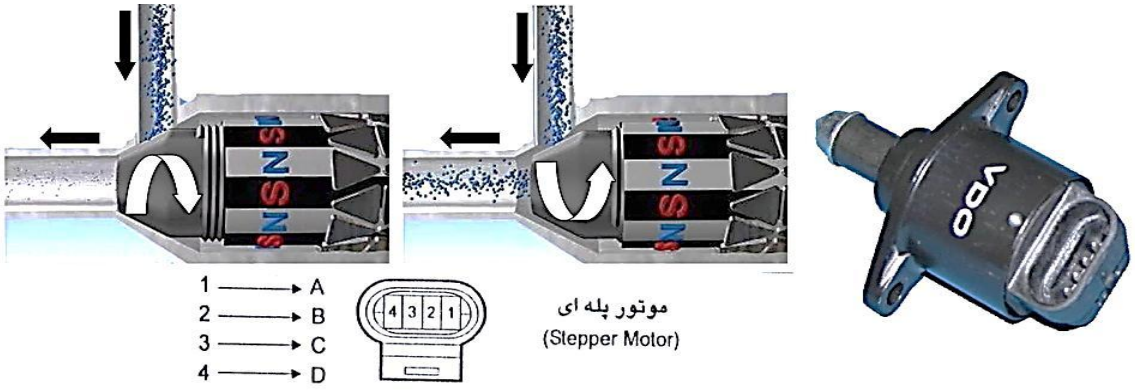
۲- **جلوگیری از بسته شدن سریع مسیر هوا (دریچه ی گاز) در زمان رها نمودن ناگهانی پدال گاز**

۳- **تنظیم دور آرام موتور در زمان گرفتن بار اضافی از موتور (استفاده از کولر ، فرمان هیدرولیک و ...)**

در هنگام روشن شدن کولر این سیستم به گونه ای کار می کند تا با افزایش دور موتور، نیروی مخالف کولر را که بر روی موتور فشار می آورد، خنثی کرده و از اُفت قدرت موتور جلوگیری می شود.

۴- **ایجاد حالت ساسات در زمان سرد بودن موتور و در هوای سرد**

در لحظه ی روشن کردن موتور اگر به دور سنج نگاه کنید، دور موتور به طور لحظه ای بالا رفته و سپس تا حدّی پایین می آید. این مکانیزم، عملیاتی است که اِستپر موتور انجام داده و دستور آن را از ECU می گیرد.



آشنایی با اثرات خرابی اِستپر موتور :

۱- دور بالای موتور، پس از روشن شدن آن

به عنوان مثال، به محض روشن کردن خودرو، موتور بی دلیل گاز خورده و دور موتور بیش از حد بالا است.

۲- موتور در دور آرام بد کار می کند. (در اثر جرم گرفتن سوزن موتور پله ای)

۳- روشن نشدن موتور یا خاموش شدن آن در دور آرام.(در اثر گیر کردن سوزن موتور پله ای)

۴- گاز خوردن زیاد موتور در دور آرام (در اثر ریتایمینگ نشدن موتور پله ای)

۵- کپ کردن موتور در زمان رها نمودن پدال گاز در سرعت های بالا

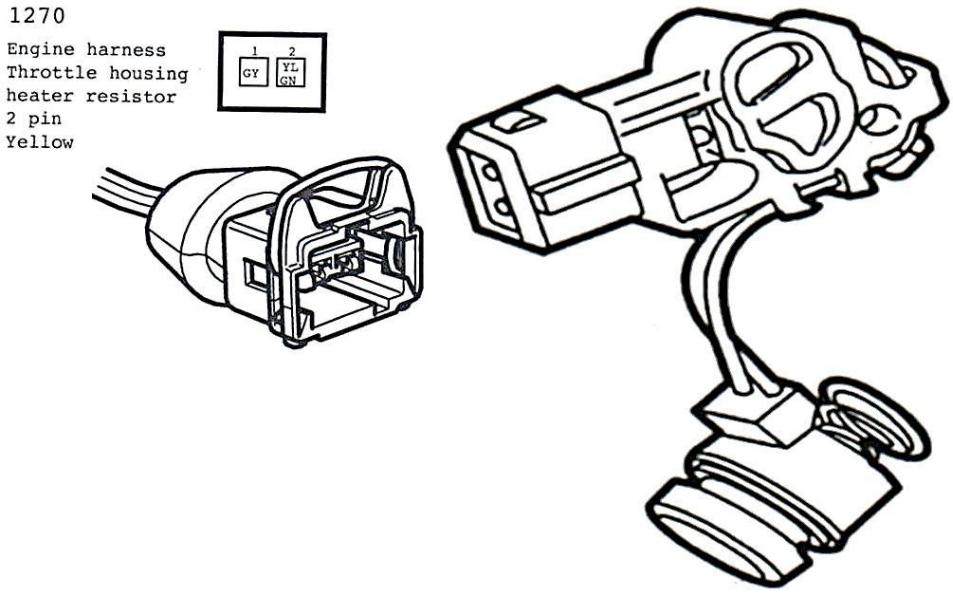
۶- خاموش شدن موتور، در زمان رها کردن پدال گاز

۷- لرزش موتور و خاموش شدن آن در زمان دور آرام با گرفتن بار اضافی از موتور (استفاده از کولر ، فرمان هیدرولیک و ...)

۸- عدم پایداری موتور در دور آرام وکاهش و افزایش بی دلیل دور آن (نوسان در دور آرام موتور)

گرم کُن هوزینگ (محفظه) دریچه ی گاز (Throttle Housing Heater Resistor) :

این گرم کُن که در واقع یک اِلمنت گرم کننده است که از یک مقاومت **PTC** (مقاومت متغیّر با دما) ساخته شده و در هوزینگ هوای ورودی (محفظه ی دریچه ی گاز) و در کنار دریچه ی گاز نصب شده و بلافاصله پس از بازکردن سوئیچ، شروع به کار می کند. این اِلمنت وظیفه دارد تا از یخ زدگی محفظه ی دریچه ی گاز و سوزن استپر موتور، در روزهای سرد و مرطوب، جلوگیری کند.



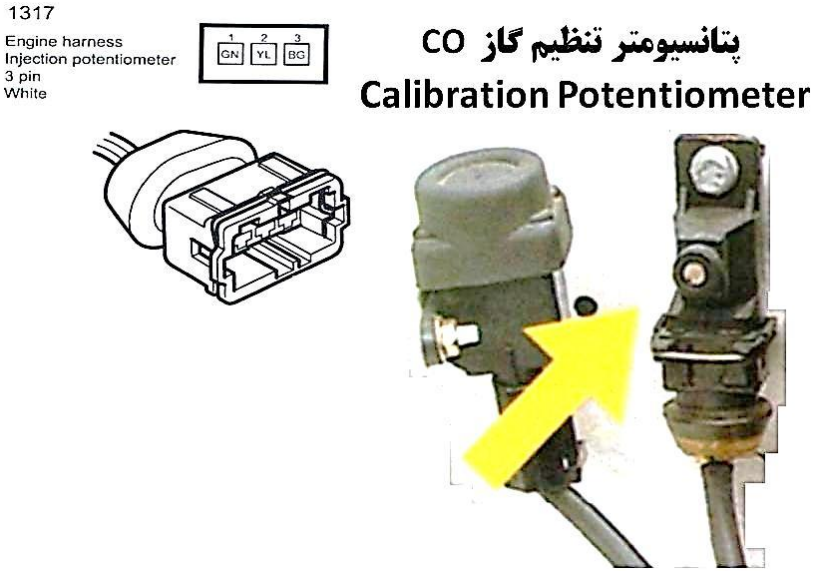
آشنایی با اثرات خرابی گرم کُن دریچه ی گاز:

در صورت خرابی اِلمنت این گرم کن، در هوای بسیار سرد، سوزن استپر موتور یخ زده و خودرو گاز نخورده و روشن نمی شود.

پتانسیومتر تنظیم گاز CO (Calibration Potentiometer) :

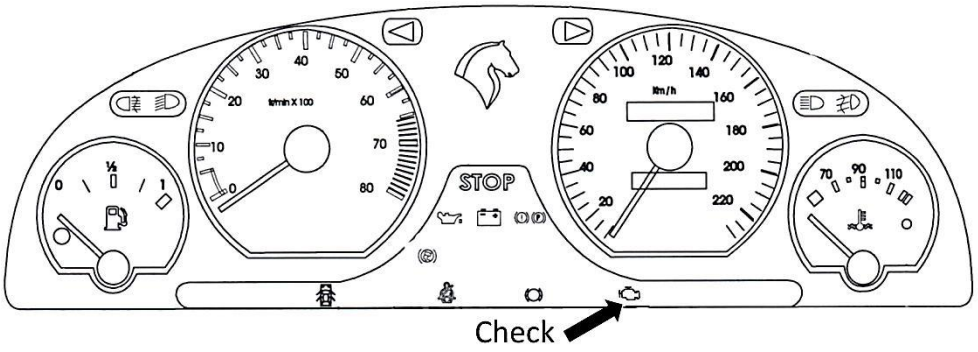
در خودروهای پیکان ، **RD** ، پژو**405GLX** و سمند تولید شده تا اواخر سال ۸۲ از **ECU** های نوع **SL96** استفاده شده است. در خودروهای پژو**405GLX** و سمند با همین **ECU** ، مبنای پاشش سوخت توسّط دستگاه دیاگ قابل تنظیم است. امّا در خودروهای پیکان و **RD** با **ECU** های نوع **SL96** ، برای تنظیم پاشش سوخت، در جهت کاهش گاز آلاینده ی **CO** می توان با استفاده از پیچ پتانسیومتری بنام پتانسیومتر**CO** میزان گاز آلاینده ی **CO** را تنظیم نمود.

برای موتورهای انژکتوری، میزان گاز آلاینده ی **CO** در حدود **1.7+0.2%** در دور موتور **850 R.P.M** می باشد، که این میزان را با دستگاه **CO** سنج اندازه گیری می کنند.



چراغ اخطار (عیب یاب) سیستم انژکتور :

چراغ اخطار (عیب یاب) سیستم انژکتور در پشت آمپر خودرو (صفحه ی کیلومتر) نصب شده و زمانی که سوئیچ خودرو را باز می کنیم، روشن می شود تا از سالم بودن آن اطمینان حاصل کنیم. پس از روشن شدن خودرو این چراغ بعد از ۳ ثانیه خاموش می شود و تا وقوع اوّلین عیب در سیستم انژکتور خاموش می ماند. این موضوع نشان دهنده ی عدم وجود عیب در سیستم انژکتور است. امّا اگر این چراغ پس از ۵ ثانیه خاموش شد، این به معنای وجود یک عیب موقّت بوده که باید با دستگاه دیاگ برطرف شود.



اصولاً چراغ عیب یاب پس از روشن شدن خودرو، به دلیل خرابی قطعات زیر روشن می ماند :

۱- **ECU** (در صورتی که خودرو روشن شود.)

۲- کویل دوبل (در صورتی که خودرو روشن شود.)

۳- انژکتورها (درصورت خرابی عمده، خودرو سه کار می کند.)

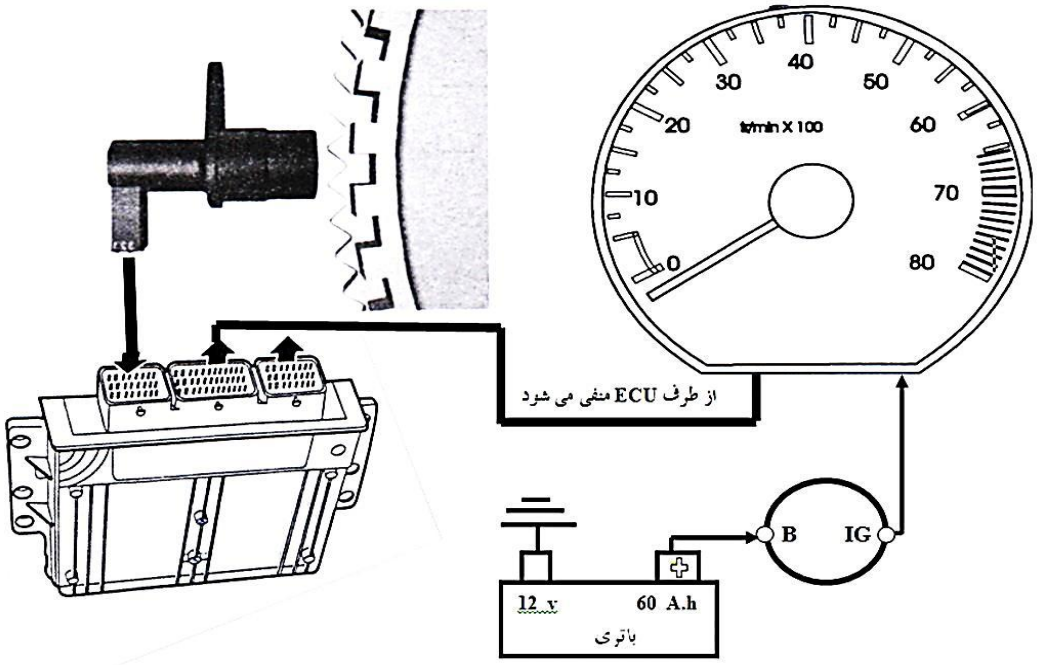
۴- سنسور اکسیژن بالایی

۵- سنسور اکسیژن پایینی

۶- ناک سنسور (سنسور ضربه)

دور سنج موتور (Tachometer) :

محل قرار گیری دور سنج موتور، در قسمت نشاندهنده های جلو راننده می باشد. در زمان حرکت خودرو و یا زمانی که خودرو در حالت پارک و روشن می باشد، **ECU** پالس هایی را که به ترتیب از سنسور دور موتور می گیرد. و پس از انجام محاسبات لازم به درو سنج می فرستد؛ آن ها نیز مقادیر مرتبط را نشان می دهند.



پمپ بنزین برقی (Fuel pomp) :

هدف از قرار دادن پمپ بنزین برقی، ارسال سوخت در حدّ فشار **6 bar** در ریل سوخت است، که این فشار با حرکت دیافراگم داخل رگولاتور، شکسته شده و حرکت این دیافراگم باعث می شود مسیر برگشت بنزین با فشار بیش تر از **3 bar** به باک باز شود. بدین ترتیب، بنزین داخل ریل سوخت در پشت انژکتور ها دارای فشاری در حدّ **3 bar** می باشد. با بازکردن سوئیچ، پمپ بنزین به مدّت ۲ تا ۳ ثانیه برای شارژ ریل سوخت، کار می کند و سپس خاموش می شود. این عکس العمل به دو علّت انجام می شود :

۱- **جلوگیری از پدیده ی قفل گازی**

۲- **شارژ ریل سوخت و آماده شدن برای استارت**

آشنایی با اثرات خرابی پمپ بنزین برقی :

۱- **خودرو روشن نمی شود.**

۲- **در صورت روشن شدن گاز نمی خورد و با گاز دادن خاموش می شود.**

۳- **خودرو در سربالایی دچار ریپ زدن شده و خاموش می شود.**

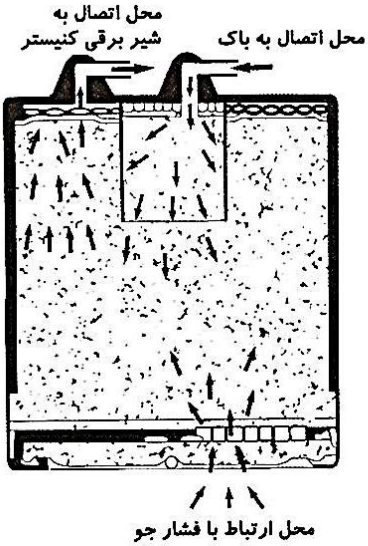
۴- **خودرو در هنگام شتاب گیری و یا در سرعت بالا ریپ زده و یا لرزش دارد. (این مورد در خرابی های ناشی از نیم سوز شدن پمپ و یا گرفتگی فیلتر بنزین به وجود می آید.)**

۵- **شتاب و سرعت خودرو به میزان قابل توجّهی کاهش می یابد.**

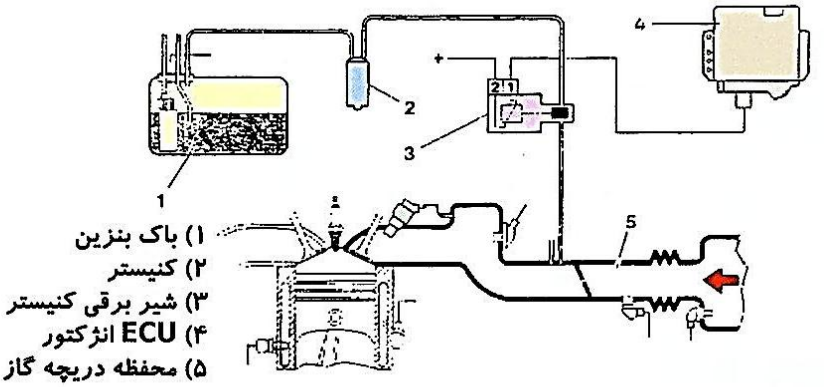
مخزن کَنیستر (Canister) :

این مخزن وظیفه دارد تا گازهای حاصل از تبخیر بنزین در باک را جمع آوری کند؛ تا هم از آلودگی هوا جلوگیری کرده و هم در موقع لزوم این بخارات را به موتور هدایت نماید. درون این مخزن کریستال های کربن فعّال شده، قرار دارد و در کف آن مجرایی تعبیه شده که به هوای بیرون ارتباط دارد. در بالای مخزن کَنیستر دو مجرا وجود دارد که

یکی برای ورود بخارات بنزین از سمت باک است و دیگری برای خروج بخارات به سمت منیفولد هوا است؛ که به شیر برقی کَنیستر متّصل می شود. در مواقعی که خلاء داخل منیفولد هوا زیاد است، **ECU** شیر برقی کَنیستر را باز کرده و بخارات از مخزن کَنیستر به منیفولد منتقل می شوند.



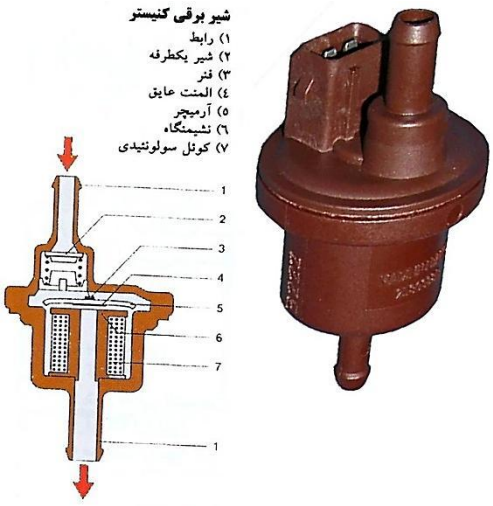
عملکرد سیستم بازیافت بخارات بنزین



شیر برقی کَنیستر (Canister Solenoid Valve) :

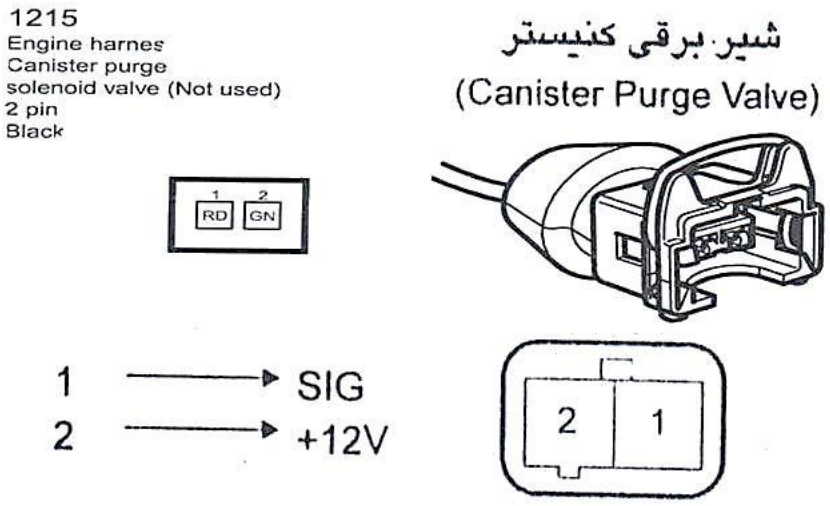
این قطعه با دستور از **ECU** مسیر انتقال بخارات بنزین از مخزن کنیستر به منیفولد هوا را باز و بسته می کند.

این قطعه در زمان باز بودن سوئیچ خودرو ولتاژی **+12V** را از رله ی دوبل دریافت کرده و در مواقع لزوم (شرایط کار موتور) **ECU** پایه ی منفی آن را وصل می نماید.



آشنایی با اثرات خرابی شیر برقی کَنیستر :

در صورت خرابی شیر برقی کَنیستر، ایراد خاصّی در سیستم به وجود نمی آید، ولی در هوای سرد، سیستم از بخارات موجود در مخزن کَنیستر، برای بهتر روشن شدن خودرو کمک می گیرد.



انژکتور (Injector) :

انژکتور یک وسیله ی الکترومغناطیسی است که به منظور تنظیم میزان پاشش سوخت (متناسب با نیاز موتور) طرّاحی و بر روی ریل سوخت قرار می گیرد، که یک سر آن در منیفولد هوا و سر دیگر آن در ریل سوخت قرار گرفته و متشکّل از اجزای زیر است :

۱- **ورودی سوخت**

۲- **فیلتر**

۳- **سوزن انژکتور**

۴- **سیم پیچ سلونوئیدی**

۵- **هسته**

۶- **فنر برگرداننده ی سوزن**

۷- **خروجی سوخت (محلّ تزریق سوخت)**

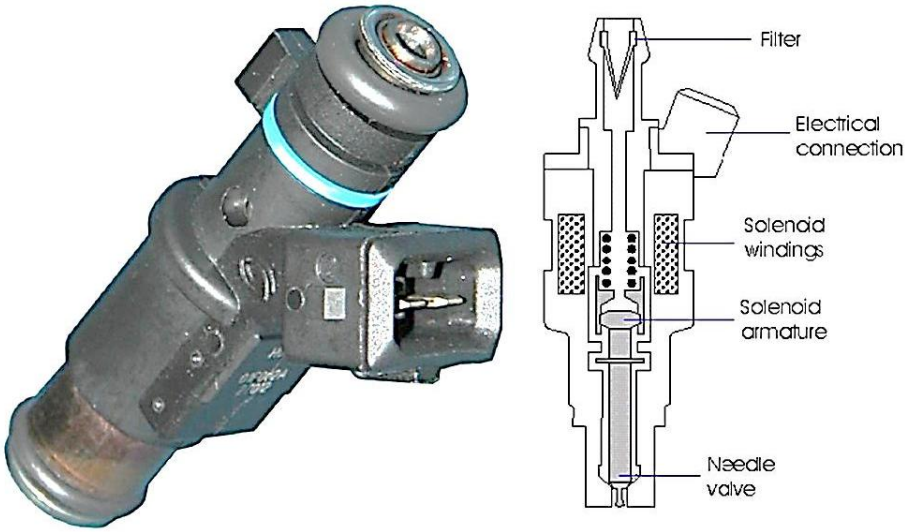
۸- **پوسته (بدنه) انژکتور**

۹- **اورینگ های آب بندی**

۱۰-**سوکت برقی**

این قطعه وظیفه ی پاشش سوخت را برای ایجاد احتراق بر عهده دارد. انژکتورها تک به تک از پشت سوپاپ های هوا به داخل سیلندر پاشش می کنند. از نظر مداری هر چهار انژکتور (در موتور ۴ سیلندر) به طور مستقل، به **ECU** متّصل اند. انژکتورها دو پایه دارند که یکی از آن ها به رله ی دوبل (**+12V**)و دیگری به طور مستقل به **ECU** اتّصال دارد. با بدنه شدن پایه از طریق **ECU** ، انژکتور مربوطه شروع به پاشش می کند.

سوراخ ریز انژکتورها که تحت فشار بنزین پشت آن و در لحظه گرفتن دستور از **ECU** پاشش می کند، باید بنزین را به طور یک نواخت ، مخروطی شکل و با زاویه ای حدود**30°** پاشش نماید. از نظر مکانیکی هر چهار انژکتور، به ریل سوخت که دارای فشارسوخت بین **2.5-3 bar** می باشد، متّصل اند.



حالات پاشش در انواع ECU های انژکتور :

۱- در خودرو های پژو پرشیا که به **ECU** مدل **MM8P** ساخت شرکت مگنتی مارلی (**Magneti Marielli**) مجهّز بودند، پاشش انژکتورها به صورت چهار گانه (هر چهار انژکتور با هم) انجام می شد.

۲- در خودرو های پیکان، پارس، سمند، **RD** و پژو **405GLX** انژکتوری تو لید شده تا اواخر سال ۸۲ که به **ECU** مدل **SL96** ساخت شرکت ساژم مجهّز بودند، پاشش انژکتورها به صورت دوگانه (انژکتورهای ۱و۴ با هم و انژکتورهای ۲و۳ با هم) انجام می شد.

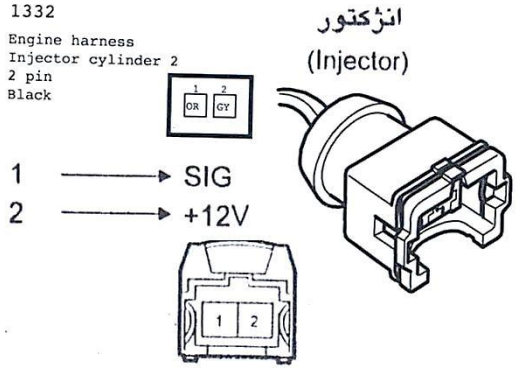
۳- در خودرو های پژو **206** که به **ECU** های مدل **S2000** و **Bosch** مجهّز اند، تک به تک پاشش صورت می گیرد.

طرز کار انژکتورها :

سیم پیچ سلونوئیدی انژکتور، ولتاژ **+12V** را از رله ی دوبل گرفته و سر دیگر آن به **ECU** متّصل است؛ که منفی آن را قطع و وصل می کند. با باز شدن سوئیچ خودرو، رله ی دوبل یک ولتاژ **+12V** به پایه ی انژکتور (یک سر سیم پیچ سلونوئیدی) می دهد و **ECU** هم از طریق دریافت اطّلاعات از سنسورها، زمان پاشش سوخت (باز شدن انژکتور) را برحسب میلی ثانیه (**ms**) تنظیم نموده و اتّصال منفی (بدنه) سر دیگر سیم پیچ سلونوئیدی را وصل می کند. با این عمل سیم پیچ سلونوئیدی برق دار شده و با آهنربا شدن هسته ی آن، سوزن انژکتور را جذب کرده و از روی نشیمنگاه آن به بالا می کشد؛ در نتیجه با باز شدن مجرا، سوخت به داخل منیفولد پاشیده می شود. در موقعی که پایه ی منفی سیم پیچ سلونوئیدی، توسّط **ECU** قطع می شود؛ در سیم پیچ ولتاژی القائی بین **100-500 V** تولید می شود، که این ولتاژ بالا، سبب سوختن ترانزیستورهای مدار می شود. برای جلوگیری از این عمل، از یک مقاومت و یک دیود در مدار استفاده می شود که مقاومت سیم پیچ سلونوئیدی انژکتورها در دمای معمولی بین **10-20 Ω** است.

آشنایی با اثرات خرابی انژکتور :

خرابی انژکتورها ممکن است به دلایل عیب مکانیکی، عیب در مدار الکتریکی و یا در اثر کثیف شدن سوزن انژکتور باشد.که باعث ریپ زدن موتور و یا تک کار کردن آن می شود. با توجّه به نقش خاصّ انژکتور در کارکرد موتور، خرابی آن ها، باعث سه کار کردن موتور و در مواقع دیگر به دلیل بد پاشیدن، باعث دود کردن اگزوز می شود.



انواع انژکتور

الف– از نظر نوع تغذیه :

۱) انژکتورهای تغذیه شونده از بالا (**Top Feed**) : در اکثر خودروهای انژکتوری مانند : پژو**206**، پراید، زانتیا و ... استفاده شده است.

۲) انژکتورهای تغذیه از بغل (Botton Feed) : امروزه از این انژکتورها استفاده نمی شود. البتّه در سری های اوّلیّه ی پژو**405** و سمند از آن استفاده شده است.

ب– از نظر مقاومت :

۱) انژکتورهای کم مقاومت (حدود **3Ω**) : در خودروهای انژکتوری، خیلی کم مورد استفاده قرار می گیرند.

۲) انژکتورهای مقاومت بالا (حدود **12-16Ω**) : در اکثر خودروهای انژکتوری امروزی، مورد استفاده قرار می گیرند.

پ– از نظر تعداد سوراخ (نازل) :

تعداد نازل های انژکتور، در خودروها بستگی به مقدار پاشش سوخت، حجم موتور و ... دارد. بر همین اساس، در خودروهای انژکتوری، از انژکتورهایی با ۱ تا ۸ و گاهی ۱۲ نازل، استفاده می شود. در اکثر خودروهای انژکتوری از انژکتورهای ۲ یا ۳ نازله استفاده می گردد. در خودروهایی مانند : زانتیا و نیسان زامیاد از انژکتور ۴ نازله و در پژو **407** انژکتور ۸ نازله و در پژو **607** از انژکتور ۱۲ نازله استفاده شده است.

نکته :

پاشش سوخت در انژکتورها به دو شکل مخروطی یا استوانه ای انجام می گیرد.

ت– از نظر سیستم پاشش سوخت و مکان قرارگیری انژکتور :

۱- سیستم پاشش تک نقطه ای (Single Point Fuel Injection)

سیستم انژکتوری Momo-jetronic از این اُلگوی پاشش استفاده می کند.

۲- سیستم پاشش چند نقطه ای (Multi Point Fuel Injection)

سیستم های انژکتوری که از این اُلگوی پاشش استفاده می کنند عبارتند از :

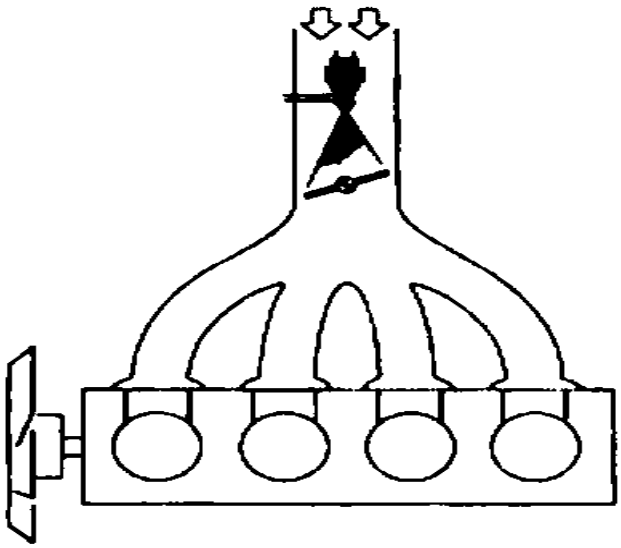
L-jetronic ، LH-jetronic ، K-jetronic ، Ke-jetronic ، Motronic

۳- سیستم پاشش مستقیم (Gasoline Direct Injection)

۱– سیستم پاشش تک نقطه ای (SPFI) :

اوّلین نسل پاشش سوخت (الکترونیکی)، محسوب می شود و سر آغاز تحوّل در سیستم های انژکتوری است. این سیستم به دلایل : عدم توزیع یکسان سوخت، در بین سیلندرها، احتمال تقطیر شدن سوخت در منیفولد (پس از پاشش)، هدر رفتن سوخت و خام سوزی، در خودروهای جدید کاربرد ندارد.

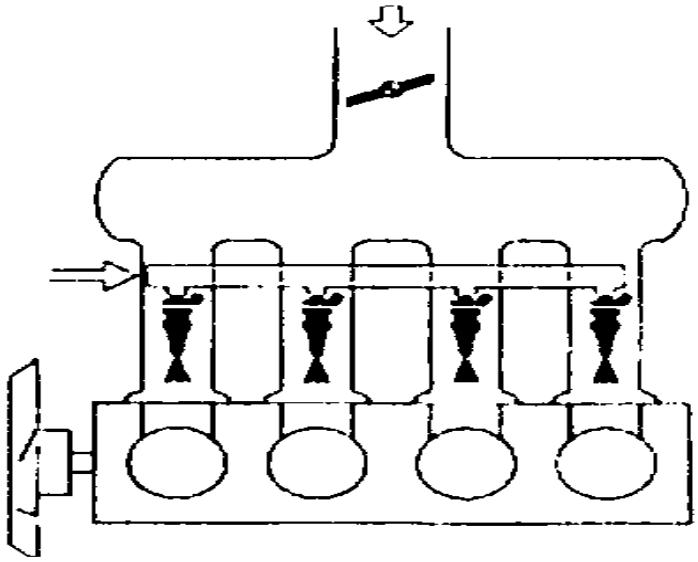
در این سیستم، یک انژکتور واحد بعد از هواکش در ابتدای منیفولد ورودی، قرار گرفته و با تزریق دائم، سوخت مورد نیاز همه ی سیلندرها را تأمین می کند. **مانند : دوو اِسپیرو**



۲– سیستم پاشش چند نقطه ای (MPFI) :

سیستم پاشش چند نقطه ای به دلیل برطرف کردن اکثر معایب سیستم پاشش تک نقطه ای، امروزه بیش ترین کاربرد را در خودروهای انژکتوری دارد. در این سیستم به ازای تعداد سیلندرها، انژکتورها در پشت دریچه ی گاز هر سیلندر، قرار گرفته اند و به صورت جفت جفت (۱ و۴ با هم و ۲ و۳ نیز با هم) پاشش می کنند.

سیستم پاشش چند نقطه ای، به دلیل کاربرد فراوان در خودروهای انژکتوری، دارای انواع مختلفی است که در ذیل به شرح آن ها می پردازیم.



انواع سیستم های پاشش چند نقطه ای

۱) سیستم پاشش ترتیبی :

در این سیستم، انژکتورها تک تک پاشش کرده و سوخت را به صورت ترتیبی (۲-۴-۳-۱) به پشت سوپاپ های هوا، در حدود **180°** قبل از مکش و با دستور **ECU** ، تزریق می کنند. مانند : سیستم های **S2000** و **Bosch** که در خودروهای سمند، پراید، پژو**206** ، زانتیا و. . . استفاده شده است.

سیستم های پاشش ترتیبی، در حال حاضر، بهترین نوع سیستم پاشش سوخت محسوب می شوند.

۲) سیستم پاشش نیمه ترتیبی :

در این سیستم، انژکتورها جفت جفت (۱ و۴ با هم و ۲ و۳ نیز با هم) سوخت را به پشت سوپاپ های هوا، تزریق می کنند. مانند : سیستم **SL96** که در خودروهای سمند، پژو**405** ، **RD** و پیکان استفاده شده است.

این سیستم به دلایل : اتلاف سوخت، آلودگی زیاد و ... ، امروزه در خودروهای انژکتوری کاربرد کم تری دارد.

۳) سیستم پاشش غیر ترتیبی :

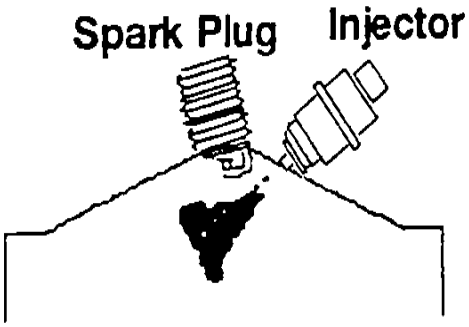
در این سیستم، هر۴ انژکتور با هم سوخت را به پشت سوپاپ های هوا، تزریق می کنند. مانند : سیستم مگنتی مارلی (**MM8P**) که در اوّلین سری پژو پرشیا، سمند و زانتیا**2000** استفاده شده است.

این سیستم به دلایل : مصرف سوخت زیاد، آلودگی زیاد هوا و ... ، کم ترین کاربرد را در خودروهای انژکتوری دارد.

۳– سیستم پاشش مستقیم (GDI) :

در این سیستم، انژکتورها سوخت را به صورت ترتیبی به داخل محفظه ی احتراق موتور، تزریق می کنند. در این سیستم، انژکتورها مانند انژکتور موتورهای دیزلی مستقیماً در محفظه ی احتراق قرار گرفته اند و به صورت جداگانه (تکی) پاشش می کنند.

این سیستم به دلایل : نیاز به پمپ بنزین فشار قوی، بالا بودن فشار تزریق سوخت، خاص بودن انژکتورها (به دلیل قرارگیری در محفظه ی احتراق)، نیاز به آلیاژ مخصوص برای ساخت پیستون ها و سوپاپ ها، نسبت تراکم بالا و ... کاربرد چندانی در خودروهای انژکتوری بنزینی ندارند.



آشنایی با سیستم های CLOSE LOOP و OPEN LOOP

اصولاً در هر سیستمی تعدادی ورودی و خروجی وجود دارد. موتور خودرو نیز سیستمی است که بنزین و هوا و ... ورودی های آن، دود اگزوز و ... خروجی آن می باشد. اگر با این دید به یک خودروی کاربراتوری نگاه کنیم، موتور خودرو دارای یک سیستم باز است؛ یعنی یک سری ورودی به خودرو داده شده و سیستم نیز بدون هیچ گونه بازنگری از طرف ما، یک خروجی ارائه می دهد. چنین سیستم هایی را مدار باز یا **OPEN LOOP** می گویند.

امّا در بعضی از خودروهای جدید از خروجی موتور خودرو (دود اگزوز) ، نمونه (فید بک منفی) گرفته شده و با کار موتور مقایسه می شود. اگر موتور در استفاده از اطّلاعات ورودی خود که همان سنسورها هستند، دچار خطایی شده باشد، (خواه از طرف **ECU** ، خواه از طرف سنسورها و خواه خطای ناشی از عملکرد نادرست عملگرها، به هر دلیل باشد.) سعی می کند تا با تصحیح عملکرد خود، بهترین بازده را در خروجی خود به دست آورد. به این سیستم ها مدار بسته یا **CLOSE LOOP** می گویند. فایده ی عمده سیستم های مدار بسته در این است که علاوه بر تنظیمی که **ECU** به صورت دائم بر کارکرد موتور خودرو دارد، در هر لحظه این تنظیم نیز تحت نظارت دوباره بوده و اگر خطای کوچکی نیز اتّفاق بیفتد، بلافاصله تصحیح می شود.

در پژو **206** ، عناصری که حلقه ی تصحیح عملکرد موتور را کامل می کنند عبارت اند از :

۱- **سنسور ضربه**

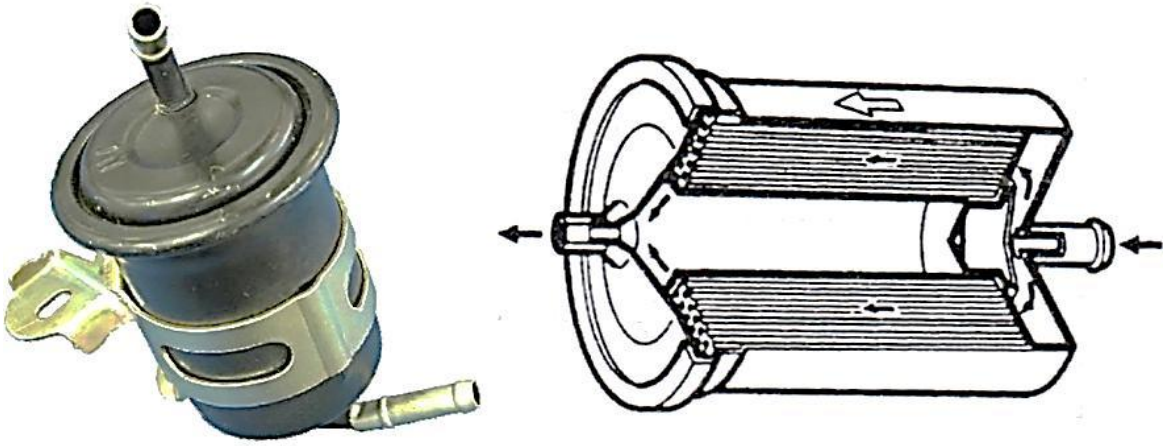
۲- **سنسور اُکسیژن**

در موتورهایی که بنزین سرب دار استفاده می کنند، از سیستم سوخت رسانی نوع مدار باز یا **OPEN LOOP** و در موتورهایی که بنزین بدون سرب استفاده می کنند، عموماً از سیستم سوخت رسانی نوع مدار بسته یا **CLOSE LOOP** می شود.

ت) قطعات تکمیل کننده ی سیستم سوخت رسانی انژکتوری :

فیلتر بنزین (Fuel Filter) :

فیلتر بنزین استوانه ای است که لوله خروجی پمپ بنزین به آن متّصل است و ذرّات و ناخالصی های موجود در بنزین را جذب نموده و از ورود آن ها به رگلاتور فشار سوخت و انژکتورها جلوگیری می کند. معمولاً بر سر راه شیلنگ خروجی از پمپ بنزین و قبل از ورود به ریل سوخت قرارگرفته و دارای یک المنت کاغذی است که قادر است ذرّات به قطر **8-10 µm** را فیلتر نماید و معمولاً به شکل یک بار مصرف موجود بوده و به طور استاندارد در هر **20000 Km** تعویض می شود.



آشنایی با اثرات خرابی فیلتر بنزین :

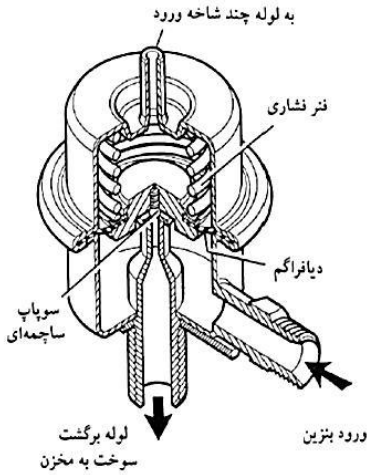
خرابی فیلتر بنزین، شامل اشباع شدن آن است که در این حالت ممکن است اگر مسافتی را به طور پیوسته پُرگاز، حرکت می کنید؛ گاهی سکته ی موتور را حس کنید. این موضوع به دلیل عدم توانایی گذرِ بنزین کافی و کاهش فشار بنزین در ریل سوخت، در اثر مصرف، احساس می شود. **در این حالت، شتاب، قدرت و سرعت خودرو کاهش یافته و در سربالایی ها ریپ می زند. در هنگام شتاب گیری نیز دچار مکث (سکته) می شود.**

نکته ای که در زمان تعویض فیلتر بسیار اهمیّت دارد، توجّه به جهت صحیح ورود و خروج بنزین است که با یک فلش بر روی فیلتر مشخّص شده است.

گلاتور فشار بنزین (Regulator Pressure Fuel) :

رگلاتور به معنای تنظیم کننده است و کار این قطعه، ثابت نگه داشتن فشار بنزین در ریل سوخت و در پشت انژکتورها، در دورهای مختلف کار موتور است. چون مقدار پاشش سوخت بایستی دقیقاً توسّط مدّت زمان پاشش، مشخّص گردد، به همین دلیل اختلاف بین فشار سوخت در ریل توزیع سوخت و فشار در مانیفولد ورودی، بایستی ثابت باقی بماند. به همین منظور، باید از وسیله ای که نسبت به تغییرات فشار حسّاس بوده و به نحوی آن را تنظیم کند، استفاده کرد. این قطعه در انتهای ریل سوخت قرار گرفته و توسّط یک خار محکم شده است. و ساختمان آن دارای اجزای زیر است :

۱- **لوله ی ورودی سوخت (از سمت فیلتر)**
۲- **لوله خروجی سوخت (متّصل به لوله ی برگشت سوخت به باک)**
۳- **لوله ی خلائی که توسّط شیلنگی به محفظه ی منیفولد هوا متّصل است.**
۴- **مجموعه ای شامل یک دیافراگم، یک ساچمه و یک فنر**
۵- **اورینگ های آب بندی (جهت جلوگیری از نشت بنزین و هوا کشیدن مدار)**

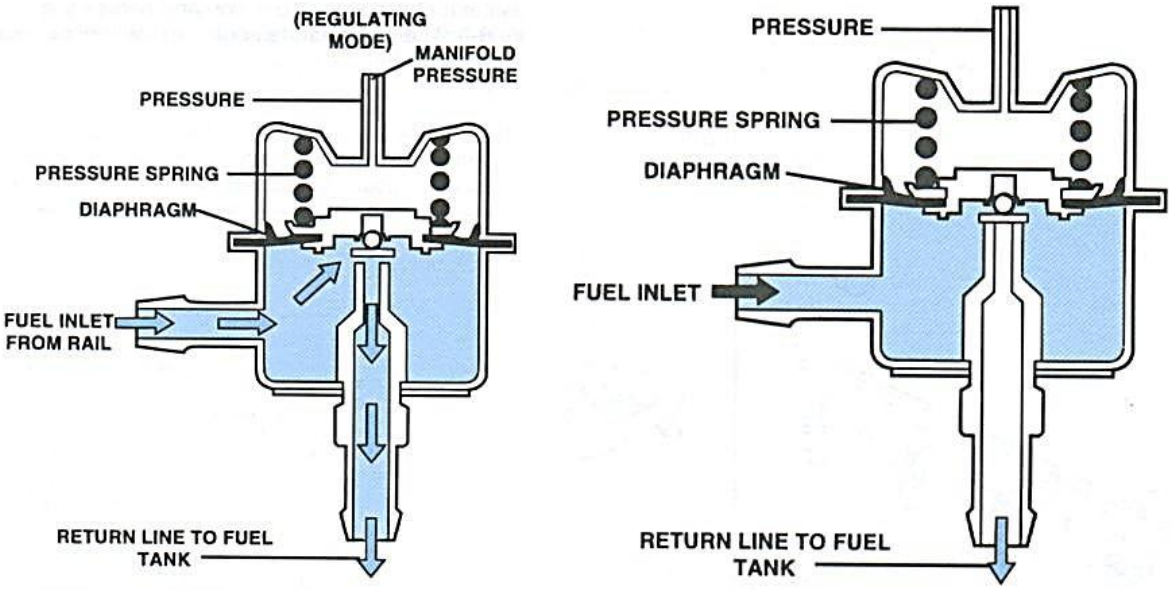


فشار بنزین تولید شده توسّط پمپ بنزین حدود **6 bar** در ریل سوخت است، که این فشار با حرکت دیافراگم داخل رگولاتور، شکسته شده و حرکت این دیافراگم باعث می شود مسیر برگشت بنزین با فشار بیش تر از **3 bar** به باک باز شود. بدین ترتیب، بنزین داخل ریل سوخت در پشت انژکتور ها دارای فشاری در حدّ **3 bar** می باشد.

رگلاتور فشار در انتهای ریل سوخت رسانی نصب می گردد تا از به وجود آمدن نوسانات در جریان سوخت در ریل جلوگیری به عمل آورد، یک فنر، نگهدارنده ی سوپاپ را که با دیافراگم یک پارچه شده است، تحت فشار قرار می دهد. این فشار باعث می شود تا صفحه ی مربوطه، نگهدارنده ی سوپاپ (نشیمنگاه) را به داخل فشار دهد. هنگامی که فشار توسّط جریان سوخت به دیافراگم نیرو وارد می کند، سوپاپ باز شده و اجازه ی عبور جریان را مستقیماً به داخل

باک بنزین میسر می سازد. این مرحله تا زمانی که دیافراگم به حالت اوّلیّه ی خود باز نگشته و فشار دو طرف آن برابر نشده باشد، ادامه خواهد یافت.

یک خطّ پنوماتیکی، بین فنر و مانیفولد ورودی، جهت تطابق و واکنش در مقابل خلاء منیفولد، تعبیه شده است. در نتیجه، افت فشار در انژکتورها، ثابت باقی مانده و فقط توسّط نیروی فنر و سطح تماس دیافراگم مشخّص می گردد.



آشنایی با اثرات خرابی گلاتور فشار بنزین :

۱- خودرو در هنگام شتاب گیری ، در دورهای بالا ، دچار افت قابل ملاحضه می شود.

۲- خام سوزی پیش می آید و مصرف سوخت بالا می رود. (در اثر پاره شدن دیافراگم یا بیرون زدن بنزین، از شیلنگ خلائی)

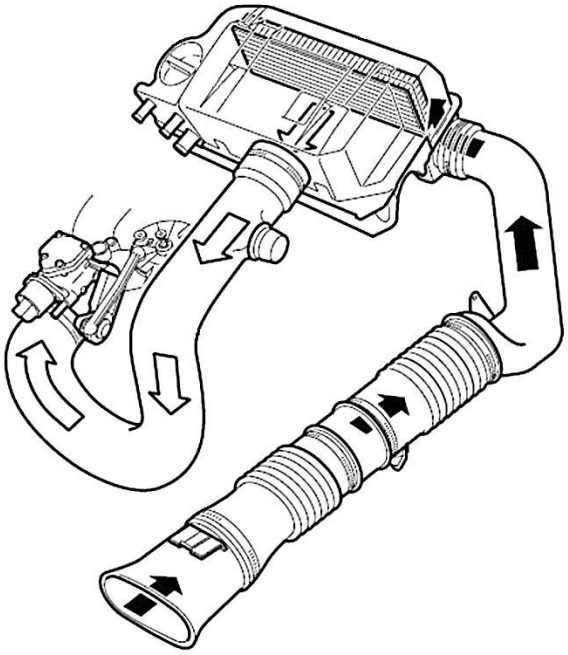
فیلتر هوا (Air Filter) :

وظیفه دارد تا گرد و غبار موجود در هوای ورودی را تصفیه نماید. محفظه ی فیلتر از لاستیک مقاوم در برابر حرارت و تغییر شکل می سازند. فیلتر معمولاً یک المنت کاغذی است که قسمت محیطی آن را برای آب بندی نمودن با محفظه، از مواد پلاستیکی می سازند.

فیلتر هوا از بعضی جهات شاید اوّلین عنصر سیستم موتوری باشد. کیفیّت فیلتر هوا و تمیز بودن آن نقش اساسی در کشش موتور دارد. علی رغم آن که بسیاری فکر می کنند که هوایِ گرم برای موتور مناسب تر از هوای سرد است، دقیقاً برعکس می باشد، زیرا هوای سرد به علّت منقبض بودن، اکسیژن بیش تری برای سوختن به همراه خود می آورد.

لذا سعی شده است تا جایی که ممکن است، محلّ ورود هوای فیلتر در جایی غیر از زیر کاپوت باشد، به همین دلیل در خودرو های پارس، سمند و پژو**405** ، هوای ورودی از جلوی سینی فن مکیده می شود.

فیلتر هوا در هر **10000 Km** کارکرد خودرو، باید تعویض شود.

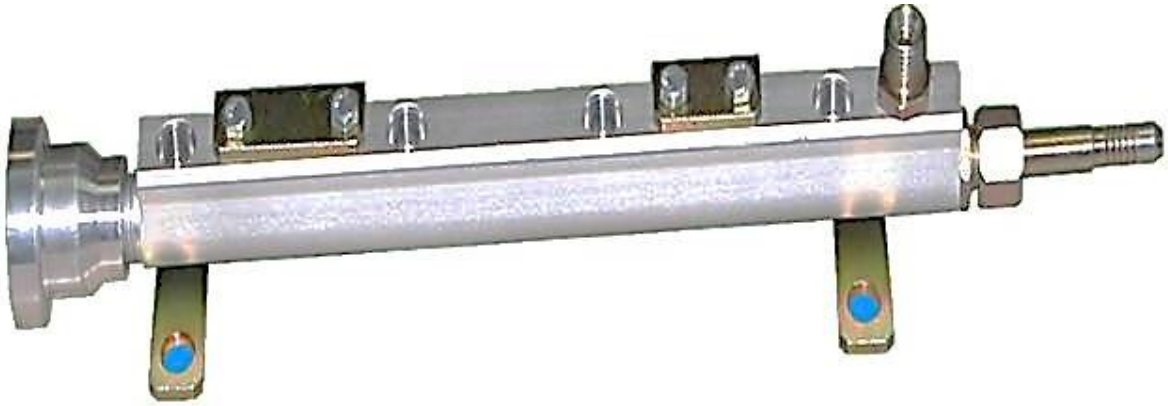


آشنایی با اثرات کثیف بودن فیلتر هوا :

در صورت کثیف بودن فیلتر هوا، مصرف سوخت خودرو بالا رفته، با مکث گاز می خورد و شتاب گیری آن ضعیف می شود.

ریل سوخت (Fuel Rail) :

ریل سوخت بر روی قسمت قوسی شکل منیفولد هوا و در نزدیکی سرسیلندر نصب می شود. بنزین ارسالی توسط پمپ بنزین در ریل تحت فشار بالا (**3.5 bar**) قرار گرفته و آماده ی ارسال به انژکتورها می شود.



فصل پنجم :

سیستم سوخت رسانی

LPG

سیستم سوخت رسانی گاز مایع نفت (LPG)

سیستم **LPG** یکی دیگر از سیستم هایی می باشدکه درکاهش آلودگی تأثیر به سزایی دارد. **LPG** و **CNG** درکلیّات با هم مشابه می باشند، امّا در بعضی موارد با هم تفاوت هایی دارند، که در ادامه به تشریح کامل آن ها می پردازیم.

اجزای سیستم سوخت رسانی LPG :

مخزن :

از مخزن گاز مایع برای نگهداری گاز مصرفی خودرو استفاده می شود و با توجّه به نوع خودرو و حجم موتور آن در ابعاد و اندازهای متفاوتی طرّاحی و تولید می شود. بر روی بدنه مخزن گاز مایع پلاک مشخّصات مخزن و نیز یک عدد فلانچ برای نصب شیرمرکّب تعبیه شده است. مخازن گاز مایع در ظرفیت های ۴۵ ، ۶۰ ، ۸۰ و ۱۱۶ لیتری موجود می باشد که معمولاً به شکل استوانه ای ساخته می شود. مخزن های ۶۰ لیتری که بیش تر مورد مصرف دارند، دارای وزن خالی ۲۶ کیلوگرم بوده و وزن آن ها در هنگامی که پر از مایع هستند در حدود ۵۴ کیلوگرم می باشد. مخازن گاز مایع را معمولاً در صندوق عقب خودرو با دو عدد پایه و دو عدد بست کمربندی و قلّاب محکم می نمایند.

شیر مرکّب (Multi valve) :

این شیر بر روی مخزن نصب گردیده و دارای اجزاء مختلفی است که هر یک دارای وظایف جداگانه ای می باشند.

شیر اطمینان (Safety valve) :

در صورتی که فشار داخل مخزن از **25 bar** فراتر رود، این شیر عمل کرده وگاز را با جریان مناسبی به بیرون هدایت می کند.

شیر یک طرفه (Check valve) :

در هنگام سوخت گیری گاز مایع، این شیر، اجازه ورودگاز را به داخل مخزن داده و از خروج گاز از داخل مخزن به بیرون جلوگیری می کند. این کار ه وسیله ی یک ساچمه و فنر انجام می شود. هنگامی که لوله ی پُرکن جایگاه سوخت گیری را وارد مجرای سوخت گیری خودروی خود می نماییم، فشار گاز ورودی بر نیروی فنرِ پشت ساچمه غلبه کرده و گاز وارد مخزن می شود. پس از خروج لوله ی پُرکن، فشار فنر، ساچمه را به جلو رانده و راه خروج گاز بسته می شود.

شیر دستی قطع جریان گاز :

دو عدد شیر دستی جهت باز و بسته کردن مسیر ورودی و خروجی گاز در نظرگرفته شده است که در مواقع ضروری مانند عملیات تعمیر یا تست دوره ای می توان آن ها را به صورت دستی باز و بسته کرد.

شیر قطع جریان ناگهانی (Excess flow valve) :

در مواردی که جریان گاز مایع خروجی از مخزن، به طور ناگهانی افزایش یابد، این شیر مسیر خروج گاز از مخزن را می بندد. این عمل در تصادفات ناحیه ی عقب خودرو که محل نگهداری مخزن گاز مایع می باشد، از خروج گاز مخزن جلوگیری می کند و ایمنی را افزایش می دهد. این شیر تا زمانی که فشار دو طرف آن به حدّ معیّنی نرسد، هم چنان بسته می ماند. به همین دلیل به هنگام عمل کردن آن، یک جریان ضعیف گاز خروجی شیر مرکّب وجود دارد که برای ایجاد تعادل فشار دو طرف شیر طرّاحی شده است.

شیر خروجی گاز مخزن :

این شیر در مسیر خروجی گاز مخزن قرار گرفته و به وسیله ی آن گاز مایع از مخزن خارج می شود.

شناور (Float) :

این شناورکه دارای یک استوانه از جنس فوم و یک بازوی فلزی است، درون مخزن گاز مایع قرارگرفته است و همراه با افزایش یا کاهش سطح گاز درون مخزن حرکت نموده و به وسیله ی یک آهن رُبای دائمی که بر روی آن تعبیه شده است، عقربه ی نشان دهنده ی سطح میزان گاز درون مخزن را حرکت می دهد.

شیر قطع جریان 80% :

به دلایل ایمنی هرگز نباید بیش تر از **80%** حجم مخزن را پُرکرد. به همین دلیل تجهیزاتی را قرار داده اندکه پس از پُر شدن **80%** حجم مخزن به طور خودکار، مسیرگاز مایع به درون مخزن را ببندد.

عقربه نشاندهنده ی سطح گاز درون مخزن (Level pointer) :

این عقربه از طریق آهنربای شناور حرکت کرده و میزان گاز درون مخزن را نشان می دهد.

سنسور سطح گاز درون مخزن (Level gauge sensor):

در این مدار، با حرکت عقربه ی نشان دهنده، سطح گاز میان دو سنسور سیگنالی به مدارکلید انتخاب سوخت ارسال می شود که با روشن و خاموش کردن پنج دیود نوری، سطح گاز درون مخزن را به اطّلاع راننده می رساند.

رگولاتور یا فشار شکن یا تبخیر کننده (Regulator) :

رگولاتور وظیفه داردگاز درون مخزن را برای استفاده در موتور، از حالت مایع به گاز تبدیل کرده و فشار آن را تا حدّ فشار اتمسفر کاهش دهد. رگولاتور در مسیرگاز خروجی مخزن گاز مایع، پس از شیر برقی قرارگرفته است. شیر برقی گاز بین مسیر خروج گاز از مخزن و رگلاتور قرارگرفته و در حالت عادّی بسته است و راه ورود گاز به رگولاتور را می بندد. در حالتی که راننده کلید انتخاب را در وضعیّت استفاده از گاز مایع قرار دهد، این شیر برقی فعّال شده و مسیر گاز بدون رگولاتور را باز می کند. درون این شیر برقی یک فیلترکاغذی وجود داردکه از ورود ناخالصی ها به درون رگولاتور جلوگیری می کند.

ورودی گاز مایع :

از این دریچه ی برنجی، گاز مایع وارد اتاقک اوّل رگولاتور می شود.

اطاقک مرحله ی اوّل (Frist stage room) :

در این اتاقک یک دیافراگم و شیطانک متّصل به آن وجود دارد که توسّط یک فنر، فشارگاز ورودی به این اتاقک به میزان مناسبی کاهش یافته و تبخیر می شود.در تبخیرکننده های**100 Kw** فشار خروجی در حدود **0.7-0.8 bar** می باشد.

شیر برقی رگولاتور :

این شیر برقی در مسیر بین اتاقک مرحله ی اوّل و دوّم قرار گرفته است. به عبارت دیگر به هنگامی که شیر برقی گاز بسته یا باز است این شیر نیز بسته یا باز می باشد. این شیر برقی جهت افزایش ضریب ایمنی سیستم گاز سوز به کار برده شده است و از ورود ناخواسته ی گاز به موتور جلوگیری می نماید.

اتاقک مرحله ی دوّم (Second stage room) :

گاز مایع پس از تبخیر شدن و کاهش فشار در مرحله ی اوّل از طریق شیر برقی رگولاتور، وارد اتاقک مرحله ی دوّم می شود. فضا و دیافراگم این اتاقک از اتاقک مرحله ی اوّل بزرگ تر بوده و فشار گاز داخل آن در حدود فشار اتمسفر می باشد. متناسب با مکش ایجاد شده توسّط موتور، دیافراگم مرحله ی دوّم، مجرای ورودی گاز به این اتاقک را توسّط شیطانک متّصل به دیافراگم، باز و بسته نموده و گاز مورد نیاز موتور را فراهم می کند.

اتاقک گردش آب گرم (Hot water room) :

برای تبخیر شدن گاز مایع در اتاقک مرحله ی اوّل، ازگرمای آب خنک کننده ی موتور استفاده می شود. آبِ گرم از طریق دو عدد شیلنگ و چپقی به اتاقک گردش آبِ گرم و رگولاتور وارد و خارج شده و گرمای مورد نیاز برای تبخیر شدن گاز را از طریق تبادل حرارتی با اتاقک مرحله ی اوّل فراهم می کند.

پیچ تنظیم دور آرام (Idle adjustment) :

توسّط این پیچ، میزان گاز مورد نیاز موتور در حالت دور آرام تنظیم می شود.

پیچ تنظیم حالت شتاب گیری خودرو :

سرعت حرکت دیافراگم اتاقک مرحله ی دوّم باید متناسب با فشردن پدال گاز و مکش موتور باشد. به همین منظور بر روی شیطانک مرحله دوّم یک فنر تعبیه شده است که به وسیله ی پیچ آلنی سرعت حرکت دیافراگم مرحله ی دوّم قابل تنظیم خواهد بود.

خروجی گاز مایع :

از این دریچه برنجی، گاز مایع برای مصرف در موتور، از رگولاتور خارج می شود.

شیر برقی بنزین :

این شیر در مسیر لوله ی بنزین، بین پمپ بنزین وکاربراتور خودرو قرار گرفته و در حالت عادی بسته است؛ و زمانی این مسیر را باز می کند که راننده کلید انتخاب سوخت را در وضعیّت بنزین قرار دهد. زیر این شیر برقی یک شیر دستی به نام شیر یکسره بای پاس وجود داردکه در موارد ضروری مانند مواقعی که امکان فعّال کردن هیچ یک از شیرهای برقی گاز و بنزین توسّط کلید انتخاب سوخت وجود نداشته باشد، مسیر بنزین با بستن این شیر یکسره، باز خواهد شد.

مخلوط کننده یا میکسر (Mixer) :

وظیفه ی میکسر، مخلوط کردن نسبت مناسبی از هوا وگاز برای مصرف در موتور می باشد. این قطعه بر روی کاربراتور نصب می شود و برحسب شکل دهانه ی کاربراتور، نوع عملکرد میکسر و حجم موتور در انواع مختلف طرّاحی می شود.

پیچ حدّاکثر جریان :

توسّط این پیچ، حداکثر جریان گاز مورد نیاز در دورهای بالا، پیش از ورود به میکسر تنظیم می شود.

پُرکن (Refueling point) :

پُرکن وسیله ای است که از طریق اتّصال تلمبه ی گاز به آن، گاز مایع به درون مخزن جریان یافته و عمل سوختگیری انجام می شود. این وسیله، یک شیر یک طرفه بوده و تنها امکان ورود گاز به داخل مخزن را می دهد.

کلید انتخاب سوخت (Change over switch) :

توسّط این کلید می توان نوع سوخت مصرفی خودرو را ازگاز به سوخت دوّم خودرو یا بالعکس تغییر و از میزان گاز موجود در مخزن اطّلاع یافت. این کلید دارای یک مدار الکترونیکی بوده و از بخش های زیر تشکیل گردیده است.

فصل ششم :

سیستم سوخت رسانی CNG

سیستم سوخت رسانی گاز طبیعی فشرده (CNG)

سیستم سوخت رسانی گاز طبیعی یا **CNG** یکی از سیستم هایی است که درکاهش آلودگی محیط زیست تأثیر فراوانی دارد. **CNG** هم اکنون در ایران کاربرد زیادی دارد.

مزایای CNG نسبت به بنزین :

۱- ارزان تر بودن
۲- سهولت اشتعال و بهینه سازی احتراق
۳- کاهش آلودگی (به دلیل احتراق کامل تر)

معایب CNG نسبت به بنزین :

۱- ایمنی کم تر (ایمنی مخازن)
۲- وزن زیاد مخازن
۳- عدم امکان استفاده از مخازن بزرگ (به دلیل وزن زیاد)
۴- طی مسافت کم تر با یک مخزن سوخت

اجزای اصلی سیستم سوخت رسانی CNG :

۱- مخزن
۲- رگولاتور فشار
۳- واحد کنترل الکترونیکی
۴- لوله‌ها
۵- سوئیچ تبدیل
۶- میکسر
۷- پیش‌انداز جرقّه
۸- شبیه ساز الکترونیکی
۹- شیرها

مخزن :

چهار نوع مخزن نگهداری گاز طبیعی فشرده به شرح زیر وجود دارد :

مخازن CNG-I :

این مخازن بدون درز و تماماً از فلز (از جنس فولاد یا آلومینیوم) می‌باشند.

مخازن CNG-II :

این نوع مخازن دارای یک لایه ی آستری از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون درز است و قسمت استوانه‌ای این آستری، توسّط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رِزین است، به صورت محیطی پیچیده شده‌است. ساختار کامپوزیتی این مخازن، این امکان را به‌وجود می‌آورد که بتوان از ضخامت قسمت فلزی کاست و در نتیجه مخزن سبک‌تری به‌دست آورد. این مخازن در جهت شعاعی تقویت شده‌اند.

مخازن CNG-III :

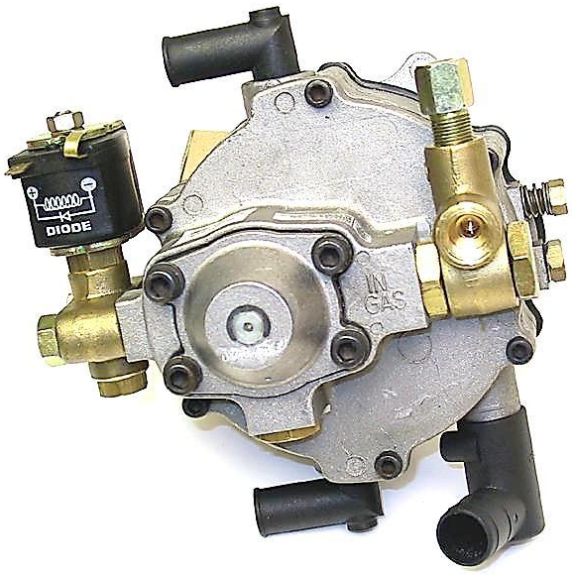
این مخازن دارای یک لایه ی آستری از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون‌درز بوده و تمام این لایه ی داخلی توسّط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رِزین است، در راستای محیطی و محوری پیچیده شده و این ساختار کامپوزیتی که به مخزن داده می‌شود، این امکان را به‌وجود می‌آورد که بتوان از ضخامت قسمت فلزی کاست و در نتیجه مخزن سبک‌تری را نسبت به مخازن نوع اوّل و دوّم به‌دست آورد. این مخازن با الیاف کامپوزیت در جهت محیطی و محوری تقویت شده‌اند.

مخازن CNG-IV :

این نوع مخازن دارای یک آستری از جنس پلیمر بدون درز هستند و تمام این لایه ی داخلی توسّط الیاف شیشه، آرامید، کربن یا مخلوطی از آن‌ها که آغشته به رِزین است پیچیده شده و این ساختار تمام کامپوزیت از سبک‌ترین انواع مخازن **CNG** می‌باشد. این مخازن با الیاف کامپوزیت در جهات شعاعی و محوری تقویت شده‌اند. این مخازن دارای کم ترین وزن می‌باشند که حتّی با سیستم سوخت بنزینی قابل مقایسه هستند. اِشکال عمده ی این مخازن ایجاد نشتی به مرور زمان در محلّ اتّصال نافی فلزی و آستر پلیمری می‌باشد. هم چنین به‌علّت عدم انتقال حرارت مناسب آستری پلاستیکی، حین سوخت‌گیری سریع در این مخازن افزایش دمای نسبتاً بیش تری ایجاد می‌شود. از جمله مزایای این نوع مخازن احتمال کم ترکیدگی مخزن در حوادث می‌باشد.

رگولاتور فشار :

این وسیله، فشار گاز مخزن را برای استفاده در موتور در دو مرحله کاهش می دهد. رگولاتور ابزاری برای تبدیل گاز فشار بالا به گاز فشارپایین می‌باشد. رگولاتور یک شیرکنترل فشار مکانیکی محسوب می‌شود،که فشار **CNG** را به مقدار مناسبی کاهش می‌دهد تا بتواند احتراق را در حدّ بهینه کنترل کند.



رگولاتور شامل اجزای زیر است :

۱- **یک شیر فشارشکن، که در فشار 185 psi کار می‌کند.**

۲- **یک لوله خروجی که به شیر فشارشکن متّصل می‌باشد و قادر است هر فشاری را به سیستم خروجی تحویل دهد.**

معمولاً رگولاتور مجهّز به یک سیستم گرمایشی است که گرما را از موتور گرفته و آن را به رگولاتور منتقل می‌کند. زیرا زمانی که گاز منبسط می‌شود این امکان وجود دارد که رگولاتور یخ بزند و وجود یخ، مانع از انتقال گرمای کافی به سطح رگولاتور می‌شود.

رگولاتورهای مورد استفاده ممکن است یکی از سه نوع زیر باشند :

۱- **یک رگولاتور سه مرحله‌ای**

۲- **یک رگولاتور دومرحله‌ای**

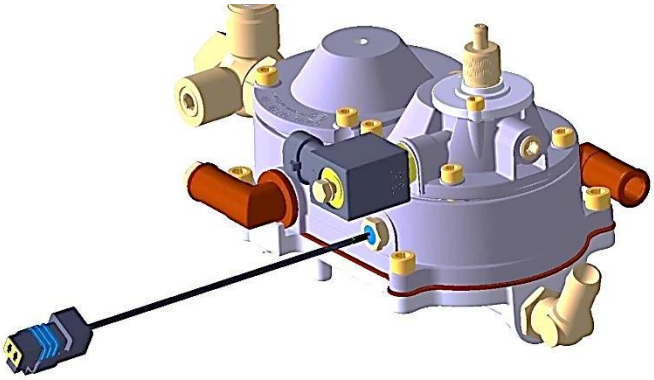
۳- **دو رگولاتور به صورت جداگانه**

رگولاتور سه مرحله‌ای :

این رگولاتورها یک وضعیت پایدار را برای موتور ایجاد می‌کنند و البتّه بیش تر در موتورهایی مورد استفاده واقع می‌شوند که توان آن ها **20-90 Kw** است.

رگولاتور دو مرحله‌ای :

رگولاتور**CNG** می‌تواند یک رگولاتور دو مرحله‌ای نیز باشد که در مرحله اوّل فشار حدوداً به **100 psi** می‌رسد و کاهش فشار به اندازه‌ای است که سوخت می‌تواند از میکسر عبور کند و وارد منیفولد ورودی شود. در مرحله دوّم تغییرات فشار به مقدار سوختی که تزریق می‌شود بستگی دارد. در این مرحله از شیرهای کنترلی استفاده می‌شود.



دو رگولاتور به صورت جداگانه :

در این وضعیت از دو رگولاتور به نام‌های رگولاتور فشاربالا و رگولاتور فشارپایین استفاده می‌کنند. رگولاتور فشاربالا، گاز را از فشار مخزن به **170 psi** رسانده و برای سیستم‌هایی با دبی جریان و راندمان گرمایی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. البتّه این رگولاتور معمولاً همراه یک شیر سولونوئیدی است. این رگولاتور بعد از کاهش فشار، سوخت **CNG** را به درون لوله‌های مسی فشارپایین منتقل می‌کند.

واحد کنترل الکترونیکی (ECU) :

برای کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت در موتورهای بنزینی انژکتوری و نیز در موتورهای گازسوز از نسل دوّم به بعد، از سیستم کنترلی مدار بسته استفاده می‌شود. به این صورت که با استفاده از سنسور اکسیژن به عنوان سیگنال بازخورد اصلی و نیز داده‌های سایر سنسورها و یک پردازنده ی الکترونیکی که برنامه‌ریزی شده است، نسبت هوا به سوخت به صورت مدار بسته کنترل می‌گردد.

ECU گاز سمند

این واحد کنترل الکترونیکی در حقیقت قلب سیستم می‌باشد و از دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل گردیده‌است. بخش سخت افزاری آن شامل یک تراشه ی کامپیوتری است که کار پردازش اطّلاعات را انجام می‌دهد. بخش نرم افزار آن شامل الگوریتم‌های کنترل و نگاشت‌های حاوی اطّلاعات مربوط به کالیبره کردن موتور است که توسّط کامپیوتر به **ECU** منتقل می‌گردد. واحد کنترل الکترونیکی اطّلاعات را از سنسورهای مختلف دریافت کرده و با استفاده از این اطّلاعات بر بازدهی و کارآمدی خودرو نظارت می‌کند تا براساس قاعده و اصول تعیین‌شده، عمل کند.

در نهایت نتایج عملیات توسّط **ECU** عبارت اند از :

۱- محاسبه ی زمان بهینه برای جرقّه‌زدن

۲- فراهم آوردن نسبت هوا به سوخت بهینه برای ورود به سیلندر (در سیستم‌های انژکتوری این کار در زمان باز بودن انژکتور با دقّتی کم تر از یک میکرو ثانیه صورت می‌گیرد.)

در مجموع، بهینه‌بودن زمان جرقّه و نسبت سوخت به هوای مناسب، سبب افزایش قدرت خودرو و کاهش مصرف سوخت آن می‌شود.

لوله ها :

لوله‌های انتقال سوخت در خودرو به منظور رساندن سوخت به اجزای موتور به‌کار می‌روند. این لوله‌ها در امنیت خودرو بسیار تأثیرگذارند. چراکه فشار سوخت گاز بسیار بالا بوده و در نتیجه هرگونه نقصی در این قسمت ممکن است سبب بروز حادثه شود. در یک کیت دو نوع لوله انتقال گاز وجود دارد :

۱- لوله ی گاز فشاربالا

۲- لوله ی گاز فشارپایین

لوله‌های گاز فشار بالا :

لوله‌های فشاربالا وظیفه انتقال گاز از مخزن به شیر سوخت‌گیری و پس از آن به رگولاتور را بر عهده دارند. قطر این لوله‌ها معمولاً **6 mm** است و می‌توانند از جنس فولاد، برنج یا مس باشند.

لوله‌های گاز فشار پایین :

این لوله‌ها، گاز فشارپایین را از رگولاتور به میکسر یا انژکتورها می‌رسانند. جنس این لوله‌ها از کائوچوی مصنوعی بوده و شبکه‌ای فلزی از اطراف، آن ها را تقویت می‌کند.

سوئیچ تبدیل :

سوئیچ تبدیل مهم ترین قسمت ارتباط دهنده ی سیستم گازسوز با راننده می‌باشد که در خودروهای دوسوخته استفاده می‌شود. این وسیله به کمک **ECU** در خودروهایی که مجهّز به سیستم کنترل مرکزی می‌باشند، اطّلاعات لازم را برای راننده فراهم می‌سازد تا ضمن این‌که راننده حقّ انتخاب و تعیین نوع سوخت را داشته باشد، سوئیچ تبدیل نیز به کمک **ECU** بتواند به‌طور هوشمند عمل کرده و در شرایط اضطراری سوخت را از گاز به بنزین تغییر دهد و پس از رفع مشکل، دوباره به حالت گاز باز گردد. در خودروهای کاربراتوری، سوئیچ تبدیل با شیر سولونوئیدی بنزین و پیش‌انداز جرقه در ارتباط بوده و اطّلاعات مورد نیاز این دو قسمت را برای آن ها می‌فرستد.

کارکردن در حالت بنزین :

هنگام قراردادن کلید در حالت بنزین، شیر سولونوئیدی گاز قطع و سیستم کنترل جریان گاز از مدار خارج می‌شود. در این حالت خودرو با بنزین کار می‌کند. درست مانند آن‌که موتور بنزین‌سوز بوده و هیچ گونه تجهیزات گازی روی آن وجود ندارد.

کارکردن در حالت بنزین و گاز (سوئیچ تبدیل خودکار) :

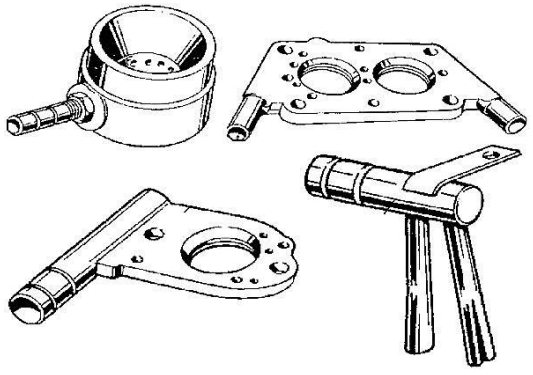
هنگامی‌که سوئیچ تبدیل در موقعیّت وسط قرار دارد، انتخاب نوع سوخت به کیت واگذار می‌گردد. خودرو با سوخت بنزین روشن می‌شود، پس از آن جریان بنزین به‌طور خودکار قطع شده و موتور کمی دچار لرزش می‌شود تا باقیمانده بنزین مصرف شود. سپس سوخت گاز بسرعت وارد شده و شروع به سوختن می‌کند. در زمانی‌که موتور به صورت اتّفاقی متوقّف گردد یا اختلالی در کار آن ایجاد شود، سیستم به‌طور خودکار به سوخت بنزین باز می‌گردد. به همین ترتیب در زمانی که شرایط به حالت عادّی باز می‌گردد، سوخت خودرو به گاز تبدیل می‌شود. واضح است که تکنولوژی سوئیچ براساس دور موتور عمل می‌کند و توانایی واقعی آن در تغییر سوخت از بنزین به گاز و برعکس به برنامه ی نرم‌افزاری داده شده و به آن بستگی دارد.

کارکردن در حالت گاز :

با قراردادن کلید در حالت گاز، مقدّمات استفاده از گاز فراهم می‌گردد و با باز شدن شیر سولونوئیدی، استارت‌زدن امکان‌پذیر می‌شود. در این حالت نیز موتور در صورت توقّف اتّفاقی یا نقص در روشن شدن به طور خودکار، به حالت استفاده از بنزین درمی‌آید (این قسمت در بعضی از انواع سوئیچ‌های تبدیل وجود ندارد و سوئیچ فقط دارای موقعیّت‌های اوّل و دوّم از حالت‌های توضیح داده شده، می‌باشد).

میکسر (Mixer) :

برای ایجاد احتراق به مخلوطی از هوا و سوخت نیاز است. در موتورهای بنزینی این اختلاط توسّط کاربراتور صورت می‌گیرد. در موتورهای کاربراتوری تبدیل‌شده می‌توان از خود ونتوری کاربراتور یا با نصب یک ونتوری جداگانه روی آن، برای اختلاط هوا و گاز استفاده کرد. برای این منظور از قطعه‌ای به نام میکسر استفاده می‌شود که دستیابی به نسبت مناسب هوا به سوخت را در حالت بی‌بار یا در حالت حرکت خودرو، تضمین می‌کند.



اصول کارکرد میکسرها :

هنگام ورود هوا به‌داخل میکسر با افزایش سرعت هوا، فشار آن کاهش یافته و نوعی خلاء نسبی ایجاد می‌شود که باعث مکش گاز به داخل میکسر می‌گردد. قطر داخلی میکسر تأثیر زیادی در میزان گاز مکیده شده دارد. هرچه دهانه ی میکسر در گلوگاه بزرگ تر باشد هوای تحویلی به موتور بیش تر و به علّت افزایش تعداد سوراخ‌های خروجی گاز، میزان مکش ایجاد شده در این سوراخ‌ها کم تر می‌شود و هرچه دهانه کوچک تر گردد، هوای تحویلی به موتور کم تر و میزان مکش ایجاد شده در سوراخ‌های خروج گاز بیش تر می‌شود.

پیش انداز جرقّه :

زمان صحیح جرقّه در کارکرد موتور اهمیّت بسزایی دارد، زیرا تأثیر زیادی در میزان مصرف سوخت و تولید آلاینده‌ها دارد. احتراق در سیلندر را می‌توانیم به دو بخش زمانی تقسیم کنیم. اگر احتراق خیلی دیر آغاز شود، آلودگی هیدروکربن‌ها افزایش می‌یابد. در حالی‌که اگر جرقه زود زده شود، فشار بیشینه بالا می‌رود و آلودگی NO_x زیاد می‌شود. NO_x می‌تواند با تأخیر جرقّه کاهش یابد.

سرعت شعله در مخلوط هوا و گاز کم تر از مخلوط هوا و بنزین است. به همین دلیل برای احتراق کامل در موتور گازسوز، زمان بیش تری نسبت به موتور بنزینی لازم است. بنابراین می‌بایست احتراق در سیلندر زودتر اتفاق بیفتد. به همین منظور زاویه ی جرقّه موتور را به میزان $7 \rightarrow 18^{\circ}$ (بسته به نوع خودرو) نسبت به موتور بنزینی در شرایط مشابه پیش می‌اندازند، که این کار میزان مصرف سوخت را کاهش و تأثیر مثبتی بر شتاب خودرو و کاهش آلودگی دارد. این عمل امکان بروز پسروی شعله را کاهش می‌دهد. بنابر موارد ذکر شده، گاز می‌بایست در زمان زودتری نسبت به بنزین مشتعل شود. این نیاز با قراردادن واحدی به نام پیش‌انداز جرقّه در داخل موتور برآورده می‌شود.

تمام پیش‌اندازهای جرقه از یک واحد میکروکنترلر تشکیل شده‌اند که زمان جرقّه موتور بنزینی را به طور الکتریکی برای سرعت‌های مختلف احتراق سوخت گاز، تغییر می‌دهند و آن‌را اصلاح می‌کنند. توسّط این تکنولوژی سیستم جرقّه خودرو در زمان کار کردن با گاز بهینه می‌شود.

شبیه ساز الکترونیکی :

در خودروهای دوسوخته‌ای که مجهّز به واحد کنترل مرکزی بنزین هستند به هنگام استفاده از سوخت گاز، **ECU** بنزین از کار نمی‌افتد، ولی در حالتی‌که از بنزین استفاده می‌شود تمام تجهیزات مربوط به گاز از جمله قسمت‌های الکترونیکی آن از مدار خارج می‌شوند. برای کارکردن درحالت گاز می‌بایست از وسیله‌ای برای اصلاح و قطع سیگنال‌های فرستاده شده از **ECU** بنزین استفاده شود. شبیه ساز وسیله‌ای است که مشکلات فوق را حل می‌کند. این قطعه در زمان استفاده از سوخت گاز، عملکرد اجزاء الکترونیکی را اصلاح می‌کند. هنگامی‌که سوخت موتور به گاز تغییر می‌کند، برخی از اجزاء مانند انژکتورها که به طور خاص برای کار با بنزین طرّاحی شده‌اند، دیگر قابل استفاده نخواهند بود. این‌گونه وسایل در

این هنگام، عملکرد غیر معمولی داشته یا باعث ایجاد سیگنال‌های نامناسبی در سیستم کنترل می‌شود. شبیه ساز انژکتور شرایط را برای **ECU**، مشابه با شرایط کارکرد با بنزین، شبیه‌سازی می کند.

شبیه ساز به دو منظور زیر مورد استفاده قرار می گیرد :

۱- **باعث قطع‌شدن سیگنال‌های فرستاده شده از ECU بنزین برای انژکتورها می‌شود و در نتیجه باعث بسته ماندن آن ها در هنگام کار با گاز می‌شود.**

۲- **اگر در هنگام کارکردن ECU بنزین، قسمتی از مدار باز باشد (انژکتورها عمل نکنند) در ECU بنزین کُد خطا تولید می‌شود. برای جلوگیری از این مشکل از شبیه‌ساز استفاده می گردد.**

در داخل شبیه‌ساز از یک مقاومت الکتریکی استفاده شده است که مشابه با مقاومت‌های موجود در انژکتورهای بنزین می‌باشد و درحقیقت یک حالت غیر واقعی از عملکرد برای انژکتورها ایجاد می کند که باعث می‌شود **ECU** بنزین احساس کند که دستورات آن در حال اجرا شدن است.

شیر سوخت‌گیری (Filling Port) :

مهم ترین قسمت در سیستم سوخت‌گیری **CNG**، مخازن سوخت هستند. این شیر یک‌طرفه در زمان سوخت‌گیری مانع از برگشت سوخت به سمت مخزن سوخت‌گیری می‌شود. این قطعه ممکن است بر روی گلگیر خودرو نصب می شود. در قسمت خارجی این شیر درپوشی برای جلوگیری از ورود گرد غبار وآب وجود دارد.

شیر مخزن :

این شیر روی مخزن نصب شده و اجازه عبور گاز را در مدّت سوخت‌گیری می‌دهد.

این شیر می‌تواند در سه مدل به‌کار رود :

۱- همراه شیر سولونوئیدی

۲- بدون شیر سولونوئیدی

۳- به صورت دستی

شیرهای سولونوئیدی :

شیر سولونوئیدی توسُط یک سوئیچ، وظیفه انتخاب نوع سوخت را بر عهده دارد. زمانی که سوئیچ سوخت جایگزین انتخاب می‌شود، شیر سولونوئیدی بنزین، عرضه بنزین را قطع کرده و زمانی که سوئیچ بنزین انتخاب می‌شود عرضه سوخت گاز طبیعی را قطع می کند.

شیرهای سولونوئیدی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارت اند از :

۱– شیر سولونوئیدی CNG :

شیر سولونوئیدی **CNG** یک شیر الکتریکی- مغناطیسی است و روی لوله‌های رابط بین شیر سوخت‌گیری و رگولاتور فشار، نصب می‌شود. این شیر وقتی‌که موتور با بنزین کار می کند یا موقعی که موتور خاموش است، جریان گاز را قطع می کند. این شیر مجهز به یک فیلتر برای پالایش **CNG** است.

۲– شیر سولونوئیدی بنزین :

یک شیر الکتریکی- مغناطیسی است و روی لوله‌های رابط بین پمپ بنزین و کاربراتور نصب می‌شود. این شیر وقتی که موتور با **CNG** کار می کند یا موقعی که موتور خاموش است، جریان بنزین را قطع می کند. این شیر مجهز به یک شیر دستی برای مواقع اضطراری است.

سیستم های کیت گازسوز :

کیت‌های تبدیل از آغاز تاکنون تحوّلات بسیاری را پشت سر گذاشته‌اند. کیت‌های اوّلیّه بسیار ساده بودند ولی به مرور زمان بر اثر محدودیت‌های زیست محیطی و نیز منابع انرژی، دچار تحوّلات بسیاری شده اند. استانداردهای سخت‌گیرانه ی آلودگی، سازندگان کیت‌های گاز سوز را به استفاده از تکنولوژی‌های بسیار پیشرفته ای مُلزم نموده است.

براساس نقاط عطف موجود در سیر این تحولات می‌توان کیت‌های گازسوز را به چهار نسل دسته بندی کرد :

نسل اوّل :

در نسل اوّل تمامی تجهیزات به‌کار رفته برای سوخت رسانی، مکانیکی و بسیار ساده است. برای اختلاط هوا و گاز از یک ونتوری که در سیستم هوای ورودی تعبیه می‌گردد، استفاده می‌شود. در برخی انواع که خودروی تبدیلی، کاربراتوری است، از ونتوری کاربراتور برای این منظور استفاده می‌شود ولی به‌دلیل این‌که در روش مذکور کاربراتور دستخوش تغییر می‌شود، استفاده از میکسر در این نسل از کیت‌ها متداول‌تر است. نسبت هوا به سوخت در این کیت‌ها با تنظیم اوّلیّه ی کیت انجام می‌گردد و هیچ سیستم کنترلی مدار بسته و باز خوردی از عملکرد وجود ندارد.

نسل دوّم :

تفاوت اساسی این نسل با نسل قبلی مجهّز شدن به سیستم کنترلی مدار بسته ی نسبت هوا به سوخت است. در این سیستم بازخورد لازم توسّط سنسور اکسیژن تأمین می گردد. پردازش لازم برای تصحیح مقدار گاز ورودی به میکسر در **ECU** گاز انجام می گیرد. این تصحیحات توسّط یک موتور پله ای که در مسیر گاز ورودی به میکسر قرار دارد، اعمال می گردد. با این روش می توان نسبت هوا به سوخت را با دقّت خوبی کنترل کرد. این مسأله زمینه ی مساعدی برای استفاده از کاتالیست ها در خودروهای مجهّز به این نسل از کیت ها را فراهم می کند. بنابراین سطح کاهش آلاینده ها نسبت به خودروهای مجهّز به نسل اوّل چشم‌گیر است. این نسل از کیت ها هم در خودروهای کاربراتوری و هم در خودروهای انژکتوری به‌کار می روند. شایان ذکر است که برای استفاده از این کیت ها روی خودروهای انژکتوری ملاحظات و تدابیر خاصّی لازم است. از جملهٔ آنها می توان به نصب شبیه ساز پاشش و نیز شبیه ساز سنسور اکسیژن اشاره نمود.

نسل سوّم :

قابل توجّه‌ترین پیشرفت در کیت‌های نسل سوّم نسبت به نسل قبل، استفاده از انژکتورهای پاشش گاز به جای میکسرها است. با این تغییر تمام تجهیزات سیستم سوخت‌رسانی، قطعاتی الکترونیکی خواهند بود. این به معنای دقّت بیشتر و قابلیّت کنترل بهتر است. تفاوت کلیدی سوخت‌رسانی به‌وسیله ی انژکتور با میکسر، منقطع بودن جریان سوخت در انژکتورها و پیوستگی آن در میکسر یا تجهیزات مشابه است. این امر کنترل زمان پاشش سوخت و میزان آن را در اختیار واحد کنترل‌کننده قرار می‌دهد که منجر به بالا رفتن دقّت و کیفیّت کنترل در این کیت‌ها می‌شود. در این نسل به علّت الکترونیکی بودن تمامی قطعات، امکان عیب یابی خودکار، توسّط **ECU** های گاز و بنزین فراهم می گردد.

نسل چهارم :

این نسل شامل پیشرفته ترین و پیچیده ترین کیت های گازسوز ارائه شده توسّط سازندگان کیت است. برای رسیدن به شرایط سخت استانداردهای جدید آلودگی و نیز توان تولیدی قابل رقابت با بنزین، تمامی امکانات موجود در این نسل از کیت ها به‌کار گرفته شده است. مجموعه ای شامل تجهیزات دقیق الکترونیکی، الگوریتم های کارآمد کنترل و الگوهای نوین عیب یابی زمینه ی ظهور این دسته از کیت ها را فراهم کرده اند. البتّه کسب این مزایای قابل‌توجّه به بهای افزایش هزینه و قیمت تمام شده، در این نوع از کیت ها است. ویژگی بارز این نسل نسبت به نسل سوّم، استفاده از تکنولوژی سیستم پاشش سوخت نوبتی چند نقطه ای است. در این سیستم به جای استفاده از پاشش گروهی در انژکتورها، هر انژکتور به طور جداگانه کنترل می شود و زمان پاشش و میزان آن در هر انژکتور به وسیله ی **ECU** گاز تعیین می گردد، لذا دقّت کنترل نسبت هوا به سوخت در این موتورها بسیار بالا است.

منابع و مأخذ :

۱) درس فنّی (مبحث موتور)- سال دوّم هنرستان نظام قدیم- تألیف مهندس محمّد محمّدی بوساری

۲) درس فنّی (مبحث موتور)- سال سوّم هنرستان نظام قدیم- تألیف مهندس محمّد محمّدی بوساری

۳) سیستم سوخت رسانی انژکتوری جامع خودروهای بنزینی- تألیف مهندس مناف اکبری

۴) سیستم های سوخت رسانی جامع خودرو- تألیف مهندس حسین رمضانی

۵) اصول کارکرد موتورهای بنزینی انژکتوری- ترجمه ی مهندس سیّد هادی ریاضی

۶) سیستم های سوخت رسانی انژکتوری بنزینی- ترجمه ی مهندس شهرام رضایی عدل

۷) سیستم های انژکتوری پیکان، پژو پارس و سمند- تألیف مهندس سیامک گرشاسبی

۸) سیستم های انژکتوری، مولتی پلکس و الکترونیک پژو **206** ایران- تألیف مهندس سیامک گرشاسبی

۹) جزوه ی تنظیم موتور پراید- مرکز آموزش سایپا یدک

۱۰) جزوات آموزشی مؤسسّه ی عالی پژوهشی خودرو، سوخت و محیط زیست