بسم الله الرحمن الرحیم

## پیشگفتار

با توجه به فرصت‌های موجود جهت کاهش روند رشد بالای مصرف فرآورده‌های نفتی در بخش حمل و نقل و افزایش کارایی مصرف سوخت در بخش مذکور و نیز ملاحظات زیست‌محیطی، سازمان بهینه‌سازی مصرف سوخت کشور از بدو تأسیس، طرح CNGسوز کردن خودروهای کشور را در دستور کار قرار داده‌است.

از آنجاکه طرح تبدیل سوخت خودروها به گاز طبیعی یک طرح فراسازمانی و ملی می‌باشد، ضروری است تا همزمان با انجام امور اجرایی و ستادی مربوط به این طرح، سطح دانش و اطلاعات کارشناسان و محققین در این بخش، با آخرین یافته‌های جهانی یکسان گردد و فرهنگ‌سازی مربوط به آن در سطح جامعه و دانشگاه فراگیر شود.

همزمان با برگزاری اولین همایش سراسری سوخت جایگزین (CNG) و خودروهای گازسوز به‌منظور ارتقاء سطح دانش عمومی در صنعت CNG مجموعه‌ای در ۵ جلد تحت عناوین:

۱. آلودگی
۲. ایستگاه‌های سوخت‌گیری
۳. کیت‌های تبدیل
۴. مخازن سوخت
۵. موتورهای گازسوز

تهیه شده تا علاقه‌مندان و پژوهشگران گرامی با کلیات مسائل مربوط به صنعت CNG آشنا گردند. در نگارش این مجموعه‌ها سعی شده که در هر مجموعه، مطالب به‌گونه‌ای بیان شوند تا خواننده پس از مطالعه آنها، به یک دیدگاه کلی از وضعیت موجود رسیده و با معایب و مزایای خودروهای CNGسوز آشنا گردد.

همچنین سعی شده تا از پرداختن به مطالب، به‌صورت صرفاً تخصصی خودداری شود و بدین ترتیب مخاطبین بیشتری بتوانند از مجموعه حاضر استفاده نمایند.

امید است مجموعه حاضر بتواند قدمی مثبت در جهت بالا بردن سطح اطلاعات و دانش فنی کارشناسان و محققین گرامی جهت اجرای موفقیت‌آمیز طرح ملی تبدیل سوخت خودروها به گاز طبیعی باشد.

وحید اصفهانیان

رئیس موسسه عالی پژوهشی خودرو، سوخت و محیط زیست

و دبیر علمی همایش

## فهرست مطالب


۱- مقدمه ..... ۱
۲- تحول سیستم‌های کیت گازسوز ..... ۱
۲-۱- نسل اول ..... ۲
۲-۱-۱- تشریح عملکرد کیت‌های نسل اول ..... ۳
۲-۲- نسل دوم ..... ۶
۲-۲-۱- تشریح عملکرد کیت‌های نسل دوم ..... ۷
۲-۳- نسل سوم ..... ۸
۲-۳-۱- تشریح عملکرد کیت‌های نسل سوم ..... ۹
۲-۴- نسل چهارم ..... ۹
۲-۴-۱- تشریح عملکرد کیت‌های نسل چهارم ..... ۱۱
۳- اجزای کیت ..... ۱۱
۳-۱- لوله‌ها ..... ۱۳
۳-۱-۱- لوله‌های گاز فشاربالا ..... ۱۴
۳-۱-۲- لوله‌های گاز فشارپایین ..... ۱۵
۳-۲- رگولاتور ..... ۱۸
۳-۲-۱- رگولاتور سه‌مرحله‌ای ..... ۲۱
۳-۲-۲- رگولاتور دومرحله‌ای ..... ۲۲
۳-۲-۳- دو رگولاتور به‌صورت جداگانه ..... ۲۲
۳-۳- سوئیچ تبدیل ..... ۲۳
۳-۳-۱- کارکردن در حالت بنزین ..... ۲۴
۳-۳-۲- کارکردن در حالت بنزین و گاز (سوئیچ تبدیل خودکار) ..... ۲۴
۳-۳-۳- کارکردن در حالت گاز ..... ۲۵
۳-۴- میکسر (Mixer) ..... ۲۶
۳-۴-۱- اصول کارکرد میکسرها ..... ۲۷
۳-۴-۲- انواع میکسرها ..... ۲۸
۳-۴-۳- محل قرارگیری میکسر ..... ۳۰
۳-۵- واحد کنترل الکترونیکی (ECU) ..... ۳۴
۳-۵-۱- ساختمان ECU ..... ۳۶

۳-۵-۲- محل نصب ECU ..... ۳۶
۳-۵-۳- پیکربندی ECUهای گاز و بنزین ..... ۳۷
۳-۵-۴- سیستم کنترل لامبدا ..... ۴۰
۳-۶- پیش‌انداز جرقه ..... ۴۱
۳-۷- شبیه‌ساز الکترونیکی ..... ۴۴
۳-۸- حسگرها ..... ۴۵
۳-۸-۱- حسگر دمای هوای ورودی (IAT) ..... ۴۶
۳-۸-۲- حسگر موقعیت دریچه گاز (TPS) ..... ۴۸
۳-۸-۳- حسگر خلاء (Vacuum Sensor) ..... ۴۹
۳-۹- شیرهای CNG ..... ۴۹
۳-۹-۱- شیرمخزن ..... ۵۲
۳-۹-۲- شیرهای سولونوئیدی ..... ۵۴
۳-۹-۳- شیر سوخت‌گیری ..... ۵۷
۳-۱۰- موتور پله‌ای ..... ۵۸
۴- نکات قابل توجه قبل از تبدیل موتور ..... ۵۸
۴-۱- ملاحظات نصب کیت‌های میکسری معمولی ..... ۶۲
۵- نتیجه‌گیری ..... ۶۳
مراجع ..... ۶۵
واژه‌نامه فارسی- انگلیسی ..... ۶۹

# ۱ مقدمه

به‌منظور استفاده از سوخت گاز طبیعی در خودروهای بنزینی موجود، می‌بایست تغییراتی در سیستم سوخت‌رسانی آنها ایجاد شود. نظر به این‌که بیشتر خودروها بر مبنای استفاده از سوخت بنزین و به‌صورت تک‌سوخته تولید شده‌اند، لذا تجهیزات مربوط به سوخت گاز بعداً روی خودرو نصب می‌شوند. به مجموعهٔ این تجهیزات که قابلیت استفاده از گاز را به خودرو می‌دهند، کیت تبدیل گفته می‌شود. کیت‌های تبدیل در مدل‌های متنوعی تولید می‌شوند و براساس معیارهای متفاوتی نیز تقسیم‌بندی شده‌اند. در ادامه به تشریح اقسام کیت از نظر سیر پیشرفت در تکنولوژی آنها می‌پردازیم.

# ۲ تحول سیستم‌های کیت گازسوز

کیت‌های تبدیل از آغاز تاکنون تحولات بسیاری را پشت‌سر گذاشته‌اند. کیت‌های اولیه بسیار ساده بودند ولی به مرور زمان بر اثر محدودیت‌های زیست‌محیطی و نیز منابع انرژی، دچار تحولات بسیاری شده‌اند. استانداردهای سخت‌گیرانهٔ آلودگی، سازندگان کیت‌های گازسوز را به استفاده از تکنولوژی‌های بسیار پیشرفته‌ای ملزم نموده‌است. براساس نقاط عطف موجود در سیر این تحولات می‌توان کیت‌های گازسوز را به چهار نسل دسته‌بندی کرد که در ادامه به تشریح هر یک از آنها به‌همراه مزایا و معایب هر نسل پرداخته می‌شود.

## ۲-۱ نسل اول

در نسل اول تمامی تجهیزات به‌کار رفته برای سوخت‌رسانی، 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 اولیهٔ کیت انجام می‌گردد و هیچ سیستم کنترلی مداربسته و بازخوردی از عملکرد وجود ندارد. برخی از مشخصات و ویژگی‌های این نسل از کیت‌ها به اختصار در زیر بیان شده‌است:

۱. در این نسل، ونتوری براساس میزان گاز ورودی و اندازه‌گیری پایین‌ترین فشار رگولاتور، انتخاب می‌شود.
۲. دارای پیچ تنظیم اصلی و تنظیم سوخت در حالت بی‌بار هستند.
۳. قطعات الکترونیکی و سیستم کنترل نسبت هوا به سوخت ندارند.
۴. به‌دلیل سادگی ساختار، از قیمت پایینی برخوردار هستند.
۵. خودروهای تبدیل‌شده با این کیت‌ها نسبت به خودروهای بنزینی قدیمی آلودگی کمتری تولید می‌کنند اما قادر به گذراندن استانداردهای جدید آلاینده‌ها نیستند (EURO I به بالا).
۶. وجود ونتوری، به‌علت ایجاد افت فشار سبب کاهش راندمان خودرو می‌گردد.
۷. از آنجا که نسبت هوا به سوخت در این نسل از کیت‌ها کنترل نمی‌گردد، نمی‌توان از کاتالیست‌ها در خودروهای تبدیلی استفادهٔ مؤثری نمود.

۸. برای تصحیح میزان آوانس جرقه از پیش‌انداز جرقه استفاده می‌شود.

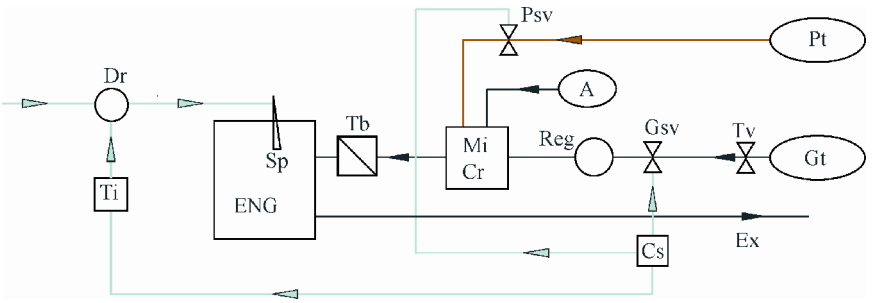
## ۲-۱-۱ تشریح عملکرد کیت‌های نسل اول

در شکل ۱ طرح شماتیک استفاده از کیت نسل اول روی خودروی کاربراتوری نشان داده شده‌است. اساس کار این سیستم اختلاط سوخت و هوا در یک ونتوری است. جریان سوخت و هوا در این ونتوری بر اثر خلاء منیفولد شکل می‌گیرد. برای سوخت بنزین از ونتوری موجود در کاربراتور (Cr) و برای سوخت گاز از میکسر[۱] (Mi) استفاده شده‌است. محل نصب میکسر قبل از کاربراتور و در مجاورت آن است. در مسیر گاز از مخزن گاز[۲] (Gt) تا میکسر مانند مسیر بنزین از باک (Pt) تا کاربراتور، شیرهای سولونوئیدی[۳] برای قطع گاز (Gsv) و بنزین (Psv) تعبیه شده‌است. البته در مورد مسیر گاز به‌دلیل فشار بسیار بالای گاز در مخزن (حدود ۲۲۰ اتمسفر)، ملاحظات خاصی لازم است. از آن جمله می‌توان به شیر اطمینان مخزن[۴] (Tv) برای حصول شرایط ایمنی و رگولاتور[۵] (Reg) برای کاهش فشار گاز تا حدود فشار اتمسفر اشاره کرد. باز یا بسته‌بودن شیرهای سولونوئیدی مذکور به وضعیت سوئیچ تبدیل[۶] (Cs) بستگی دارد. هرگاه سوئیچ تبدیل در حالت استفاده از گاز قرار داده شود، مسیر سوخت بنزین بسته می‌شود و بالعکس. میزان گاز ورودی براساس تنظیمات اولیهٔ رگولاتور و فشار خلاء پایین‌دست میکسر تعیین می‌گردد. این فشار تا حدود زیادی تابع موقعیت دریچهٔ گاز (Tb) است. برای اصلاح زاویهٔ جرقه در حالت استفاده از گاز، از پیش‌انداز جرقه[۷] (Ti) استفاده

---

[1] - Mixer
[2] - Gas Tank
[3] - Solenoid Valves
[4] - Tank Safety Valve
[5] - Regulator
[6] - Change over Switch
[7] - Timing Advance Processor

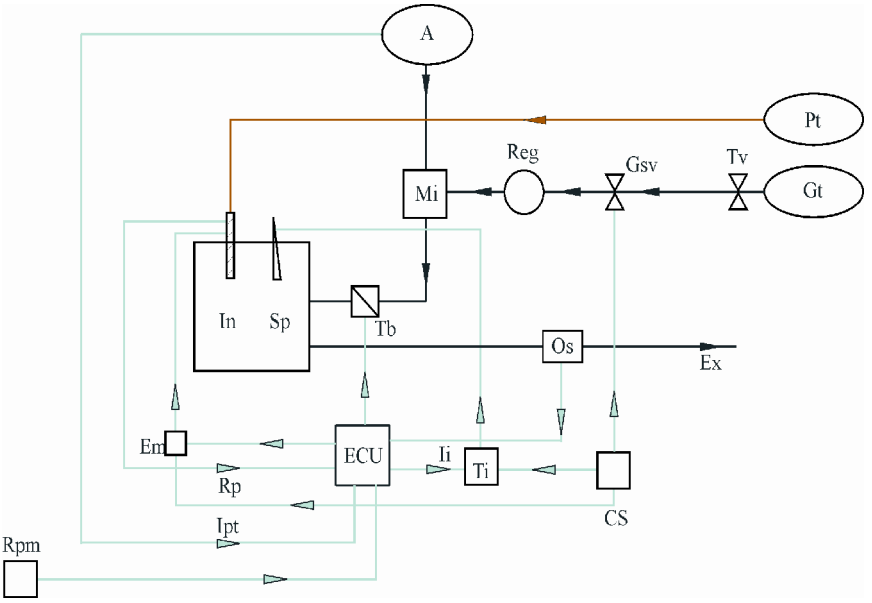
می‌گردد. این وسیله به‌محض دریافت سیگنال از سوئیچ تبدیل در حالت استفاده از گاز، سیگنال خروجی از دلکو (Dr) برای شمع‌ها (Sp) را، آوانس می‌کند.




**شکل ۱: طرح شماتیک کیت نسل اول روی خودروی کاربراتوری**

در شکل ۲ یک نمونهٔ دیگر از کیت‌های نسل اول دیده می‌شود که روی یک خودروی بنزینی با سیستم سوخت‌رسانی انژکتوری نصب شده‌است. این طرح شماتیک اصول کارکرد این کیت را نشان می‌دهد. اساس کار با آنچه در مورد خودروی کاربراتوری بیان شد، تفاوت زیادی ندارد. تنها قطعه‌ای که به کیت گازسوز اضافه می‌گردد، شبیه‌ساز پاشش[۸] (Em) است که جهت قطع انژکتورهای بنزینی (In) در حالت استفاده از گاز به‌کار می‌رود. این قطعه از تولید کد خطا در ECU بنزین نیز جلوگیری می‌کند. در خودروهای کاربراتوری تنها با یک شیر سولونوئیدی در مسیر بنزین می‌توان جریان سوخت را در حالت استفاده از گاز قطع کرد.

[8] - Injection Emulator




**شکل ۲: طرح شماتیک یک کیت نسل اول روی خودروی انژکتوری**

همان‌طور که مشهود است در این مدل نیز کنترلی روی نسبت هوا به سوخت وجود ندارد بلکه گاز در اثر خلاء منیفولد به داخل ونتوری میکسر کشیده می‌شود و تنها تنظیمات اولیهٔ رگولاتور، تعیین‌کننده میزان سوخت مخلوط شده با هوا است.

از آنجا که این چنین کیت‌هایی نمی‌توانند الزامات و نیازمندی‌های صنعت خودرو را برآورده سازند، بتدریج جای خود را به کیت‌های نسل دوم داده‌اند. حروف اختصاری شکل‌های ۱ تا ۴ در جدول ۱ توضیح داده شده‌است.

## ۲-۲ نسل دوم

تفاوت اساسی این نسل با نسل قبلی مجهزشدن به سیستم کنترلی مداربستهٔ نسبت هوا به سوخت است. در این سیستم بازخورد لازم توسط حسگر اکسیژن تأمین می‌گردد. پردازش لازم برای تصحیح مقدار گاز ورودی به میکسر در ECU[۹] گاز انجام می‌گیرد. این تصحیحات توسط یک موتور پله‌ای[۱۰] که در مسیر گاز ورودی به میکسر قرار دارد، اعمال می‌گردد. با این روش می‌توان نسبت هوا به سوخت را با دقت خوبی کنترل کرد. این مسأله زمینهٔ مساعدی برای استفاده از کاتالیست‌ها در خودروهای مجهز به این نسل از کیت‌ها را فراهم می‌کند. بنابراین سطح کاهش آلاینده‌ها نسبت به خودروهای مجهز به نسل اول چشم‌گیر است. این نسل از کیت‌ها هم در خودروهای کاربراتوری و هم در خودروهای انژکتوری به‌کار می‌روند. شایان ذکر است که برای استفاده از این کیت‌ها روی خودروهای انژکتوری ملاحظات و تدابیر خاصی لازم است. از جملهٔ آنها می‌توان به نصب شبیه‌ساز پاشش و نیز شبیه‌ساز حسگر اکسیژن اشاره نمود. بعضی از مشخصه‌های این سیستم در زیر قید شده‌است:

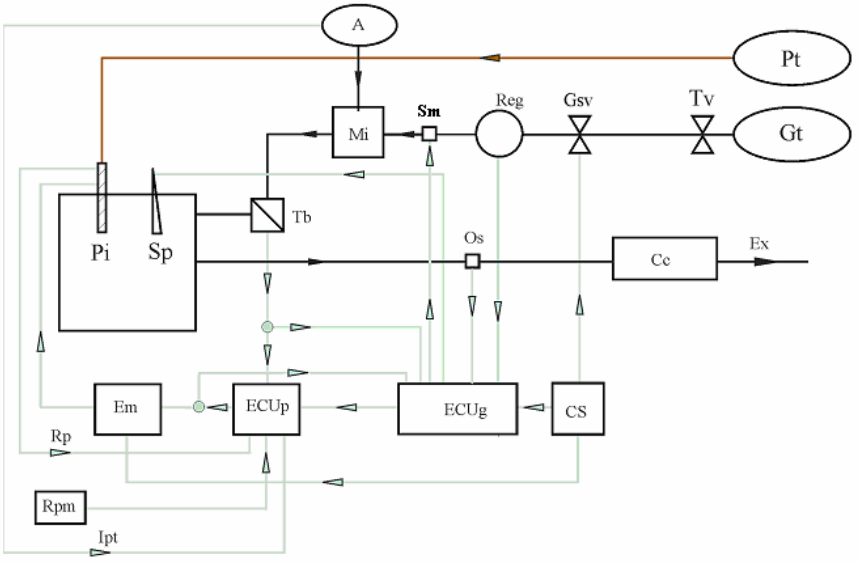
۱. کنترل مدار بستهٔ نسبت سوخت به هوا
۲. تأمین سطح آلودگی کمتر نسبت به کیت‌های نسل اول
۳. پیکربندی ECU گاز نسبت به بنزین می‌تواند به‌صورت اصلی- فرعی[۱۱] یا مستقل[۱۲] باشد.
۴. استفاده از میکسر برای اختلاط سوخت و هوا

[9] - Electronic Control Unit
[10] - Step Motor
[11] - Master/Slave
[12] - Stand Alone

۵. استفاده از قطعات و سخت‌افزارهای الکترونیکی با کیفیت بالا

## ۲-۲-۱ تشریح عملکرد کیت‌های نسل دوم

عملکرد این دسته از کیت‌ها به‌صورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده‌است. در این نسل نیز برای اختلاط گاز و هوا از میکسر استفاده می‌شود. تفاوت عمده‌ای که در نحوهٔ کار این کیت با نسل‌های قبل وجود دارد، استفاده از یک سیستم کنترلی مداربسته برای تنظیم نسبت هوا به سوخت است. در واقع ECU گاز (ECUg) سیگنالی را که ECU بنزین (ECUp) برای بازشدن انژکتور بنزین (Pi) ارسال می‌کند، دریافت کرده و بعد از تصحیح آن براساس تفاوت‌های بنزین و گاز، فرمان لازم را برای موتور پله‌ای (Sm) که قبل از میکسر قرار دارد، ارسال می‌کند. به این ترتیب ECU گاز از پردازشی که در ECU بنزین روی اطلاعات ورودی حسگرها انجام شده‌است، استفاده می‌کند. لذا این پیکربندی از نوع اصلی- فرعی است.




**شکل ۳: طرح شماتیک کیت نسل دوم روی خودروی انژکتوری**

در کیت نشان داده‌شده در شکل ۳، مجموعهٔ پیش‌انداز جرقه داخل ECU تعبیه شده‌است. شبیه‌ساز پاشش هم کاملاً مانند آنچه در نسل دوم تشریح شد، عمل می‌کند. در بعضی از سیستم‌های انژکتوری بنزینی از الگوهای تطبیقی کنترل، استفاده می‌گردد لذا با تغییر محسوس داده‌های ورودی از حسگرها به‌خصوص حسگر اکسیژن، تصحیحاتی در نگاشت[۱۳] اولیه ECU بنزین اعمال می‌گردد. برای دوسوخته[۱۴] کردن این نوع از خودروها ملاحظات خاصی لازم است. برای مثال در حالت استفاده از گاز، داده‌های حسگر اکسیژن باید شبیه‌سازی شوند تا اصلاحات ECU بنزین که با فرض استفاده از سوخت بنزین است، بر الگوریتم کنترل اعمال نشود. در کیت نمایش داده‌شده در شکل ۳ شبیه‌ساز سنسور اکسیژن[۱۵] در داخل ECU گاز قرار دارد.

## ۲-۳ نسل سوم

قابل توجه‌ترین پیشرفت در کیت‌های نسل سوم نسبت به نسل قبل، استفاده از انژکتورهای پاشش گاز به‌جای میکسرها است. با این تغییر تمام تجهیزات سیستم سوخت‌رسانی، قطعاتی الکترونیکی خواهند بود. این به معنای دقت بیشتر و قابلیت کنترل بهتر است. تفاوت کلیدی سوخت‌رسانی به‌وسیله 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 بالارفتن دقت و کیفیت کنترل در این کیت‌ها می‌شود. در این نسل به‌علت الکترونیکی بودن تمامی قطعات، امکان عیب‌یابی خودکار،

---

[13] - Map

[۱۴] – Bifuel، برای آشنایی بیشتر با مفاهیم موتورهای گازسوز و نحوه طبقه‌بندی آنها به مجموعه موتورهای گازسوز مراجعه شود.

[15] - Oxygen Sensor Emulator

توسط ECUهای گاز و بنزین فراهم می‌گردد. ویژگی‌های این نسل را می‌توان به‌صورت زیر خلاصه نمود:

۱. استفاده از قطعات الکترونیکی پیشرفته برای کنترل جریان گاز
۲. سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت‌ها تک‌نقطه‌ای یا چندنقطه‌ای است.
۳. زمان پاشش و تنظیم میزان سوخت در انژکتورها به‌صورت گروهی است.
۴. دارا بودن قابلیت عیب‌یابی الکترونیکی
۵. پیکربندی ECU گاز نسبت به بنزین می‌تواند به‌صورت اصلی- فرعی یا مستقل باشد.
۶. سطح کیفی بالای قطعات الکترونیکی
۷. کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت
۸. قابلیت بالا در کاهش آلاینده‌ها و تولید توان با افت کمتر

### ۲-۳-۱ تشریح عملکرد کیت‌های نسل سوم

همان‌طور که در شکل ۴ مشهود است عملکرد این نسل از کیت‌ها با نسل دوم تفاوت زیادی ندارد. سیستم کنترلی مداربسته نیز به‌طور مشابه عمل می‌کند. تنها تفاوت در این است که به‌جای مجموعهٔ موتور پله‌ای و میکسر از انژکتورهای گاز (Gi) استفاده می‌شود.

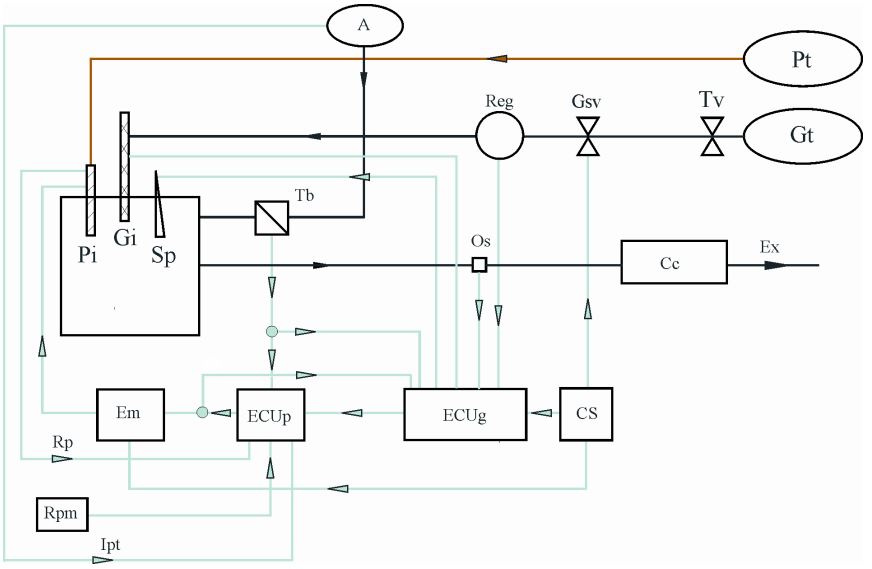
## ۲-۴ نسل چهارم

این نسل شامل پیشرفته‌ترین و پیچیده‌ترین کیت‌های گازسوز ارائه‌شده توسط 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 کیت‌ها به‌کار گرفته شده‌است. مجموعه‌ای شامل

تجهیزات دقیق الکترونیکی، الگوریتم‌های کارآمد کنترل و الگوهای نوین عیب‌یابی زمینهٔ ظهور این دسته از کیت‌ها را فراهم کرده‌اند. البته کسب این مزایای قابل‌توجه به بهای افزایش هزینه و قیمت تمام‌شده، در این نوع از کیت‌ها است. ویژگی بارز این نسل نسبت به نسل سوم استفاده از تکنولوژی سیستم پاشش سوخت نوبتی چندنقطه‌ای[۱۶] است. در این سیستم به‌جای استفاده از پاشش گروهی در انژکتورها، هر انژکتور به‌طور جداگانه کنترل می‌شود و زمان پاشش و میزان آن در هر انژکتور به‌وسیلهٔ ECU گاز تعیین می‌گردد، لذا دقت کنترل نسبت هوا به سوخت در این موتورها بسیار بالاست.

موارد زیر را می‌توان به‌عنوان مشخصات اصلی این نسل نام برد:

۱. سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت‌ها چندنقطه‌ای است.




**شکل ۴: طرح شماتیک کیت نسل سوم یا چهارم**

[16] - Multi-Point Sequential Fuel Injection

۲. سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت‌ها چندنقطه‌ای است.

۳. کنترل زمان پاشش و تنظیم میزان سوخت برای هر انژکتور، به‌صورت جداگانه

۴. استفاده از تجهیزات الکترونیکی دقیق برای کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت

۵. قابلیت عیب‌یابی الکترونیکی پیشرفته

۶. استفاده از انژکتورهای فشار بالا (۸ bar)

۷. هزینه و قیمت بالا

۸. پیکربندی ECU گاز نسبت به بنزین می‌تواند به‌صورت اصلی- فرعی یا مستقل باشد.

۹. سطح آلاینده‌های تولیدی بسیار پایین بوده و کم‌ترین حد افت توان را داراست.

### ۲-۴-۱ تشریح عملکرد کیت‌های نسل چهارم

به لحاظ ظاهری این نسل از کیت‌ها کاملاً شبیه کیت‌های نسل سوم با سیستم پاشش چندنقطه‌ای هستند. بنابراین شکل ۴ می‌تواند نمایانگر اصول کلی کارکرد این نسل باشد. همان‌طور که تشریح شد، تفاوت این دو نسل در نحوهٔ کنترل و پاشش انژکتورهای گاز است.

# ۳ اجزای کیت

کیت‌ها از قطعات مختلفی تشکیل می‌شوند که در ادامه به شرح آنها می‌پردازیم. البته هر کیت می‌تواند بسته به‌نوع سازنده یا نوع مصرف، علاوه بر موارد ذکرشده دارای قطعات دیگری هم باشد. بنابراین برای هر کیت باید به مشخصات خاص آن رجوع شود. در ابتدا قسمت‌های مختلف کیت را نام برده و سپس به شرح وظایف تک‌تک آنها می‌پردازیم.

**جدول ۱: حروف اختصاری به‌کار رفته در شکل‌های ۱ تا ۴**

| Full name | Abbreviation |
|---|---|
| Engine | **Eng** |
| Throttle body | **Tb** |
| Petrol tank | **Pt** |
| Gas tank | **Gt** |
| Regulator | **Reg** |
| Step motor | **Sm** |
| Mixer | **Mi** |
| Injector | **In** |
| Injector emulator | **Em** |
| Catalytic converter | **Cc** |
| Petrol ECU | **ECUp** |
| Gas ECU | **ECUg** |
| Change over switch | **Cs** |
| Oxygen sensor | **Os** |
| Map sensor | **Ms** |
| Throttle position sensor | **Tp** |
| Intake pressure & temperature sensor | **Ipt** |
| Temperature sensor | **Ts** |
| Engine speed sensor | **Rpm** |
| Gas Injector | **Gi** |
| Petrol Injector | **Pi** |
| Spark plug | **Sp** |
| Gas solenoid valve | **Gsv** |
| Petrol solenoid valve | **Psv** |
| Tank valve | **Tv** |
| Ignition impulse | **Ii** |
| Carburetor | **Cr** |
| Distributor | **Dr** |
| Air filter | **A** |
| Timing advance processor | **Ti** |
| Rail Pressure | **RP** |
| Exhaust | **Ex** |

این قسمت‌ها عبارتند از:

- لوله‌ها
- رگولاتور
- سوئیچ تبدیل
- میکسر
- واحد کنترل الکترونیکی
- پیش‌انداز جرقه
- شبیه‌ساز
- حسگرها
- شیرها
- موتور پله‌ای

## ۳-۱ لوله‌ها

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

۱. لولهٔ گاز فشاربالا
۲. لولهٔ گاز فشارپایین

در ادامه به تشریح ویژگی‌های لازم برای هر یک از آنها پرداخته خواهد شد.

### ۳-۱-۱ لوله‌های گاز فشاربالا

لوله‌های فشاربالا[17] وظیفه انتقال گاز از مخزن به شیر سوخت‌گیری و پس از آن به رگولاتور را بر عهده دارند. قطر این لوله‌ها معمولاً ۶ mm است و می‌توانند از جنس فولاد، برنج یا مس باشند. یک نمونه از این لوله‌ها در شکل ۵ آمده‌است.

موارد زیر می‌بایست در لوله‌های فشاربالا رعایت شوند:

أ. لوله‌ها باید به‌گونه‌ای محافظت شوند که از هرگونه انسداد در مسیرشان و نیز هرگونه تغییری در شکل ظاهری آنها جلوگیری شود. می‌بایست از جوش‌دادن لوله‌ها به خودرو در جهت حفاظت از آنها خودداری کرد.

ب. می‌بایست تا جایی‌که امکان دارد از عبوردادن خطوط سوخت‌رسانی از زیر گلگیر خودرو خودداری کرد. اگر لوله از این مسیر عبور کند و مجهز به پوشش مناسب حفاظتی نباشد، باید پیش‌بینی‌های لازم برای محافظت از آن در برابر برخوردهای ناشی از تصادم با اجسام خارجی یا مشکلاتی که به‌علت نصب غیرصحیح زنجیرچرخ ایجاد می‌شود، انجام گیرد.

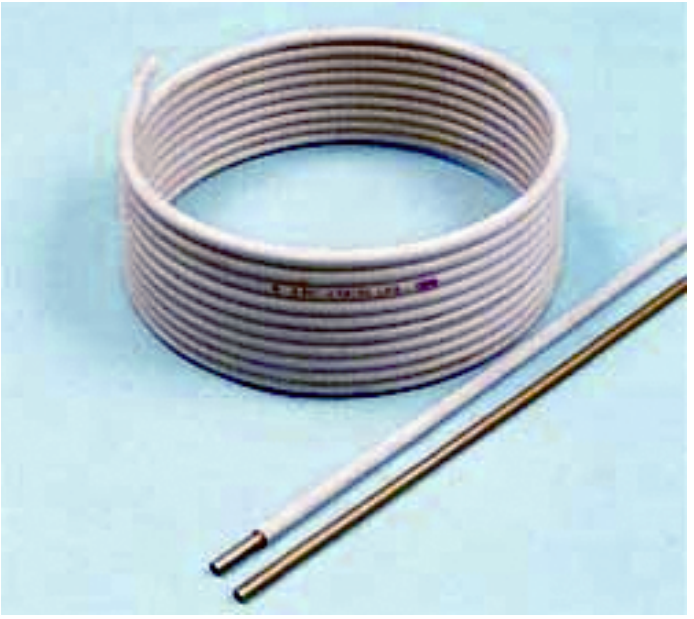
ج. فاصله بین اگزوز خودرو و لوله‌ها نباید از ۱۰۰ میلی‌متر کمتر باشد. اگر این فاصله کمتر از این مقدار باشد، پوششی از مواد عایق حرارتی با ضخامت حداقل ۱ میلی‌متر باید بین اجزاء قرار گیرد. با این حال این فاصله نباید از ۵۰ میلی‌متر کمتر شود.

د. در اتصالاتی که در معرض ارتعاشات و جابجایی قرار دارند باید از بست‌های انعطاف‌پذیر یا راه‌حل‌های تکنیکی مناسب دیگر که از جابجایی نسبی بین اجزای صلب سیستم جلوگیری نمی‌کند، استفاده شود.

ه. فاصله بین لوله‌ها و بدنه در نقاط بی‌خطر، نباید بیش از ۰/۸ متر باشد.

[17] - High Pressure Pipes

و. لوله‌ها باید دارای مقاومت لازم در برابر حداقل فشار kPa ۴۵۰۰ درسیستم‌های LPG انژکتوری و kPa ۳۰۰۰۰ در سیستم‌های CNG انژکتوری باشند.



**شکل ۵: لوله گاز فشاربالا**

## ۳-۱-۲ لوله‌های گاز فشارپایین

این لوله‌ها، گاز فشارپایین را از رگولاتور به میکسر یا انژکتورها می‌رسانند. جنس این لوله‌ها از کائوچوی مصنوعی بوده و شبکه‌ای فلزی از اطراف، آنها را تقویت می‌کند. در شکل ۶ یک نمونه از این لوله‌ها نشان داده شده‌است.

**شکل ۶: لوله گاز فشارپایین**

موارد زیر در لوله‌های گاز فشارپایین[۱۸] باید مدنظر قرارگیرند:

أ. لوله‌های فشارپایین (لوله‌هایی که درمعرض فشارهایی نزدیک به فشار جو هستند)، باید به‌اندازه کافی بلند و انعطاف‌پذیر باشند تا بتوانند خود را با شکل خودرو منطبق کرده و در جابجایی‌های ناشی از حرکت نسبی بین موتور و بدنه، پاره نشوند.

ب. لوله‌های فشارپایین می‌توانند از جنس فولاد یا شلنگ‌های انعطاف‌پذیرکه به‌طور مؤثری تقویت شده‌اند، باشند (بنابراین الزاماً نیازی به لوله‌هایی با شبکه فلزی نیست).

ج. لوله‌های فشارپایین باید مقاومت لازم در برابر فشارکاری آن قسمت از سیستم که در آن به‌کار می‌روند، داشته باشند. طبق استاندارد، تحمل لوله باید بیش از فشار گاز داخل آن باشد.

د. لوله‌ها باید از موادی انتخاب شوند که مقاومت لازم در برابر واکنش‌های شیمیایی گاز را داشته باشند و بتوانند شرایط محیط را تحمل کنند.

ه. این لوله‌ها باید با قطر مناسب اختیار شوند تا جریان گاز، مطابق با مشخصات موتور خودروی مورد نظر فراهم گردد.

[18] - Low Pressure Gas Pipes

و. خطوط سوخت‌رسانی و اجزایش می‌بایست فاقد هرگونه عیبی و مبرا از آثار به‌جامانده مانند زنگ‌زدگی، پوسیدگی، خوردگی و هرگونه لکه یا سوراخ باشند.

ز. خطوط سوخت و اتصالات باید آن‌چنان محکم نصب شوند که در مقابل ارتعاشات احتمالی، جابه‌جا نشده و ضربه نخورند، این امر توسط گیره‌های فلزی انجام می‌گیرد. این خطوط با روش‌های مختلفی مانند گالوانیزه‌کردن محافظت می‌شوند.

ح. این قطعات ممکن است به‌وسیله نوارهای نایلونی یا هر ماده دیگر که قادر به واکنش با این قطعات نباشد، محکم شوند.

ط. فاصله بین بست‌ها نباید از ۶۰۰ میلی‌متر بیشتر شود.

ی. از قراردادن اتصالات در محل‌هایی که دسترسی به آنها مشکل است باید خودداری کرد.

ک. باید از قراردادن خطوط سوخت‌رسانی و لوله‌های گاز در محل‌هایی که ممکن است گاز به‌علت نشت‌های غیرقابل پیش‌بینی انباشته گردد، اجتناب ورزید.

ل. وجود زانویی در لوله‌ها باعث افت عملکرد آن مجموعه می‌شود.

م. لوله‌کشی‌ها و سایر اتصالاتی که در پایین‌ترین قسمت موتور نصب می‌شوند باید به‌طور مکانیکی در مقابل ضربه و ذرات پرتاب‌شونده محافظت شوند.

ن. باید لوله‌ها به اندازه طول مورد نیاز (براساس فاصله میان دو مجموعه بعلاوه طول حلقه مورد نیاز) بریده شوند.

س. در یک طرف لوله، حلقه‌ای ۱/۵ دوری و به قطر ۵ cm ایجاد می‌شود. تعداد این حلقه‌ها دوتاست، که یکی در لوله‌کشی بین شیر مخزن و شیر سوخت‌گیری و دیگری بین شیر سوخت‌گیری و رگولاتور قرار دارد.

## ۳-۲ رگولاتور

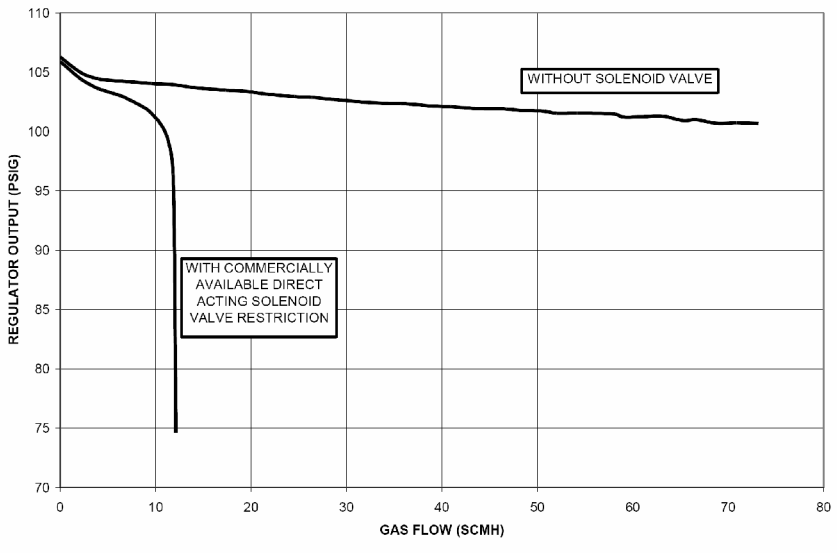
رگولاتور ابزاری برای تبدیل گاز فشاربالا به گاز فشارپایین می‌باشد. رگولاتور یک شیر کنترل فشار مکانیکی محسوب می‌شود که فشار CNG را به مقدار مناسبی کاهش می‌دهد تا بتواند احتراق را در حد بهینه کنترل کند. در قسمتی از رگولاتور فشار، یک فیلتر ۴۰ میکرونی نزدیک به منیفولد گاز قرار دارد. این فیلتر هر ۳۶۰۰۰ مایل باید تعویض شود. گاز از فیلتر فشاربالا وارد رگولاتور شده و پس از عبور از فیلتر ۴۰ میکرونی وارد شیر سولونوئیدی فشاربالا می‌شود. به‌محض روشن‌شدن سوئیچ، سولونوئید انرژی می‌گیرد و به گاز اجازه ورود به قسمت اصلی رگولاتور را می‌دهد. رگولاتور شامل اجزای زیر است:

۱. یک شیر فشارشکن، که در فشار psi ۱۸۵ کار می‌کند.
۲. یک لوله خروجی[۱۹] که به شیر فشارشکن متصل می‌باشد و قادر است هر فشاری را به سیستم خروجی تحویل دهد. معمولاً رگولاتور مجهز 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.

مشخصات جریان شیر سولونوئیدی رگولاتور عبارت است از: ولتاژ ۱۲ ولت، جریان ۰/۶ آمپر و مقاومت ۱۹/۵ اهم. البته رگولاتور به انرژی کمی نیاز دارد تا به گاز اجازه عبور دهد. فشار مخازن، شیر مخازن یا سایر شیرهای سولونوئیدی، اندازه لوله‌ها، فیلترها و رطوبت گاز یا بنزین سبب محدودشدن فشار رگولاتور شده و عملکرد رگولاتور را تحت تأثیر قرار می‌دهند. البته باید توجه کرد که در جریان‌های فشارپایین رگولاتور ممکن است دچار خفگی شود. پس شیرها

[19] - Vent Tube

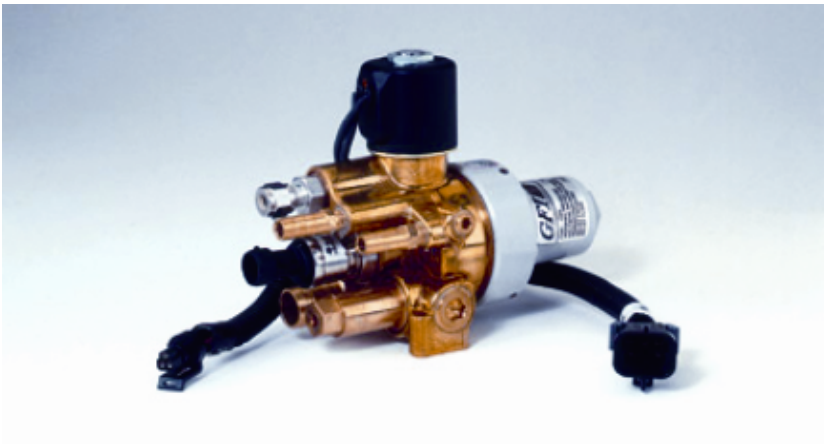
و خطوط انتقال سوخت باید با دقت زیادی انتخاب شوند. بنابراین برحسب شرایط، ممکن است رگولاتورهای مختلفی در وسائط نقلیه CNG مورد استفاده قرار بگیرد (شکل ۷).




**شکل ۷: اثر شدت جریان گاز بر خروجی رگولاتور**

وجود یک سیستم تصفیه‌کننده برای رگولاتور فشار ضروری است. هر چند که اکثر رگولاتورها مجهز به فیلتر داخلی می‌باشند ولی این فیلترها کوچک هستند و براحتی مسدود می‌شوند. این سیستم نه‌تنها از مسدودشدن رگولاتور جلوگیری می‌کند بلکه مانع از آسیب رساندن به شیرها نیز می‌شود. شیرهایی که با رگولاتور همراه هستند جریان فشار بالا را کنترل کرده و فشار خروجی را کاهش می‌دهند. گاز عبوری از این شیرها بسرعت منبسط و سرد می‌شود. برای مثال اگر گاز در دمای اتاق و فشار ۳۰۰۰ psi به رگولاتور وارد شود و رگولاتور در فشار ۱۰۰ psi باشد، گاز سرد شده و لایه‌ای از هیدرات و یخ در محل خروجی ایجاد

می‌شود. این امر سبب کاهش میزان جریان شده و افزایش آلودگی خروجی از موتور را به‌همراه خواهد داشت. البته اگر موتور برای مدت کوتاهی خاموش شود این مشکل برطرف می‌شود ولی با استارت دوباره مشکلات آغاز می‌شود. به‌همین دلیل جریانی از آب گرم‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آب گرم‌کننده در رگولاتور گردش کرده و مانع یخزدگی می‌شود. یک نمونه رگولاتور در شکل ۸ نشان داده شده‌است.



**شکل ۸: رگولاتور**

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

۱. یک رگولاتور سه‌مرحله‌ای
۲. یک رگولاتور دومرحله‌ای
۳. دو رگولاتور به‌صورت جداگانه

### ۳-۲-۱ رگولاتور سه‌مرحله‌ای

این رگولاتورها یک وضعیت پایدار را برای موتور ایجاد می‌کنند و البته بیشتر در موتورهایی مورد استفاده واقع می‌شوند که توان آنها ۲۰ تا ۹۰ کیلووات است. نحوهٔ عملکرد این رگولاتورها به‌صورت زیر است:

۱. مرحله اول؛ کاهش فشار از ۳۰۰۰ psi به ۶۰ psi می‌باشد. در این مرحله از یک شیر تفلونی استفاده می‌کنند که توسط دیافراگم و یک فنر کنترل می‌شود. همچنین این مجموعه دارای یک سیستم مبدل حرارتی است تا با انتقال گرما به رگولاتور، مانع از یخ‌زدن آن در هنگام انبساط گاز شود.

۲. مرحله دوم؛ کاهش فشار از ۶۰ psi به ۱۸ psi می‌باشد که شامل یک شیر با پوشش لاستیکی است که توسط یک دیافراگم و یک فنر کنترل می‌شود. البته فشار این مرحله برحسب نوع رگولاتور متغیر می‌باشد.

۳. مرحله سوم؛ این مرحله شامل یک شیر با دریچه لاستیکی است که توسط فنر و دیافراگم کنترل می‌شود (دیافراگم سبب افزایش کنترل می‌شود). البته در ورودی مرحله سوم یک شیر سولونوئیدی قرار دارد که جریان را در مواقع لازم قطع می‌کند. همچنین در موقعی که موتور راه‌اندازی می‌شود و سوئیچ روی شرایط گاز است، این شیر اجازه عبور جریان گاز را می‌دهد. توسط فنر، بار روی موتور اندازه‌گیری شده و به دیافراگم منتقل می‌شود تا امکان نگه‌داشتن موتور در حالت ایده‌آل به‌وجود آید.

### ۳-۲-۲ رگولاتور دومرحله‌ای

رگولاتور CNG می‌تواند یک رگولاتور دومرحله‌ای نیز باشد که در مرحله اول فشار حدوداً به ۱۰۰ psi می‌رسد و کاهش فشار به اندازه‌ای است که سوخت می‌تواند از میکسر عبور کند و وارد منیفولد ورودی شود. در مرحله دوم تغییرات فشار به مقدار سوختی که تزریق می‌شود بستگی دارد. در این مرحله از شیرهای کنترلی استفاده می‌شود. دو نوع رگولاتور دومرحله‌ای وجود دارد که عبارتند از: رگولاتور پیستونی و رگولاتور دیافراگمی. رگولاتور پیستونی کنترل بهتری روی فشار خروجی که متفاوت با فشار سیلندر است، دارد. در مرحله دوم میزان کنترل فشار به‌صورت مختصر می‌باشد. رگولاتورهای دومرحله‌ای دارای گرم‌کننده، حسگر دما و شیر سولونوئیدی هستند که همراه یک فیلتر به ورودی رگولاتور متصل شده‌اند و در هر مرحله هم یک شیر ایمنی به رگولاتور متصل است.

### ۳-۲-۳ دو رگولاتور به‌صورت جداگانه

در این وضعیت از دو رگولاتور به‌نام‌های رگولاتور فشاربالا و رگولاتور فشارپایین استفاده می‌کنند. رگولاتور فشاربالا، گاز را از فشار مخزن به ۱۷۰ psi رسانده و برای سیستم‌هایی با دبی جریان و راندمان گرمایی بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته این رگولاتور معمولاً همراه یک شیر سولونوئیدی است. این رگولاتور بعد از کاهش فشار، سوخت CNG را به درون لوله‌های مسی فشارپایین منتقل می‌کند. نصب این رگولاتور بسیار آسان است.

این رگولاتور برحسب ساختار موتور ممکن است تک‌مرحله‌ای یا سه‌مرحله‌ای باشد. این رگولاتور معمولاً قابل تعمیر نیست و توسط سیال سیستم خنک‌کننده موتور، گرم می‌شود.

همچنین به یک شیر یک‌طرفه مجهز شده‌است که این شیر بعد از بازشدن، فشار را کاهش می‌دهد.

رگولاتور فشارپایین، یک رگولاتور دومرحله‌ای است که فشار گاز را از مقدار آن در خروجی رگولاتور فشاربالا به حدود ۰/۲۲ psi یا ۶ اینچ آب کاهش می‌دهد.

## ۳-۳ سوئیچ تبدیل

وجود مزایا و معایب در دو نوع سوخت مختلف بنزین و گاز همانند فراوانی و ارزان بودن سوخت گاز، مطرح بودن مسألهٔ آلودگی سوخت بنزین و این نکته که با یک مخزن حاوی CNG مسافت کمی را می‌توان پیمود، سبب تولید خودروهایی شد که ضمن استفاده از سوخت گاز، سوخت بنزین را نیز در کنار داشته باشند. وجود دو نوع سوخت مختلف در خودرو استفاده از ابزاری مناسب برای این‌که راننده توانایی انتخاب نوع سوخت مورد نیاز را داشته باشد، اجتناب‌ناپذیر می‌کند. این ابزار در خودروهای دوسوخته به سوئیچ تبدیل موسوم می‌باشد.

سوئیچ تبدیل مهمترین قسمت ارتباط‌دهنده سیستم گازسوز با راننده می‌باشد که در خودروهای دوسوخته استفاده می‌شود. این وسیله به کمک ECU در خودروهایی که مجهز به سیستم کنترل مرکزی می‌باشند، اطلاعات لازم را برای راننده فراهم می‌سازد تا ضمن این‌که راننده حق 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 اطلاعات مورد نیاز این دو قسمت را برای آنها می‌فرستد. تکنولوژی به‌کار رفته در این نوع از سوئیچ‌ها، مدارهای هیبریدی می‌باشد.

محل قرارگیری سوئیچ تبدیل باید در جایی انتخاب شود که برای راننده براحتی قابل مشاهده بوده و دسترسی به آن نیز آسان باشد. در مواردی که فضای کمی برای قرار دادن سوئیچ تبدیل وجود دارد می‌توان آن را به‌صورت عمودی قرار داد. اگر بدنه خارجی سوئیچ تبدیل را حذف کنیم، می‌توانیم آن را به‌طور مستقیم در داخل داشبورد و در جایی که برای این منظور تعبیه شده‌است، قرار دهیم. سوئیچ تبدیل دارای سه موقعیت برای انجام سه کار می‌باشد که در ادامه آورده شده‌است.

### ۳-۳-۱ 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 تجهیزات گازی روی آن وجود ندارد.

### ۳-۳-۲ کارکردن در حالت بنزین و گاز (سوئیچ تبدیل خودکار)

هنگامی‌که سوئیچ تبدیل در موقعیت 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 واردشده و شروع به سوختن می‌کند.

در زمانی‌که موتور به‌صورت اتفاقی متوقف گردد یا اختلالی در کار آن ایجاد شود، سیستم به‌طور خودکار به سوخت بنزین باز می‌گردد.

به‌همین ترتیب در زمانی که شرایط به حالت عادی باز می‌گردد سوخت خودرو به گاز تبدیل می‌شود. واضح است که تکنولوژی سوئیچ براساس دور موتور عمل می‌کند و توانایی واقعی در تغییر سوخت از بنزین به گاز و برعکس به برنامه نرم‌افزاری داده‌شده و به آن بستگی دارد.

## ۳-۳-۳ کارکردن در حالت گاز

با قراردادن کلید در حالت گاز، مقدمات استفاده از گاز فراهم می‌گردد و با باز شدن شیر سولونوئیدی، استارت‌زدن امکان‌پذیر می‌شود.

در این حالت نیز موتور درصورت توقف اتفاقی یا نقص در روشن‌شدن به‌طور خودکار به حالت استفاده از بنزین در می‌آید (این قسمت در بعضی از انواع سوئیچ‌های تبدیل وجود ندارد و سوئیچ فقط دارای موقعیت‌های اول و دوم از حالت‌های توضیح داده شده، می‌باشد).

شایان ذکر است که در برخی از سوئیچ‌های تبدیل در هنگام فشردن ناگهانی و زیاد پدال گاز یا در هنگام شتاب گرفتن شدید، کلید تبدیل به‌طور خودکار در حالت بنزین قرار می‌گیرد. این کار برای شتاب‌گیری سریع‌تر و همچنین ممانعت از خشک‌شدن پمپ بنزین در شرایطی که از سوخت گاز استفاده می شود، لازم است. در بسیاری از سوئیچ‌های تبدیل، علاوه بر کلید انتخاب نوع سوخت، چراغ‌هایی روی مجموعهٔ سوئیچ تعبیه می‌شود که با رنگ‌ها و وضعیت‌های مختلف، اطلاعات مفیدی از نحوهٔ عملکرد کیت را نشان می‌دهند. دو نمونه از سوئیچ‌های تبدیل در شکل‌های ۹ و ۱۰ نمایش داده شده‌اند.

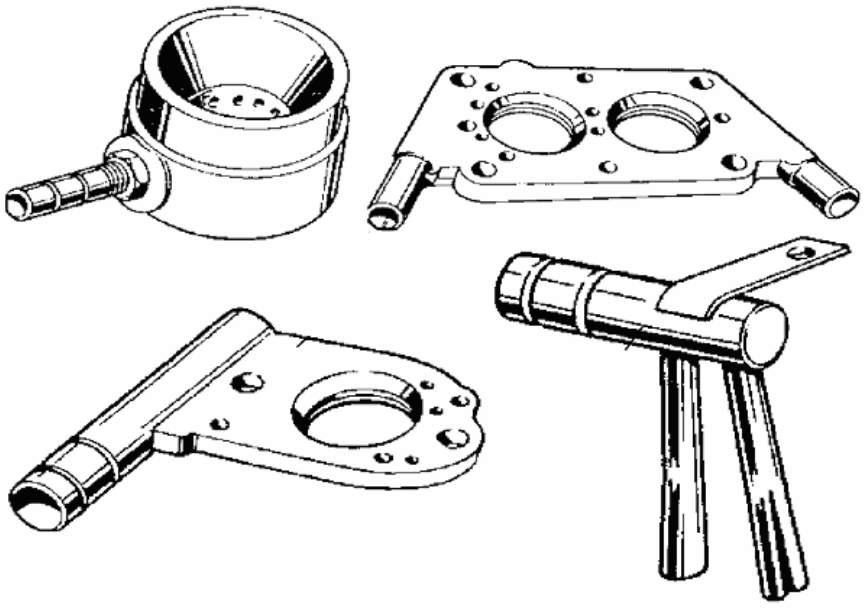
**شکل ۹: سوئیچ تبدیل**

**شکل ۱۰: سوئیچ تبدیل**

## ۳-۴ میکسر (Mixer)

برای ایجاد احتراق به مخلوطی از هوا و سوخت نیاز است. در موتورهای بنزینی این اختلاط توسط 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. در روش دیگری از تبدیل برای این منظور از قطعه‌ای به‌نام میکسر استفاده می‌شود که دستیابی به نسبت مناسب هوا به سوخت را در حالت بی‌بار یا در حالت حرکت خودرو، تضمین می‌کند.

در این قطعه، گاز با هوا مخلوط شده و به‌عنوان سوخت مورد نیاز وارد موتور می‌شود. میکسرها دارای اهمیت بسیاری در عملکرد مطلوب موتور هستند. در شکل ۱۱ انواع مختلفی از میکسرها نمایش داده شده‌است.



**شکل ۱۱: انواع میکسرها**

## ۳-۴-۱ 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 میکسر در گلوگاه بزرگتر باشد هوای تحویلی به موتور بیشتر و به‌علت افزایش تعداد سوراخ‌های خروجی گاز، میزان مکش ایجاد شده در این سوراخ‌ها

کمتر می‌شود و هرچه دهانه کوچکتر گردد، هوای تحویلی به موتور کمتر و میزان مکش ایجاد شده در سوراخ‌های خروج گاز بیشتر می‌شود.

## ۳-۴-۲ انواع میکسرها

میکسرها در حالت کلی از دو دیدگاه نوع ونتوری و نوع کاربرد طبقه‌بندی می‌شوند.

**از نظر نوع ونتوری**

این نوع میکسرها خود به دو دسته ونتوری متغیر و ونتوری ثابت تقسیم می‌شوند. نوع اول که یک نوع کاملاً پیشرفته و از نظر فنی پیچیده است، با بهبود فرآیند اختلاط، به‌طور شگفت‌آوری قابلیت رانندگی[۲۰] خودرو را بهبود می‌بخشد. این نوع میکسر تعمیر و نگهداری خودرو را با حذف نیاز به تنظیم دایمی موتور آسانتر می‌کند و هزینه سوخت را نیز کاهش می‌دهد.

نوع دیگری که میکسر ونتوری ثابت نامیده می‌شود، یک نوع متداول از میکسرها با تکنولوژی قدیمی است. خودروهایی که از این نوع میکسر استفاده می‌کنند به‌علت عدم کنترل اختلاط هوا و سوخت از کارایی کمتر و افت توان بیشتری برخوردارند، همچنین مصرف سوخت این خودروها نسبتاً زیادتر است.

**از نظر نوع کاربرد**

میکسرها در خودروهای کاربراتوری به دو دسته تقسیم می‌شوند. در حالت اول از ونتوری کاربراتور استفاده می‌شود که میکسر مورد استفاده در این حالت به دو دستهٔ دوشاخه[۲۱] و تک‌شاخه[۲۲] تقسیم می‌شود. در حالت دوشاخه، دریچه استارتر باید برای حالت گاز دوباره تنظیم شود و انتهای دوشاخه باید ۲ تا ۳ میلی‌متر زیر گلویی ونتوری قرار گیرد. لوله جریان گاز نباید

[20] - Drivability
[21] - Fork
[۲۲] – True، در اینجا این لغت که به معنی واقعی یا اصلی می‌باشد، تحت عنوان تک‌شاخه استفاده شده‌است.

فیلتر هوا را قطع کند بلکه تنها باید از جعبه فیلتر که معمولاً از مواد پلاستیکی ساخته شده، عبور کند. اصول به‌کارگیری سیستم تک‌شاخه همانند سیستم دوشاخه است و معمولاً به‌دلیل به‌کارگیری آن در خودروهای خاص پرهزینه‌تر از آن است. در این نوع سیستم در برخی موارد، تغییر شکل مجدد پروفیل دریچه کنترل سوخت استارتر، اجتناب‌ناپذیر است.

در حالت دوم از یک ونتوری مستقل استفاده می‌شود که خود به دو دسته کلاسیک[۲۳] و مسطح[۲۴] تقسیم می‌شود. محل قرارگیری میکسر کلاسیک با توجه به نوع خودرو تغییر می‌کند ولی معمولاً روی لوله ونتوری قرار می‌گیرد. این میکسرها همچنین خود به دو دسته Clutch و Corollary تقسیم می‌شوند که استفاده از هر کدام متأثر از مشخصات خودرو می‌باشد. محل قرارگیری میکسر مسطح روی دریچهٔ گاز و زیر جعبهٔ فیلتر هوا است. در میکسرهای مسطح به‌دلیل قرارگیری میکسر روی دریچه گاز، در اکثر موارد می‌بایست جعبه فیلتر هوا بلند شده و میکسر روی دریچه ورود هوا قرار گیرد.

میکسر در خودروهای انژکتوری به دو صورت مسطح و کلاسیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، که در حالت کلاسیک روی دریچه گاز یا روی لوله مکش هوا نصب می‌شود و می‌تواند از هر دو نوع Clutch و Corollary باشد. در حالت مسطح که معمولاً روی خودروهای پاشش سوخت تک‌نقطه‌ای (SPI)[۲۵] نصب می‌شود و محل قرارگیری آن نیز بین دریچه گاز می‌باشد و معمولاً از نوع Corollary است.

---

[23] - Classic
[24] - Plate
[25] - Single-Point Injection

## ۳-۴-۳ محل قرارگیری میکسر

محل قرارگیری میکسر وابسته به نوع تجهیزات موتور می‌باشد که شرح آن در زیر آمده است:

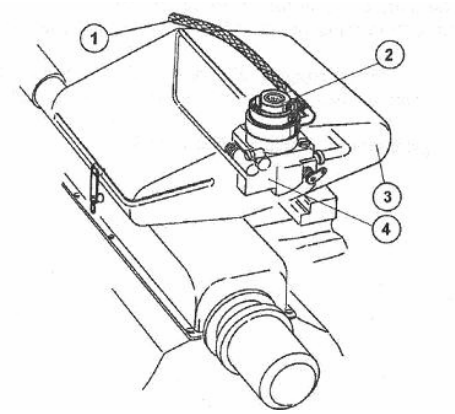
أ. در خودروهایی که مجهز به کاربراتور هستند، میکسر در بالادست دریچه کاربراتور قرار می‌گیرد. با توجه به شماره‌گذاری در شکل ۱۲، اجزای آن عبارتند از:

۱. لوله تأمین گاز

۲. میکسر

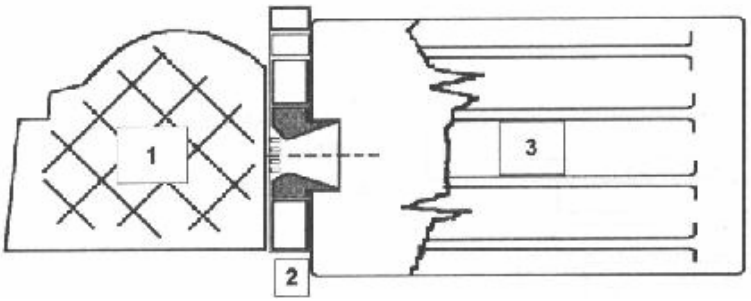
۳. جعبه فیلتر هوا

۴. کاربراتور




**شکل ۱۲: محل قرارگیری میکسر در سیستم کاربراتوری**

ب. در سیستم‌های انژکتوری که مجهز به دبی‌سنج مکانیکی هوا هستند، میکسر باید در بالادست این واحد اندازه‌گیری قرار بگیرد. با توجه به شماره‌گذاری در شکل ۱۳، اجزای آن عبارتند از:




**شکل ۱۳: میکسر در سیستم‌های مجهز به دبی‌سنج مکانیکی**

۱. دبی‌سنج جرمی هوا

۲. میکسر

۳. فیلتر هوا

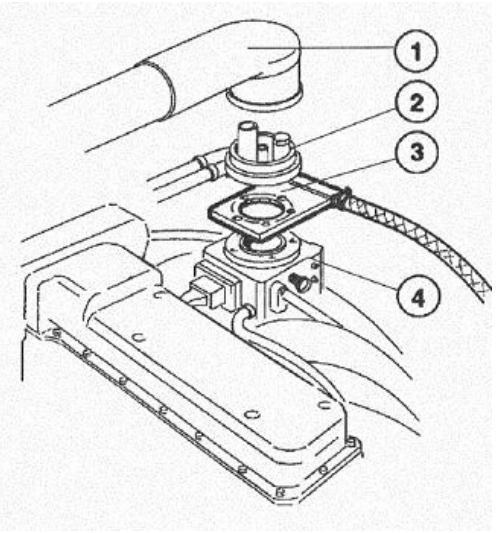
ج. در خودروهایی که مجهز به سیستم تک‌انژکتور می‌باشند، میکسر در بالادست پمپ شتاب دریچه گاز قرار می‌گیرد. با توجه به شماره‌گذاری در شکل ۱۴، اجزای آن عبارتند از:

۱. بوش مکش هوا

۲. واحد تک‌انژکتور

۳. میکسر

۴. واحد دریچه گاز




**شکل ۱۴: محل قرارگیری میکسر در سیستم تک انژکتور**

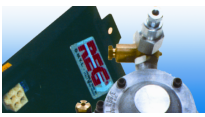
د. در سیستم‌های انژکتوری که مجهز به دبی‌سنج سیم داغ برای اندازه‌گیری جرم هوا هستند، میکسر بعد از دبی‌سنج قرار می‌گیرد. این حالت در شکل ۱۵ نشان داده شده‌است. اجزای این سیستم‌ها عبارتند از:

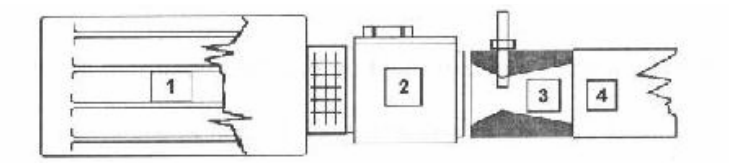
۱. فیلتر هوا

۲. دبی‌سنج سیم داغ

۳. میکسر

۴. منیفولد مکش






**شکل ۱۵: محل قرارگیری میکسر در سیستم‌های مجهز به دبی‌سنج سیم داغ**

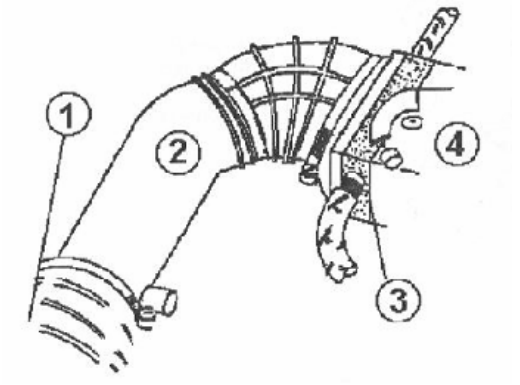
ه. در سیستم‌های انژکتوری K-jetronic که روی خودروهای آئودی و فولکس‌واگن نصب می‌شود، میکسر باید بین روکش فیلتر هوا و دبی‌سنج قرار گیرد. با توجه به شماره‌گذاری در شکل ۱۶، اجزای این سیستم عبارتند از:

۱. دبی‌سنج هوا

۲. بوش جفت‌کننده

۳. میکسر

۴. دریچهٔ گاز




**شکل ۱۶: محل قرارگیری میکسر در سیستم‌های k-jetronic**

## ۳-۵ واحد کنترل الکترونیکی (ECU)

وجود مشکلاتی مانند آلودگی و مصرف بالای سوخت در خودروهای قدیمی کاربراتوری که نسبت سوخت به هوا در آنها به‌طور مکانیکی تعیین می‌شد، سبب گردید تا ایده تولید خودروهایی مجهز به واحد نظارت الکترونیکی شکل گیرد.

کنترل الکترونیکی موتور در افزایش کارایی، بهبود مصرف سوخت و کاهش آلاینده‌ها تحول چشم‌گیری ایجاد کرده‌است. یکی از مهمترین دستاوردهای استفاده از سخت‌افزارها و پردازشگرهای الکترونیکی برای کنترل، تسهیل به‌کارگیری سیستم کنترلی مداربسته است. در کنترل مداربسته بر خلاف کنترل مدارباز، ورودی‌های سیستم براساس اختلاف خروجی‌ها با مقادیر مطلوب، تصحیح می‌شوند. در میان متغیرهای قابل کنترل موتور، نسبت هوا به سوخت از مهمترین و مؤثرترین آنها است که اثرات قابل‌ملاحظه‌ای بر کارایی و مشخصه‌های زیست‌محیطی موتور دارد. برای کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت در موتورهای بنزینی انژکتوری و نیز در موتورهای گازسوز از نسل دوم به بعد، از سیستم کنترلی مداربسته استفاده می‌شود. به این صورت که با استفاده از حسگر اکسیژن به‌عنوان سیگنال بازخورد اصلی و نیز داده‌های سایر حسگرها و یک پردازندهٔ الکترونیکی که برنامه‌ریزی شده‌است، نسبت هوا به سوخت به‌صورت مداربسته کنترل می‌گردد. کنترل مداربسته نسبت هوا به سوخت در موتورها با سه گروه اصلی از تجهیزات انجام می‌گردد:

۱. حسگرها
۲. عملگرها
۳. واحد کنترل الکترونیکی (ECU)

حسگرها در یک بخش جداگانه از اجزاء کیت تشریح می‌شوند. عملگرها نیز تحت دو عنوان "شیرها" و "موتور پله‌ای" بررسی خواهند شد. عملگرها در واقع اجزایی هستند که فرامین واحد کنترل الکترونیکی را برای اصلاح خروجی اعمال می‌کنند. در ادامهٔ این قسمت به شرح نحوهٔ عملکرد ECU می‌پردازیم.

این واحد کنترل الکترونیکی در حقیقت قلب سیستم می‌باشد و از دو بخش سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل گردیده‌است. بخش سخت‌افزاری آن شامل یک تراشه[۲۶] کامپیوتری است که کار پردازش اطلاعات را انجام می‌دهد. بخش نرم‌افزار آن شامل الگوریتم‌های کنترل و نگاشت‌های حاوی اطلاعات مربوط به کالیبره کردن موتور است که توسط کامپیوتر به ECU منتقل می‌گردد. واحد کنترل الکترونیکی (ECU) اطلاعات را از حسگرهای مختلف دریافت کرده و با استفاده از این اطلاعات بر بازدهی و کارآمدی خودرو نظارت می‌کند تا براساس قاعده و اصول تعیین‌شده، عمل کند. درنهایت نتایج عملیات توسط ECU عبارتند از:

۱. محاسبه زمان بهینه برای جرقه‌زدن
۲. فراهم آوردن نسبت هوا به سوخت بهینه برای ورود به سیلندر (در سیستم‌های انژکتوری این کار در زمان بازبودن انژکتور با دقتی کمتر از یک میکرو ثانیه صورت می‌گیرد.)

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

[26] - Chip

## ۳-۵-۱ ساختمان ECU

واحد کنترل الکترونیکی (ECU) از جعبه آلومینیومی سخت و ضدآب ساخته شده‌است که می‌تواند از وسایل الکترونیکی داخل جعبه تا حد زیادی در مقابل حرارت‌های بالا و همچنین در مقابل عوامل جوی بیرونی، تنش‌های مکانیکی و تشعشات الکترومغناطیسی که توسط قسمت‌های مختلف خودرو مانند سیم‌ها، کویل یا حتی تلفن همراه تولید می‌شود، محافظت کند.

## ۳-۵-۲ محل نصب ECU

علی‌رغم تمام تمهیداتی که در بالا برای محافظت ECU درنظر گرفته شده، سازندگان این قطعات لزوم رعایت برخی نکات را برای محل نصب ECU لازم می‌دانند تا از آسیب دیدن آن جلوگیری شود. شایان ذکر است که ECU در کنار موتور خودرو نصب می‌شود.

واحد کنترل الکترونیکی (ECU) نباید در قسمت کناری راهگاه‌های خروجی قرار بگیرد. انتشار حرارت از راهگاه‌ها در یک فاصله قابل ملاحظه‌ای می‌تواند سبب صدمه‌زدن به ECU شود. پس لازم است که تعدادی حفاظ بین ECU و راهگاه‌ها خروجی وجود داشته باشد تا از انتقال حرارت مستقیم به ECU جلوگیری شود. همچنین لازم است که ECU در جایی از موتور قرار داده شود که بیشترین محافظت در مقابل آب و باران از آن به‌عمل آید. ECU را نباید در نزدیک سیم‌های شمع یا سیم کویل جریان بالا، نصب کرد.

به‌علت این‌که ECU احتیاج به تنظیم ندارد پس مهم نیست که آن‌را در جایی نصب کنیم که دسترسی به آن آسان باشد ولی با این وجود مهم است که کابلی که از ECU منشعب می‌شود و به PC می‌رود، در دسترس باشد و همچنین در مقابل نفوذ آب حفاظت شده باشد.

همان‌طور که در بالا شرح داده‌شد، ECU از دو واحد سخت‌افزار و نرم‌افزار تشکیل شده‌است. در قسمت نرم‌افزاری سیستم، الگوریتم‌های کنترلی و نگاشت‌های حاوی داده‌های عملکرد بهینه موتور وجود داشته، که توسط کامپیوتر شخصی وارد ECU می‌گردد. ECU اطلاعات به‌دست آمده را از حسگرهای مختلف مانند حسگر موقعیت دریچه گاز TPS، حسگر دور موتور و حسگر اکسیژن دریافت کرده با اطلاعاتی که از پیش در آن قرار داده شده‌است، مقایسه کرده و حالت بهینه را انتخاب می‌نماید.

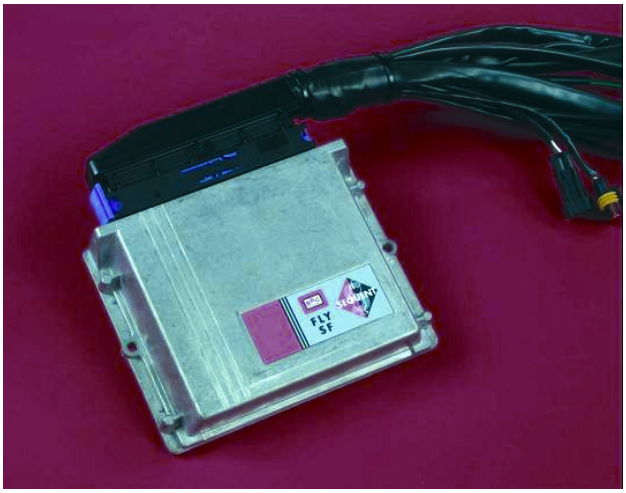
کامپیوتری که برای نصب برنامه به‌کار می‌رود از نوع قابل‌حمل[۲۷] بوده و دارای مشخصات خاصی می‌باشد. اتصال ECU به PC توسط پورت سریال[۲۸] روی کامپیوتر شخصی و کابل رابط[۲۹] انجام می‌گیرد. پس از اتصال کامپیوتر به ECU ارسال برنامه آغاز می‌شود. در شکل ۱۷ یک نمونه از ECU نشان داده شده‌است. در پایان لازم است که توضیحی در مورد سیستم‌های عیب‌یاب در ECU داده شود. عیب ایجاد شده در ECU می‌تواند توسط یک چراغ هشدار در پشت داشبورد یا توسط چراغ‌های موجود در سوئیچ تبدیل نشان داده شود تا عیب‌یاب به آنها متصل شده و ایراد به‌وجود آمده حل شود.

## ۳-۵-۳ پیکربندی ECUهای گاز و بنزین

همان‌طور که بیان شد از نسل دوم به بعد در کیت‌های گازسوز سیستم کنترلی مداربسته تعبیه می‌شود که یکی از اجزاء آن ECU است. لذا اگر این کیت گازسوز روی یک خودروی بنزینی انژکتوری نصب شود، ECU بنزین و سایر اجزاء سیستم کنترلی بنزین هم به مجموعه اضافه خواهد شد.

---

[27] - Portable
[28] - Serial Port
[29] - Interface Cable



**شکل ۱۷: واحد کنترل الکترونیکی (ECU)**

براساس نحوهٔ ارتباط ECU گاز و بنزین، پیکربندی‌های موجود به دو دسته تقسیم می‌شوند که به شرح زیر می‌باشند:

**پیکربندی اصلی- فرعی (Master/Slave)**

در این نوع، ECU گاز از پردازش انجام‌شده در ECU بنزین استفاده کرده و تنها خروجی‌های محاسبه‌شده توسط آن را برای سوخت گاز اصلاح می‌نماید. در ECU گاز این نوع از سیستم‌ها به داده‌های غالب حسگرها نیازی نیست. در برخی از موارد که اطلاعات حسگر اکسیژن به‌عنوان ورودی ECU گاز مطرح می‌شود، تنها به‌علت شبیه‌سازی آن برای ECU بنزین در حالت استفاده از گاز است که از بروز اشکال در آن جلوگیری شود. بنابراین در این پیکربندی به نگاشت و الگوریتم‌های پیچیده کنترلی هم نیازی نیست، به‌همین جهت کالیبره کردن این دسته از سیستم‌های گازسوز بسیار آسان می‌باشد. این دسته از کیت‌ها به‌طور عمده برای تبدیل

کارگاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این سیستم‌ها معمولاً ECU بنزین در حالت استفاده از گاز نیز با فرض این که سوخت مورد استفاده بنزین است، به‌کار خود ادامه می‌دهد. در این صورت برای جلوگیری از به‌وجود آمدن خطا، شرایط برای ECU بنزین شبیه‌سازی می‌شود.

**پیکربندی مستقل (Stand-Alone)**

در پیکربندی مستقل برخلاف پیکربندی اصلی- فرعی میان ECU گاز و بنزین وابستگی وجود ندارد. به این معنا که ECU گاز نیز مانند ECU بنزین اطلاعات لازم را از حسگرها دریافت می‌کند و مطابق با نگاشت‌های موجود براساس عملکرد با گاز و الگوریتم کنترلی مخصوص به سوخت گاز، زمان جرقه و نسبت هوا به سوخت را کنترل می‌کند. گاهی این دو ECU، هم نرم‌افزارهای مختلفی دارند و هم به لحاظ فیزیکی از یکدیگر جدا هستند و گاهی نیز دو الگوریتم و دو نرم‌افزار کنترلی روی یک سخت‌افزار پیاده می‌شوند. روش اخیر بیشتر در تولید خودروهای OEM[۳۰] مورد توجه قرار می‌گیرد.

در برخی از کشورها سیستم کنترل لامبدا[۳۱] را که شرح آن در قسمت بعد آورده می‌شود، به‌عنوان ECU گاز می‌شناسند و در بعضی موارد سیستم کنترل لامبدا و پیش‌انداز جرقه با هم در یک جعبه قرار گرفته و به‌عنوان ECU گاز شناخته می‌شوند. در انواع دیگر ممکن است شبیه‌ساز پاشش نیز داخل همان مجموعه قرار گیرد.

[30] - Original Equipment Manufacturer

[۳۱] – یک حرف یونانی می‌باشد که به‌صورت $\lambda$ یا $\Lambda$ نمایش می‌دهند. در تلفظ، حرف "ب" خوانده نمی‌شود یا به‌طور ضعیف ادا می‌شود.

## ۳-۵-۴ سیستم کنترل لامبدا

در قسمت ECU شرح داده شد که یکی از وظایف اصلی سیستم کنترل مرکزی (ECU) تنظیم دقیق نسبت هوا به سوخت می‌باشد. در بعضی از موارد سیستم کنترل لامبدا به‌تنهایی و در سایر حالت‌ها با قراردادن این قسمت در کنار پیش‌انداز جرقه داخل یک جعبه به‌عنوان ECU گاز شناخته می‌شود. نسبت هوا به سوخت ( $\lambda$ ) در فرایند احتراق موتورهای درونسوز بسیار مهم است.

عوامل گوناگونی که در این نسبت ورودی به سیلندر تأثیرگذارند، عبارتند از: موقعیت دریچهٔ گاز، مقاومت آیرودینامیکی خودرو، رزونانس منیفولد ورودی و وارد شدن گازهای سوخته از سیلندر به ورودی هوا و غیره.

سیستم کنترل لامبدا قسمتی از کیت می‌باشد که سیگنال‌های فرستاده شده از ECU بنزین را برای حالت سوخت گاز تغییر داده و اصلاح می‌کند. همان‌طور که در قبل نیز اشاره شد این قسمت به‌تنهایی می‌تواند به‌عنوان ECU گاز شناخته شود. وظایف سیستم کنترل لامبدا به‌اختصار در زیر شرح داده شده‌اند:

۱. کنترل و تنظیم مقدار کربن‌زایی موتور در حالت گازسوز
۲. اتصال با سوئیچ و تبدیل تغییر نوع سوخت از طریق این قسمت، همچنین تعویض خودکار نوع سوخت در مواقع اضطراری
۳. وسیله‌ای برای ایجاد امنیت بیشتر خودرو در هنگام خاموش‌شدن اتفاقی موتور از طریق قطع کردن جریان گاز.
۴. شبیه‌سازی اطلاعات فرستاده شده از حسگر اکسیژن در حالت کارکردن با گاز برای ECU بنزین

توضیح آن‌که در زمان کارکردن خودرو با گاز، تغییراتی در مخلوط خروجی اگزوز به‌وجود می‌آید. این تغییرات برای ECU بنزین غیرطبیعی هستند. درنتیجه ECU مقادیر درج‌شده در نگاشت‌های موجود را اصلاح می‌کند که در هنگام بازگشت به بنزین این تغییرات باعث بروز مشکلاتی می‌شود. برای جلوگیری از این حالت از تدابیر زیر استفاده می‌شود.

حسگر اکسیژن اطلاعات را از خروجی دریافت کرده و در ابتدا این سیگنال‌ها را برای سیستم کنترل لامبدا می‌فرستد. در حالتی‌که خودرو با بنزین کار می‌کند، این اطلاعات بدون هیچ‌گونه تغییری وارد ECU بنزین می‌شود. ولی در زمان کارکردن با گاز، اطلاعات فرستاده شده از حسگر اکسیژن ابتدا توسط این قسمت به‌گونه‌ای اصلاح می‌گردد که مانند داده‌های حسگر در حالت کار با بنزین گردد و سپس وارد ECU بنزین می‌شود.

## ۳-۶ پیش‌انداز جرقه

در قسمت ECU به این نکته اشاره شد که ECU زاویه جرقه را کنترل می‌کند. این زاویه در حالت سوخت بنزین و گاز تفاوت دارد که در زیر ابتدا مختصری توضیح در مورد این زاویه داده شده و سپس به تفاوت آن در حالت گاز و بنزین اشاره می‌شود.

از آنجا که موتورهای دیزلی احتیاج به جرقه ندارند و احتراق به‌وسیله تراکم و خوداشتعالی آغاز می‌شود، بحث مذکور در مورد موتورهای SI می‌باشد.

زمان صحیح جرقه در کارکرد موتور اهمیت 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

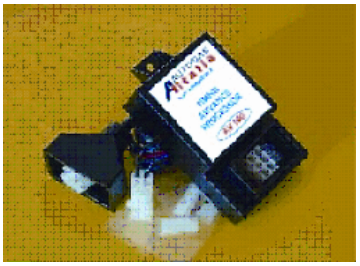
زود زده شود، فشار بیشینه بالا می‌رود و آلودگی $NO_x$ زیاد می‌شود. $NO_x$ می‌تواند با تأخیر جرقه کاهش یابد. پارامترهای مهم کنترلی که در زاویه جرقه‌زدن مؤثر هستند، عبارتند از:

۱. فشار منیفولد ورودی
۲. دبی جریان هوای ورودی
۳. دور موتور
۴. زاویهٔ دریچه گاز
۵. نسبت هوا به سوخت
۶. دمای هوای محیط
۷. دمای موتور

این متغیرها همچنین برای کنترل نسبت سوخت به هوا مورد نیاز هستند. برای جلوگیری از کوبش در حالتی که دمای هوای محیط بالاست، زاویهٔ جرقه به تأخیر انداخته می‌شود. هنگام گرم‌شدن اولیه موتور، تأخیر در زاویهٔ جرقه، احتراق را به تأخیر می‌اندازد که باعث توأم شدن احتراق با زمان باز شدن سوپاپ دود می‌شود، درنتیجه لوله‌های خروجی و کاتالیست بسرعت گرم می‌شوند. تأخیر زاویهٔ جرقه، در هنگام شتاب گرفتن باعث جلوگیری از کوبش می‌شود.

سرعت شعله در مخلوط هوا و گاز کمتر از مخلوط هوا و بنزین است. به‌همین دلیل برای احتراق کامل در موتور گازسوز، زمان بیشتری نسبت به موتور بنزینی لازم است. بنابراین می‌بایست احتراق در سیلندر زودتر اتفاق بیافتد. به‌همین منظور زاویه جرقه موتور را به میزان ۷ الی ۱۸ درجه (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[۳۲] را کاهش می‌دهد. بنابر موارد ذکر شده، گاز می‌بایست در زمان زودتری نسبت به بنزین مشتعل شود. این نیاز با قراردادن واحدی به‌نام پیش‌انداز جرقه در داخل موتور برآورده می‌شود. این قسمت در شکل ۱۸ نشان داده شده‌است.



**شکل ۱۸: پیش‌انداز جرقه**

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

این قسمت چه در خودروهایی که تمام تجهیزات آنها به‌صورت مکانیکی عمل می‌کند (خودروهای کاربراتوری) و چه در خودروهایی که دارای واحد کنترل مرکزی ECU هستند، استفاده می‌شود. در خودروهایی که دارای دلکو (پخش‌کننده جریان در شمع‌ها) می‌باشند، پیش‌انداز جرقه با نصب‌شدن در کنار دلکو و تنظیم سیگنال‌های آن برای سوخت گاز این تصحیح را انجام می‌دهند. در خودروهایی که دلکو وجود ندارد و تقسیم جریان به‌طور مستقیم

[32] - Backfire

توسط ECU انجام می‌شود، با قراردادن این قطعه در مسیر سیگنال‌های فرستاده شده از ECU، این اصلاحات صورت می‌گیرد.

## ۳-۷ شبیه‌ساز الکترونیکی

در خودروهای دوسوخته‌ای که مجهز به واحد کنترل مرکزی بنزین هستند به‌هنگام 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.

از بحث فوق نتیجه می‌گیریم که برای کارکردن درحالت گاز می‌بایست از وسیله‌ای برای اصلاح و قطع سیگنال‌های فرستاده شده از ECU بنزین استفاده شود. شبیه‌ساز 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 به‌طور خاص برای کار با بنزین طراحی شده‌اند، دیگر قابل استفاده نخواهند بود. این‌گونه وسایل در این هنگام، عملکرد غیرمعمولی داشته یا باعث ایجاد سیگنال‌های نامناسبی در سیستم کنترل می‌شود. شبیه‌ساز انژکتور شرایط را برای ECU، مشابه با شرایط کارکرد با بنزین، شبیه‌سازی می‌کند. یک نمونه شبیه‌ساز در شکل ۱۹ نشان داده شده‌است. این قسمت به دو منظور زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۱. باعث قطع‌شدن سیگنال‌های فرستاده شده از ECU بنزین برای انژکتورها می‌شود و درنتیجه باعث بسته ماندن آنها در هنگام کار با گاز می‌شود.

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

**شکل ۱۹: شبیه‌ساز الکترونیکی**

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

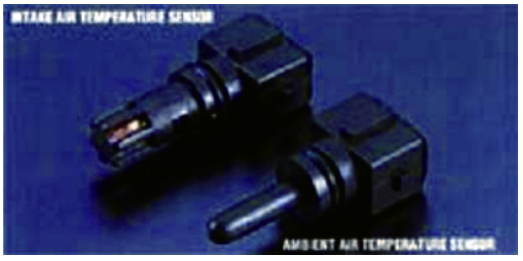
## ۳-۸ حسگرها

حسگرها یک گروه از اجزای سیستم کنترل موتور هستند. در واقع اطلاعات لازم از وضعیت موجود موتور که برای محاسبهٔ اصلاحات و فرستادن فرامین کنترلی توسط ECU ضروری

است، توسط حسگرها تأمین می‌گردد. تعداد حسگرها به پیچیدگی الگوریتم کنترلی موجود در ECU بستگی دارد. توضیحات مختصری دربارهٔ برخی از حسگرها در ادامه آمده‌است.

### ۳-۸-۱ حسگر دمای هوای ورودی (IAT)

حسگر دمای هوای ورودی[۳۳]، حسگری است که دمای هوای ورودی به موتور را اندازه‌گیری می‌کند. از این حسگر برای تعیین مقدار مناسب سوخت برای پاشش در موتور استفاده می‌شود. تشخیص زمان گرم‌شدن سیال خنک‌کنندهٔ موتور و از کار انداختن هشداردهنده به‌علت تغییر شرایط محیط نیز از وظایف این حسگر است. این حسگر درحقیقت یک مقاومت گرمایی[۳۴] است. مقاومت آن در زمانی که دمای هوای منیفولد کاهش پیدا می‌کند، افزایش می‌یابد. این حسگر در شکل‌های ۲۰ و ۲۱ نشان داده شده‌است.



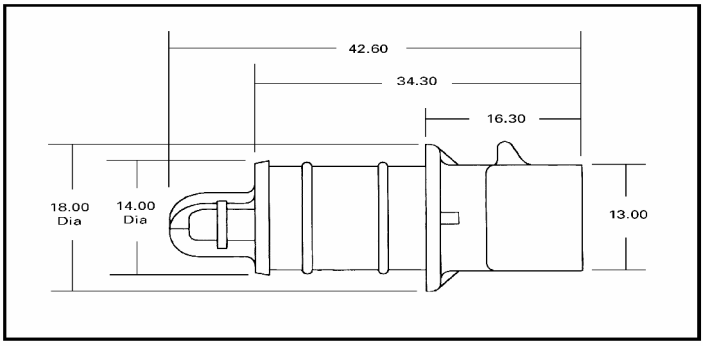

**شکل ۲۰: حسگر دمای هوای ورودی**

مدول کنترلی انتقال قدرت (PCM[۳۵]) افت ولتاژ موجود در طول حسگر را اندازه‌گیری کرده و از این ورودی برای محاسبه مقدار سوخت استفاده می‌کند. به‌علت این‌که هوای سرد مکیده‌شده چگال است، سوخت بیشتری برای تأمین همان نسبت هوا به سوخت لازم است.

[33] - Intake Air Temperature
[34] - Thermistor
[35] - Powertrain Control Module

وقتی سیگنال IAT دمای هوای مکش‌شدهٔ سردتری را نشان می‌دهد، PCM مقدار سوخت بیشتری را فراهم می‌آورد. ورودی این حسگر ممکن است برای کنترل هوای از قبل گرم‌شده و سیستم تبخیر اولیه سوخت نیز مورد استفاده قرار بگیرد.

**Intake Air Temperature Sensor**




**Specifications for**
**Intake Air Temperature Sensor**

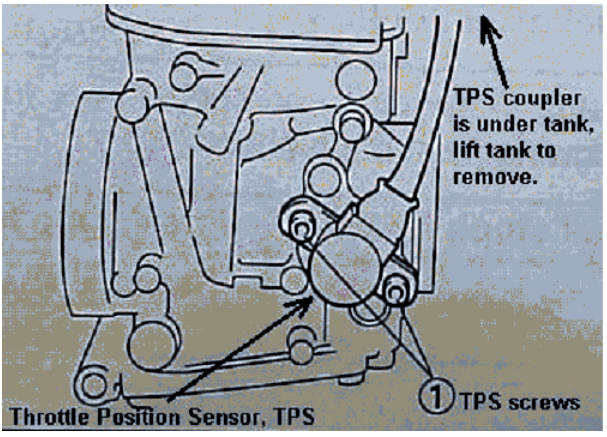
| **Thermal and Electrical Properties** | |
|---|---|
| Typical voltage supply | 5V DC |
| Operating temperature | -40°C to +135°C |
| Resistance at 25°C | 2795 ohms |
| Thermal time constant | <15 seconds in dry air stream |
| Accuracy (±°C) -40°C to +100°C<br>100°C to +150°C | 0.56 to 0.77<br>0.77 to 1.24 |

| **Mechanical Characteristics** | |
|---|---|
| Sensor body material | PBT 30% GF |
| Installation | Press fit into air duct |
| Overall weight | 5.52 grams |
| Color | Black |
| Suggested mating connector assembly | P/N 15335987 |

**شکل ۲۱: نمایی از حسگر دمای هوای ورودی به‌همراه خصوصیات آن**

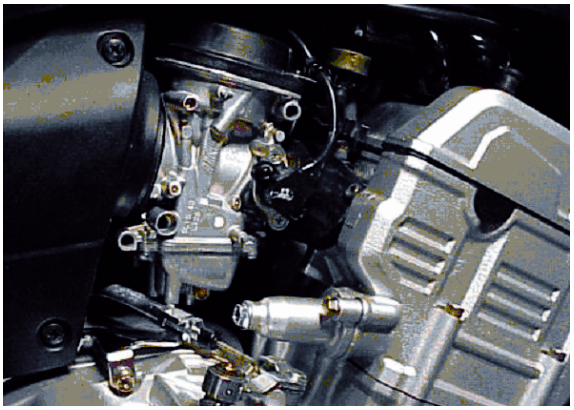
## ۳-۸-۲ حسگر موقعیت دریچه گاز (TPS)

موتورها با سیستم پاشش سوخت الکترونیکی یا بازخورد کاربراتوری، از حسگر TPS[۳۶] برای مطلع کردن کامپیوتر در تعیین میزان بازشدگی دریچه گاز و موقعیت نسبی آن، استفاده می‌کنند. حسگر TPS حاوی یک پتانسیومتر همراه با یک اشاره‌گر است که به‌وسیله محور دریچه گاز می‌چرخد. وقتی محور دریچه گاز حرکت می‌کند، اشاره‌گر به یک موقعیت جدید در مقاومت پتانسیومتر تغییر وضعیت می‌دهد. سیگنال ولتاژ برگشتی مقدار بازبودن صفحهٔ دریچهٔ گاز را برای PCM مشخص می‌کند. پس از انتقال اطلاعات خوانده شده، PCM براساس میزان بازبودن دریچهٔ گاز مخلوط هوا و سوخت را غنی‌تر می‌کند تا نسبت هوا به سوخت مناسبی را برقرار کند. این حسگر TPS در شکل‌های ۲۲ و ۲۳ نشان داده شده‌است.




**شکل ۲۲: حسگر موقعیت دریچه گاز**

[36] - Throttle Position Sensor



**شکل ۲۳: حسگر TPS**

## ۳-۸-۳ حسگر خلاء (Vacuum Sensor)

جهت تشخیص وضعیت خودرو در شرایط مختلف از وسیله‌ای استفاده می‌گردد که میزان فشار هوا و رگولاتور را محاسبه کرده و میزان این دو فشار را به واحد الکترونیکی اطلاع می‌دهد. این کار توسط حسگر خلاء انجام می‌پذیرد. می‌دانیم که فشار نسبی داخل رگولاتور مثبت و هوای درون منیفولد منفی است. در شرایط مختلف جاده‌ای میزان این دو فشار تغییر خواهد کرد و حسگر خلاء با محاسبه این دو فشار و ارسال این اطلاعات به ECU سبب می‌شود که میزان سوخت در شرایط مختلف مسیر تغییر کند.

## ۳-۹ شیرهای CNG

شیرهای مورد نظر در CNG از نوع شیرهای خودکار با دو حالت باز و بسته می‌باشند. این شیرها دارای انواع گوناگونی هستند که از آن جمله می‌توان به شیر توپی[۳۷]، پروانه‌ای، گوه‌ای و

[37] - Ball Valve

دروازه‌ای اشاره کرد. هر کدام از این شیرها می‌توانند دارای عملگر الکتریکی، نیوماتیکی یا هیدرولیکی باشند. دو عامل مهم در شیرها عبارتند از:

۱. میزان نشتی اولیه در نشیمنگاه، که بستگی به کاربرد شیر دارد.

۲. شیر می‌بایست زمانی که سیگنال فرستاده می‌شود به‌طور کامل بسته یا باز شود. برای این کار ممکن است به شیرهای دوبلوکه[۳۸] نیاز داشته باشیم که البته از یک شیر تخلیه[۳۹] در بین آنها استفاده می‌شود.

همان‌طور که می‌دانیم بین شیرهای قطع و وصل دستی[۴۰] و خودکار تفاوت‌هایی وجود دارد. ازجمله می‌توان گفت که قسمت متحرک در شیرهای خودکار زودتر خراب می‌شود و میزان نشتی آنها نیز بیشتر است. بنابراین به آلیاژهایی با کیفیت بالاتر نیاز داریم. مثلاً اگر از شیرهای توپی فولاد کربن‌دار استفاده کنیم، بعد از مدتی ممکن است سوراخ شوند. جنس مواد به‌کار رفته در ساختار این شیرها به مقدار زیادی به سیستم لوله‌کشی آنها وابسته است. البته باید توجه داشت که در مکان‌هایی که با سرعت بالای سیال روبرو هستیم باید از موادی استفاده کرد که مقاومت آنها در برابر سایش بیشتر باشد.

در طراحی یک شیر، پارامترهای زیر می‌بایست محاسبه گردد:

۱. ضریب جریان مورد نیاز

۲. محرک

۳. اندازه لوله و اندازه شیر

۴. سرعت قابل قبول

---

38 - Double-Block Valves
39 - Purge Valve
40 - Manual On-Off Valves

حال به توضیح پارامترهای فوق می‌پردازیم.

## ضریب جریان مورد نیاز

این ضریب در استاندارد U.S با $C_v$ نمایش داده می‌شود و در استاندارد SI با پارامتر $K_v$ و $A_v$ مشخص می‌شود. $C_v$ عبارتست از تعداد گالن‌های آبی که در اثر اختلاف فشاری برابر یک psi یا یک پوند بر اینچ مربع (افت فشار)، از شیر معینی عبور می‌کنند؛ بنابراین:

$$C_v = q\sqrt{\frac{G_f}{\Delta p}}$$

در رابطه فوق متغیرها به‌صورت زیر تعریف می‌شوند:

$q$: دبی حجمی سیال برحسب گالن بر دقیقه (gpm)

$G_f$: وزن نسبی سیال که یک پارامتر بی‌بعد می‌باشد.

$\Delta p$: افت فشار برحسب psi

در واحد SI که $q$ برحسب متر مکعب بر ساعت و افت فشار برحسب بار (bar) بیان می‌شود، داریم:

$$\frac{C_v}{1.17} = K_v = q\sqrt{\frac{G_f}{\Delta p}}$$

ضریب جریان برای انواع مختلف شیرها، انواع سیالات و در لوله‌هایی با اندازه‌هایی مختلف، به‌طور جداگانه محاسبه می‌شود.

**محرک**

محرک‌های به‌کار رفته در شیرها به سه مدل زیر تقسیم می‌شوند:

۱- الکتریکی

۲- نیوماتیکی

۳- هیدرولیکی

که برحسب نوع شیر و شرایط حاکم بر آن یکی از سه مدل بالا انتخاب می‌شود.

**اندازه شیر**

اندازه شیر بستگی به اندازه لولهٔ متصل به آن دارد. مثلاً اگر اندازه لوله "A " باشد اندازه شیر هم "A " درنظر گرفته می‌شود.

**سرعت**

حداکثر سرعت برای سیالات تراکم‌پذیر ft/sec ۴۰۰ و برای مایعات ft/sec ۱۰ درنظر گرفته می‌شود. شیرهای CNG شامل شیر مخزن، شیرهای سولونوئیدی و شیر سوخت‌گیری است که به شرح آنها می‌پردازیم.

## ۳-۹-۱ شیر مخزن

این شیر روی مخزن نصب‌شده و اجازه عبور گاز را در مدت سوخت‌گیری می‌دهد. نمونه این شیر در شکل ۲۴ آمده‌است. این شیر می‌تواند در سه مدل به‌کار رود:

۱. همراه شیر سولونوئیدی (البته در بعضی نمونه‌ها این شیر به دو صورت سولونوئید داخلی و خارجی موجود می‌باشد.)

۲. بدون شیر سولونوئیدی

**شکل ۲۴: شیر مخزن**

۳. به‌صورت دستی

این شیرها می‌بایست سرعت اولیه گاز ورودی به مخزن را محدود کنند. البته این موضوع به دمای گاز بستگی زیادی دارد. این شیر ممکن است به یک سیستم قطع دستی[۴۱] مجهز باشد که در مواقع اضطراری به‌کار می‌رود و برای ایمنی بیشتر ممکن است از شیرهای ایمنی استفاده شود که جریان گاز را محدود یا قطع می‌کنند (در وضعیتی که لوله‌های گاز قطع یا پاره می‌شوند).

البته شیر مخزن و شیر کنترلی را در یک محفظه پلاستیکی یا لاستیکی قرار می‌دهند تا اگر نشتی وجود داشت بتوانند آن را از طریق قسمت‌های پایین ماشین به بیرون منتقل کنند. این شیرها مجهز به شیر مسدود کننده دستی و همچنین وسایل الکترونیکی برای قطع CNG در اندازه‌های مختلف هستند.

[41] - Manual Closing

## ۳-۹-۲ شیرهای سولونوئیدی

شیر سولونوئیدی توسط 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 می‌کند. شیرهای سولونوئیدی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از:

۱. شیر سولونوئیدی CNG[۴۲]

۲. شیر سولونوئیدی بنزین[۴۳]

در این شیرها کویل‌هایی با انرژی پایین در مکانی که افت ولتاژ داریم نصب می‌شوند. هرچه میدان جریان افزایش یابد به کویل‌های بزرگتر و توان بالاتری نیاز داریم. عملگر این شیرها الکتریکی بوده که همراه آن یک هستهٔ ثابت و یک هستهٔ متحرک وجود دارد. انرژی کویل سولونوئیدی توسط نیروی جاذبه مغناطیسی ایجاد می‌شود، این نیرو بین هسته ثابت و متحرک ایجاد می‌شود و زمانی که نیروی جاذبه بر نیروی مقاومت غلبه می‌کند هسته متحرک، هسته ثابت را به جلو حرکت می‌دهد. این امر سبب شده فنر موجود در این شیر فشرده شود و پایهٔ شیر[۴۴] را حرکت دهد. نیروی مغناطیسی ایجاد شده روی هستهٔ متحرک، متناسب با جریان رسیده به سولونوئید است و حرکت هسته به مقدار جریان سولونوئید که به سرعت فنر مربوط می‌شود، بستگی دارد. نمونه‌هایی از این شیر در شکل‌های ۲۵ و ۲۶ آمده‌است.

[42] - CNG Solenoid Valve
[43] - Petrol Solenoid Valve
[44] - Valve Stem

**شکل ۲۵: شیر سولونوئیدی**

**شکل ۲۶: شیر سولونوئیدی**

معمولاً ترکیبی از سه نوع شیر، یعنی شیرهای تخلیه، قطع و وصل و سولونوئیدی سوخت[۴۵] را در بالادست فیلتر فشاربالا قرار می‌دهند. شیر تخلیه سیستم را پاک‌سازی می‌کند. در جلوی شیر تخلیه، شیر قطع و وصل را قرار می‌دهند که در مواقع اضطراری می‌تواند بسته شود. البته شیر قطع و وصل به‌صورت دستی است و با چرخش یک ربع دور باز می‌شود. در جلوی شیر قطع و وصل، شیر سولونوئیدی فشاربالا قرار دارد تا در موقعی که سوئیچ در وضعیت انتخاب گاز قرار دارد به آن انرژی داده می‌شود.

[45] - Fuel Solenoid Valve

## شیر سولونوئیدی CNG

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

نکاتی را که در مورد شیر سولونوئیدی CNG باید به آنها توجه کرد، عبارتند از:

۱. این شیر نباید به قسمت‌های متحرک وصل شود.
۲. دور از منبع گرمایی باشد.
۳. به رگولاتور نزدیک باشد.
۴. یک کویل در بالای آن باشد.

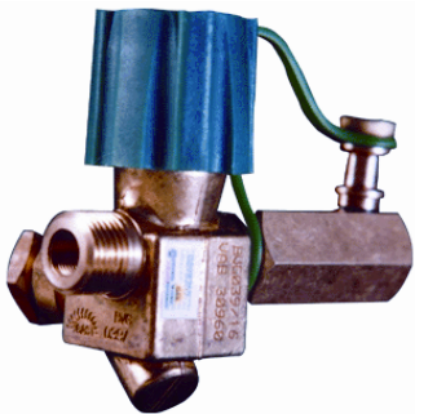
## شیر سولونوئیدی بنزین

یک شیر الکتریکی- مغناطیسی است و روی لوله‌های رابط بین پمپ سوخت و کاربراتور نصب می‌شود. این شیر وقتی که موتور با CNG کار می‌کند یا موقعی که موتور خاموش است جریان بنزین را قطع می‌کند. این شیر مجهز به یک شیر دستی برای مواقع اضطراری است. نکاتی را که در مورد این شیر باید رعایت کرد، عبارتند از:

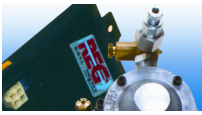
۱. می‌بایست بین پمپ سوخت و کاربراتور نصب شود.
۲. نباید به قسمت‌های متحرک وصل شود.
۳. می‌بایست از منبع گرمایی دور باشد.
۴. مجهز به کویل باشد.

## ۳-۹-۳ شیر سوخت‌گیری

مهمترین قسمت در سیستم سوخت‌گیری CNG، مخازن سوخت هستند. گاز از طریق دریچه سوخت‌گیری که در بدنه خودرو واقع است، به درون مخزن پمپ می‌شود. یک شیر یک‌طرفه در این مکان و در کنار حسگری که برای اندازه‌گیری سوخت قرار داده شده‌است، نصب می‌شود. این شیر یک‌طرفه در زمان سوخت‌گیری مانع از برگشت سوخت به سمت مخزن سوخت‌گیری می‌شود. شیر سوخت‌گیری جریان CNG را در مواقع اضطراری یا تعمیرات بسرعت قطع می‌کند. گاز طبیعی توسط اتصالات ویژه‌ای به شیر سوخت‌گیری ماشین پمپ می‌شود، البته این اتصالات در کشورهای مختلف فرق می‌کنند. شیر سوخت‌گیری در داخل وسیله نقلیه قرار دارد ولی ممکن است گاهی در خارج از وسیله قرار بگیرد. معمولاً مخازن از گاز طبیعی در فشار ۲۲۰ bar سوخت‌گیری می‌شوند. یک نمونه از این شیر در شکل ۲۷ آمده است.



**شکل ۲۷: شیر سوخت‌گیری CNG**



شیرهای سوخت‌گیری به‌طور مستقیم به مخزن گاز طبیعی متصل می‌شوند. البته در بعضی مواقع به‌جای یک شیر یک‌طرفه و یک حسگر از یک شیر یک‌طرفه اولیه و یک شیر یک‌طرفه ثانویه استفاده می‌کنند که به شیر مخزن وصل می‌شود و بدون نیاز به درپوش یا کلاهک از گاز طبیعی سوخت‌گیری می‌کند. تجهیزات این شیر عبارتند از:

۱. یک شیر یک‌طرفه ولی بدون شیر توقف دستی
۲. میکروسوئیچ

## ۳-۱۰ موتور پله‌ای

یکی از عمل‌گرهای سیستم کنترل در کیت‌های گازسوز، موتور پله‌ای است. این وسیله در کیت‌های میکسری برای کنترل میزان گاز ورودی به میکسر استفاده می‌شود. در واقع ECU گاز با کنترل این موتور براساس اصلاحات صورت گرفته بر سیگنال ECU بنزین برای انژکتورها یا داده‌های حسگر اکسیژن، نسبت هوا به سوخت را تنظیم می‌کند.

# ۴ نکات قابل توجه قبل از تبدیل موتور

عموماً کیت‌های تبدیل موتورهای بنزین‌سوز به گازسوز به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که برای محدودهٔ وسیعی از خودروها قابل استفاده بوده و نیاز آنها را برآورده می‌سازد. البته در خودروهایی که سیستم کنترلی مداربسته با حسگر لامبدا و کاتالیست دارند، کیت تبدیل باید برحسب شرایط، با این سیستم هماهنگ شود.

در ادامه نکات مهمی که قبل از تبدیل یک خودرو باید رعایت کرد، آورده شده‌است. برای تبدیل خودروهای کاربراتوری و انژکتوری، قبل از تبدیل خودرو رعایت نکات زیر الزامی است:

۱. خودرو باید از لحاظ کلی سالم باشد. برای این منظور باید مطمئن شد که حرکت سیلندر و پیستون درست بوده و ضعفی نداشته باشد. همچنین باید دقت شود که بعد از نصب مخزن گاز، سیستم تعلیق خودرو عملکرد خود را از دست ندهد. همچنین بعد از نصب کیت عملکرد حرکت خودرو در شرایط مختلف در مقابل طرح اولیه سازنده اصلی، افت چندانی نداشته باشد.

۲. کنترل شود که مسیر ورودی با قطعه یا زایده‌ای مسدود نشده باشد.

۳. صحت عملکرد دریچه ما بین ورودی هوای سرد و گرم آزمایش شود.

۴. فیلتر هوا از لحاظ صحت نصب و تمیزی، کنترل شود.

۵. محفظه فیلتر باید کاملاً هوابندی شده باشد. هوا تنها باید از طریق لوله یا ناحیه ورودی طراحی‌شده، وارد شود و نه از منفذهای دیگر.

۶. کنترل شود که محفظه فیلتر به‌طور کامل با کاربراتور جفت شده باشد و هیچ درزی نداشته باشد.

۷. در این مرحله اگر موتور کاربراتوری باشد باید به قسمت أ و درصورتی که موتور انژکتوری باشد به قسمت ب مراجعه کرد.

أ. کنترل کاربراتور: حتی در مواردی که فقط از دریچه گاز اصلی خودرو برای سوخت‌رسانی استفاده می‌شود، باید دقت شود که سوراخ‌های کاربراتور با طرح اولیه سازنده آن هم‌خوانی داشته باشند، زیرا تبدیل به گازسوز نباید روی عملکرد خودرو در حالت بنزین‌سوز تأثیرگذار باشد. لذا کاربراتور باید با طرح اولیه خود مطابقت داشته باشد.

ب.کنترل انژکتورها و تأمین حداقل فشار مورد نیاز: هنگامی‌که انژکتورها بسته می‌شوند باید به‌طور کامل آب‌بندی شوند. نشتی انژکتورها باعث افت عملکرد موتور، در حالت کارکرد با بنزین می‌شود. همچنین شیر فشارپایین انژکتور از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. دریچه باید کاملاً تمیز شود و هرگونه کربن و روغن از روی آن پاک شود تا اطمینان حاصل شود که این مواد در عملکرد حرکت دریچه اختلالی ایجاد نمی‌کنند.

۸. واشر اتصال بین کاربراتور و منیفولد ورودی باید کاملاً آب‌بندی شده باشد و هیچ‌گونه منفذی وجود نداشته باشد.

۹. لقی سوپاپ ورودی باید مطابق با طراحی سازنده باشد. اما اگر نیاز است می‌توان این مقدار را ۰/۰۵ میلی‌متر بیشتر از طرح سازنده اختیار کرد.

۱۰. موتور باید نسبت تراکم مناسبی داشته باشد. کم‌کردن نسبت تراکم به معنی پایین آوردن راندمان موتور در هنگام کار با سوخت گاز می باشد.

۱۱. لقی سوپاپ دود باید مطابق طرح سازنده باشد. این لقی نیز می‌تواند مانند سوپاپ هوا در حدود ۰/۰۵ میلی‌متر بیشتر از طرح سازنده باشد.

۱۲. کنترل شود که آیا نشتی روغن موتور بیش از اندازه است یا خیر.

۱۳. کنترل شود که سیستم خنک‌کاری موتور از عملکرد مناسبی برخوردار باشد. سیستم خنک‌کننده شامل فن الکتریکی، حسگرهای دما و سیال خنک‌کننده همگی در وضعیت خوبی باشند. همچنین دقت شود که برای خنک‌کاری تنها از آب استفاده نشود، بلکه از خنک‌کننده‌های مناسب دیگر در این رابطه نیز استفاده گردد.

**۱۴.** یکی از مسائل مهم، سلامت سیستم جرقه‌زنی است. اگر سیستم جرقه‌زنی مناسب نباشد، عملکرد موتور بشدت افت می‌کند و پسروی شعله اتفاق می‌افتد. پسروی شعله باعث بالا رفتن حرارت در سیستم ورودی شده و بسیاری از اجزای آن را از بین می‌برد. این مسأله در موتورهای انژکتوری بارزتر می‌باشد بنابراین نیاز است تا:

أ. شمع‌ها فرسوده نباشند یا این‌که بیش از ۲۰۰۰۰ کیلومتر کار نکرده باشند. در غیر این‌صورت باید تعویض شوند.

ب. سیم‌های رابط نباید بر اثر درجه حرارت سخت شده باشند و مهمتر این‌که نباید عایق آنها فرسوده شده باشد تا تولید جرقه کنند. این سیم‌ها باید کاملاً مناسب باشند و از پوشش عایق مطلوبی برخوردار باشند. در غیر این صورت باید تعویض شوند.

ت. درصورت استفاده از سیستم دارای دلکو، باید دقت شود که درپوش، زغال، چکش برق و پلاتین، همگی سالم و کارا باشند. همچنین کل مجموعه، تولید جرقه ناخواسته نکند و برق را به‌طور مناسب بین شمع‌ها توزیع کند.

ث. اگر سیستم توزیع برق الکترونیکی است، باید دقت شود که سیستم سالم و بدون مشکل باشد.

ج. دقت شود که آوانس موتور مطابق با طرح سازنده خودرو باشد. همچنین تمامی مکانیزم‌های آوانس از عملکرد مناسبی برخوردار باشند.

**۱۵.** دقت شود که سیستم الکتریکی با مشخصات طرح سازنده آن مطابقت داشته باشد. همچنین کنترل شود که جریان اضافه از سیستم کشیده نشود تا اطمینان حاصل گردد که درصورت کم بودن شارژ باطری، دینام از عملکرد مناسبی برخوردار باشد.

## ۴-۱ ملاحظات نصب کیت‌های میکسری معمولی

شایان ذکر است که کیت‌های میکسری معمولی برای بسیاری از خودروها قابل استفاده می‌باشند. اما در بعضی موارد استفاده از آنها به تدابیر خاصی نیاز دارد. در چنین مواردی، بسته به این‌که موتور چگونه کار می‌کند باید کیت مناسب آن‌را طراحی و استفاده کرد. برخی از این موارد به شرح زیر می‌باشند:

۱. موتورهایی که دارای منیفولد ورودی پلاستیکی می‌باشند. مگر این‌که جنس آنها از نظر کارخانه سازنده کیت مورد تأیید قرار گیرد.

۲. خودروهایی که دارای چندین منیفولد ورودی با شکل‌های متفاوت می‌باشند.

۳. خودروهایی که دارای منیفولدهای بسیار بلند می‌باشند.

۴. خودروهایی که دارای سیستم جرقه‌زنی اتلافی[۴۶] می‌باشند. در این سیستم‌ها، هر پیستونی که به نزدیکی TDC می‌رسد، شمع آن جرقه می‌زند. به‌عنوان مثال در یک موتور چهار سیلندر در هر مرحله دو پیستون در حال حرکت به سمت TDC هستند که یکی از آنها در حال تراکم می‌باشد که می‌بایست طی آن جرقه زده شود. در حالی‌که سیلندر دیگر در حال تخلیه است. در سیستم‌های جرقه‌زنی اتلافی هنگامی‌که این پیستون نیز به نزدیکی TDC می‌رسد یک جرقه زده می‌شود که چون مواد قابل احتراق در سیلندر وجود ندارد و سوپاپ اگزوز باز است، هیچ احتراقی در داخل سیلندر صورت نمی‌گیرد و به اصطلاح این جرقه هدر می‌رود. بدین جهت به این سیستم‌ها، سیستم جرقه‌زنی اتلافی می‌گویند. در این‌گونه سیستم‌ها هم نمی‌توان از کیت‌های معمولی استفاده کرد. علت این امر افزایش احتمال پسروی شعله در

[46] - Waste Ignition System

راهگاه‌های ورودی است که حاوی مخلوط هوا و گاز هستند. این مشکل در زمان قیچی‌کردن سوپاپ‌ها رخ می‌دهد.

۵. خودروهایی که دارای تجهیزات عیب‌یابی خودکار (OBD) [۴۷] هستند.

# ۴ نتیجه‌گیری

در پایان لازم است که به بررسی مسائل حائز اهمیت در انتخاب کیت مناسب برای تبدیل خودروی بنزینی به خودروی دوسوخته پرداخته شود. برای انتخاب نوع کیت می‌بایست عوامل متعددی را درنظر گرفت که تعدادی از آنها عبارتند از:

۱. میزان تولید آلاینده‌ها
۲. توان تولیدی و بازده موتور
۳. میزان مصرف گاز
۴. مقدار پیمایش خودرو
۵. انعطاف‌پذیری و هوشمندی
۶. قابلیت عیب‌یابی آسان و مؤثر
۷. قیمت کیت و هزینهٔ تبدیل

سطح دستیابی به معیارهای فوق، به مشخصه‌ها و قابلیت‌های کیت مورد استفاده بستگی دارد. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از:

۱. مداربسته یا مدارباز بودن سیستم کنترل نسبت هوا به سوخت

[47] - On-Board Diagnostics

۲. دقت در کنترل که به کیفیت سخت‌افزار الکترونیکی کیت بستگی دارد.

۳. کامل و کارآمد بودن نرم‌افزار و الگوریتم کنترل

۴. تعداد پارامترهای ورودی و خروجی واحد کنترل الکترونیکی

مسلماً با انتخاب کیت از نسل‌های پیشرفته سوم یا چهارم، معیارها در سطح مطلوبی برآورده می‌شوند. در مقابل قیمت این کیت‌ها بالاتر است و هزینهٔ تبدیل قابل‌توجهی دارند که مانعی جدی برای استفاده گسترده از آنها است.

علاوه بر مسائل فوق، سازگاری کیت گازسوز با ECU در موتورهای بنزینی انژکتوری و نیز سایر سیستم‌های الکترونیکی آن از اهمیت شایانی برخوردار است. در این راستا طراحی یک سیستم ارتباط مؤثر و هوشمند بین ECU گاز و بنزین ضروری است. به‌همین جهت، برای نصب کیت گازسوز روی این خودروها باید اصلاحات و تغییرات لازم را برای ایجاد یک ترکیب مناسب، فراهم نمود. همچنین انتخاب یا طراحی کاتالیست مناسب در خودروهای دوسوخته برای کاهش تولید آلاینده‌ها، به تدابیر خاصی نیاز دارد.

به‌طور خلاصه انتخاب کیت مناسب برای یک خودرو مستلزم شناخت کامل از وضعیت موجود آن با سوخت بنزین، معیارهای مورد نظر و سطوح مختلف فناوریهای کیت گازسوز است. لذا با انتخاب کیت نامناسب نه تنها مقدار تولید آلاینده‌ها کاهش نمی‌یابد بلکه مشکلاتی نظیر افت توان قابل‌توجه و پیمایش کم خودرو نیز بوجود خواهد آمد.

# مراجع

[1] http://www.nyserda.org/transportation/TransProj_6766.html

[2] http://www.electronicfuelcontrol.com/equipment.htm

[3] http://www.landi-gas.it/eng/catpro/pro_15.htm

[4] http://www.engva.org/view.phtml?page=index.phtml

[5] http://www.cngenergygroup.com/product.htm

[6] http://www.autogasitalia.it/db/sistema.asp?lan=eng&ID=4

[7] http://www.mckenziecorp.com/partintro.htm

[8] http://www.tulsagastech.com/compressor_parts.html

[9] http://trade.indiamart.com/offer/industrial-supplies/automobile-engine-spares/sell6.html

[10] http://www.cybersteering.com/qa/qa.asp?pg=69

[11] http://www.alldata.com/TSB/20/982037DU.html

[12] http://www.landi-gas.it/eng/catpro/indice_dati.htm

[13] http://www.tachille.com/EngProduct_Valv_Cylinder.htm

[14] http://www.bsmotoring.com/1999/99jul17_1.htm

[15] http://www.aeroconsystems.com/aqua_environment/index2.htm

[16] http://www3.sympatico.ca/nick.white/supplier/sup_23.htm?#GES

[17] http://www.powergas.com.br/ingles/products.htm#topo

[18] http://www.powergas.com.br/ingles/products1.htm

[19] http://www.sirio.com/emmegas/news.html#ngv98

[20] http://wave.prohosting.com/sunwater/combustion.html

[21] http://www.autogas.co.uk/newsETA2.htm

[22] http://www.gnc.org.ar/English/home.htm

[23] http://www.ngvcanada.org/Membersdetail.html

[24] http://catf.bcresearch.com/catf/review/issue_25/staypg2.htm

[25] http://www3.sympatico.ca/nick.white/reports.html

[26] http://www.clsdualfuel.com/

[27] http://f23.parsimony.net/forum51699/messages/171.htm

[28] www.landi.it/eng/prodotti/scheda_sistema_met07.html

[29] http://www.keihin-corp.co.jp/english/products/4wheel/

[30] http://www.prins-lpg.com/en/products/vsi/

[31] Installer’s Handbook, BRC Company, July 2003.

[32] Handbook for the Installer, BRC Company, March 2000.

[33] Handbook for the Installer, BRC Company, Feb. 2001.

[34] Handbook for the Installer, BRC Company, May 2002.

[35] Software Handbook, BRC Company, Nov. 2002.

[36] Tartarini CNG Training course, Nov. 2003.

[37] www.hoke.com

[38] www.circle-seal.com

[39] www.lesliecontrols.com

[40] www.vti.de

[41] www.tartarini.it

[42] www.seitz.ch

[43] www.indiacar.com

[44] www.norgren.com

[45] www.impco.ws

[46] www.detroitdiesel.com

[47] www.teleflexgfi.com

[48] www.brc.it

[49] www.tachille.com

[50] www.iwemaenterprise.com

[51] www.circor-panelsplus.com

[52] www.parker.com

[53] www.svortex.com

[54] Peterson, K., “Selecting Diverter Valves for Your Pneumatic Conveying System II”, www.valveexperts.com, 1999.

[55] CNG AND LPG TECHNICAL BULLETIN, 2nd Edition, HYTE CO., 1998.

[56] TL960 SERVICE MANUAL, can be found from the website: www.matthewsbuses.com/Support/tbbhelp

[57] Gotthelf, J., B., “CNG Regulator/Fuel System Interactions”, www.conoflow.com/PdP/Products.

[58] Borden, G., Jr. and Friedmann, P., G., *Control Valves*, Instrument Society of America, NC, 1998.

[۵۹] گزارش پترو تک سان تکنولوژی، خودروهای گاز طبیعی سوز،۱۳۸۳.

[۶۰] مبینی، ابوالفضل، "سیستم‌های تبدیل در خودروهای بنزینی،" مجموعه مقالات اولین کنفرانس تبدیل سوخت خودروها به گاز طبیعی فشرده (CNG)، ۲۹ و ۳۰ دی‌ماه ۱۳۸۱.

# واژه‌نامه فارسی- انگلیسی

## آ

| | |
|---|---|
| آلودگی | Emission |
| آوانس | Advance |

## ا

| | |
|---|---|
| ارزش حرارتی | Heating Value |
| انژکتور | Injector |

## پ

| | |
|---|---|
| پاشش تک‌نقطه‌ای سوخت | Single-Point Fuel Injection |
| پاشش چندنقطه‌ای سوخت | Multi-Point Fuel Injection |
| پاشش نوبتی سوخت | Sequential Fuel Injection |
| پایه شیر | Valve Stem |
| پسروی شعله | Backfire |
| پیش‌انداز جرقه | Timing Advance Processor |

## ت

| | |
|---|---|
| تبدیل | Conversion |
| تجهیزات عیب‌یابی | Diagnostics |
| تجهیزات عیب‌یابی خودکار | On-Board Diagnostics (OBD) |
| تراشه | Chip |

## ج

| | |
|---|---|
| جریان جرمی هوا | Mass Air Flow (MAF) |

## ح

| | |
|---|---|
| حسگر | Sensor |

| | |
|---|---|
| Oxygen Sensor | حسگر اکسیژن |
| Temperature Sensor | حسگر دما |
| Intake Air Temperature Sensor | حسگر دمای هوای ورودی |
| RPM Sensor | حسگر سرعت موتور |
| Pressure Sensor | حسگر فشار |
| Absolute Pressure Sensor | حسگر فشار مطلق |
| Intake Air Pressure Sensor | حسگر فشار هوای ورودی |
| Lambda Sensor | حسگر لامبدا |
| Throttle Position Sensor (TPS) | حسگر موقعیت دریچه گاز |

## د

| | |
|---|---|
| Intake Air Temperature | دمای مکش |
| Bifuel | دوسوخته |
| Fork | دوشاخه |
| Dual Fuel | دوگانه‌سوز |

## ر

| | |
|---|---|
| Regulator (Pressure Reducer) | رگولاتور (کاهندهٔ فشار) |
| Injector Rail | ریل انژکتور |

## س

| | |
|---|---|
| Change Over Switch | سوئیچ تبدیل |
| Waste Ignition System | سیستم جرقه‌زنی اتلافی |
| Carburetor System | سیستم کاربراتوری |
| Lambda Control System | سیستم کنترل لامبدا |

## ش

| | |
|---|---|
| Emulator | شبیه‌ساز |

| | |
|---|---|
| شیر اطمینان مخزن | Tank Safety Valve |
| شیر تخلیه | Purge Valve |
| شیر توپی | Ball Valve |
| شیر دوبلوکه | Double-Block Valve |
| شیر سولونوئیدی | Solenoid Valve |
| شیر قطع دستی | Manual Closing Valve |
| شیر قطع و وصل دستی | Manual On-Off Valve |
| شیر مخزن | Cylinder Valve |

## ق

| | |
|---|---|
| قابل حمل | Portable |
| قابلیت رانندگی | Drivability |

## ک

| | |
|---|---|
| کابل رابط | Interface Cable |
| کاتالیست سه‌منظوره | 3-way Catalyst |

## گ

| | |
|---|---|
| گاز طبیعی فشرده | CNG |

## ل

| | |
|---|---|
| لوله خروجی | Vent Tube |
| لوله | Pipe |

## م

| | |
|---|---|
| محرک (عملگر) | Actuator |
| مخزن گاز | Gas Tank |
| مدارباز | Open Loop |
| مداربسته | Closed Loop |

| | |
|---|---|
| Powertrain Control Module (PCM) | مدول کنترلی انتقال قدرت |
| Plate | مسطح |
| Thermistor | مقاومت گرمایی |
| Manifold | منیفولد |
| Spark Ignition Engine | موتور اشتعال جرقه‌ای |
| Step Motor | موتور پله‌ای |
| Mixer | میکسر |

## ن

| | |
|---|---|
| A/F Ratio | نسبت هوا به سوخت |
| Generation | نسل |
| Map | نگاشت |

## و

| | |
|---|---|
| Electronic Control Unit (ECU) | واحد کنترل الکترونیکی |
| Venturi | ونتوری |