

بسم الله الرحمن الرحيم

جزوه درس

سوخت رسانی گازی خودرو

دانشگاه آزاد اسلامی واحد پرند

بهزاد سامانی

پاییز ۱۳۹۴



طرح کلی یک کارگاه تبدیل و ملزومات آن

۱- آشنایی با تجهیزات لازم جهت راه اندازی کارگاه تبدیل

۱-۱- تجهیزات کارگاهی

با بهره‌گیری از ابزار آلات مناسب رویه نصب کیت و مخزن CNG می‌تواند طبق یک روند مشخص و استاندارد پیش برود. لذا با کارکرد دستگاه‌های تنظیم موتور (تون آپ و آنالایزر) جهت یک تبدیل موثر و همچنین بقیه تجهیزات ضروری در کارگاه خط قرمز تجهیزات کارگاهی بر اساس وجود این دستگاهها در کارگاه تعیین می‌گردد. کارگاهی که دارای یکی از این تجهیزات نباشد یا از این تجهیزات استفاده موثر ننماید زیر خط قرمز قرار گرفته و طی یک اخطار به مدت مشخص شده مهلت داده می‌شود تا موارد کمبود را تهیه نماید. این تجهیزات عبارتند از:

۱. جک بالابر
۲. وسیله حمل مخازن
۳. لوله بر و گردبر
۴. چراغ دستی دلکو
۵. دستگاه آنالایزر
۶. رایانه
۷. کمپرسور هوا
۸. استند نگهداری مخزن
۹. نشت یاب گاز (Gas detector)

۲-۱- ابزار کارگاهی متداول:

ابزار کارگاهی متداول که در یک کارگاه تبدیل خودرو به دوگانه سوز کاربرد دارند که با توجه به وجود انشعابات برق و هوای فشرده در قسمت مربوطه بشرح زیر است:

- گیره رومیزی
- آچار تخت
- آچار رینگ
- آچار آلن
- قلاویز دستی
- فرز آهنگری
- چرخ سمباده
- ترانس جوش با کابل جوش
- دستگاه پمپ تزریق چسب سیلیکونی
- کمان اره
- قیچی ورق بر دستی
- قیچی ورق بر زمینی
- پرچ کن دستی
- کمپرسور هوا
- تراز صنعتی ۲۰ سانتیمتری
- مانومتر اکسیژن
- فشار سنج
- شمع پاک کن
- ترکومتر ۳۳۰-۷۰ نیوتن متری

- ترکمتر ۷۰-۰ نیوتن متری
- ترکمتر ۲۲۵-۵۰ نیوتن متری
- دریل ستونی
- مته از شماره ۱ تا ۱۶
- انبردست انبر قفلی و سری پیچ گوشتی
- لوله بر
- بادپاش فلزی
- آب پاش فلزی
- شیلنگ باد
- جک بالا بر
- دستگاه دیاگ
- مولد برق اضطراری و یا دستگاه UPS جهت مواقع ضروری و قطع برق
- قیچی گرد بر و

۲- آشنایی با الزامات ایمنی کارگاههای تبدیل

۲-۱- الزامات ایمنی عمومی

۱. وجود دستگاه تهویه یا هواکش در محیط کار الزامی است. ظرفیت تهویه کارگاه باید حداقل 500 lit/s به ازای هر خودرو باشد (سرعت جریان هوا نباید کمتر از 5 m/s باشد) و قبل از شروع به کار سیستم تهویه باید روشن شده و تا انتهای مدت انجام کار روشن باقی بماند.
۲. در چندین نقطه از محل کار باید کپسول های اطفای حریق سطل های ماسه یا آب جهت اطفای حریق گذاشته شود.
۳. به منظور حفظ سلامت پرسنل از کفشهای ایمنی پنجه فولادی و دستکشهای کار استفاده شود.
۴. در هر کارگاه مستقل باید وسایل کمک های اولیه در جای مناسب نصب و همیشه در دسترس کارگران باشد.

۵. کارگران باید از تماس با سیلندرهای گاز و اتصالات آن با دست آلوده به روغن یا گریس خودداری نمایند.
۶. در کلیه نقاط کارگاه کشیدن سیگار ممنوع است و باید از تابلوهای هشدار دهنده در این زمینه استفاده گردد.
۷. باید از ورود افراد متفرقه به داخل کارگاه جلوگیری گردد.
۸. کلیه افراد حاضر در کارگاه نصب باید آموزش های لازم را در ارتباط با CNG دیده باشند.
۹. کارگاه های تبدیل چهار مرحله در سال باید مورد بازرسی و ممیزی قرار گیرند و در صورت موفقیت در مراحل فوق بازرسی به سالی یکبار تقلیل می یابد.
۱۰. لازم است نوشته مکتوبی مبنی بر اینکه چه افرادی برای تبدیل آموزش دیده اند و مجاز به انجام کار می باشند در کارگاه و در معرض دید نصب شود.
۱۱. کلیه ابزارهای اندازه گیری کارگاه باید مدارک تاییدیه کالیبراسیون معتبر را ارائه نمایند.
۱۲. محدوده کارگاه و هر قسمت بیرونی مرتبط با آن و نیز کف کارگاه نباید دارای هیچ گونه حفره چاه بدون سیستم تهویه یا بدون دریچه سیستم فاضلاب باشد.
۱۳. لازم است گواهینامه تایید کارگاه از طرف شرکتهای معتبر بازرسی در معرض دید عموم قرار گیرد.
۱۴. جانمایی یک کارگاه نصب باید دارای پنج قسمت اساسی باشد:
 - الف) قسمت مخصوص سفتکاری و جوشکاری. (لازم است عملیات جوشکاری در فضای خالی از گاز انجام گردد و محل آن به صورت مجزا از محل تبدیل خودروها باشد.)
 - ب) قسمت مخصوص نصب قطعات کیت و مخزن بر روی خودرو.
 - ج) قسمت مخصوص تست.
 - د) قسمت مخصوص تعمیر و نگهداری خودروهای تبدیل شده.
 - ه) قسمت مخصوص تنظیم موتور خودرو.
۱۵. حداقل تخصصهای مورد نیاز در یک کارگاه نصب جهت عملیات اجرایی به صورت زیر است:
 - الف) تکنسین مکانیک خودرو.
 - ب) تکنسین الکترونیک خودرو.

ج) کارشناس مهندسی مکانیک آشنا به سیستمهای مختلف خودرو و قطعات.

۲-۲- الزامات ایمنی انبارش و جابجایی

۱. انباری جداگانه برای قرارگیری کلیه قطعات کیت و مخازن در نظر گرفته شود.
۲. نحوه چیدمان مخازن باید به نحوی باشد که هیچگاه با یکدیگر در تماس نباشند.
۳. جهت چیدن مخازن در انبار باید از پالتهای مخصوص که دارای روکش لاستیکی می باشند استفاده گردد.
۴. محل های نگهداری مخازن باید از تابش مستقیم نور خورشید و یا درجه حرارت بالا به دور باشند.

۲-۳- الزامات ایمنی حین کار

۱. هنگام جابجایی مخازن باید از دستگاه لیفتراک استفاده گردد و در کلیه مراحل نباید مخزن از روی تکیه گاه لاستیکی خود برداشته یا جدا شود.
۲. عملیات تست نشت نباید در یک محیط بسته انجام گردد.
۳. به هنگام اجرای هر گونه عملیات غیر از تست نشتی اتصال باطری خودرو باید قطع باشد.
۴. به هنگام اجرای هر گونه عملیات ترمز دستی خودرو باید کاملاً کشیده شده باشد و نیز در جلو و پشت چرخ های خودرو از قطعاتی جهت ایستایی خودرو استفاده شود. نصب لوله های تهویه جهت خروج گاز ناشی از نشت های احتمالی و جلوگیری از تجمع آنها الزامی است.
۵. توصیه می گردد جهت دسترسی به زیر خودرو از جکهای مخصوص بالا بردن خودرو یا سکوهای شیبدار استفاده گردد.
۶. موقع سوختگیری خودرو باید خاموش باشد.
۷. در محل هایی که به هر نحوی گاز وجود دارد از هر گونه عملیات جوشکاری یا برش حرارتی باید جلوگیری گردد.
۸. هرگونه عملیات جوشکاری یا برشکاری با شعله تنها می تواند در محدوده حداقل یک متری مخزن سوخت و در شرایطی که کاملاً از گاز خالی شده باشد انجام پذیرد.

۹. هر گونه تخلیه مخزن باید در فضای بیرون از محیط سربسته کارگاه و به دور از هرگونه منبع ایجاد جرقه باشد.
۱۰. ورود خودرویی که دارای نشستی گاز است قبل از برطرف کردن نشستی به داخل فضای بسته ممنوع است.
۱۱. لوازم و تجهیزات منظم واز چیدمان صحیح برخوردار باشند.
۱۲. ترکیب گاز باید با استاندارد ملی ایران به شماره ۶۷۵۰ تطابق داشته باشد.

۴-۲- نکات ایمنی نصب مخزن و اجزای کیت CNG

- مخازن خودروها می توانند در زیر یا بالای کابین راننده یا مسافر نصب شوند مشروط براینکه کلیه اتصالات مخازن خارج از این مکانها قرار داشته یا به طور مناسب گازبندی شده و از مکانهای یاد شده به فضای آزاد تخلیه گاز کنند.
 - مخازن خودروها باید به منظور جلوگیری از صدمه و آسیب دیدگی ناشی از خطرات جاده بارگیری تخلیه بار نور مستقیم آفتاب حرارت آگروز با وسایل و تمهیداتی به نحو مناسب محافظت شوند. در صورت استفاده از حفاظ باید به طریقی نصب شوند که از رخدادهای زیر جلوگیری شود:
- الف) تماس مستقیم حفاظ و مخزن
- ب) گیر کردن و جمع شدن مواد جامد و مایعات ما بین حفاظ و مخزن که می تواند به مخزن ویا پوشش آن آسیب برساند.
- مخزن گاز خودرو باید بگونه ای نصب شود که با اجزای خودرو نظیر قطعات شاسی ورقهای بدنه لوله های ترمز و غیره که ممکن است منجر به سایش یا فرسایش مخزن شود تماس نداشته باشد.
 - مخزن گاز خودرو باید در محل و وضعیتی نصب شود که صدمه و آسیب ناشی از برخورد بحداقل برسد.
 - قسمت فوقانی مخزن و لوله های گاز طبیعی فشرده اتصالات شیر محفظه نرده حفاظ یا سپر محافظ نباید بیشتر از ۴/۱۲ متر بالاتر از سطح جاده قرار داشته باشد.
 - مخازن گاز خودرو که در فاصله کمتر از ۲۰۰ میلیمتر از سیستم آگروز خودرو قرار دارند باید توسط یک حفاظ حرارتی در برابر حرارت مستقیم محافظت شوند.

- چنانچه مخزن گاز طبیعی زیرشاسی و مابین محور های خودرو قرار گرفته باشد (در شرایط بارگیری خودرو با میزان نامی وزن ناخالص خود) حداقل فاصله مخزن محفظه یا اتصالات آن از سطح جاده(هر کدام که کمتر است) باید مطابق جدول زیر باشد:

فاصله دو محور(چرخ جلو و عقب خودرو) برحسب میلیمتر	حداقل فاصله از سطح جاده برحسب میلیمتر
کمتر یا مساوی ۳۲۳۰	۱۸۰
بیشتر از ۳۲۳۰	۲۳۰

- استفاده صحیح از محلول کف صابون برای نشت یابی و دقت در عملیات نشت یابی سیستم صورت پذیرد.
- توجه: توصیه می شود از نقطه نظر ایمنی به هنگام تست نشتی ابتدا از هوای فشرده کمک گرفته (تست ۱۰ بار) و سپس از تست گاز CNG (تست ۲۰۰ بار) استفاده شود.
- مخازن باید از فولاد آلومینیوم یا مواد مرکب ساخته شوند.
- روشهای جوشکاری یا لحیم کاری تنها بر روی ورقهای نگهدارنده (زینی شکل) تکیه گاهها و آویزها و نگهدارنده های مخازن تحت فشار که توسط سازنده متصل شده است مجاز است.
- لوله تخلیه برای سیستم تخلیه گاز نباید بدون گلگیر خودرو تخلیه نماید.
- در صورت نیاز و برای پیشگیری از سایش لوله های گاز عبور کرده از یک ورق یا قاب باید توسط حلقه های لاستیکی یا وسایل مشابه حفاظت شوند.
- لوله های گاز باید دارای حداکثر فاصله ممکن از سیستم اگزوز موتور باشند.
- بررسی اتصالات به لحاظ لقی و نشتی و تلاش در جهت رفع آنها انجام شود.
- اطمینان از عدم ترک خوردگی سطحی یا عمقی شیلنگ های لاستیکی آب گرم و گاز حاصل شود.
- اطمینان از عدم زنگزدگی فرسودگی یا لهیدگی لوله های فولادی فشار قوی حاصل شود.

- لوله ها اتصالات واشرهای گاز بند و مواد درزبند باید در حالتی که تحت شرایط کاری قرار می گیرند با سوخت گاز سازگار باشند.
- لوله ها اتصالات و سایر اجزاء بکاررفته در لوله کشی باید قادر به تحمل آزمون هیدرواستاتیک با فشار حداقل ۴ برابر فشار کاری مربوطه بدون شکست و گسیختگی ساختاری باشند.
- نصب لوله خرطومی محافظ روی لوله های فشار قوی در صندوق عقب خودروها و قسمت بار وانتهای.
- شیلنگهای فلزی و غیر فلزی باید از موادی ساخته شده باشند و یا جدار داخلی آنها با موادی پوشش داده شده باشد که در برابر خوردگی و گاز طبیعی مقاوم باشند.
- قبل از استفاده باید مجموعه شیلنگ توسط سازنده یا نماینده تعیین شده وی در فشاری حداقل دو برابر فشار کاری مورد آزمون قرار گیرد.
- در بعضی خودروها مانند پیکان زاپاس بند قبل از نصب مخزن خم و یا بطور کلی قطع می شود تا عمل نصب بدون مشکل انجام شود.
- حصول اطمینان از سلامت روکش سیم ها و وجود سرپوش سیم های تجهیزات الکتریکی
- فشارسنج باید قادر به نشان دادن حداقل ۱/۲ برابر فشار طراحی سیستم باشد همچنین منفذ یا روزنه آن در اتصال ورودی قطرش کمتر از ۱/۴ میلیمتر باشد.
- سیستم سوختگیری باید مجهز به یک شیر یکطرفه باشد که از برگشت گاز از مخزن بسوی اتصال سوختگیری جاوگیری نماید.
- کلیه سیمها مطابق با استاندارد سیم کشی اصلی خودرو بوده و در برابر سایش و خوردگی حفاظت شوند.

۵-۲- اشکالات متداول ایمنی در کارگاه های تبدیل

- زنگ زدگی مخازن CNG
- نگهداری مخازن زیر نور خورشید
- قراردادن مخازن در تماس با اجسام تیز

- عدم مراقبت از قطعات حساس کیت
- عدم رعایت دستورالعمل های نصب
- مهار ناصحیح لوله های فولادی توسط نوار چسب یا کش
- نزدیکی شیلنگ های بنزین به پروانه
- پذیرش خودروهای فرسوده
- استفاده از شیلنگ های نامناسب برای هدایت گاز
- سهل انگاری در نصب لوله های گاز از شیر پرکن تا مخزن (عدم استفاده از بست لوله خرطومی)
- لهیدگی و عدم نصب مناسب لوله های فشار بالا
- عدم زدن حلقه (Loop) در انتهای محل اتصالات لوله فشار بالا
- خالی بودن جعبه کمک های اولیه
- گذشتن تاریخ شارژ مجدد کپسولهای اطفاء حریق

۶-۲- آموزش ایمنی

نخستین هدف آموزش ایمنی کارگاه ها درک مسئولیت های فردی ایمنی توسط هر فرد می باشد. هدف بعدی گسترش فرهنگی است که به موجب آن هر فرد با آگاهی نسبت به ایمنی بطور ایمن عمل نماید. پذیرفتن اصول ایمن کار توسط افراد تازه وارد به کارگاه مخصوصاً کسانی که برای بار اول متصدی شغلی می شوند از اهمیت بالایی برخوردار است. آموزش توجیهی باید به نحوی باشد که:

۱. کارکنان جدید را با کارگاه و واحدی که باید در آن کار کنند آشنا سازد.

۲. آنان را قادر سازد که به صورت ایمن موثر و کار آمد فعالیت نمایند.

سه عنصر کلیدی به منظور حصول ایمنی عبارتند از:

- جلب توجه افراد
- دستیابی به تعهد

- تداوم مشارکت افراد

۳- آشنایی با ساختار بنای کارگاه تبدیل

۳-۱- فضای کارگاه

جهت پذیرش ۴ خودرو مساحت کارگاه باید در حدود ۲۰۰ متر مربع به شرح زیر باشد:

ردیف	عنوان	مساحت مورد نیاز بر حسب متر مربع
۱	فضا جهت پذیرش ۴ خودرو	$4 \times 20 = 80$
۲	انبار نگهداری اقلام واگذاری (کیت و مخزن)	۴۰
۳	محل تنظیم خودرو	۲۰
۴	محل تست و تعمیرات	۴۰
۵	دفتر کارگاه و محل استراحت	۲۰
جمع کل مساحت مورد نیاز کارگاه :		۲۰۰ متر مربع

با توجه به این فرمول فضای مورد نیاز برای کارگاه متناسب با ظرفیت تبدیل عبارتست از:

$$120 + 20 \times \text{ظرفیت تبدیل} = \text{فضای مورد نیاز}$$

همچنین داشتن Certificate تفکیک قسمتهای مختلف کارگاه جهت بهره برداری شامل قسمت اداری انبار نصب تست

و ... در تأیید کارگاه لحاظ می شود.

۲-۳- نیروی انسانی

در بخش نیروی انسانی تعداد نیروی متخصص نصب کیت آشنایی با تجهیزات کارگاهی تعداد نیروی انسانی جهت ثبت و بررسی اطلاعات و وجود کنترل کیفیت مطرح می باشد. کلیه افراد نصاب باید دارای گواهینامه باشند و دوره های آموزشی لازم را گذرانده باشند. نظر به اهمیت این پارامتر بر اساس میزان فضای کارگاه و با توجه به ظرفیت تبدیل طبق فرمول زیر حداقل تعداد نیروی متخصص هر کارگاه تعیین می گردد. هر کارگاه که حداقل نیروی متخصص را نداشته باشد زیر خط قرمز قرار گرفته طی یک اخطار به مدت مشخص برای تکمیل نیروی انسانی کارگاه خود مهلت می یابد. در صورت عدم تکمیل نیروی انسانی در طی مدت مشخص شده کارگاه باید به حالت تعطیل در آید.

طبق فرمول زیر حداقل نیروی انسانی هر کارگاه بر اساس ظرفیت تبدیل محاسبه می شود:

زمان مورد نیاز برای یک نفر جهت تبدیل هر خودرو (میانگین زمان نصب خودروهای مختلف برای یک نصاب نیمه ماهر در نظر گرفته شده است) = حدوداً ۴ ساعت

تعداد ساعات کاری در هر روز = ۸ ساعت (۸ صبح تا ۵ بعدازظهر یکساعت نهار و نماز)

$$\frac{4}{8} \times \text{ظرفیت تبدیل} = \text{حداقل تعداد نیروی انسانی}$$

تعداد بدست آمده از فرمول فوق بعلاوه یک نفر مسئول ثبت و بایگانی اطلاعات و یک نفر مسئول کنترل کیفی و آشنا به کار با دستگاههای تون آپ و آنالایزر (یا یکی از نصابان که آموزشهای لازم را در این زمینه دیده باشد) تعداد پرسنل مورد نیاز در کارگاه مرتبط با CNG را تعیین می نماید.

اصول و روشهای تبدیل

۱- مقدمه ای بر تاریخچه انواع نسل های کیت تبدیل

۱-۱- مقدمه

به منظور استفاده از سوخت گاز طبیعی در خودروهای بنزینی موجود می بایست تغییراتی در سیستم سوخت رسانی آنها ایجاد شود. نظر به این که بیشتر خودروها بر مبنای استفاده از سوخت بنزین و به صورت تک سوخته تولید شده‌اند لذا تجهیزات مربوط به سوخت گاز بعداً روی خودرو نصب می شوند. به مجموعه این تجهیزات که قابلیت استفاده از گاز را به خودرو می دهند کیت تبدیل گفته می شود. کیت های تبدیل در مدل های متنوعی تولید می شوند و بر اساس معیارهای متفاوتی نیز تقسیم بندی شده‌اند. در ادامه به تشریح اقسام کیت از نظر سیر پیشرفت در تکنولوژی آنها می پردازیم.

۱-۲- تحول سیستم های کیت گازسوز

کیت های گاز سوز از آغاز تا کنون تحولات بسیاری را پشت سر گذاشته‌اند. کیت های اولیه بسیار ساده بودند ولی به مرور زمان بر اثر محدودیت های زیست محیطی و نیز منابع انرژی دچار تحولات بسیاری شده اند. استانداردهای سخت گیرانه آلودگی سازندگان کیت های گازسوز را به استفاده از تکنولوژی های بسیار پیشرفته‌ای ملزم نموده است. بر اساس نقاط عطف موجود در سیر این تحولات می توان کیت های گازسوز را به چهار نسل دسته بندی کرد که در ادامه به تشریح هر یک از آنها به همراه مزایا و معایب هر نسل پرداخته می شود.

۱-۳-۱- نسل اول

در نسل اول تمامی تجهیزات به کار رفته برای سوخت رسانی مکانیکی و بسیار ساده است. برای اختلاط هوا و گاز از یک ونتوری که در سیستم هوای ورودی تعبیه می گردد استفاده میشود. در برخی انواع که خودروی تبدیلی کاربراتور است از منتوری کاربراتور برای این منظور استفاده می شود ولی به دلیل این که در روش مذکور کاربراتور دستخوش تغییر می شود استفاده از میکسر در این نسل از کیت ها متداول تر است. نسبت هوا به سوخت در این کیت ها با تنظیم اولیه کیت انجام می گردد و هیچ

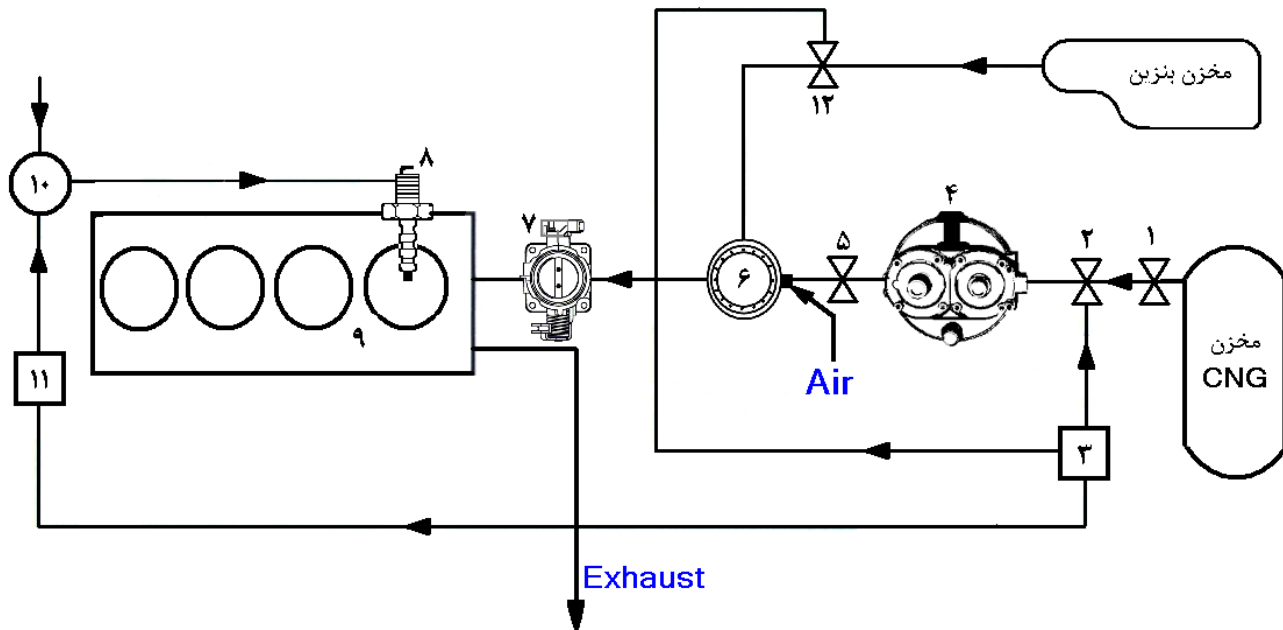
سیستم کنترلی مدار بسته و بازخوردی از عملکرد وجود ندارد. برخی از مشخصات و ویژگی های این نسل از کیت ها به اختصار در زیر بیان شده است :

- ۱- در این نسل ونتوری بر اساس میزان گاز ورودی و اندازه گیری پایین ترین فشار رگولاتور انتخاب می شود.
- ۲- دارای پیچ تنظیم اصلی و تنظیم سوخت در حالت بی بار هستند.
- ۳- قطعات الکترونیکی و سیستم کنترل نسبت هوا به سوخت ندارند.
- ۴- به دلیل سادگی ساختار از قیمت پایینی برخوردار هستند.
- ۵- خودروهای تبدیل شده با این کیت ها نسبت به خودروهای بنزینی قدیمی آلودگی کمتری تولید می کنند اما قادر به گذراندن استانداردهای جدید آلاینده ها نیستند. (EURO I به بالا)
- ۶- وجود ونتوری به علت ایجاد افت فشار سبب کاهش راندمان خودرو می گردد.
- ۷- از آنجا که نسبت هوا به سوخت در این نسل از کیت ها کنترل نمی گردد نمی توان از کاتالیست ها در خودروهای تبدیلی استفاده موثری نمود.
- ۸- برای تصحیح میزان آوانس جرعه از پیش انداز جرعه استفاده می شود.

۲-۳-۱- تشریح عملکرد کیت های نسل اول

در شکل ۱ طرح شماتیک استفاده از کیت نسل اول روی خودروی کاربراتوری نشان داده شده است. اساس کار این سیستم اختلاط سوخت و هوا در یک ونتوری است. جریان سوخت و هوا در این ونتوری بر اثر خلاء منیفولد شکل می گیرد. برای سوخت بنزین از ونتوری موجود در کاربراتور (Cr) و برای سوخت گاز از میکسر (Mi) استفاده شده است. محل نصب میکسر قبل از کاربراتور و در مجاورت آن است. در مسیر گاز از مخزن گاز (Gt) تا میکسر مانند مسیر بنزین از باک (Pt) تا کاربراتور شیرهای سولونوئیدی برای قطع گاز (Gsv) و بنزین (Psv) تعبیه شده است. البته در مورد مسیر گاز به دلیل فشار بسیار بالای گاز در مخزن (حدود ۲۲۰ اتمسفر) ملاحظات خاصی لازم است. از آن جمله می توان به شیر اطمینان مخزن (Tv) برای حصول شرایط ایمنی و رگولاتور (Reg) برای کاهش فشار گاز تا حدود فشار اتمسفر اشاره کرد. باز یا بسته بودن شیرهای سولونوئیدی مذکور به وضعیت سوئیچ تبدیل (Gs) بستگی دارد. هرگاه سوئیچ تبدیل در حالت استفاده از گاز قرار داده شود مسیر سوخت بنزین بسته می شود و بالعکس. میزان گاز ورودی بر اساس تنظیمات اولیه رگولاتور و فشار خلاء پایین دست میکسر تعیین می گردد. این فشار تا حدود زیادی تابع موقعیت دریچه گاز (Tb) است. برای اصلاح زاویه جرعه در حالت استفاده از گاز از پیش

انداز جرعه (Ti) استفاده می گردد. این وسیله به محض دریافت سیگنال از سوئیچ تبدیل در حالت استفاده از گاز سیگنال خروجی از دلكو (Dr) برای شمع ها (Sp) را آوانس می کند.

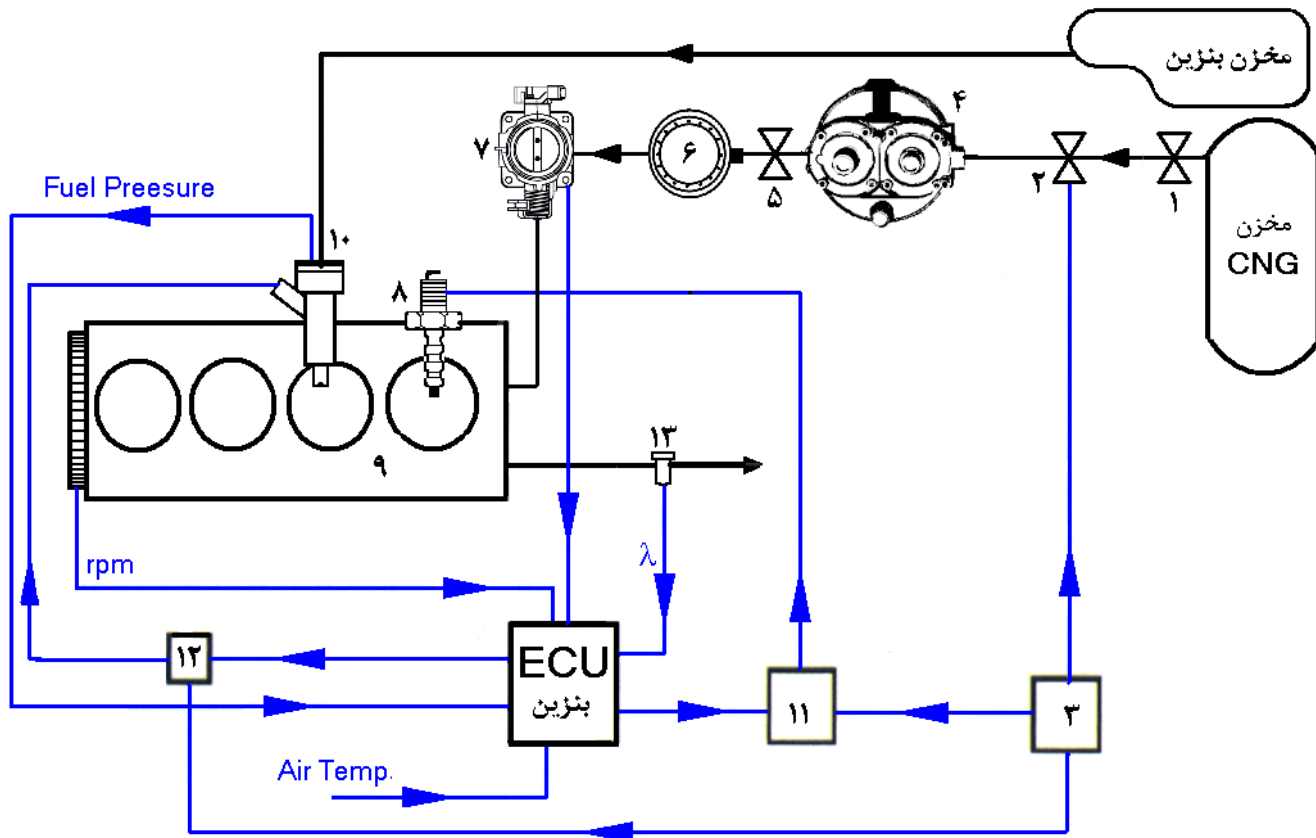


- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ۱- شیر مخزن گاز | ۷- کاربراتور |
| ۲- شیر سلنوئیدی گاز | ۸- شمع |
| ۳- سوئیچ تبدیل | ۹- موتور |
| ۴- رگلاتور | ۱۰- دلكو |
| ۵- میکسر | ۱۱- پیش انداز زمان جرعه |
| ۶- شیر حداکثر جریان | ۱۲- شیر سلنوئیدی بنزین |

شکل ۱: شماتیک کیت گازسوز نسل اول که بر روی خودروی کاربراتوری نصب شده است.

در شکل ۲ یک نمونه دیگر از کیت های نسل اول دیده می شود که روی یک خودروی بنزینی با سیستم سوخت رسانی انژکتوری نصب شده است. این شماتیک اصول کارکرد این کیت را نشان می دهد. اساس کار با آنچه در مورد خودروی کاربراتوری بیان شد تفاوت زیادی ندارد. تنها قطعه ای که به کیت گازسوز اضافه می گردد شبیه ساز پاشش (Em) است که جهت قطع انژکتورهای

بنزینی (In) در حالت استفاده از گاز به کار می رود. این قطعه از تولید کد خطا در ECU بنزین نیز جلوگیری می کند. در خودروهای کاربراتوری تنها با یک شیر سولنوئیدی در مسیر بنزین می توان جریان سوخت را در حالت استفاده از گاز قطع کرد.



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ۱- شیر مخزن گاز | ۷- دریچه گاز |
| ۲- شیر سلنوئیدی گاز | ۸- شمع |
| ۳- سویچ تبدیل | ۹- موتور |
| ۴- رگلاتور | ۱۰- انژکتور بنزین |
| ۵- شیر حداکثر جریان | ۱۱- پیش انداز زمان جرقه |
| ۶- میکسر | ۱۲- امولاتور |

شکل ۲: شماتیک کیت گازسوز نسل اول که بر روی خودروی انژکتوری نصب شده است

همان طور 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 می شود و تنها تنظیمات اولیه رگولاتور تعیین کننده میزان سوخت مخلوط شده با هوا است. از آنجا که این چنین کیت هایی نمی توانند الزامات و نیازمندی های صنعت خودرو را برآورده سازند بتدریج جای خود را به کیت های نسل دوم داده اند.

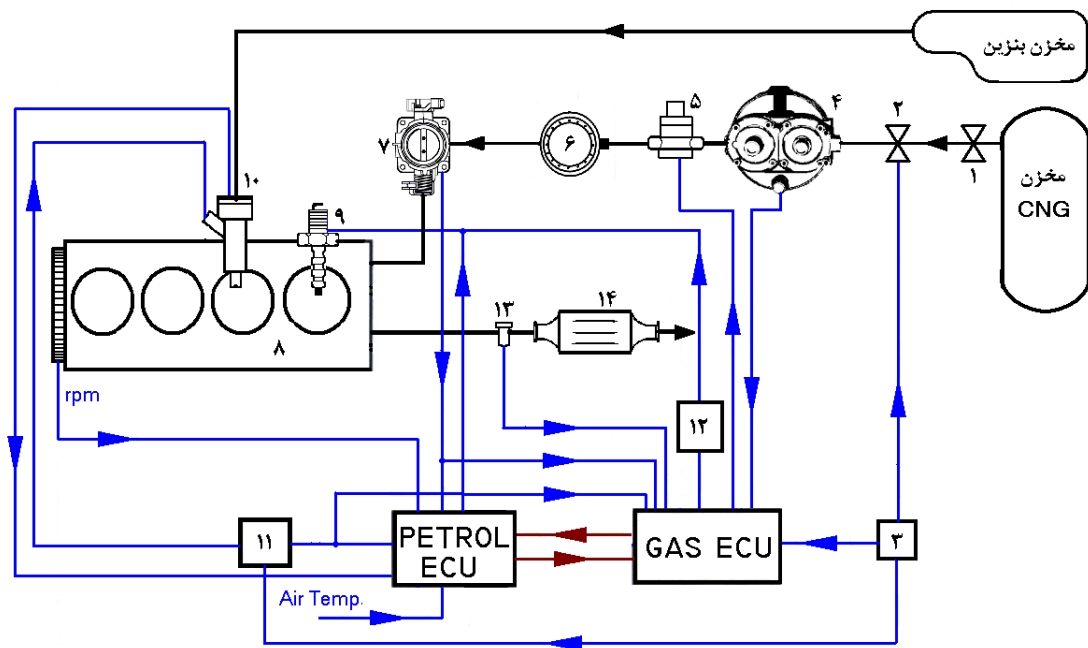
۳-۳-۱- نسل دوم

تفاوت اساسی این نسل با نسل قبلی مجهز شدن به سیستم کنترلی مدار بسته نسبت هوا به سوخت است. در این سیستم بازخورد لازم توسط حسگر اکسیژن تأمین می گردد. پردازش لازم برای تصحیح مقدار گاز ورودی به میکسر در ECU گاز انجام می گیرد. این تصحیحات توسط 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 دقت خوبی کنترل کرد. این مسأله زمینه مساعدی برای استفاده از کاتالیست ها در خودروهای مجهز به این نسل از کیت ها را فراهم می کند. بنابراین سطح کاهش آلاینده ها نسبت به خودروهای مجهز به نسل اول چشم گیر است. این نسل از کیت ها هم در خودروهای کاربراتوری و هم در خودروهای انژکتوری به کار می روند. شایان ذکر است که برای استفاده از این کیت ها روی خودروهای انژکتوری ملاحظات و تدابیر خاصی لازم است. از جمله آنها می توان به نصب شبیه ساز پاشش و نیز شبیه ساز حسگر اکسیژن اشاره نمود. بعضی از مشخصه های این سیستم در زیر قید شده است :

- ۱- کنترل مدار بسته نسبت سوخت به هوا.
- ۲- تأمین سطح آلودگی کمتر نسبت به کیت های نسل اول.
- ۳- پیکر بندی ECU گاز نسبت به بنزین می تواند به صورت اصلی- فرعی یا مستقل باشد.
- ۴- استفاده از میکسر برای اختلاط سوخت و هوا.
- ۵- استفاده از قطعات و سخت افزارهای الکترونیکی با کیفیت بالا.

۴-۳-۱- تشریح عملکرد کیت های نسل دوم

عملکرد این دسته از کیت ها به صورت شماتیک در شکل ۳ نشان داده شده است. در این نسل نیز برای اختلاط گاز و هوا از میکسر استفاده می شود. تفاوت عمده ای که در نحوه کار این کیت با نسل های قبل وجود دارد استفاده از یک سیستم کنترلی مدار بسته برای تنظیم نسبت هوا به سوخت است. در واقع ECU گاز (ECUg) سیگنالی را که ECU بنزین (ECUp) برای باز شدن انژکتور بنزین (Pi) ارسال می کند دریافت کرده و بعد از تصحیح آن بر اساس تفاوت های بنزین و گاز فرمان لازم را برای موتور پله ای (Sm) که قبل از میکسر قرار دارد ارسال می کند. به این ترتیب ECU گاز از پردازشی که در ECU بنزین روی اطلاعات ورودی حسگرها انجام شده است لذا این پیکر بندی از نوع اصلی - فرعی است.



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ۱- شیر مخزن گاز | ۸- موتور |
| ۲- شیر سلنوئیدی گاز | ۹- شمع |
| ۳- سویچ تبدیل | ۱۰- انژکتور گاز |
| ۴- رگلاتور | ۱۱- امولاتور |
| ۵- شیر موتور پله ای | ۱۲- پیش انداز زمان جرقه |
| ۶- میکسر | ۱۳- سنسور اکسیژن |
| ۷- دریچه گاز | ۱۴- مبدل کاتالیستی |

شکل ۳: شماتیک کیت گازسوز نسل دوم

در کیت نشان داده شده در شکل ۳ مجموعه پیش انداز جرقه داخل ECU تعبیه شده است. شبیه ساز پاشش هم کاملاً مانند آنچه در نسل دوم تشریح شد عمل می کند. در بعضی از سیستم های انژکتوری بنزینی از الگوهای تطبیقی کنترل استفاده می گردد لذا با تغییر محسوس داده های ورودی از حسگرها به خصوص حسگر اکسیژن تصحیحاتی در نگاشت اولیه ECU بنزین اعمال می گردد. برای دو سوخته کردن این نوع از خودروها ملاحظات خاصی لازم است. برای مثال در حالت استفاده از گاز داده های حسگر اکسیژن باید شبیه سازی شوند تا اصلاحات ECU بنزین که با فرض استفاده از سوخت بنزین است بر الگوریتم کنترل اعمال نشود. در کیت نمایش داده شده در شکل ۳ شبیه ساز سنسور اکسیژن در داخل ECU گاز قرار دارد.

۵-۳-۱- نسل سوم

قابل توجه ترین پیشرفت در کیت های نسل سوم نسبت به نسل قبل استفاده از انژکتورهای پاشش گاز به جای میکسرها است. با این تغییر تمام تجهیزات سیستم سوخت رسانی قطعاتی الکترونیکی خواهند بود. این به معنای دقت بیشتر و قابلیت کنترل بهتر است. تفاوت کلید سوخت رسانی به وسیله 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 کنترل کننده قرار می دهد که منجر به بالا رفتن دقت و کیفیت کنترل در این کیت ها می شود. در این نسل به علت الکترونیکی بودن تمامی قطعات امکان عیب یابی خودکار توسط ECU های گاز و بنزین فراهم می گردد. ویژگی های این نسل را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

- ۱- استفاده از قطعات الکترونیکی پیشرفته برای کنترل جریان گاز.
- ۲- سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت ها تک نقطه ای یا چند نقطه ای است.
- ۳- زمان پاشش و تنظیم میزان سوخت در انژکتورها به صورت گروهی است.
- ۴- دارا بودن قابلیت عیب یابی الکترونیکی.
- ۵- پیکر بندی ECU گاز نسبت به بنزین می تواند به صورت اصلی - فرعی یا مستقل باشد.

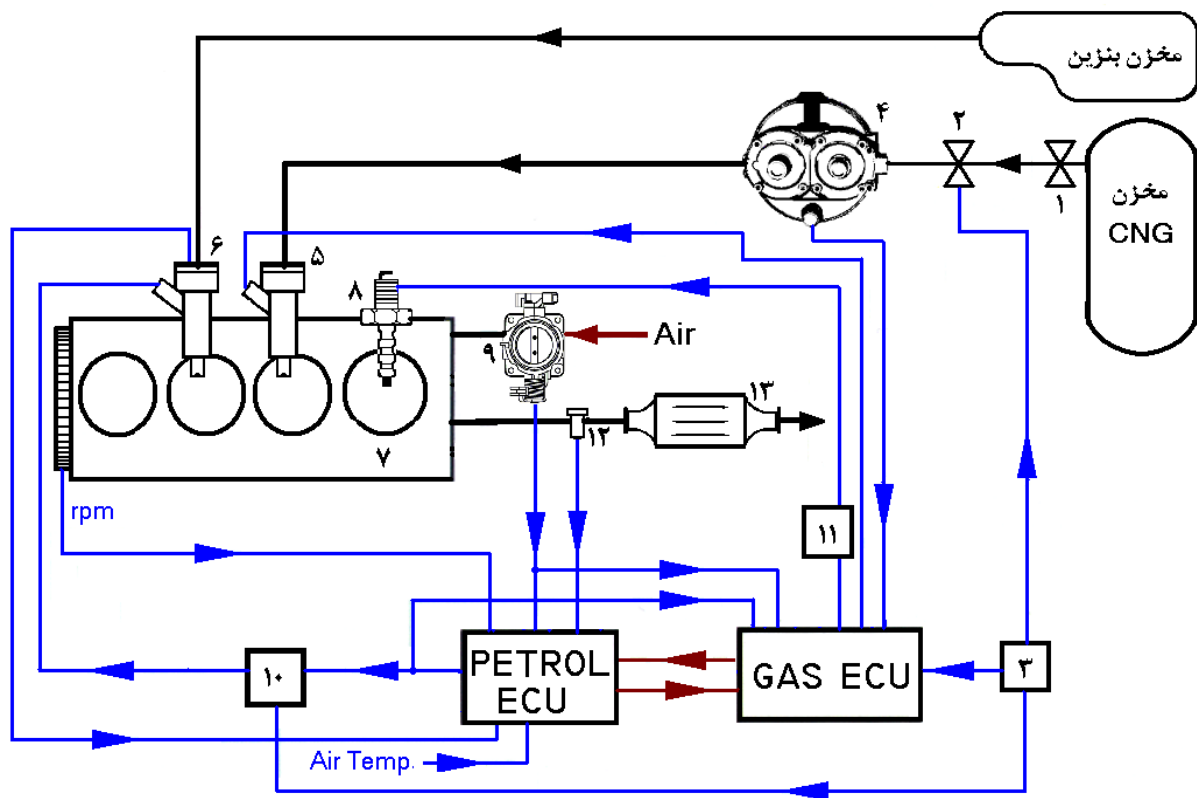
۶- سطح کیفی بالای قطعات الکترونیکی.

۷- کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت.

۸- قابلیت بالا در کاهش آلاینده ها و تولید توان با افت کمتر.

۶-۳-۱- تشریح عملکرد کیت های نسل سوم

همان طور که در شکل ۴ مشهود است عملکرد این نسل از کیت ها با نسل دوم تفاوت زیادی ندارد. سیستم کنترلی مدار بسته نیز به طور مشابه عمل می کند. تنها تفاوت در این است که به جای مجموعه موتور پله ای و میکسر از انژکتورهای گاز (Gi) استفاده می شود.



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ۱- شیر مخزن گاز | ۸- شمع |
| ۲- شیر سلنوئیدی گاز | ۹- سنسور د ریچه گاز |
| ۳- سویچ تبدیل | ۱۰- امولاتور |
| ۴- رگلاتور | ۱۱- پیش انداز زمان جرقه |
| ۵- انژکتور گاز | ۱۲- سنسور اکسیژن |
| ۶- انژکتور بنزین | ۱۳- مبدل کاتالیستی |
| ۷- موتور | |

شکل ۴: شماتیک کیت گازسوز نسل سوم

۷-۳-۱- نسل چهارم

این نسل شامل پیشرفته ترین و پیچیده ترین کیت های گازسوز ارائه شده 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 کیت ها به کار گرفته شده است. مجموعه ای شامل تجهیزات دقیق الکترونیکی الگوریتم های کارآمد کنترل و الگوهای نوین عیب یابی زمینه ظهور این دسته از کیت ها را فراهم کرده اند. البته کسب این مزایای قابل توجه به بهای افزایش هزینه و قیمت تمام شده در این نوع از کیت ها است. ویژگی بارز این نسل نسبت به نسل سوم 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 ECU گاز تعیین می گردد لذا دقت کنترل نسبت هوا به سوخت در این موتورها بسیار بالاست.

موارد زیر را می توان به عنوان مشخصات اصلی این نسل نام برد.

- ۱- سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت ها چند نقطه ای است.
- ۲- سیستم پاشش گاز در این نسل از کیت ها چند نقطه ای است.
- ۳- کنترل زمان پاشش و تنظیم میزان سوخت برای هر انژکتور به صورت جداگانه.
- ۴- استفاده از تجهیزات الکترونیکی دقیق برای کنترل دقیق نسبت هوا به سوخت.
- ۵- قابلیت عیب یابی الکترونیکی پیشرفته.
- ۶- استفاده از انژکتورهای فشار بالا (۸ bar).
- ۷- هزینه و قیمت بالا.

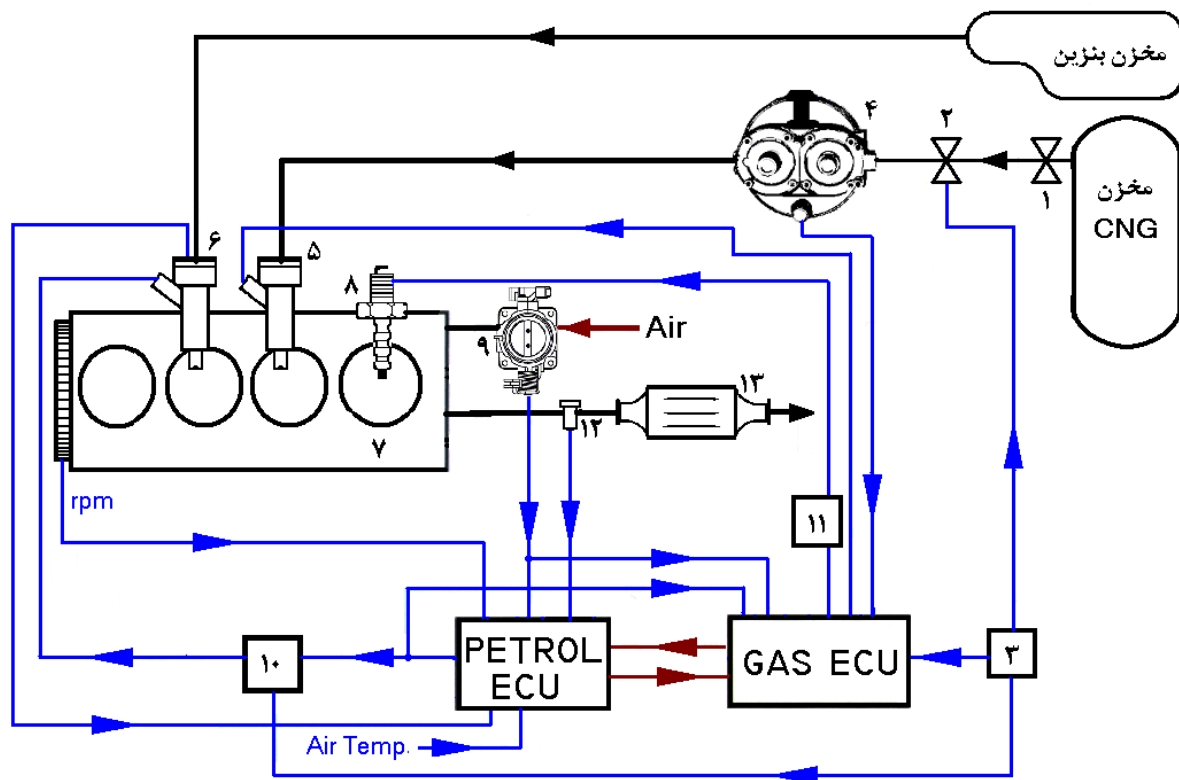
۸- پیکر بندی ECU.

۹- پیکر بندی ECU گاز نسبت به بنزین می تواند به صورت اصلی - فرعی یا مستقل باشد.

۱۰- سطح آلاینده های تولیدی بسیار پایین بوده و کم ترین حد افت توان را داراست.

۸-۳-۱- تشریح عملکرد کیت های نسل چهارم

به لحاظ ظاهری این نسل از کیت ها کاملاً شبیه کیت های نسل سوم با سیستم پاشش چند نقطه ای هستند. بنابراین شکل ۴ می تواند نمایانگر اصول کلی کارکرد این نسل باشد. همان طور که تشریح شد تفاوت این دو نسل در نحوه کنترل و پاشش انژکتورهای گاز است.



- | | |
|---------------------|-------------------------|
| ۱- شیر مخزن گاز | ۸- شمع |
| ۲- شیر سلنوئیدی گاز | ۹- سنسور د ریچه گاز |
| ۳- سویچ تبدیل | ۱۰- امولاتور |
| ۴- رگلاتور | ۱۱- پیش انداز زمان جرقه |
| ۵- انژکتور گاز | ۱۲- سنسور اکسیژن |
| ۶- انژکتور بنزین | ۱۳- مبدل کاتالیستی |

شکل ۵: شماتیک کیت گازسوز نسل چهارم

اجزاء مکانیکی کیت گازسوز:

اجزاء مکانیکی بکار رفته در نسل‌های مختلف کیت‌های گازسوز عبارتند از:

مخزن ذخیره سوخت CNG

شیر دستی جهت کنترل جریان سوخت بصورت دستی

وسیله اطمینان کاهش فشار (PRD)

شیر یکطرفه جهت جلوگیری از برگشت جریان سوخت

شیر جلوگیری از جریان اضافی

لوله‌های فشار قوی

رگلاتور فشار

لوله‌های فشار ضعیف (شیلنگ‌ها)

میکسر یا مخلوط کننده هوا و گاز (فقط در کیت‌های میکسری)

بست‌ها و اتصالات نگهدارنده

مجموعه پرکن گاز (با لوله و اتصالات آن)

۲. آشنایی با نحوه نصب و جانمایی اجزای مکانیکی کیت تبدیل

در این بخش به بررسی ساختار و نحوه عملکرد اجزاء مکانیکی بکار رفته در کیت‌های گازسوز می‌پردازیم.

۲-۱- مخزن ذخیره CNG

از مخازن برای ذخیره سازی سوخت CNG در فشار ۲۰۰ بار استفاده می‌شود. طی سالهای اخیر با توسعه خودروهای

گازسوز مخازن ذخیره CNG نیز توسعه یافته‌اند و نسبت وزن به حجم آنها کاهش یافته است.

مخازن در ابتدا از فولاد ساخته شدند ولی امروزه چهار نوع مخزن سوخت CNG وجود دارد که عبارتند از:

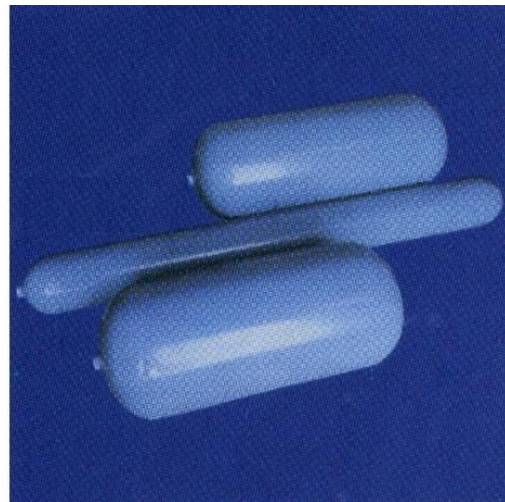
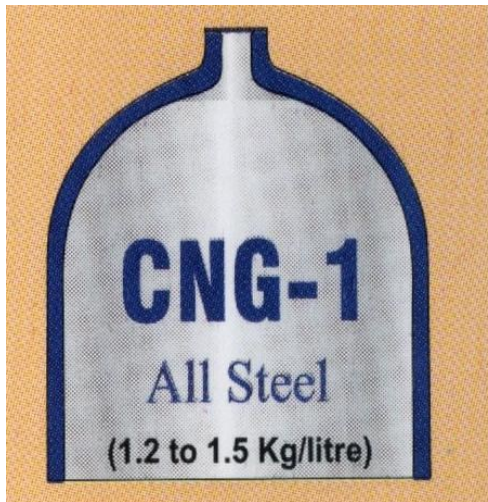
مخزن نوع اول: این مخازن بدون درز و از جنس فولاد یا آلیاژ آلومینیوم هستند که پس از طراحی باید آزمونهای عملکردی مربوط به مخازن را با موفقیت پشت سر گذارند. (مخازن فولادی)

مخزن نوع دوم: این مخازن دارای یک لایه داخلی از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون درز است و قسمت استوانه‌ای این لایه داخلی توسط الیاف شیشه آرامید کربن یا مخلوطی از آنها که آغشته به رزین است بصورت محیطی پیچیده شده است. بنابراین بکارگیری ساختار کامپوزیتی در این مخازن امکان کاهش ضخامت لایه فولادی را فراهم می‌آورد و وزن مخزن کاهش می‌یابد. (مخازن فولادی کم‌پیچ شده)

مخزن نوع سوم: این مخازن نیز دارای یک لایه داخلی از جنس فولاد یا آلومینیوم بدون درز بوده و کل این لایه داخلی توسط الیاف کامپوزیت آغشته به رزین در جهات محوری و محیطی پیچیده شده است. این مخازن نسبت وزن به حجم کمتری نسبت به مخازن نوع دوم دارند. (مخازن فولادی تمام پیچیده)

مخزن نوع چهارم: این مخازن دارای یک لایه داخلی از جنس پلیمر بدون درز هستند و کل این لایه داخلی توسط الیاف کامپوزیت آغشته به رزین پیچیده شده است و ساختار تمام کامپوزیتی این مخازن سبب کاهش وزن آنها شده است. این مخازن کمترین نسبت وزن به حجم را دارند. (مخازن تمام کامپوزیت)

شکلهای ۶ تا ۹ انواع مخازن ذخیره سوخت CNG را نشان می‌دهند و مقایسه‌ای بین آنها از نظر ساختار ارائه می‌دهند. همواره برای بکارگیری مخازن در خودروهای گازسوز لازم است یک سری وسایل اطمینان و کنترل جهت کنترل جریان سوخت خروجی از مخازن و حصول ایمنی لازم به‌مراه مخازن بکار گرفته شود که این تجهیزات را اصطلاحاً ملحقات مخزن نیز می‌نامند. شیر دستی مخزن شیر اتوماتیک مخزن شیر جلوگیری از جریان اضافی و وسیله اطمینان کاهش فشار (PRD) جزو این تجهیزات هستند که در ادامه به بررسی آنها می‌پردازیم.



شکل ۶: مخزن CNG نوع اول



شکل ۷: مخزن CNG نوع دوم



شکل ۸: مخزن CNG نوع سوم



شکل ۹: مخزن CNG نوع چهارم

۲-۲- شیر دستی جهت کنترل جریان سوخت CNG

از این شیرهای برای کنترل جریان سوخت CNG در قسمت‌های مختلف سیستم گازسوز بصورت دستی استفاده می‌شود. از نظر ساختاری این شیرها دارای انواع گوناگونی نظیر شیرهای توپی پروانه‌ای گوه‌ای و مخروطی می‌باشند. از پارامترهای مهم در عملکرد این شیرها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱. میزان نشتی اولیه شیر در نشیمنگاه
 ۲. گشتاور لازم جهت باز و بسته شدن شیر بصورت دستی
 ۳. با اعمال گشتاور مورد نیاز برای باز و بسته کردن شیر باید بطور کامل باز یا بسته شود.
 ۴. شیر در حالت بسته نباید هیچگونه نشتی گاز داشته باشد.
- شکل زیر نمونه‌هایی از شیرهای دستی بکار رفته در سیستم‌های گازسوز خودروها را نشان می‌دهد.



شکل ۱۰: نمونه‌هایی از شیر دستی

اگر این شیر دستی بمنظور کنترل جریان گاز ورودی و خروجی مخزن CNG بر روی آن نصب گردد به آن شیر دستی مخزن می‌گوییم. علت اصلی نصب این شیر بر روی مخزن آن است که در مواقع بروز اشکال یا نشتی جزئی در سیستم بتوان بطور دستی جریان سوخت CNG را از مخزن قطع نموده و برای رفع عیب سیستم اقدام نمود.

۲-۳- وسیله اطمینان تخلیه فشار (PRD)

وسیله اطمینان تخلیه فشار برای تخلیه گاز درون مخزن در صورت افزایش فشار بیش از حد در نظر گرفته شده است. از آنجا که عملکرد این وسیله مستقیماً با ایمنی مخازن مرتبط است لازم است که تحت شرایط کاری خودرو و مخازن هیچگونه خللی در کار این وسیله بوجود نیاید.

معمولاً PRD را درون شیر مخزن تعبیه می کنند و مجرایی برای آن در نظر می گیرند تا در صورت افزایش بیش از حد فشار درون مخزن و پاره شدن دیسک بکار رفته در ساختار PRD جریان گاز از این مجرا خارج شود و فشار درون مخزن کاهش یابد و از انفجار مخزن جلوگیری گردد.

بدین ترتیب PRD بعنوان یک وسیله اطمینان فشار گاز درون مخزن را در شرایط مختلف نظیر سوختگیری سوانح آتش سوزی و... بصورت ایمن کنترل می کند.

شکل ۱۱ نمونه هایی از وسیله اطمینان تخلیه فشار (PRD) و نمونه ای از PRD متصل به شیر دستی مخزن را نشان می دهد.



شکل ۱۱- وسیله اطمینان تخلیه فشار (PRD) و نمونه ای که به شیر دستی مخزن متصل است

به دلیل اهمیت بالایی که PRD در ایمنی خودرو دارد طراحی و ساخت آن تحت شرایط خاص و کنترل شده صورت می‌پذیرد و برای اطمینان از عملکرد آن پس از ساخت تحت تست‌های متعددی قرار می‌گیرد تا از صحت عملکرد آن اطمینان حاصل شود.

معمولاً PRD همراه با شیرهای سرمخزن و سایر تجهیزات بصورت یکپارچه ساخته می‌شوند و بر روی مخزن CNG نصب می‌گردند.

۴-۲- شیر یکطرفه

از این شیر برای جلوگیری از برگشت جریان در سیستم گازسوز خودرو استفاده می‌شود. ساختار این شیر همانطور که در شکل زیر دیده می‌شود به گونه‌ای است که فقط اجازه می‌دهد گاز در یک جهت از آن عبور کند و در صورت برگشت جریان گاز این شیر مسیر را مسدود می‌کند.



شکل ۱۲- شیر یکطرفه

این شیر نیز همانند سایر شیرهای بکار رفته در سیستم گازسوز خودرو لازم است کاملاً آب‌بندی شده باشد و نشستی نداشته باشد. از موارد کاربرد این شیر در مجموعه پکیج مخازن این است که این شیر اجازه برگشت گاز تحت فشار را از مخزن به محیط خارجی نمی‌دهد.

۴-۲-۵- شیر جلوگیری از جریان اضافی

مکانیزم این شیر به نحوی است که در صورت افزایش بیش از حد جریان عبوری از آن مسیر عبور گاز را مسدود می‌کند. این امر سبب می‌شود تا در مواردی مثل تصادف و سوانح که مسیر لوله فشار قوی یا اتصالات آسیب می‌بینند و گاز تحت فشار با شدت زیادی به محیط تخلیه می‌شود این شیر وارد عمل شده و مسیر عبور گاز را مسدود نماید که این عمل سبب جلوگیری از خروج بیش از حد گاز و انباشته شدن آن در اطراف خودرو و خطرات آتش‌سوزی و... می‌شود. نمونه‌ای از یک شیر جلوگیری از جریان اضافی در شکل ۱۳ نمایش داده شده است.



شکل ۱۳ - شیر جلوگیری از جریان اضافی

همانطور که ذکر شد با افزایش گرادیان فشار در مسیر عبور گاز و افزایش بیش از حد جریان عبوری مکانیزم شیر وارد عمل شده و مسیر را مسدود می‌کند. این شیر نیز یکی از اجزایی است که بطور مستقیم با ایمنی خودرو و سرنشینان آن مرتبط است از اینرو طراحی و ساخت آن تحت فرایند خاص و کنترل شده صورت می‌پذیرد و پس از طراحی تست‌های متعددی برای حصول اطمینان از صحت عملکرد آن بر روی شیر انجام می‌گردد.

۶-۲- لوله‌های فشار قوی

از این لوله‌ها برای انتقال گاز از مخزن به رگلاتور فشار استفاده می‌شود. از آنجا که گاز موجود در مخازن تحت فشار بالایی ذخیره می‌شود این لوله‌ها باید با ضریب اطمینان کافی تحمل فشار گاز عبوری را داشته باشند. از اینرو معمولاً این لوله‌ها را از جنس فولاد و بصورت بدون درز چند لایه و دارای روکش می‌سازند. شکل زیر نمونه‌ای از لوله‌های فشار قوی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴- لوله‌های فشار قوی

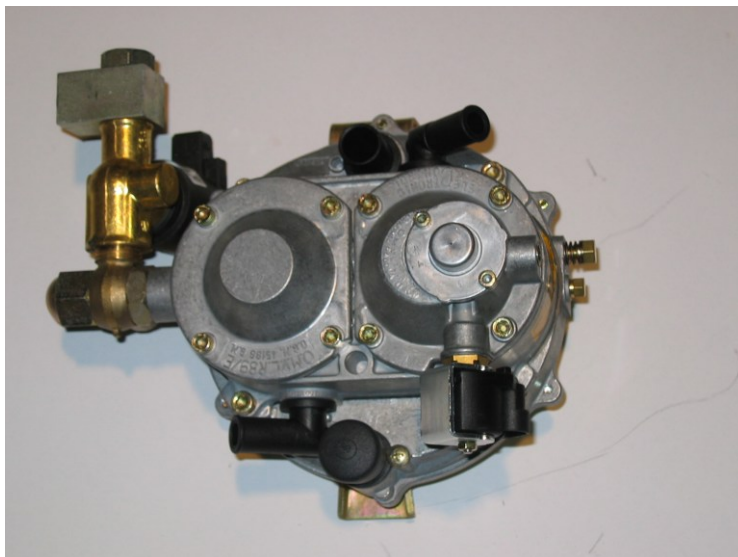
- موارد مرتبط با ایمنی لوله‌های فشار قوی که مستقیماً با ایمنی سیستم گازسوز و خودرو مرتبط است عبارتند از :
- این لوله‌ها باید به نحوی نصب و محافظت شوند که هیچ‌گونه انسدادی در مسیر آنها بوجود نیاید و از بروز هر گونه تغییر شکل ظاهری در آنها جلوگیری گردد. لوله‌ها باید با بست‌ها و اتصالات نگهدارنده مناسب در فواصل کمتر از یک متر به بدنه خودرو متصل شوند. از جوش دادن یا استفاده از اتصالاتی که سبب صدمه دیدن لوله‌ها می‌شود باید جلوگیری گردد.
 - لوله باید فاصله مناسب از قطعات متحرک خودرو و حداقل ۱۰۰ میلی‌متر فاصله از آگزوز خودرو در طول مسیر خود از مخزن تا رگلاتور داشته باشد. این لوله نباید از محل‌های آسیب‌پذیر مثل زیر گلگیر یا محل‌هایی که امکان برخورد سنگ و شن و اجسام وجود دارد عبور کند. در صورت لزوم باید برای جلوگیری از برخورد اجسام به لوله از محافظ مناسب استفاده شود.

۲-۷- رگلاتور فشار

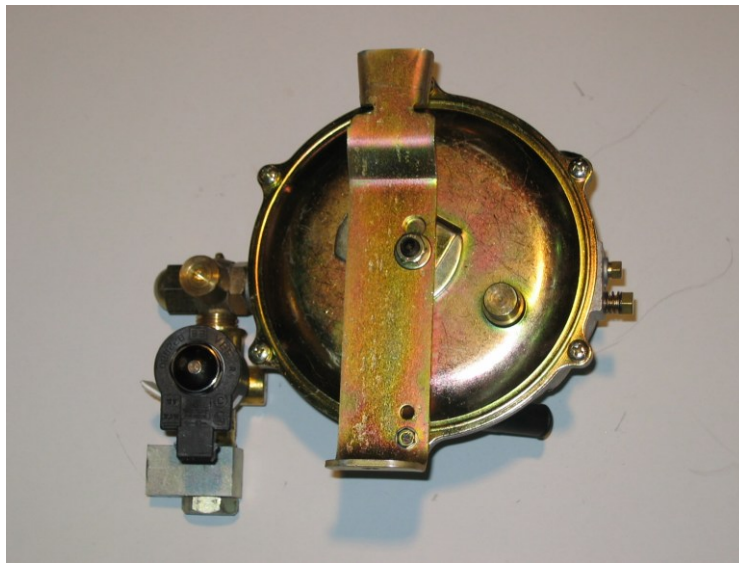
رگلاتور فشار وظیفه کاهش و تنظیم فشار از CNG درون مخازن را برای مصرف در موتور بعهده دارد. معمولاً رگلاتورها فشار گاز را بصورت مکانیکی در چند مرحله کاهش می‌دهند و بدین منظور از دیافراگم‌های خاص استفاده می‌کنند.

از آنجا که گاز در رگلاتور انبساط قابل توجهی می‌یابد معمولاً این انبساط توام با کاهش دما است و برای جلوگیری از یخ‌زدگی رگلاتور نیاز به منبع گرمایی دارد. این انرژی گرمایی توسط آب خنک کننده موتور تأمین می‌شود و آب گرم از موتور وارد رگلاتور می‌شود و پس از انتقال حرارت به موتور برمی‌گردد.

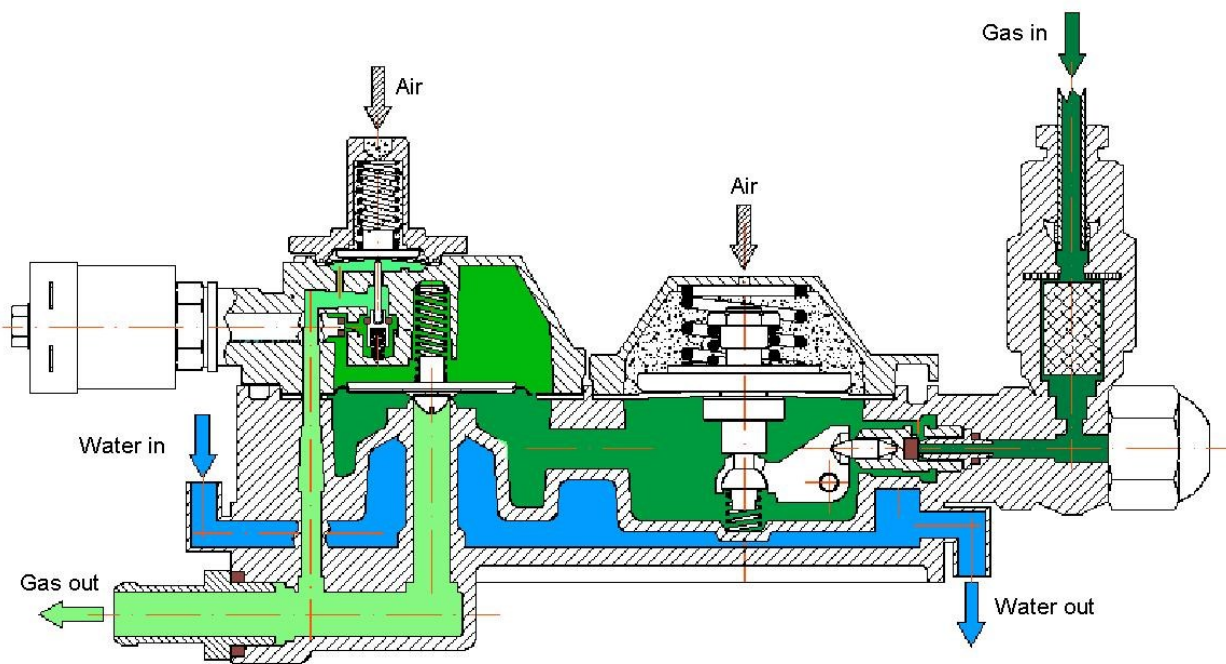
بدین ترتیب رگلاتور فشار در دو مرحله یا سه مرحله فشار بالای گاز درون مخازن را تا حدی که برای مصرف در موتور مناسب باشد کاهش می‌دهد. شکل‌های ذیل نمونه‌هایی از رگلاتورهای مختلف و ساختار داخلی رگلاتور را که در خودروهای مختلف بکار می‌روند نشان می‌دهند. در برخی از خودروها از دو رگلاتور (رگلاتور فشار بالا و رگلاتور فشار پایین) جهت کاهش فشار در حد مناسب استفاده می‌شود.



شکل ۱۵ : نمونه‌ای از رگلاتور فشار (نمای روبرو)



شکل ۱۶: نمونه‌ای از رگلاتور فشار (نمای پشت)



شکل ۱۷: ساختار داخلی رگلاتور فشار

از آنجا که رگلاتور برای انتقال حرارت به آب موتور نیاز دارد معمولاً در محفظه موتور و در نزدیکی موتور نصب می‌شود ولی به بدنه خودرو که ثابت است و لرزش ندارد متصل می‌شود و به کمک شیلنگ‌های آب به مدار چرخش آب موتور اضافه می‌شود.

۸-۲- شیلنگ‌ها یا لوله‌های فشار ضعیف

از لوله‌های فشار ضعیف (شیلنگ‌ها) برای انتقال گاز بعد از رگلاتور فشار استفاده می‌شود. بدین ترتیب این لوله‌ها گاز را از رگلاتور فشار به میکسر یا انژکتورهای گاز انتقال می‌دهند و جنس آنها معمولاً از لاستیکی یا کائوچوی مصنوعی است که توسط شبکه‌های سیمی یا نخی از اطراف تقویت شده‌اند و معمولاً بصورت چند لایه هستند. شکل زیر نمونه‌ای از شیلنگ‌های انتقال سوخت CNG را نشان می‌دهد.



شکل ۱۸ - شیلنگ‌های انتقال سوخت CNG (لوله‌های فشار ضعیف)

در خصوص نصب و بکارگیری این شیلنگ‌ها موارد زیر باید در نظر گرفته شود:

- ۱- این لوله‌ها باید به میزان لازم انعطاف‌پذیر باشند تا در نصب شکل مناسب به خود بگیرند و اتصالات آنها بخوبی آب‌بندی گردد.
- ۲- فاصله بین رگلاتور تا میکسر (و در کیت‌ها میکسری موتور پله‌ای) یا انژکتورها باید طول مناسبی از شیلنگ قرار گیرد بطوریکه در اثر کاهش یا افزایش طول تحت کشش یا فشار در اتصالات قرار نگیرد.
- ۳- این لوله‌ها می‌توانند از جنس فولاد یا شیلنگ‌های انعطاف‌پذیر تقویت شده ساخته شوند.
- ۴- این لوله‌ها باید تحمل فشاری بیش از فشار گاز آن قسمت از سیستم گازسوز که در آن بکار رفته‌اند داشته باشند.
- ۵- جنس این لوله‌ها باید با گاز CNG سازگار باشد و از نظر شیمیایی ثبات لازم را دارا باشد.
- ۶- قطر در نظر گرفته شده برای این لوله‌ها باید متناسب با جریان عبوری از آنها باشد.
- ۷- این لوله‌ها نباید با قطعات متحرک در تماس باشند و نباید به آنها چیزی بسته شود یا توسط آنها نگهداشته شود زیرا ممکن است اتصالات آنها از حالت آب‌بندی خارج گردد یا اینکه جداره لوله صدمه ببیند.
- ۸- اتصالات این شیلنگ‌ها باید در برابر ارتعاشات ناشی از کار موتور مقاوم باشند تا در دراز مدت نشتی در سیستم بوجود نیاید و پس از نصب باید از عدم نشتی گاز از اتصالات اطمینان حاصل شود.

۹-۲- میکسر

- از آنجا که برای داشتن احتراقی مناسب نیاز به مخلوط همگنی از هوا و سوخت در سیلندرهاى موتور وجود دارد میکسر عمل مخلوط کردن هوا و سوخت را انجام می‌دهد و این عمل در سیستم ورودی هوا به موتور انجام می‌شود. میکسرها از چند جهت دارای اهمیت زیادی در عملکرد موتور می‌باشند:
- ۱- تهیه مخلوط همگنی از هوا و سوخت که در کارکرد یکنواخت موتور لرزش آن و سر و صدای موتور تأثیر به‌سزایی دارد.
 - ۲- اضافه شدن میکسر به سیستم ورودی هوای موتور سبب بوجود آمدن افت فشار در مسیر هوای ورودی به موتور می‌شود. هر چقدر میزان افت فشار حاصل از نصب میکسر کمتر باشد جریان هوا و سوخت بهتر به سیلندرها می‌رسد و بالتبع افت قدرت ناشی از نصب میکسر کمتر است.

عوامل فوق سبب شده‌اند که طراحان توجه زیادی به میکسر بکنند و میکسرهای متنوعی در خودروها بکار گرفته شوند. شکل زیر نمونه‌ای از میکسر سیستم گازسوز خودرو را نشان می‌دهد.



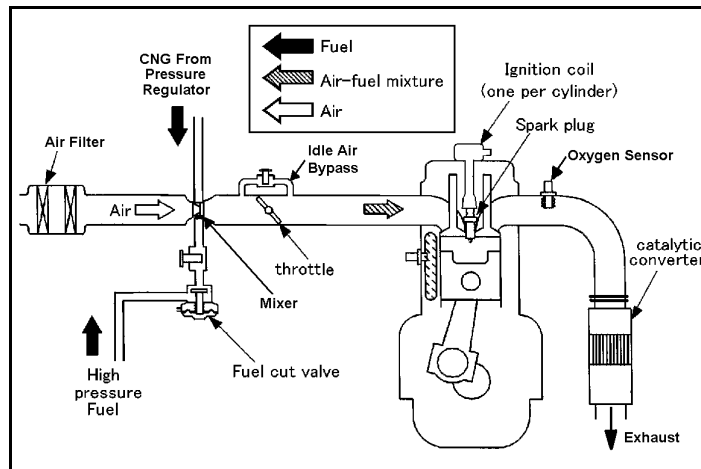
شکل ۱۹- نمونه‌ای از میکسر سیستم گازسوز CNG

اصول کار میکسرها بدین ترتیب است که هنگام عبور هوا از میکسر بعلت شکل هندسی میکسر سرعت جریان هوای عبوری افزایش می‌یابد و این امر سبب کاهش فشار و ایجاد نوعی خلاء نسبی می‌گردد که این امر سبب مکش گاز به داخل میکسر و اختلاط آن با هوا می‌شود.

قطر داخلی میکسر تأثیر زیادی بر میزان گاز مکیده شده به موتور دارد بطوریکه با افزایش قطر داخلی میکسر هوای عبوری از آن بیشتر و میزان مکش ایجاد شده کمتر می‌شود و برعکس.

از اینرو در طراحی میکسر باید به این نکته توجه کافی بشود و پارامترهای طراحی میکسر به نحو بهینه انتخاب شوند تا عملکرد موتور در شرایط مختلف بهینه گردد.

شکل ۲۰ محل قرارگیری میکسر را در سیستم ورودی بصورت شماتیک نمایش می‌دهد.

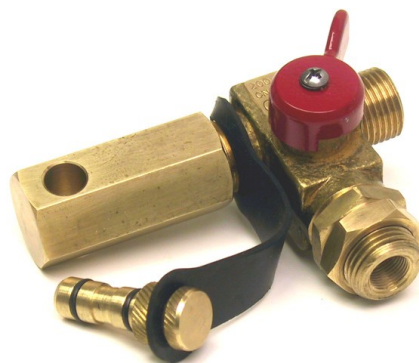


شکل ۲۰- محل قرارگیری میکسر در سیستم ورودی هوای موتور

۲-۱۰- مجموعه پرکن گاز

از مجموعه پرکن گاز برای سوختگیری خودروی گازسوز و ورودی گاز CNG به مخازن ذخیره استفاده می‌شود. این مجموعه شامل شیر سوختگیری و شیر یکطرفه است و بصورت استاندارد در دو نوع مختلف عرضه می‌شود. در نوع اول شیر سوختگیری در محفظه موتور نصب می‌شود و به آن شیر سوختگیری داخلی می‌گویند و برای سوختگیری لازم است درب موتور باز شود نوع دوم آن که متداول تر است شیر سوختگیری خارجی نام دارد که بر روی بدنه خودروی گازسوز نصب می‌شود و براحتی سوختگیری از طریق آن امکان‌پذیر است.

شکل‌های ۲۱ و ۲۲ نمونه‌ای از شیر سوختگیری داخلی و خارجی را نشان می‌دهند که در خودروهای گازسوز کاربرد دارند.



شکل ۲۱- شیر سوختگیری داخلی



شکل ۲۲- شیر سوختگیری خارجی

شیر سوختگیری مستقیماً از طریق شیر یکطرفه به مخازن خودرو متصل است و در هنگام سوختگیری شیر یکطرفه اجازه برگشت سوخت را به سمت تجهیزات جایگاه سوختگیری نمی‌دهد.

شیر سوختگیری خارجی باید در محلی از بدنه نصب شود که از نظر ضربات و آسیب‌های وارده ایمن‌تر از سایر نقاط باشد و دسترسی به آن نیز راحت باشد. از اینرو معمولاً شیرهای سوختگیری خارجی در خودروهای سواری روی بدنه جانبی خودرو و در قسمت‌های انتهایی آن نصب می‌شوند.

۳- آشنایی با نحوه نصب و جانمایی اجزای الکتریکی کیت تبدیل

ساختار و عملکرد اجزاء الکتریکی بکار رفته در کیت‌های گازسوز

در این بخش به بررسی اجزاء الکتریکی که در سیستم‌های گازسوز خودرو بکار می‌روند می‌پردازیم و بصورت مختصر عملکرد و اصول کار این اجزاء را بررسی می‌نماییم.

۳-۱- واحد کنترل الکترونیک (ECU)

در سال‌های اخیر بعلت وجود مشکلاتی نظیر آلودگی هوا و محدود بودن منابع سوختی سبب شده است تا پارامترهای مصرف سوخت و آلاینده‌های خروجی از خودرو اهمیت زیادی پیدا کنند.

برای دستیابی به کمترین مصرف سوخت و آلاینده‌گی در خودرو لازم است موتور بطور کامل و همه جانبه کنترل شود. از اینرو کنترل الکترونیکی موتور توسط سیستم‌های مدیریت موتور (EMS) که طی سالهای اخیر توسعه یافته‌اند صورت می‌پذیرد. این سیستم‌ها شرایط کارکرد موتور را توسط سنسورهای نظیر دور موتور دمای آب خنک کننده دمای هوای ورودی نسبت هوا به سوخت در اگزوز و.. در هر لحظه از کار موتور معین می‌کنند. بدین ترتیب که سنسورهای مذکور در هر لحظه یک سیگنال خروجی متناسب با وضعیت پارامتر مورد نظر در موتور به واحد کنترل الکترونیکی ارسال می‌کنند. واحد کنترل الکترونیکی پس از دریافت این سیگنالها محاسبات لازم را برای تعیین پارامترهای کنترلی (میزان پاشش سوخت و زاویه جرقه) انجام می‌دهد و بر اساس نتایج بدست آمده فرمان‌های لازم را به عملگرهای سیستم ارسال می‌نماید. عملگرها همان انژکتور و کویل هستند که با گرفتن فرمان از ECU سوخت را به میزان لازم بدرون موتور پاشیده و در زمان مناسب آن را محترق می‌سازند.

بدین ترتیب این سیستم کنترلی با کنترل مصرف سوخت می‌تواند نسبت هوا به سوخت را کنترل نماید. کنترل نسبت هوا به سوخت و تنظیم آن در حالت استوکیومتریک لازمه کاهش آلاینده‌ها توسط مبدل کاتالیستی است که سیستم EMS این عمل را انجام می‌دهد.

در حقیقت ECU بر اساس مقدار نسبت هوا به سوخت که از سنسور مربوطه دریافت می‌کند محاسبات خود را بر مبنای استوکیومتریک شدن مخلوط هوا به سوخت انجام می‌دهد و میزان سوخت مصرفی لازم را محاسبه می‌کند. (سیستم کنترل مدار بسته)

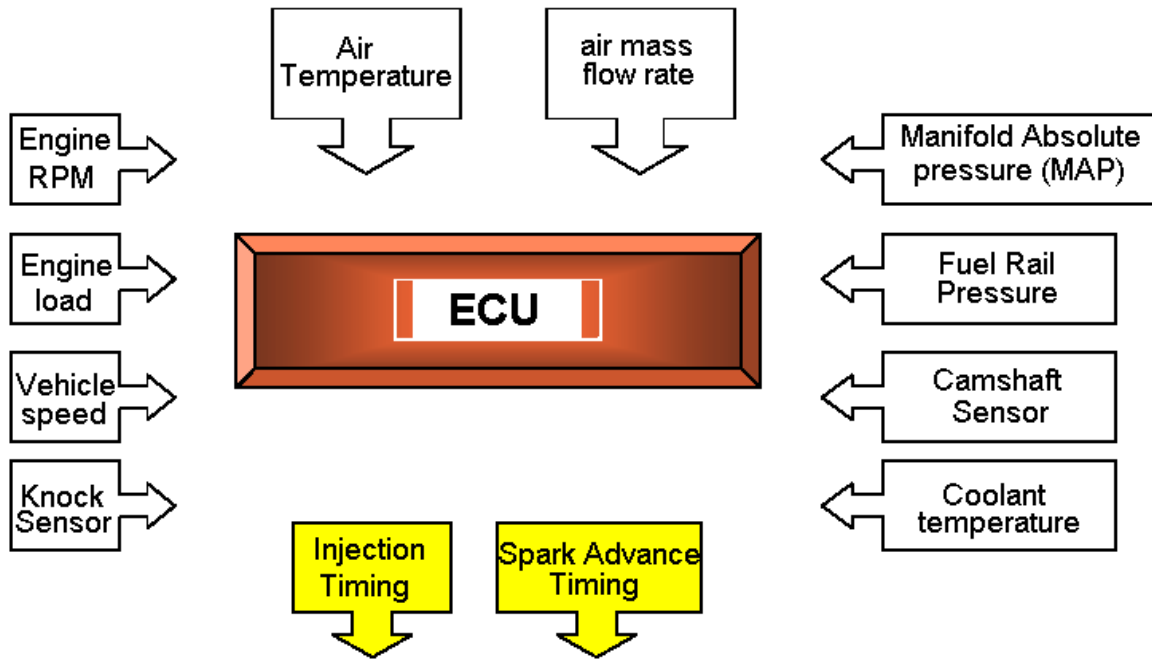
در نهایت نسبت هوا به سوخت در موتورهای انژکتوری که از سیستمهای (EMS) استفاده می‌کنند همواره در حالت استوکیومتریک یا نزدیک به آن قرار می‌گیرد و این امر سبب می‌شود که مبدل کاتالیستی با راندمان بالایی آلاینده‌های خروجی را کاهش دهد.

بدین ترتیب ECU بعنوان واحد کنترل سیستم مدیریت موتور نقش مهمی را در کنترل مصرف سوخت و آلاینده‌ها ایفا می‌کند.

شکل زیر نمونه‌هایی از ECU بکار رفته در سیستم‌های گازسوز و شماتیک سیستم مدیریت موتور را نمایش می‌دهند.



شکل ۲۳- نمونه‌ای از واحد کنترل الکترونیکی سیستم گازسوز



شکل ۲۴- شماتیک سیستم مدیریت موتور (EMS)

نکته: در موتورهای انژکتوری بنزینی در صورت استفاده از کیت گازسوز انژکتوری ECU سیستم بنزینی اضافه می‌شود و

در چنین حالتی ارتباط میان ECU سیستم گازسوز و سیستم بنزین سوز به یکی از طریق زیر است:

۱. ارتباط Master-Slave که در آن ECU گاز از پردازش و محاسبات ECU بنزین استفاده می‌کند و خروجی‌های محاسبه شده را برای سوخت گاز اصلاح می‌کند.

۲. ارتباط Stand-Alone که در آن ECU گاز با دریافت اطلاعات لازم از سنسورهای مختلف محاسبات لازم را انجام می‌دهد و زمان جرعه و نسبت هوا به سوخت را کنترل می‌کند.

۳. ECU بعنوان یک قطعه الکترونیک حساس و مهم در خودرو بکار می‌رود از اینرو لازم است موارد مربوط به نصب آن کاملاً رعایت شود تا آسیبی به این قطعه وارد نگردد. از جمله نکات مهم جهت نصب و بکارگیری ECU عبارتند از:

۴. ECU نباید در محل‌هایی که تحت تأثیر حرارت ناشی از موتور هستند نصب گردد.

۵. ECU باید در محلی نصب شود که در برابر رطوبت و پاشش آب محافظت شده باشد.

۶. ECU نباید در نزدیکی سیمها یا کابل‌های با جریان بالا قرار گیرد.

۷. ECU یا کابل عیب‌یابی آن باید دسترسی مناسب جهت مواقع عیب‌یابی را داشته باشند.

۲-۳- پیش‌انداز زاویه جرقه (Spark Advancer)

از پیش‌انداز زاویه جرقه در موتورهای استفاده می‌شود که اشتعال جرقه‌ای هستند و در موتورهای اشتعال تراکمی کاربردی ندارد. زاویه جرقه مستقیماً بر میزان مصرف سوخت و آلاینده‌های خروجی تأثیر دارد از اینرو تعیین دقیق زاویه جرقه و اعمال آن اهمیت بالایی دارد.

یکی از پارامترهای مهم که بر زاویه جرقه تأثیر می‌گذارد نوع سوخت است. از آنجا که سرعت شعله در مخلوط هوا و گاز طبیعی کمتر از سرعت شعله در مخلوط هوا و بنزین است برای داشتن احتراقی کامل در موتور گازسوز زمان بیشتری لازم است. (نسبت به موتور بنزینی) بنابراین لازم است که احتراق در سیلندر زودتر آغاز شود. به همین جهت لازم است زاویه جرقه حدود ۷ الی ۱۸ درجه در شرایط مشابه نسبت به موتور بنزینی آوانس گردد.

این عمل در خودروهای گازسوز جرقه‌ای توسط پیش‌انداز زاویه جرقه انجام می‌شود. شکل زیر نمونه‌ای از پیش‌انداز زاویه جرقه را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵- نمونه‌ای از پیش‌انداز زاویه جرقه

پیش‌اندازهای زاویه جرقه از یک میکرو کنترلر تشکیل شده‌اند که زمان جرقه حالت بنزین‌سوز را بطور الکتریکی برای شرایط مختلف احتراق مخلوط هوا و گاز تغییر می‌دهند و بدین ترتیب آن را اصلاح می‌کنند. همچنین در بعضی از سیستم‌های گازسوز که ECU گاز مستقیماً با دریافت سیگنال از سنسورها محاسبات مربوط به پاشش سوخت و زاویه جرقه را انجام می‌دهد که در چنین سیستم‌هایی نیازی به استفاده از پیش‌انداز زاویه جرقه نمی‌باشد.

۳-۳- امولاتور (Emulator)

در خودروهای گازسوزی که مجهز به واحد کنترل الکترونیکی بنزین هستند هنگام استفاده از سوخت ECU CNG در بنزین به فعالیت خود ادامه می‌دهد که علت اصلی آن ارتباط بین سیستم گازسوز و سیستم بنزین‌سوز است. به همین جهت لازم است که در هنگام کار با سوخت CNG سیگنال‌های ارسالی توسط ECU بنزین اصلاح یا بطور کلی قطع شوند و به انژکتورهای بنزین نرسند. بدین منظور از قطعه‌ای به نام امولاتور یا شبیه‌ساز استفاده می‌شود. این قطعه هنگام استفاده از سوخت گاز طبیعی عملکرد اجزاء الکتریکی موجود را اصلاح می‌کند. بعنوان مثال انژکتورها که برای پاشش بنزین طراحی شده‌اند در هنگام کار با گاز با توجه به فعال بودن ECU بنزین یا بصورت غیر صحیح عمل می‌کنند یا اینکه سبب ایجاد سیگنال‌های نادرست اغتشاش و ثبت خطا در سیستم می‌شوند که امولاتور بعنوان شبیه‌ساز عملکرد مجازی انژکتور را برای ECU بنزین شبیه‌سازی می‌کند و از یک طرف مانع عملکرد واقعی انژکتور می‌شود و از طرفی مانع ایجاد اغتشاش یا خطا در سیستم و ECU بنزین می‌گردد.

بدین ترتیب مجموعه اجزاء الکترونیکی ECU پیش‌انداز جرقه و امولاتور (شبیه‌ساز) می‌تواند کنترل خودرو را در حالت گازسوز بدون هیچ مشکلی انجام دهد.

شکل ۲۶ نمونه‌ای از امولاتور را که در سیستم‌های گازسوز به کار می‌رود نشان می‌دهد:



شکل ۲۶- نمونه‌ای از امولاتور (شبییه ساز)

۴-۳- موتور پله‌ای: (Stepper Motor)

در سیستم‌های گازسوز نسل دوم (کیت‌های میکسری) برای کنترل جریان سوخت ورودی به موتور از موتور پله‌ای استفاده می‌شود. موتور پله‌ای نوعی موتور الکتریکی است که برحسب سیگنال دریافتی از ECU سیستم گازسوز حرکت کرده و به میزان لازم شیر موجود در مسیر سوخت CNG را باز می‌کند از آنجا که این موتور می‌تواند شیر را بین صفر (حالت کاملاً بسته) تا حدود ۱۶۰ واحد (حالت کاملاً باز) تغییر دهد به آن موتور پله‌ای می‌گویند. شکل زیر نمونه‌ای از موتور پله‌ای بکار رفته در سیستم گازسوز خودروها را نمایش می‌دهد.



شکل ۲۷- نمونه‌ای از موتور پله‌ای

در نصب موتور پله‌ای باید دقت شود که اتصالات کاملاً آب‌بندی شوند و با لرزش موتور در شرایط مختلف از حالت آب‌بندی خارج نشوند و موتور پله‌ای در وضعیت مناسبی قرار گیرد و به منابع گرما یا قطعات متحرک نزدیک نباشد و محل نصب آن در معرض صدمه یا پاشش آب یا برخورد اجسام نباشد.

۵-۳- انژکتور گاز (فقط در کیت‌های انژکتوری)

در سیستم مدیریت موتور انژکتور یکی از عملگرهای سیستم است که وظیفه پاشش سوخت به میزان لازم را به درون هوای ورودی به سیلندرهای موتور به عهده دارد. در کیت‌های گازسوز نسل سوم و چهارم از انژکتورهای گاز جهت کنترل و مخلوط کردن هوا و گاز طبیعی استفاده می‌شود.

این انژکتورها به کمک جریان الکتریکی کار می‌کنند و فرمان خود را در قالب سیگنال خروجی ECU گاز دریافت می‌کنند.

اصول کار انژکتورهای گاز بدین نحو است که با بالا آمدن دیافراگم انژکتور گاز (که معمولاً این دیافراگم یک صفحه مغناطیسی است) گاز به درون محفظه استوانه‌ای شکل انژکتور راه می‌یابد. پس از دریافت فرمان پاشش سوخت از ECU این دیافراگم به طرف پایین حرکت می‌کند و گاز محبوس شده در محفظه انژکتور به درون مینفولد ورودی تزریق می‌گردد.

میزان تزریق گاز بستگی به دامنه حرکت دیافراگم دارد که این حرکت متناسب با فرمان دریافتی از ECU است. بدین ترتیب انژکتورهای گاز نقش مهمی را در پاشش سوخت اختلاط هوا و سوخت و کنترل میزان سوخت مصرفی بعهده دارد. محرک دیافراگم مغناطیسی انژکتور گاز الکتریکی است و از اینرو این قطعه جزو اجزای الکتریکی کیت گازسوز محسوب می‌گردد.

شکل‌های ۲۸ و ۲۹ نمونه‌ای از انژکتور گاز و مجموعه انژکتورهای گاز را که در سیستم گازسوز خودروها نصب می‌شوند نشان می‌دهند.



شکل ۲۸- نمونه‌ای از انژکتور گاز (کیت‌های نسل سوم و چهارم)



شکل ۲۹- نمونه‌ای از مجموعه انژکتورهای گاز که در سیستم گازسوز بکار می‌رود

۳-۶- کلید انتخاب سوخت : (Changeover Switch)

در کلیه خودروهایی که از دو سوخت بنزین و گاز طبیعی استفاده می‌کنند باید امکان انتخاب و تغییر سوخت توسط راننده در شرایط مختلف وجود داشته باشد. این عمل در خودروهای گازسوز به کمک کلید انتخاب سوخت صورت می‌پذیرد.

در حقیقت ارتباط راننده با سیستم گازسوز جهت فعال و غیرفعال‌سازی آن از طریق همین کلید صورت می‌پذیرد. این کلید می‌تواند سوخت مورد نظر راننده را برای سیستم مشخص سازد و چنانچه سیستم قابل برنامه‌ریزی باشد حتی می‌تواند در مواقع لزوم یا اضطرار سوخت را به حالت بنزین تغییر داده و مجدداً پس از رفع اضطرار سوخت را به حالت گاز برگرداند.

بعنوان مثال سیستم می‌تواند طوری برنامه‌ریزی شود که چنانچه راننده سوخت CNG را انتخاب کرده و این سوخت رو به اتمام است و راننده بهر دلیل سوخت را به بنزین تغییر ندهد بصورت اتوماتیک قبل از خاموش شدن خودرو سوخت را به بنزین تغییر دهد. این عمل بخصوص در مواقعی که خودرو در حال حرکت است نقش بسیار مهمی را در حفظ ایمنی خودرو و بوجود نیامدن خطرات ناشی از خاموشی و توقف خودرو به همراه دارد.

محل قرارگیری سوئیچ یا کلید انتخاب سوخت باید جایی باشد که براحتی در دسترس راننده باشد و براحتی توسط راننده مشاهده شود. برخی کلیدهای انتخاب سوخت مجهز به LEDهایی جهت نمایش میزان سوخت موجود در مخازن گاز طبیعی فشرده هستند که این اطلاعات را نیز به راننده انتقال می‌دهند. (میزان سوخت CNG موجود و لزوم سوختگیری)

شکل زیر نمونه‌ای از کلید انتخاب سوخت بکار رفته در خودروهای گازسوز را نشان می‌دهد.



شکل ۳۰- نمونه‌ای از کلید انتخاب سوخت

۷-۳- شیرهای اتوماتیک (خودکار)

این شیرها نیز برای کنترل جریان گاز در محل‌های مختلف در سیستم گازسوز مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکثر این شیرها محرک‌های الکتریکی دارند و به همین جهت آنها را جزو اجزاء الکتریکی کیت گازسوز به حساب می‌آوریم ولی شیرهایی با محرک‌های هیدرولیکی یا نیوماتیکی هم در سیستم‌های گازسوز بکار گرفته شده‌اند.

معمولاً در اکثر سیستم‌های گازسوز دو شیر بمنظور کنترل جریان اصلی سوخت CNG و افزایش ایمنی سیستم بکار می‌روند که این شیرها عبارتند از :

(a) شیر خودکار مخزن که با فعال شدن سیستم گازسوز این شیر فعال شده و اجازه می‌دهد گاز CNG از مخزن خارج شود.

(b) شیر قطع جریان سوخت (Shut off valve) که معمولاً در مسیر لوله فشار قوی و قبل از رگلاتور یا بعد از مخزن نصب می‌شود و با فعال شدن سیستم گازسوز و رسیدن جریان الکتریکی به آن مسیر عبور جریان سوخت را باز کرده و اجازه می‌دهد که سوخت وارد رگلاتور شود.

از نظر ساختار و عملکرد این شیرها تفاوتی با شیرهای دستی ندارند و تنها تفاوت موجود در محرک شیر است که معمولاً یک سلنویید است و از اینرو گاهی به این شیرها شیرهای سلنوییدی نیز گفته می‌شود. شکل زیر نمونه‌ای از شیرهای اتوماتیک بکار رفته در سیستم گازسوز را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱- نمونه‌ای از شیرهای اتوماتیک

نصب این شیرها نیز باید به نحوی باشد که کاملاً آب‌بندی گردد و در اثر کارکرد خودرو آب‌بندی آن حفظ گردد و محل نصب آن نباید در معرض ضربه یا پرتاب اجسام یا نزدیک قطعات متحرک خودرو باشد.

۴. آشنایی با تفاوت های تبدیل کارگاهی با تبدیل کارخانه‌ای

تولید خودروهای گازسوز

برای تولید خودروهای گازسوز معمولاً از دو روش عمده در سطح جهانی استفاده می‌شود که عبارتند از:

۱-۴- روش تبدیل کارگاهی (Workshop)

این روش معمولاً برای گازسوز کردن خودروهای موجود و کارکرده بکار می‌رود. در این روش سیستم گازسوز متناسب با نوع خودرو همراه با مخازن در خودرو نصب می‌شوند. در این روش کلیه تغییرات لازم در قسمت‌های مختلف خودرو بصورت کارگاهی صورت می‌پذیرند.

معمولاً کیت‌های گازسوز به نحوی طراحی و ساخته می‌شوند که قابل کاربرد در خودروهای متنوعی از یک کلاس باشند. این امر بهره‌گیری از کیت‌ها را در خودروهای متنوع در تبدیل‌های کارگاهی میسر می‌کند. ولی در هر حال نصب کیت گازسوز بر روی خودروها باید با رعایت ملاحظات ایمنی و عملکردی و نصب باشد.

علاوه بر نصب کیت‌های نسل دوم تا چهارم که در آنها از کنترل الکترونیکی استفاده شده است نیاز به کالیبراسیون و تنظیم دقیق و پایدار برای شرایط کاری مختلف خودرو دارند تا عملکرد مناسب و مصرف سوخت و آلاینده‌گی حداقل را داشته باشند.

کالیبراسیون در حقیقت مقدار دهی به پارامترهای بکار رفته در نرم افزار کنترلی واحد کنترل الکترونیکی ECU خودرو و تعیین مقادیر مناسب مصرف سوخت و زاویه جرقه برای شرایط مختلف کارکرد موتور است که معمولاً توسط طراح ECU یا طراحان سیستم گازسوز در قالب یک فایل داده تهیه شده و بر روی ECU یا طراحان سیستم گازسوز در قالب یک فایل داده تهیه شده و بر روی ECU قرار داده می‌شود تا عمل کنترل موتور بخوبی و بصورت بهینه انجام شود. این عمل می‌تواند توسط یک کامپیوتر و اتصال آن به ECU صورت پذیرد. از مزایای دیگر بکارگیری واحد کنترل الکترونیکی آن است که ECU می‌تواند در صورت بروز اشکال یا خرابی در هر یک از اجزاء سیستم (نظیر سنسورها یا عملگرها) با ثبت کد خطا این اشکال را شناسایی کند. بنابراین این امکان وجود دارد که با اتصال یک کامپیوتر یا سخت‌افزار

برنامه‌ریزی شده (عیب‌یاب) به ECU سیستم را چک کرد و اشکال بوجود آمده را تشخیص داد. حال به بررسی روش دوم تولید خودروهای گازسوز و مقایسه آن با روش تبدیل کارگاهی می‌پردازیم.

۲-۴- روش تولید کارخانه‌ای (OEM-Original Equipment Manufacturer)

این روش در مورد خودروهایی که توسط خودروسازان در کارخانه‌های خودروسازی در سطح جهان تولید می‌شوند بکار می‌رود. در این روش خودروسازان طراحی خودرو را مورد بازنگری قرار می‌دهند و در راستای اضافه شدن سیستم گازسوز به خودرو و بهبود عملکرد آن تغییرات لازم را در قطعات و سیستم‌های مختلف خودرو بوجود می‌آورند. از مزایای بزرگ این روش آن است که چنانچه برای افزایش استحکام یا ایمنی خودرو نیاز به اعمال تغییرات اساسی در ابعاد شکل و یا جنس قطعه یا قطعاتی از خودرو لازم باشد در بازنگری طراحی این تغییرات اعمال می‌شوند. این امکان در روش قبل (تبدیل کارگاهی) وجود ندارد از اینرو معمولاً خودروهای تولید کارخانه‌ای عملکرد بهتری نسبت به تبدیلات کارگاهی دارند.

۳-۴- مقایسه روش‌ها:

از موارد مهمی که در مقایسه این دو روش می‌توان به آنها اشاره نمود عبارتند از:

۱- مخازن ذخیره CNG بعنوان یکی از مهمترین اجزای سیستم گازسوز ایمنی بالایی را در نصب بهره‌برداری و نگهداری می‌طلبند. این مخازن باید بتوانند پس از نصب در خودرو در جهات مختلف شتابهای بالایی را تحمل کنند و از محل اتصال خود جدا نشوند و نشستی گاز در آنها بروز نکند. این امر مستلزم طراحی نگهدارنده مناسب و انجام تحلیل‌ها و تست‌های لازم بر روی خودرو و اطمینان از صحت عملکرد و نصب آن است که برای تولیدات کارخانه‌ای (OEM) انجام می‌شود و این امر ایمنی سیستم و خودرو را بصورت چشمگیری بهبود می‌بخشد.

۲- چنانچه برای نصب مخازن یا جانمایی مناسب آنها به نحوی که حجم کمتری از صندوق عقب یا محل بار اشغال شود یا برای نصب اجزاء کیت نیاز به ایجاد تغییرات در قسمت‌هایی نظیر بدنه شاسی و... باشد این تغییرات در تولیدات کارخانه‌ای اعمال می‌شوند. (در فاز بازنگری طراحی و تبدیل نمونه) همچنین آنالیزهای مهندسی و تست‌های لازم جهت

اطمینان از صحت عملکرد و نصب قطعات انجام می‌شود که نهایتاً این امر سبب بهبود نصب و عملکرد و بهبود شرایط خودرو و رانندگی با آن می‌شود.

۳- خودروسازان معمولاً جهت اطلاع راننده از وضعیت سوخت CNG و سیستم گازسوز چراغها و علائم هشدار دهنده‌ای را در پانل داشبورد طراحی و تعبیه می‌کنند. این عمل سبب اطلاع راننده بصورت مداوم از وضعیت خودرو در هر شرایط است و سبب بهبود شرایط رانندگی می‌شود.

۴- خودروسازان پس از تکمیل بازنگری طراحی خودرو با سیستم گازسوز خودروهایی را بصورت نمونه و مجهز به سیستم گازسوز تولید می‌کنند. سپس اقدام به اخذ تاییدیه‌های لازم جهت قطعات مجموعه‌ها و عملکرد خودروی گازسوز می‌نمایند. این تاییدیه‌ها توسط مراجع ذیصلاح و با نظارت موسسات معتبر استاندارد در این زمینه صادر می‌شوند و نشان می‌دهند که نصب و عملکرد اجزای کیت و خودروی گازسوز با استانداردهای جهانی منطبق است.

بدین ترتیب نتیجه می‌گیریم که استفاده از تولید کارخانه‌ای در عرضه خودروهایی گازسوز و استفاده از کیت‌های گازسوز نسل سوم و چهارم که کنترل مناسبی بر مصرف سوخت و موتور دارند می‌تواند سبب ایجاد رضایت مصرف‌کنندگان خودروهای گازسوز گردد و بکارگیری این خودروها را رواج بخشد.

استانداردهای تبدیل خودروها و قطعات کیت

مقدمه‌ای بر استانداردهای مختلف دنیا در زمینه صنعت خودروهای گازسوز

۱-۳- استانداردهای مرتبط با خودروهای گازسوز

از آنجا که مبنای طراحی نصب و بررسی عملکرد قطعات اجزاء کیت و خودروهای گازسوز استانداردهای تدوین شده در این زمینه هستند در این بخش به بررسی مقدماتی این استانداردها می‌پردازیم. استانداردهای موجود در این زمینه حالت عمومی دارند و شرایط عمومی و تست‌های لازم را برای اجزاء کیت و خودروی گازسوز بطور کلی مشخص ساخته‌اند. در جدول زیر عناوین استانداردهای مرتبط با CNG آورده شده است.

ردیف	نام استاندارد	استاندارد پایه	شماره ملی	توضیحات
۱.	سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده- اجزای کیت	ISO 15500		نوزده قسمت
۲.	سیستم سوخت خودرو با گاز طبیعی فشرده-الزامات ایمنی و روشهای آزمون	ISO 15501		دو قسمت
۳.	مخازن طبیعی فشرده پرفشار برای ذخیره بر روی خودرو	ISO 11439		
۴.	اتصالات سیستمهای سوخت گیری	ISO 14469		
۵.	مشخصات کیفی گاز طبیعی به عنوان سوخت خودرو	ISO 15403		
۶.	ایمنی کار با CNG	NFPA 52		
۷.	بازرسی و تایید مجدد مخازن	ISO 19078		
۸.	خودروهای با سوخت CNG- ویژگیها و روش آزمون اجزا و الزامات نصب آنها	ECER-110		

استانداردهای مرتبط با خودروهای گازسوز را می‌توان بصورت ذیل دسته‌بندی نمود:

a-2-3- استانداردهای مربوط به طراحی و ساخت اجزاء کیت

در این استانداردها شرایط لازم برای اجزاء کیت جهت داشتن عملکرد صحیح و ایمن در خودروی گازسوز ارائه شده‌اند و تست‌های لازم برای هر یک از اجزاء و محدوده پذیرش این تست‌ها ارائه شده است. از جمله این استانداردها می‌توان به سری استانداردهای ISO 15500 اشاره کرد که در ۲۰ قسمت مجزا به بررسی شرایط لازم برای اجزای کیت گازسوز پرداخته است. همچنین یکی از استانداردهای معتبر در این زمینه استاندارد اروپایی ECE R110 است.

b-2-3- استانداردهای مربوط به ایمنی خودروهای گازسوز

این استانداردها شرایط لازم جهت حصول ایمنی لازم و کافی برای خودروهای گازسوز و سرنشینان آن‌ها را بیان می‌کنند. از جمله این استانداردها می‌توان به استاندارد ISO15501 پرداخت که در دو بخش مجزا به " بررسی نیازمندی‌های ایمنی خودروهای گازسوز " پرداخته است. همچنین مواردی از ایمنی خودروهای گازسوز در استاندارد ECE R110 آمده است. از دیگر استانداردهای مرتبط در این زمینه استاندارد NFPA 52 است که در چند فصل به بررسی ایمنی خودروهای گازسوز پرداخته است.

3-3- استانداردهای مربوط به نصب اجزاء کیت گازسوز

این استانداردها شرایط لازم جهت نصب هر یک از قطعات سیستم گازسوز ارائه شده‌اند. این شرایط جهت عملکرد صحیح اجزاء و جلوگیری از صدمه دیدن اجزاء سیستم در شرایط کاری مختلف خودرو بیان شده و لازم است در نصب سیستم گازسوز رعایت شوند. از استانداردهای مرتبط با نصب اجزاء می‌توان به استاندارد VdTÜV 757 اشاره نمود. بدین ترتیب در عرضه خودروهای گازسوز این استانداردها مبنای عمل قرار می‌گیرند و جانمایی نصب و ایمنی خودرو طبق موارد ذکر شده در این استانداردها در سطح مطلوب و مناسبی قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه امروزه پارامترهایی نظیر آلایندگی و مصرف سوخت اهمیت ویژه‌ای دارند و با توجه به عملکرد نسل‌های مختلف کیت گازسوز بهتر است در تولید خودروهای گازسوز از کیت‌های نسل سوم و چهارم (کیت‌های آنژکتوری) استفاده شود تا ضمن بهره‌گیری از مزیت اقتصادی سوخت CNG از مزیت زیست محیطی این سوخت بعنوان سوختی با آلایندگی کم بهره‌گیری گردد.

ملاحظات ایمنی در تبدیل خودروهای گازسوز

۱-۴-مقدمه ای بر نحوه عملکرد سیستم سوخت رسانی گازسوز

۱-۱-۴-ساختار و عملکرد سیستم گازسوز خودرو

پس از بررسی ساختار و نحوه عملکرد اجزای مکانیکی کیت گازسوز خودرو در بخشهای قبل در این بخش به بررسی مختصر عملکرد سیستم گازسوز خودروها می پردازیم.

گاز طبیعی فشرده (CNG) تحت فشار 200bar در مخازن ذخیره می شود. این گاز پس از آنکه شیر دستی و شیر اتوماتیک (خودکار) مخزن اجازه دهند از طریق لوله های فشار قوی و اتصالات آب بندی شده آنها بدون نشت به محیط اطراف به ورودی رگلاتور فشار می رسد. معمولاً برای ایمنی و اطمینان بیشتر یک شیر اصلی قطع جریان سوخت نیز در این مسیر واقع می شود. (Main Shut-off Valve)

سپس گاز وارد رگلاتور می شود و طی دو مرحله فشار آن تا حد 1bar (فشار اتمسفر) کاهش می یابد و از آنجا به طرف میکسر گاز/هوا یا انژکتورهای گاز جریان می یابد و به میزان لازم در موتور مصرف می شود.

چنانچه کیت نسل اول باشد کنترل مصرف سوخت بصورت مکانیکی توسط یک شیر صورت می گیرد. در کیت نسل دوم کنترل مصرف سوخت به کمک موتور پله ای (Stepper Motor) صورت می گیرد که میزان جریان گاز ورودی به میکسر را بر اساس فرمان دریافتی از ECU تنظیم می کند. در کیت نسل سوم و چهارم گاز خروجی از رگلاتور فشار وارد ریل سوخت گاز و انژکتورهای گاز می شود و ECU بر اساس الگوریتم کنترلی بکار گرفته شده در آن فرمان پاشش سوخت را مستقیماً به انژکتورهای گاز ارسال می کند و بدین ترتیب کنترل دقیق تری بر مصرف سوخت و آلودگی اعمال می شود.

بدین ترتیب علاوه بر اجزای مکانیکی لازم برای ذخیره سازی کاهش فشار و انتقال فشار و انتقال سوخت گاز طبیعی به موتور یک سیستم کنترل الکترونیکی مصرف سوخت و نسبت هوا به سوخت و آلودگی در موتور لازم است که در درس قبل ساختار و نحوه عملکرد اجزای الکتریکی و الکترونیکی این سیستم بررسی شد.

۲-۴- آشنایی با الزامات ایمنی ذکر شده توسط سازندگان اجزاء کیت تبدیل

۱-۲-۴- کلیات

اجزای سیستم نصب شده با سوخت گاز طبیعی فشرده باید در مواردی که به استانداردهای ملی ایران به شماره ۵۷۶۰ و ۵۶۳۶ مربوط است با آنها سازگاری داشته باشند. یک سیستم پرفشار که در استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۵۶۳۶ مشخص شده است باید بر اساس فشار سرویس طراحی شود. در خودروهای دوگانه سوز شرایط باید به گونه ای فراهم گردد تا از فرسایش سریع سیستم غیر گاز طبیعی سوز در اثر کارکرد دائمی با گاز طبیعی پیشگیری کند چنین اقداماتی با توجه به توصیه های کارخانه سازنده خودرو باید صورت پذیرد (به عنوان مثال شیلنگ سوخت رسانی).

تمام قطعات سیستم سوخت رسانی باید شرایط زیر را برآورده سازند :

الف) این قطعات باید در برابر دمای محیط و دیگر شرایط آن مقاوم بوده و هیچگونه خطری در مدت طول عمر خود ایجاد نکند.

ب) محل قرار گرفتن این قطعات باید با در نظر گرفتن صدمات احتمالی حین حرکت خودرو تعیین شود چنین صدماتی احتمالاً به دلیل حرکت عادی خودرو و یا عوامل دیگری نظیر حرارت، ذرات و تکه های پرتاب شده از سطح جاده، نشست مواد شیمیایی نظیر روغن ترمز، روغن موتور، بنزین، ضد یخ و غیره می باشد.

پ) این قطعات باید طوری نصب شوند که در قسمت های داخلی خودرو محفوظ باقی بمانند در غیر این صورت اقدامات لازم برای حفاظت آنها به عمل آید.

ت) این قطعات باید طوری نصب شوند که به هیچ عنوان فاصله کف پائین ترین قسمت خودرو از زمین، زاویه نزدیک شدن به مانع، زاویه شیب یا زاویه دور شدن از مانع که کارخانه سازنده خودرو در نظر گرفته است را تغییر ندهند.

ث) این اجزاء باید، به گونه ای نصب شوند که در معرض آسیب های ناشی از خوردگی در نتیجه انباشت آب و سایر مواد شیمیایی خودرو قرار نداشته باشند هم شیر مخزن گاز و هم وسیله اطمینان تخلیه فشار و شیر قطع کن خودکاری که در خلال از کار افتادن عملکرد خودکار بتوان آن را با دست باز و بسته کرد (به پیوست ب رجوع شود)، هر دو باید در جایی امن نصب شوند و یا به خوبی محافظت شوند.

سیستم نصب شده گاز طبیعی فشرده شده باید در برگیرنده اجزای زیر باشد :

شیر قطع کن اصلی که به هنگام استفاده نکردن از سیستم سوخت گاز طبیعی فشرده شده بسته شود. یک شیر دستی و یا شیر خودکار با قابلیت باز و بسته شدن دستی که بر روی هر یک از مخازن گاز نصب شود. سیستم نصب شده سوخت با گاز طبیعی فشرده شده می تواند شامل ابزاری در درون مخزن گاز و یا سیستم معادل دیگری با همین عملکرد باشد تا به هنگام ایجاد گسیختگی در سیستم سوخت رسانی نشت گاز را مهار کند. شیر قطع کن اصلی تنها هنگامی باید باز شوند که :

سیستم سوخت با گاز طبیعی فشرده شده به شکل خودکار دستی انتخاب شده باشد. موتور در حال راه اندازی و یا در حال کار باشد. در سیستم نصب شده سوخت با گاز طبیعی فشرده شده تنها باید شیرهای خودکاری که به هنگام غیر فعال شدن سیستم بسته می شوند استفاده کرد.

۲-۲-۴- اجزا

۱-۲-۱-۴- پرکن

برای جلوگیری از ورود گرد و غبار، مایعات و سایر مواد خارجی، باید برای پرکن درپوشی متصل به خودرو در نظر گرفته شود.

اطلاعات زیر باید همواره در نزدیکی پرکن درج گردد.

نوع سوخت (یعنی CNG) اجزاء سیستم گازسوز با سوخت گاز طبیعی فشرده شده)

تاریخ انقضای مصرف مخازن گاز

فشار سرویس سیستم برای خودرو

۲-۲-۴- مخازن گاز

مخازن گاز باید با شیر مخزن و وسیله اطمینان تخلیه فشار عرضه شوند و بر اساس معیارهای بند ۴-۴- نصب گردند. مخزن گاز و متعلقات برای جلوگیری از آسیب های ناشی از حرارت باید سیر حرارتی مناسب داشته باشند و یا فاصله آنها با لوله اگزوز خودرو به اندازه ای باشد که دمای دیواره بیرونی آنها از اندازه مجاز تعیین شده توسط سازنده خودرو یا مخزن بیشتر نشود.

مخازن گاز از نوع ییاف تقویت شده (انواع ۲ و ۳ و ۴ بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره...) باید به دور از تشعشعات فرابنفش نگه داشته شوند.

۴-۲-۲-۳- اجزایی که در مسیر سوخت رسانی خودرو، پس از تنظیم کننده فشار نصب می شوند باید به هنگام خرابی تنظیم کننده فشار در برابر فشار زیاد گاز محافظت شوند.

۴-۲-۲-۴- وسیله اطمینان تخلیه فشار و شیر اطمینان

وسيله اطمینان تخلیه فشار و شیر اطمینان باید در برابر نفوذ گرد و خاک و آب حفاظت شده و تا حد امکان دور از منابع گرما و اشتعال در خودرو قرار گیرد.

وسيله اطمینان تخلیه فشار باید به هنگام افزایش دما عمل کرده و با راندن گاز به هوای آزاد گسیختگی و ترکیدن مخزن جلوگیری کند.

شیر اطمینان باید برای جلوگیری از ازدیاد فشار گاز در سیستم و پائین دست مرحله اول تنظیم کننده فشار و یا تنظیم کننده های فشار به کار رود.

اگر از چند تنظیم کننده فشار استفاده می شود باید شیرهای اطمینان بیشتری نیز در سیستم در نظر گرفته شود.

۴-۲-۲-۵- سیستم لوله کشی تا جای ممکن باید بر روی شاسی خودرو و به گونه ای نصب شود که از آسیب های ناشی از ارتعاش (شدید در اثر ارتعاش موتور) جلوگیری شود و هیچ نقطه اصطکاکی نیز وجود نداشته باشد. فاصله میان دو بست نگهدارنده نباید از یک متر تجاوز کند و نصب لوله ها باید بر اساس مشخصات ارائه شده از سوی کارخانه سازنده لوله ها باشد.

۴-۲-۲.a- سوختگیری

کلیات

لوله کشی، پرکن و تمامی شیرها و اتصالات سیستم سوخت گاز طبیعی خودرو باید به گونه ای انتخاب شوند که افت فشار سیستم به کمترین میزان ممکن برسد و در نتیجه از زمان سوختگیری نیز کاسته شود.

۳-۴- آشنایی با الزامات ایمنی استاندارد های نصب و جانمایی اجزاء کیت تبدیل

کلیات

سیستم CNG خودرو باید در فشاری که برای آن طراحی شده است به صورت ایمن و مناسب عمل نماید. تمام قطعات سیستم CNG باید بر اساس فصل دوم این استاندارد بصورت مجزا و مستقل تأیید نوع شوند. مواد مورد استفاده در سیستم CNG باید برای استفاده CNG مناسب باشند.

تمام قطعات سیستم CNG باید به روش صحیح بسته شوند.

سیستم CNG باید بدون نشتی باشد یعنی، به مدت حداقل سه دقیقه بدون حباب باقی بماند.

سیستم CNG باید به گونه ای نصب گردد که در برابر صدماتی مانند صدمات ناشی از قطعات متحرک خودرو، تصادف، بهم فشردن قطعات، بارگذاری یا بی باری خودرو یا جابجایی بار به بهترین نحو ممکن محافظت شود. هیچ وسیله ای نباید به سیستم CNG متصل گردد مگر وسائلی که بطور حتم برای عملکرد صحیح موتور خودرو لازم می باشند.

خودروها را می توان با رعایت الزام بند پایین علی رغم شرط بند بالا به یک سیستم گرمایش که به منظور گرم کردن مسافری و / یا فضای بار به سیستم CNG متصل می شود مجهز نمود.

در صورتیکه از دید مسئول خدمات فنی انجام آزمون های تأیید نوع، سیستم گرمایش اشاره شده در بند بالا به اندازه کافی حفاظت شده و بر عملکرد معمولی و لازم سیستم CNG تأثیر منفی نداشته باشد، آنگاه استفاده از این سیستم مجاز است.

نحوه شناسایی خودروهای گازسوز گروه M2 و M3

خودروهای گروه M2 و M3 مجهز شده به سیستم CNG باید دارای یک برچسب

(نشانه CNG) توصیف شده در فصل چهاردهم باشند.

بر چسب فوق الذکر باید در جلو و عقب خودرو و نیز روی سطح خارجی درهای سمت راست نصب گردد.

الزامات تکمیلی

هیچ قطعه ای از سیستم CNG از جمله لوازم حفاظتی آن نباید از سطح خارجی خودرو بیرون زده باشد. این الزام در مورد پرکن به شرطی که بیشتر از ده میلی متر از نقطه اتصال با بدنه بیرون نزنده باشد اعمال نمی گردد. هیچ قطعه ای از سیستم CNG نباید در فاصله ای کمتر از ۱۰۰ میلی متر نسبت به آگزوز یا منابع گرمایی مشابه قرار داشته باشد. مگر اینکه به اندازه کافی در برابر گرما عایق بندی و حفاظت شده باشد.

سیستم CNG:

یک سیستم CNG حداقل باید دارای مجموعه قطعات زیر باشد :

مخزن (ها)

نشانگر فشار یا سطح سوخت

وسیله اطمینان تخلیه فشار (سوپاپ حرارتی)

شیر خودکار مخزن

شیردستی

رگولاتور فشار

تنظیم کننده جریان گاز

شیر کنترل جریان اضافی

وسیله تأمین گاز

پرکن

خط لوله انعطاف پذیر سوخت

خط لوله انعطاف ناپذیر سوخت

واحد کنترل الکترونیکی (ECU)

اتصالات

محفظه گازبندی برای قطعاتی که داخل صندوق بار و اتاق مسافر نصب می گردد. در صورتیکه امکان از بین رفتن محفظه گاز بندی در مواجهه با آتش وجود داشته باشد، وسیله اطمینان تخلیه فشار را می توان داخل این محفظه گاز بندی قرار داد.

سیستم CNG می تواند شامل قطعات زیر نیز باشد :

شیر یک طرفه

شیر اطمینان تخلیه فشار (شیر تخلیه)

فیلتر CNG

حسگر فشار یا دما

سیستم انتخاب سوخت و سیستم الکترونیکی مربوطه

یک شیر خودکار نیز می تواند بصورت اضافی با رگولاتور ترکیب شود.

نصب مخزن :

مخزن باید بطور ثابت و دائمی و خارج از محفظه موتور نصب گردد.

مخزن باید به گونه ای نصب گردد که تماس فلز با فلز وجود نداشته باشد.

هرگاه خودرو برای استفاده آماده است ارتفاع مخزن سوخت از سطح جاده نباید کمتر از ۲۰۰ میلی متر باشد.

مخزن باید به گونه ای نصب و محکم گردد که هنگام پر بودن کامل، سیستم نصب بتواند بدون وقوع هیچ گونه آسیبی شتاب های ذیل را تحمل نماید.

برای خودروهای گروه M1 و N1 :

الف) شتاب ۲۰ g در راستای حرکت خودرو.

ب) شتاب ۸ g در راستای عمود بر حرکت خودرو و در سطح افق.

برای خودروهای گروه M2 و N2 :

الف) شتاب ۱۰g در راستای حرکت خودرو.

ب) شتاب ۵g در راستای عمود بر حرکت خودرو و در سطح افق.

برای خودروهای گروه M3 و N3 :

الف) شتاب ۶/۶ g در راستای حرکت خودرو.

ب) شتاب ۵g در راستای عمود بر حرکت خودرو و در سطح افق.

می توان به جای آزمون عملی یک روش محاسباتی معادل بکار برد. به شرطی که متقاضی تأییدیه بتواند معادل بودن این دو را به منظور جلب رضایت بخش خدمات فنی به اثبات برساند.

ملحقات نصب شده روی مخزن (ها):

باید مستقیماً روی هر مخزن یک شیر خودکار نصب گردد.

شیر خودکار مخزن باید بگونه ای عمل نماید که هنگام خاموش شدن موتور، مستقل از موقعیت سوئیچ استارت جریان سوخت را قطع نموده و تا زمانیکه موتور کار نمی کند بسته باقی بماند.

یادآوری – برای این ویژگی (قطع جریان سوخت) یک تاخیر دو ثانیه ای مجاز است.

وسیله اطمینان تخلیه فشار (سوپاپ حرارتی):

وسیله اطمینان تخلیه فشار باید به گونه ای روی مخزن (های) سوخت نصب گردد که بتواند جریان گاز را به داخل محفظه گازبندی منطبق با الزامات بند ۱۶-۵-۵ تخلیه کند.

شیر کنترل جریان اضافی:

وسیله (شیر) کنترل جریان اضافی باید در مخزن (های) سوخت، روی شیر خودکار مخزن نصب گردد.

شیر دستی:

یک شیر دستی که می تواند با شیر خودکار مخزن یکپارچه باشد، باید بصورت صلب روی مخزن نصب گردد. مگر اینکه مخزن در خارج از خودرو نصب گردیده باشد.

محفظه گازبندی از طریق شیلنگ ارتباطی و مسیر عبور (که هر دو باید در برابر CNG مقاوم باشند) باید با محیط بیرون ارتباط داشته باشد.

دهانه تهویه محفظه گازبندی نباید گاز را به سمت طوقه چرخ تخلیه نماید. همچنین این دهانه نباید به طرف منابع گرمایی مانند اگزوز باشد.

سطح دهانه باز شده هر شیلنگ ارتباطی و هر مسیر عبور که در زیر بدنه خودرو به منظور تهویه محفظه گازبندی قرار داده شده است باید حداقل ۴۵۰ میلی متر مربع باشد.

محفظه روی اتصالات مخزن (ها) و شیلنگ های ارتباطی، باید در فشار ده کیلو پاسکال بدون هیچ گونه تغییر شکل ماندگار عمل گازبندی را انجام دهد. در اینجا حداکثر نشتی مجاز ۱۰۰ سانتی متر مکعب بر ساعت می باشد.

به منظور حصول اطمینان از گاز بندی اتصال، شیلنگ ارتباطی باید بطور محکم توسط بست یا سایر روش ها به محفظه گازبندی و مسیر عبور متصل شود.

محفظه گازبندی باید دربرگیرنده تمامی قطعات نصب شده داخل صندوق بار یا اتاق مسافر باشد.

خطوط لوله انعطاف ناپذیر و انعطاف پذیر سوخت:

خطوط لوله انعطاف ناپذیر سوخت باید از فولاد ضد زنگ یا فولاد دارای پوشش مقاوم در برابر خوردگی بوده و بصورت بدون درز ساخته شده باشند.

در صورتیکه خط لوله انعطاف ناپذیر سوخت در کلاس صفر، یک و دو مورد استفاده قرار گیرد می توان به جای آن از خط لوله انعطاف پذیر سوخت استفاده نمود.

خطوط لوله انعطاف پذیر سوخت باید الزامات فصل ششم این استاندارد را برآورد نمایند.

خطوط لوله انعطاف ناپذیر سوخت باید بگونه ای محافظت شوند که در معرض ارتعاش یا تنش قرار نگیرند.

خطوط لوله انعطاف سوخت باید بگونه ای محافظت شوند که در معرض ارتعاش یا تنش قرار نگیرند :
در محل هایی که خطوط لوله انعطاف پذیر یا انعطاف ناپذیر سوخت بصورت ثابت نصب می گردند، نباید تماس فلز با فلز وجود داشته باشد.

خطوط لوله انعطاف ناپذیر و انعطاف پذیر سوخت گاز نباید در نقاط مخصوص جک زدن خودرو قرار گیرند.
در محل های عبور خطوط لوله سوخت باید از مواد محافظ استفاده شود.

اتصالات یا رابط های گازی بین قطعات :

استفاده از اتصالات لحیمی و فشاری نوع لقمه ای مجاز نیست.
لوله های فولادی ضد زنگ باید توسط اتصالات ضد زنگ به هم متصل شوند.
بلوک های توزیع کننده باید از مواد مقاوم در برابر خوردگی ساخته شوند.
خطوط لوله انعطاف ناپذیر سوخت باید با اتصالات مناسب به هم متصل شوند. مثلاً ؛ برای لوله های فولادی از اتصالات دو تکه فشاری و اتصالات الیو که از هر دو طرف مخروطی هستند، استفاده گردد.
اتصالات بایستی به حداقل تعداد باشند.
تمامی اتصالات باید در مکان هایی قرار داشته باشند که برای بازرسی در دسترس باشند.
در اتاق مسافر یا صندوق بار بسته طول خطوط لوله سوخت نباید از مقدار مورد نیاز بلندتر بوده و در هر صورت باید با استفاده از محفظه گازبندی حفاظت شوند.

شیر خودکار :

می توان یک شیر خودکار اضافی در سیستم لوله کشی و تا حد امکان نزدیک به رگولاتور فشار نصب نمود.

پرکن :

پرکن باید به گونه ای نصب گردد که در برابر چرخش مقاوم بوده و نیز در مقابل آب و آلودگی حفاظت شود.

در صورتیکه مخزن CNG در اتاق مسافر یا صندوق بار سرپوشیده نصب شده باشد آنگاه باید پرکن در خارج از خودرو یا در محفظه موتور قرار گیرد.

سیستم انتخاب سوخت و نصب تجهیزات الکتریکی :

قطعات الکتریکی مربوط به سیستم CNG باید در برابر اضافه بار مقاوم باشند.

به منظور حصول اطمینان از اینکه همزمان بیش از یک نوع سوخت در مدتی بیشتر از پنج ثانیه به طرف موتور جریان نمی یابند، خودروهای دارای بیش از یک سیستم سوخت باید دارای تجهیزات انتخاب سوخت باشند.

در خودروهای دو سوخته به منظور اشتعال مخلوط گاز / هوا استفاده از سوخت دیزل به عنوان پیش سوخت مجاز است به شرطی که موتور و خودرو با الزامات استانداردهای آلایندهی انطباق داشته باشند.

اتصالات و قطعات الکتریکی داخل محفظه گازبندی باید بگونه ای ساخته شوند که هیچ گونه جرقه ای تولید نشود.

آشنایی با گاز طبیعی فشرده (CNG)

۱-۵- معرفی تاریخچه CNG بعنوان سوخت جایگزین

۱-۱-۵- تعریف CNG

عبارت CNG مخفف عبارت COMPRESSED NATURAL GAS به معنی گاز طبیعی فشرده می باشد. منشأ گاز طبیعی در ایران ذخایر زیر زمینی وسیع جهوب و شمال کشور است.

کشور ایران بزرگترین دارنده ذخایر گاز طبیعی جهان است. این گاز با فشردگی بالا از سر چاهها جمع آوری شده و پس از تقلیل فشار و طی مراحل جداسازی آب گازهای سنگین و گوگرد از طریق خطوط لوله اصلی به نقاط جغرافیایی محل مصرف انتقال داده می شود.

در کشور ما گاز طبیعی سوختی ارزان است که تقریباً در همه نقاط کشور در دسترس است. این سوخت که حدود ۹۰٪ آن را گاز متان تشکیل می دهد. در ضمن سوختی پاک و کم آلاینده محسوب می شود و از ارزش حرارتی بالایی برخوردار است. مادامی که این سوخت در یک محل توسط یک مصرف کننده ساکن مانند سیستم های گرمایشی ساختمان و یا نیروگاهها استفاده می شود انتقال آن از طریق خط لوله و با فشار کم به محل مصرف کارگشاست. اما زمانیکه بحث استفاده از این سوخت برای خودروها مطرح می شود چگالی کم گاز می طلبد که حجم زیادی گاز که مقدار انرژی مورد نیاز حرکت خودرو را تأمین نماید با خودرو حمل شود. از این رو و باتوجه به محدودیت فضای موجود در خودرو ها گاز طبیعی را فشرده سازی نموده تا حجم آن کاهش یابد و طی این عمل فشار گاز تا ۲۰۰ الی ۲۵۰ بار افزایش می یابد و به مخزن خودرو تزریق می شود.

یادآوری می شود CNG با LPG که پیشتر به عنوان سوخت گازی خودروها در کشور مطرح گردیده کاملاً متفاوت می باشد. LPG مشتقات نفتی می باشد که در پالایشگاه ها به صورت گاز تولید می شود. LPG در فشار و دمای محیط گازی بوده ولی تحت فشار مخازن خودرو که در حدود ۷ بار می باشد مایع می باشند. حمل آن نیز از طریق تانکر و به صورت مایع می پذیرد. LPG به فراوانی CNG وجود ندارد. LPG متشکل از مولکولهای درشت تر هیدروکربنهاست و استفاده از آن به عنوان سوخت خودرو ارزش زیست محیطی و اقتصادی چندانی ندارد.

۲-۱-۵- مزیت های CNG نسبت به سایر سوخت ها

CNG سوختی ارزان و با دسترسی آسان است و با وجود منابع فراوان گاز طبیعی در کشور می توان سالیان متمادی روی آن برنامه ریزی کرد.

محصول احتراق کامل CNG در موتور عمدتاً آب و دی اکسید کربن است دود و بو نداشته و در مقایسه با سایر سوخت های فسیلی آلاینده های بسیار کمتری برای هوا دارد.

CNG به عنوان سوخت خودرو خطرات زیست محیطی بسیار کمتری در قالب نشت به محیط آلودگی آب و خاک دارد. خطرات نشت CNG از خطرات نشت سوخت های نظیر بنزین و یا LPG کمتر است. چرا که دمای احتراق متان بسیار بالاست. همچنین متان از هوا سبک تر است و به سرعت در فضا بالا می رود و پخش می شود و لذا بجز در اطراف های چهار طرف بسته در هیچ جا انباشته نمی شود.

۳-۱-۵- آمار مصرف و ارزشیابی انرژی معادل CNG :

ارزشیابی کمی CNG با مقایسه سوخت های فسیلی رایج مانند بنزین و گازوئیل قابل انجام است. ارزش حرارتی گاز طبیعی کمی بیش از معادل جرمی بنزین و در حد سوخت دیزل است. یعنی ۱ کیلوگرم گاز طبیعی معادل ۱ کیلوگرم گازوئیل انرژی حرارتی دارد و می تواند به همان میزان در موتور خودرو کار تولید نماید. برای اتوبوسها و کامیونها محدودیت کمتری جهت نصب مخازن CNG وجود دارد و هر خودروی سنگین قادر است در حدود ۸۰۰ لیتر آبی معادل تقریبی ۱۵۰ کیلوگرم گاز طبیعی را حمل کند. این مقدار در خودروهای سواری به ۸۰ لیتر آبی معادل تقریبی ۱۵ کیلوگرم کاهش می یابد. این یعنی هر شارژ کامل CNG یک خودروی سواری بطور تقریبی معادل چیزی کمتر از ۲۰ لیتر بنزین خواهد بود. پس خودروها به تعداد دفعات بیشتری نسبت به بنزین نیاز به مراجعه سوخت گیری دارند. از طرفی زمان سوخت گیری CNG بطور متوسط ۵ دقیقه می باشد که بسیار بیشتر از زمان سوخت گیری بنزین است.

یک جایگاه بنزین به طور متوسط در تهران روزانه ۱۲۰/۰۰۰ لیتر سوخت توزیع می نماید. این در حالیست که یک جایگاه متوسط سوخت CNG تنها قادر است ۱/۰۰۰ خودرو در روز یا معادل ۲۰/۰۰۰ لیتر سوخت توزیع نماید. یعنی انرژی توزیع شده یک ایستگاه CNG تقریباً یک ششم یک جایگاه سوخت بنزین است. مطالب یاده شده مبین این نکته

است که جهت فراگیر شدن و افزایش قابل توجه سهم CNG به عنوان سوخت خودروها در کشور نیاز به تعداد بسیار زیاد ایستگاه CNG می باشد که با نظم و مدیریت بسیار دقیق و حساب شده و با حداکثر ظرفیت به بهره برداری و سرویس دهی بپردازد.

۴-۱-۵- بخشهای صنعتی و اجرایی درگیر در صنعت CNG:

در کشور ما عوامل متعددی در صنعت CNG مشغول می باشند. این صنعت به دو شاخه اصلی تقسیم می شود :

تولید خودروهای CNG

تأمین سوخت CNG برای خودروها

در بخش تأمین سوخت CNG برای خودروها شرکت ملی گاز ایران مسوول تأمین و تحویل گاز طبیعی در موقعیت جایگاههای سوخت CNG می باشد. شرکت ملی نفت ایران از طریق سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور مسوول مدیریت و تأمین مالی کار ساخت ایستگاههای سوخت CNG بوده است. وظیفه تأمین تجهیزات و ساخت جایگاههای سوخت CNG به پیمانکاران بخش خصوصی به کارفرمایی سازمان بهینه سازی مصرف سوخت محول گردیده است. پیمانکاران تأمین تجهیزات و ساخت جایگاهها عموماً مشتمل بر یک شرکت مهندسی و صنعتی داخلی و با همکاری یک شرکت خارجی صاحب تکنولوژی می باشند که شرکت ساخت تجهیزات گاز تامکار با همکاری شرکت گرینفیلد سویس از جمله این پیمانکاران می باشد. در ادامه عوامل دیگری در بخش تأمین تجهیزات ساخت و نصب به این مجموعه اضافه گردیده اند از آن جمله شرکت های بازرسی فنی عاملیت چهارم پروژه های ساخت تجهیزات و نصب پیمانکاران جزء ساخت تجهیزات پیمانکاران ساختمانی جایگاهها و پیمانکاران نصب تجهیزات در جایگاهها می باشند. در بخش بهره برداری بخشی از فعالیت ها به شرکت ملی پخش و پالایش فرآورده های نفتی واگذار گردیده و پیمانکارانی از بخش خصوصی وظیفه بهره برداری و ارائه خدمات سوخت رسانی به خودروها را دارا می باشند.

۵-۱-۵- ایمنی و الزامات استاندارد :

گاز طبیعی ریسک آتش گیری کمتری نسبت به بنزین دارد اما در CNG صحبت از فشار در حدود ۲۰۰ تا ۲۵۰ بار می باشد که این حد از فشار در کمتر صنعتی بصورت فشار نیوماتیکی به چشم می خورد چه رسد به این که این فشار در نزدیکی و مجاورت افراد عادی و مناطق مسکونی و خودروها وجود داشته باشد. مشابه این فشار در صنعت ممکن است در جکهای هیدرولیک بسیار قوی به چشم بخورد اما باید توجه داشت که در سیستم های هیدرولیک مقدار انرژی پتانسیل ذخیره شونده در مایع تحت اثر بسیار ناچیز است و در نتیجه نشت در رفتگی و یا ترکیدگی یک سیستم هیدرولیک انرژی زیادی آزاد نشده و تخریبی بوقوع نمی پیوندد. حال آنکه اثر ترکیدن یک لاستیک خودرو با فشاری در حدود ۲/۵ بار همراه با آزاد شدن انرژی و صدای مهیبی می باشد. این مهم حساسیت و قابلیت خطر آفرینی بالای سیستم های CNG را در مکانهایی که جانها و اموال بسیاری در معرض تهدید می باشد را نشان می دهد.

برای پوشش دهی این خطرات و تنزل ضریب ریسک استفاده از CNG در حد و یا حتی کمتر از سیستمهای مربوط به سایر سوختهای فسیلی الزامات و اصول ایمنی متعددی در بخشهای مختلف طراحی و ساخت تجهیزات و نصب ایستگاه ها و نیز استفاده و بهره برداری آن در قالب استانداردهای ملی و بین المللی وجود دارد. در ایران نیز الزامات ایمنی مربوط به جایگاههای سوخت CNG در قالب استاندارد ملی با بهره گیری از استانداردها و دستور العملهای ایمنی کشورهای دارای تجربه در صنعت CNG تدوین گردیده است.

۵-۲- معرفی و تبیین پارامترهای گاز طبیعی به عنوان سوخت**۵-۲-۱- ترکیب، خواص مشخصه های سوخت CNG**

CNG مخفف عبارت Compressed Natural Gas می باشد که "گاز طبیعی فشرده" خوانده می شود. ترکیب اصلی این سوخت یعنی گاز طبیعی، متان بوده و بسته به محل استخراج (در چه محل یا کشوری باشد)، میزان آن بین ۷۵-۹۹ درصد از کل ترکیب را شامل می شود. جدول زیر ترکیبات اصلی و درصد حجمی آنها را در یک نمونه گاز طبیعی نشان می دهد.

COMPONENT	MOL % (MIN)	MOL % (MAX)	ANALYSIS SAMPLE IN TEHRAN
(CH ₄)	85	95	86.1
(C ₂ H ₆)	2	9	6.1
(C ₃ H ₈)	0.5	3	2.31
(IC ₄ H ₁₀)	0.2	0.3	0.29
(NC ₄ H ₁₀)	0.25	0.5	0.45
(IC ₅ H ₁₀)	0.1	0.15	0.12
(NC ₅ H ₁₀)	0.06	0.1	0.08
C ₆ H ₁₄ _	0.02	0.2	0.05
N ₂	2	5.7	4.4
CO ₂	0.1	0.4	0.1
H ₂ S	1(mg/sm)	5 (mg/sm)	
H ₂ S	1.25(ppm)	6.25 (ppm)	
	9250(kcal/m)	9750 (kcal/m)	9400
	0.6	0.66	0.641
	T=15.5°c	(According to ASTM: D 3588-91)	
Molecular Weight of Air = 28.964			

مقایسه انرژی مخصوص (چگالی انرژی) یکی از پارامترهای مهمی است که جهت مقایسه قدرت خروجی موتورهای احتراق داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از آنجائیکه سوخت گاز طبیعی فشرده (CNG) بصورت گازی وارد موتور می‌شود، حجم زیادی از هوای ورودی را اشغال می‌کند. هر سوختی که به هوا اضافه شود قبل از ورود به داخل سیلندر برابر حجم خود جایگزین هوا شده و راندمان حجمی را کاهش می‌دهد، لذا قدرت خروجی کاهش خواهد یافت. گاز طبیعی احتیاجی به بخارشدن ندارد و به همین خاطر در هوای سرد مسئله یخ زدگی در داخل چند راهه (مانیفولد) برای آن وجود ندارد. این سوخت دارای عدد اکتان

بالایی بوده و نسبت تراکم بیش تری را نسبت به بنزین در موتورهای احتراق داخلی تحمل می کند و لذا راندمان حرارتی موتور را می توان افزایش داد. این سوخت بخاطر پایین بودن سرعت شعله آن احتیاج به دوره احتراق بیشتری دارد و لذا پیش رسی جرقه برای آن زودتر خواهد بود. به همین دلیل افزایش قدرت جرقه می تواند باعث توسعه و افزایش شعله در حین احتراق گردد.

خواص گاز و بنزین در جدول زیر مقایسه گشته اند :

بنزین	گاز طبیعی فشرده CNG	مشخصات مورد مقایسه
۸/۰ تا ۱/۰	۱۵/۰ ۵/۰	حدود اشتعال پذیری (درصد حجمی در هوا)
۴۸۲ تا ۲۳۲	۵۴۰	دمای خود اشتعالی (درجه سانتی گراد)
۹۵ تا ۸۷	۱۲۷	عدد اکتان
۳/۴	۰/۶	دانسیته نسبت به هوا (دانسیته هوا = ۱/۰۰)
۱۵/۱ تا ۱۴/۲	۱۷/۳	نسبت هوا به سوخت استو کیومتر یک
۰/۸۳	۰/۶۷	سرعت اشتعال (متر بر ثانیه)
توجه: عدد اکتان و نسبت هوا به سوخت استو کیومتریکی CNG بمراتب بالاتر از بنزین می باشد.		

۲-۲-۵- استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت خودرو

استفاده از گاز طبیعی در خودروها از دو دیدگاه مورد توجه قرار می گیرد که شامل دیدگاه اقتصادی و دیدگاه دیگر کاهش آلاینده ها می باشد. به همین خاطر استفاده از این گاز در کشور ما از هر دو دیدگاه حائز اهمیت بوده که در ذیل شرح آن آورده شده است.

۳-۲-۵- استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت اقتصادی

کشور ما هم اکنون دارای هشت پالایشگاه گاز بوده که در مناطق مختلف مانند کنگان، خانگیران و مسجد سلیمان و... قرار گرفته است. اغلب میادین گاز کشور غنی بوده و در برخی تا ۹۰ درصد دست نخورده باقی مانده است. بطور کلی سهم کشور ما از دارایی منابع گازی، ۱۸/۵ درصد کل منابع دنیاست.

استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوخت پاک

گازهای آلاینده مهم شامل NOX، HC و CO بوده و قوانین و مقررات سختی در مورد محدود کردن این آلاینده ها وضع شده و در کشورهای مختلف اجرا می شود. با گذشت زمان، قوانین محدود کردن آلاینده ها، محدود تر شده و رعایت کردن آنها نیازمند بکارگیری مجموعه های نظارتی پیچیده حلقه بسته (در دو مجموعه جرقه و سوخت رسانی) روی موتور و حتی خودرو و هم چنین استفاده از تجهیزات اضافی پس از احتراق می باشد. سوخت گاز با توجه به ماهیت گازی شکل و اختلاط بهتر آن با هوا، سطح آلاینده های آن پایین می باشد.

رعایت قوانین سخت آلاینده ها جز با گاز طبیعی امکان پذیر نیست. با استفاده از این سوخت، سطح گاز بدون بو و سمی مونواکسید کربن را می توان به کمتر از یک سوم در مقایسه با خودروی مشابه بنزینی تقلیل داد. کاهش قابل ملاحظه گازهای سمی NOX و HC با استفاده از کیت های نظارتی هوشمند (Intelligent Control systems) و همچنین تجهیزات اضافی بر روی موتور امکان پذیر می باشد. گاز دی اکسید کربن (CO2) یک گاز سمی نبوده و ضرری به محیط زیست نمی رساند. همچنین هر چه احتراق سوخت درون محفظه احتراق کاملتر گردد، مقدار این گاز افزایش می یابد. ولی افزایش این گاز در اطراف زمین و اثر گلخانه ای آن باعث افزایش دمای متوسط کره زمین شده و اثرات تخریبی زیادی بر محیط زیست می گذارد. قوانین و مقررات جهت کاهش آلودگی در توسعه خودرو در آینده مربوط به کاهش آلودگی (CO2) می باشد که در سال ۲۰۱۲ به عدد پیشنهادی ۱۰۰ gr/km محدود شده است. ملاحظه می شود که رسیدن به این هدف در موتورهای دیزلی و حتی بنزینی به سختی امکان پذیر می باشد. لذا برای رسیدن به این هدف در موتورهای احتراق داخلی، تنها با استفاده از سوخت CNG که بین ۷۵-۹۹ درصد آن متان می باشد می توان CO2 را حدود ۲۵ درصد کاهش داد.

۴-۲-۵- تاریخچه استفاده از گاز طبیعی در محدوده های صنعتی مختلف

خودروی گازی: به خودروهایی گفته می شود که موتورهای آنها مثل موتورهای بنزینی عمل می نمایند. با این تفاوت که بجای مخلوط بنزین و هوا از مخلوط گاز و هوا برای سوخت استفاده می شود.

- هر لیتر گاز طبیعی در فشار یک بار 0.036 MJ انرژی آزاد تولید می کند.

- هر لیتر گازوئیل در فشار یک بار 34.7 MJ انرژی آزاد تولید می نماید.

با توجه به موارد فوق توجه کنید یک لیتر گازوئیل حدوداً 950 برابر یک لیتر گاز در فشار یک بار انرژی دارد. بنابراین در این خصوص فکر اساسی شده است.

- در صورتی که گاز طبیعی را تحت فشار 200 بار قرار دهیم CNG نام دارد.

- در صورتی که گاز طبیعی را در منهای 162 درجه سانتی گراد سرد کنیم LNG نام دارد.

LNG به علت اینکه مشکل نگهداری و انبارداری در محدوده سوخت خودرو مورد استفاده قرار نمی گیرد ولی CNG تحت فشار 200 بار مشکل نگهداری و مصرف ندارد. به همین خاطر این گاز را تحت فشار انبار نموده و برای سوخت خودرو استفاده می شود.

توجه شود CNG با گاز LPG فرق دارد. خودروهایی که با LPG کار می کنند و کار کرده اند جزء خودروهای گازی نمی باشند چون LPG یا گاز بوتان و پروپان است که ربطی به گاز طبیعی ندارد. گاز LPG موقع پالایش نفت خام به عنوان تولید جانبی از پالایشگاه مشتق می گردد.

۵-۲-۵- تاریخچه خودروهای گازی

۱- در سال 1862 آقای Etinne Lenoir اولین خودرو با موتور گازی را قبل از اختراع بنزین و گازوئیل ساخت.

۲- در سال 1862 Nicolaus August Otto بر روی موتورهای 4 زمانه گازی تحقیقات را شروع کرد و آزمایشات خود را انجام داده است.

۳- در سال 1863 اولین ماشین محرک گازی اختراع شد.

۴- در سال 1876 اختراع موتور با متراکم کردن مخلوط گاز طبیعی و هوا انجام گردید.

اختراعات بطور مداوم ادامه داشته است و در هر مقطعی از سوخت گاز طبیعی بیوگاز گاز چوب و گاز زغال استفاده کرده اند.

- در حین جنگ جهانی دوم و بعد از آن تا سال ۱۹۵۰ استفاده از خودروهای گاز شدت گرفت.

- از سال ۱۹۵۰ بطور کلی استفاده از خودروهای گاز فراموش شد و تمام جهان توانایی خود را در استفاده از خودروهای بنزینی و گازوئیلی متمرکز کرد و تا حدود سال ۱۹۷۰ ادامه داشت.

- از سال ۱۹۷۰ مسئله حفاظت محیط زیست و قیمت بالای بنزین و گازوئیل مطرح شد. این مطلب هر سال شدت بیشتری یافت بطوری که خودروسازان جهان از سال ۱۹۷۰ به بعد به فکر جایگزینی خودروهای گازی افتاده اند و هر روز شدت بیشتری می یافت. کشورهای که بیشتر به فکر استفاده از گاز افتاده اند: آرژانتین، برزیل و ایتالیا بودند.

- در سال ۱۹۸۴ VOLVO اولین خودرو سواری گازسوز در سوئد را اختراع نمود.

- در سال ۱۹۹۴ در آلمان BMW خودروهای گازی را بطور سری در خط تولید خود قرار دهد. بعد از آن سیتروئن، فیات، فورد، بنز، اپل، پژو، ولو و فولکس واگن این کار را انجام داده اند. تا سال ۲۰۰۴ فقط در آلمان ۳۲۰۰۰ خودرو گازی تولید شده است.

مشخصات گاز طبیعی برای موتورهای احتراق داخلی و مشکلات آن (مزایا و معایب)

۱-۶- معرفی گاز طبیعی و بنزین شامل مشخصات و خصوصیات محترقه

مقدمه

گاز طبیعی در سالهای اخیر بعنوان یکی از سوخت‌های قابل استفاده در خودروها مورد توجه قرار گرفته است. دلایل اصلی بکارگیری این سوخت در خودروها عبارتند از:

الف) مزایای زیست محیطی گاز طبیعی

گاز طبیعی عمدتاً شامل متان با ترکیب شیمیایی CH_4 است که احتراق این سوخت در مقایسه با هیدروکربن‌های سنگین موجود در بنزین و گازوییل بصورت کاملتری در موتور خودرو انجام می‌شود و بهمین دلیل آلاینده‌های خروجی کاهش می‌یابند. معمولاً خودروهای گازسوز دارای آلاینده‌های خروجی کمتری نسبت به خودروی مشابه بنزین سوز یا دیزل هستند. از اینرو در سالهای اخیر با مطرح شدن معضلات آلودگی در شهرها و کلان شهرها توجه به این سوخت افزایش یافته تا جایی که در خودروها بکار گرفته شده است.

ب) مزایای اقتصادی گاز طبیعی

گاز طبیعی بخصوص در کشورهایی نظیر ایران که دارای ذخایر آن هستند قیمت کمتری نسبت به سایر سوخت‌ها دارد. این اختلاف قیمت در مورد سوخت خودروها (بنزین و گازوییل) معمولاً به حدی است که مصرف کنندگان را به سمت استفاده از گاز طبیعی ترغیب می‌کند.

در حال حاضر در کشور ما هزینه پیمایش مسافتی معین توسط یک خودروی گاز سوز حدود یک چهارم هزینه پیمایش همان مسافت با همان خودرو در حالت بنزین سوز است که این امر اختلاف قیمت قابل توجهی را بصورت سالیانه برای دارندگان خودروهای گازسوز ایجاد می‌کند و بنابراین یکی از عوامل رواج و بکارگیری سوخت گاز طبیعی در صنعت خودرو به شمار می‌رود.

از طرفی محدودیت منابع سوخت‌های فسیلی و محدودیت بنزین و گازوییل سبب شده است که کشورهای مختلف از وابسته شدن به یک سوخت خاص جلوگیری نمایند و سوخت‌های متنوعی را جایگزین بنزین و گازوییل نمایند. این

سوخت‌ها را سوخت‌های جایگزین (Alternative Fuels) می‌نامند و گاز طبیعی یکی از سوخت‌های جایگزین مناسب بخصوص برای کشورهایی که منابع آن را دارند به شمار می‌رود.

برای بکارگیری سوخت CNG در خودروها روش‌های مختلفی وجود دارد که به نوع خودرو نیز بستگی دارند و در بخش‌های بعدی این درس به آنها پرداخته می‌شود.

استفاده از گاز طبیعی بعنوان سوخت در خودروها اگر چه در سال‌های اخیر مورد توجه خاص قرار گرفته است لیکن از سال ۱۹۵۵ میلادی شروع شده است.

ویژگی‌های گاز طبیعی

گاز طبیعی یکی از سوخت‌های فسیلی است که از منابع زیرزمینی استخراج می‌شود. ترکیبات موجود در گاز طبیعی بسته به منبع استخراج و فرایند تولید آن متفاوت است. معمولاً گاز طبیعی شامل بیش از ۸۰ درصد متان و مقادیر کمی اتان و سایر هیدروکربن‌های سبک گازی مشکل می‌باشد. ممکن است مقادیر کمی نیتروژن و دی اکسید کربن و بخار آب نیز جزو ترکیبات گاز طبیعی باشند. جدول ذیل ترکیبات گاز طبیعی را در کشور ما برای منابع استخراج مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۱ - ترکیب گاز طبیعی در ایران

Year 2000	Khangiran Refinery	Gonbadly Refinery	Shoorjeh Refinery	Kangan Refinery	Bidbland Refinery	Sarkhun Refinery	Qeshm Refinery	Unit
H2S(ppm)	2.80	0.00	0.00	1.20	2.20	10.00	0.00	
CO2	0.00	0.76	0.69	0.00	0.36	0.53	0.09	%mol
N2	0.50	1.36	1.27	5.57	0.62	5.75	10.83	%mol
C1	98.50	95.13	95.57	88.22	84.23	88.09	84.55	%mol
C2	0.69	1.67	1.36	4.00	9.18	3.41	1.86	%mol
C3	0.07	0.39	0.42	1.20	3.43	1.28	0.98	%mol
C4(ISO)	0.02	0.12	0.16	0.25	0.35	0.28	0.25	%mol
C4(Normal)	0.03	0.19	0.24	0.34	0.62	0.38	0.51	%mol
C5(ISO)	0.02	0.10	0.11	0.14	0.95	0.12	0.22	%mol
C5(Normal)	0.02	0.13	0.12	0.09	0.08	0.08	0.20	%mol
C6+	0.16	0.14	0.06	0.19	0.18	0.08	0.51	%mol

همانطور که مشاهده می‌شود گاز طبیعی عمدتاً شامل متان است و مقادیر بسیار کمی نیتروژن و دی اکسید کربن در آن وجود دارد که این گازها بر احتراق درون سیلندر و آلاینده‌های ناشی از آن تأثیر منفی نمی‌گذارند. از مزایای این گاز عدم وجود آروماتیک‌ها و عدم وجود عناصری نظیر گوگرد و فسفر است که این عناصر معمولاً در بنزین و گازوییل سبب تولید آلاینده‌های مضر و ورود این آلاینده‌ها به جو زمین می‌شوند. به همین جهت آلاینده‌های مضر نظیر ذرات معلق اکسیدهای گوگرد و... در موتورهای گازسوز نسبت به موتورهای بنزینی و دیزلی بمیزان قابل توجهی کمتر می‌شوند و این یکی از مزایای بزرگ گاز طبیعی محسوب می‌گردد.

گاز طبیعی در دما و فشار محیط بصورت گاز است و بعلاوه ماهیت گازی آن دارای چگالی انرژی بسیار کمی در مقایسه با سایر سوختها می‌باشد. بطور متوسط هر ۰/۹۲۱ متر مکعب گاز طبیعی از نظر محتوای انرژی معادل با یک لیتر بنزین است. از اینرو برای استفاده از گاز طبیعی لازم است چگالی انرژی آن افزایش یابد و این امر معمولاً با فشرده‌سازی گاز طبیعی صورت می‌پذیرد. به همین جهت برای مصرف گاز طبیعی در خودروها از گاز طبیعی فشرده

(CNG- Compressed Natural Gas) یا گاز طبیعی مایع شده (LNG- Liquefied Natural Gas) که

دارای چگالی انرژی بالاتر است استفاده می‌شود.

بدین ترتیب گاز طبیعی فشرده (CNG) با تعبیه مخازن ذخیره خاص که بدین منظور طراحی و تولید شده‌اند در خودروهای گازسوز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

از آنجا که CNG در شرایط استفاده در موتور بصورت گاز است نیاز به تبخیر آن جهت مخلوط شدن با هوا وجود ندارد. لذا در شرایط استارت سرد که تبخیر سوختهایی نظیر گازوییل و بنزین بخوبی صورت نمی‌پذیرد موتورهای گازسوز مشکلی ندارند و براحتی در دماهای چندین درجه زیر صفر استارت می‌شوند.

بعلت اینکه گاز طبیعی دارای حالت گازی شکل است و چگالی انرژی آن کمتر از سوختهایی بنزین و گازوییل است بکارگیری آن در خودرو با افت توان همراه است که این عامل در مقایسه با حالت اولیه خودرو یکی از نقاط ضعف سوخت CNG در خودروهای دو سوخته و دوگانه سوز بشمار می‌رود.

از دیگر مزایای سوخت CNG عدد اکتان بالای آن است که امکان افزایش نسبت تراکم و بدنبال آن افزایش راندمان افزایش توان و گشتاور خروجی را فراهم می‌آورد. لیکن در خودروهای دو سوخته چون تغییر نسبت تراکم نیاز به تغییرات اساسی در موتور دارد و افزایش آن خطر خود اشتعالی را در حالت بنزین به‌همراه دارد معمولاً نسبت تراکم تغییر نمی‌یابد. وجود بخار آب در ترکیبات گاز طبیعی می‌تواند مشکلاتی را به‌همراه داشته باشد. بدین ترتیب که در مخازن فشار قوی ذخیره گاز CNG بخار آب در کنار مقادیر جزیی سولفید هیدروژن سبب تشکیل اسیدهای ضعیفی می‌شود که وجود این اسیدها منجر به خوردگی داخلی مخازن ذخیره گاز می‌گردد که بسیار خطرناک است. همچنین با کاهش فشار گاز CNG جهت مصرف در موتور دمای گاز بطور محسوسی کاهش می‌یابد و بخار آب موجود به حالت مایع درمی‌آید و در امر سوخت‌رسانی اختلال ایجاد می‌کند. از اینرو در جایگاههای سوخت‌گیری گاز طبیعی بخار آب موجود در گاز طبیعی را بکمک فیلترهای خشک کن جذب و از ورود آن به مخازن ذخیره خودروها جلوگیری می‌شود.

از مزایای دیگر گاز طبیعی است که بعلت وجود ترکیبات ساده در آن همواره دوده کمتری تولید می‌شود که این امر می‌تواند منجر به بهتر کارکردن موتور گردد و از دیگر مزایای گاز طبیعی فشرده محسوب می‌شود.

گاز طبیعی دارای دمای اشتعال بالاتری نسبت به بنزین و گازوییل است. همچنین محدوده نسبت هوا به سوخت برای اشتعال پذیری گاز طبیعی کمتر از بنزین است. از اینرو این عوامل سبب شده‌اند که ایمنی گاز طبیعی در برابر سوخت بنزین بهبود یابد که این امر نیز یکی از مزایای گاز طبیعی در خودروها بعنوان سوخت می‌باشد. همچنین گاز طبیعی سبکتر از هواست و به محض نشت در صورت امکان (بسته نبودن محیط) بطرف بالا حرکت می‌کند و خودبخود از تجمع آن و خطر بروز انفجار جلوگیری می‌گردد. این امر نیز به افزایش ضریب ایمنی در استفاده از گاز طبیعی بعنوان سوخت در خودروها کمک می‌کند و یکی دیگر از مزایای این سوخت است.

جدول ۲ خواص فیزیکی سوخت های بنزین و گازوییل را مقایسه می‌کند:

جدول ۲- مقایسه خواص فیزیکی گاز طبیعی با بنزین و گازوییل

نوع سوخت	بنزین	گازوییل	گاز مایع LPG	CNG	متانول	اتانول	بیوگاز
ترکیبات	C8H18	C16H34	عمدتاً پروپان و بوتان	عمدتاً متان (CH4)	CH3OH	C2H5OH	۶۰ درصد متان و مابقی (CO2+H2S)
شرایط ذخیره	مایع در شرایط محیط	مایع در شرایط محیط	مایع در دمای معمولی و فشار ۸-۶ بار	گازی شکل در دمای محیط و فشار ۲۰۰ بار	مایع در شرایط معمولی	مایع در شرایط معمولی	گاز در شرایط معمولی
ارزش حرارتی (MJ/kg)	۴۳	۴۳-۴۲/۷	۴۶-۴۵	۵۰-۳۸	۱۹/۷	۲۶/۸	۱۹/۷ (MJ/m3)
حد اشتعال پذیری	۰-۸	۰/۵-۶/۵	۱/۵-۹	۵-۱۵	۶/۵-۳۶/۵	۵-۳۵	۸-۲۵
چگالی نسبی	۰/۷۳	۰/۸۳-۰/۸۵	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۷۹	۰/۷۹	۱/۲۹ (نسبت به هوا)
عدد اکتان	۸۵-۹۵	۰-۱۲	۱۰۰-۱۱۰	۱۱۰-۱۲۵	۱۰۰-۱۱۰	۱۰۰	۱۱۵-۱۲۵
عدد ستان	۲-۱۰	۴۵-۵۵	ناچیز	ناچیز	۰-۵	۰-۵	۰-۵

بدین ترتیب با بررسی ویژگی های گاز طبیعی و مزایا و معایب آن در ادامه به بررسی چگونگی بکارگیری این سوخت در خودروها می پردازیم.

۲-۶- تأثیر سوخت گاز طبیعی بر رانندمان و مشخصه های عملکردی موتور

زمانی که خودرو با CNG عمل می کند در حدود ۱۰ درصد جریان هوای مکشی موتور توسط گاز جایگزین می شود. این امر سبب افت مشابه در قدرت خروجی می شود. در عمل توان موتور دوگانه سوز تبدیل شده، در حالت تخت گاز، ۱۵ تا ۲۰ درصد کمتر از نوع بنزینی است. بیش از ۱۰ درصد افت قدرت در اثر مصرف گاز در موتورهای بهینه شده سوخت مایع پدید می آید. با بهینه سازی موتور از نظر نسبت تراکم و تنظیم زمان جرقه زنی، این افت قدرت را می توان در عین بهره برداری عالی از ویژگی های گشتاور سرعت پایین بین ۵ تا ۱۰ درصد تقلیل داد.

۳-۶- چالشهای آینده برای بهبود مشخصات احتراقه موتورهای گازسوز

استراتژی سایر کشورها در زمینه CNG :

ایتالیا

ایتالیا در ابتدا روی خودروهای عمومی سواری تمرکز کرده ولی با گذشت زمان بازار خودروهای گازسوز را به تمامی خودروها و خدمات مختلف توسعه داده است.

- فروش بیش از 450 میلیون متر مکعب گاز در سال به خودروهای گازسوز.
- طرح ساخت 80 ایستگاه سوختگیری در 21 شهر بزرگ با بیش از 150 هزار نفر جمعیت (میلان رم تورین ناپل پالمرو و...)

- شرکت Fiat 3 مدل دیگر شامل Ducato Dublo و Punto را روانه بازار کرده است.
- شرکت IVECO مدل جدید Daily AT و سه مدل دیگر به بازار روانه کرده است.
- امضای توافقنامه وزارت محیط زیست با شرکت نفت ایتالیا جهت ترویج خودروهای گازسوز.
- کاهش مالیات بر مصرف سوخت گاز طبیعی.

- اختصاص تسهیلات جهت تشویق مردم به استفاده از خودروهای گازسوز با جایگزینی یک خودرو با عمر 10 سال یا بیشتر با خودروی گازسوز مالکان می توانند از تسهیلات مالی استفاده کنند. بودجه کل تسهیلات برای استفاده از خودروهای گازسوز 578 میلیون یورو بوده است.

آلمان

- حرکت خودروسازان عمده در آلمان به سمت تولید خودروهای گازسوز کارخانه ای. Opel در این زمینه پرچمدار است و به دنبال آن VW فولکس واگن. شرکت دایملر کرایسلر تاکسی گازسوز تولید کرده و BMW نیز شروع کرده است.
- شروع به نصب ایستگاه های سری توسط شرکت Erdgasmobike (نصب 1000 ایستگاه تا 5 سال آینده).
- ارائه استراتژی سوخت توسط دولت و صنایع.
- استفاده از 30 خودروی گازسوز فیات مالتی پلا توسط آژانس اتومبیل آلمان ADAC.
- کاهش مالیتها برای خودروهای گازسوز تا سال 2020.
- تسهیلات مالی دولت (25 میلیون یورو).

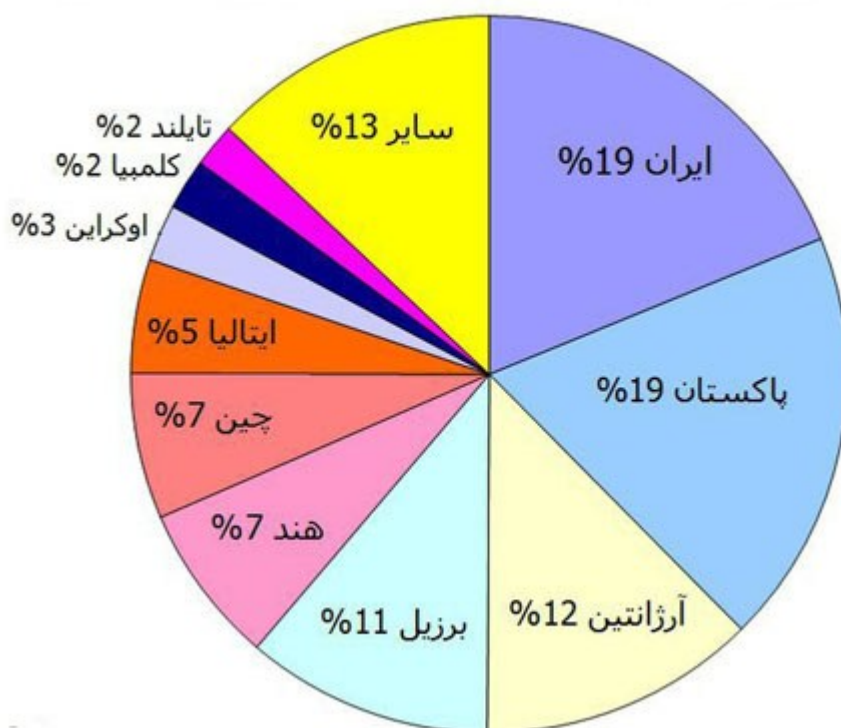
استراتژی اتحادیه اروپا برای سوختهای جایگزین

- استراتژی اتحادیه اروپا در خصوص استفاده از سوختهای جایگزین برای خودروها تا سال 2020 برای 15 کشور عضو این اتحادیه به شکل زیر تدوین شده است به طوریکه در سال 2020 درصد خودروهای با سوخت جایگزین که عمدتاً CNG می باشد به بالاتر از 20٪ می رسد.

Year	Bifule	CH4	H2	Total (%)
2005	2	2		2
2010	6	5	2	8
2015	7	10	5	14
2020	8			23

هم اکنون کشورمان با برخورداری از حدود سه میلیون و ۵۰۰ هزار خودروی دوگانه سوز، رتبه اول جهان را از این حیث در اختیار دارد. این در حالی است که از نظر تعداد جایگاه CNG نسبت به خودرو، حتی در بین ۱۰ کشور اول دنیا نیز قرار نداریم.

ده کشور اول دنیا از نظر ناوگان خودروهای گازسوز

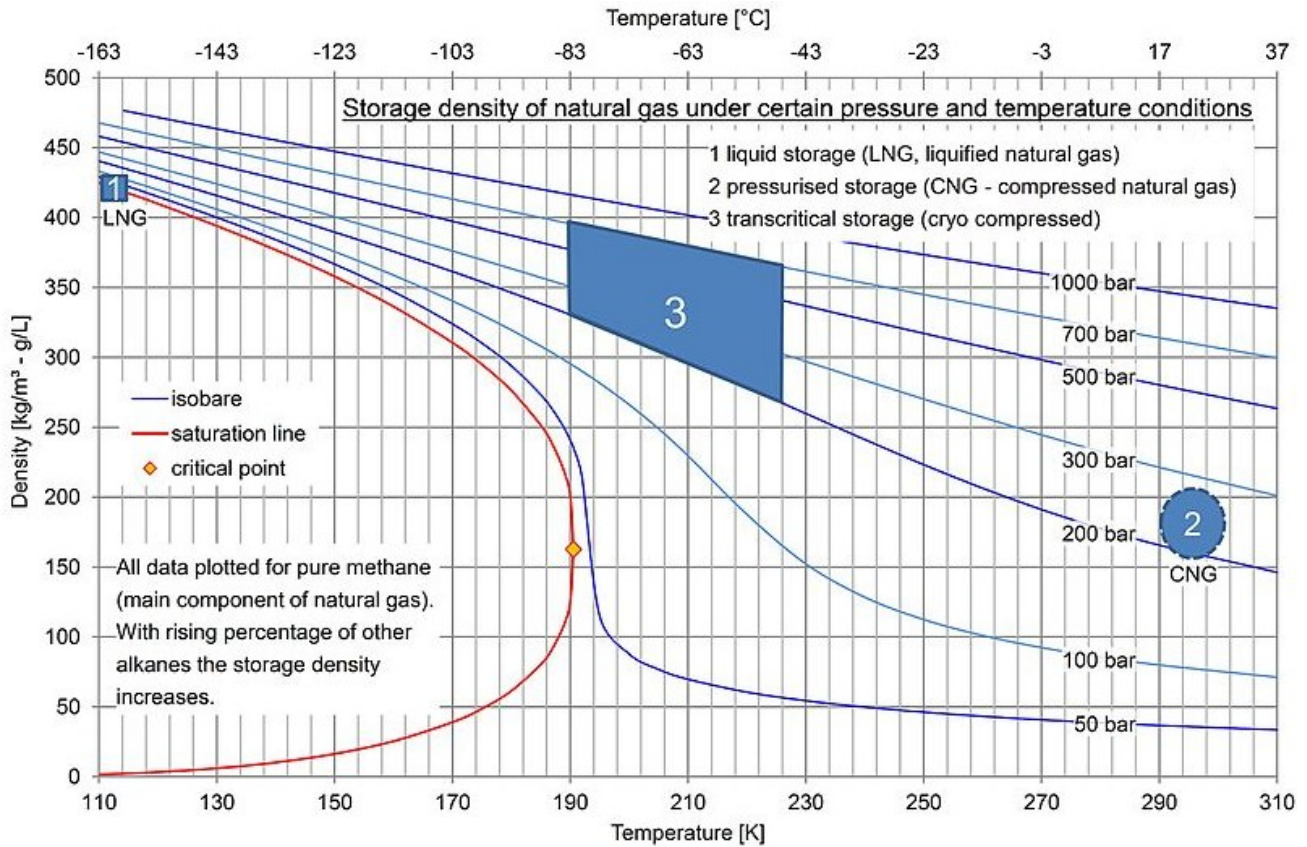


Top ten countries with the largest NGV vehicle fleets - 2013 ^{[25][26]} (millions)					
Rank	Country	Registered fleet	Rank	Country	Registered fleet
1	Iran	3.50	6	Italy	0.82
2	Pakistan	2.79	7	Colombia	0.46
3	Argentina	2.28	8	Uzbekistan	0.45
4	Brazil	1.75	9	Thailand	0.42
5	China	1.58	10	Indonesia	0.38
World Total = 18.09 million NGV vehicles					

۲۰ تولید کننده بزرگ گاز در جهان (منبع: Wikipedia.org)

Rank ↕	Country ↕	Continent ↕	Annual natural gas production (m³) ↕	Date of information ↕
—	<i>World</i>	—	4,359,000,000,000	2010 est.
1	 United States	North America	681,400,000,000	2012 est.
2	 Russia	Eurasia	669,700,000,000	2013 est.
—	 European Union	—	164,600,000,000	2012 est.
3	 Iran	Asia	162,600,000,000	2012 est.
4	 Canada	North America	143,100,000,000	2012 est.
5	 Qatar	Asia	133,200,000,000	2011 est.
6	 Norway	Europe	114,700,000,000	2012 est.
7	 China	Asia	107,200,000,000	2012 est.
8	 Saudi Arabia	Asia	103,200,000,000	2012 est.
9	 Algeria	Africa	82,760,000,000	2011 est.
10	 Netherlands	Europe	80,780,000,000	2012 est.
11	 Indonesia	Asia	76,250,000,000	2011 est.
14	 Malaysia	Asia	61,730,000,000	2011 est.
13	 Uzbekistan	Asia	62,900,000,000	2012 est.
15	 Egypt	Africa	61,260,000,000	2011 est.
12	 Turkmenistan	Asia	64,400,000,000	2012 est.
16	 Mexico	North America	53,960,000,000	2012 est.
17	 United Arab Emirates	Asia	52,310,000,000	2011 est.
18	 Bolivia	South America	48,970,000,000	2012 est.
19	 Australia	Oceania	48,240,000,000	2012 est.
20	 United Kingdom	Europe	40,990,000,000	2012 est.

شرایط نگهداری گاز طبیعی در دما و فشار معین (منبع: Wikipedia.org)

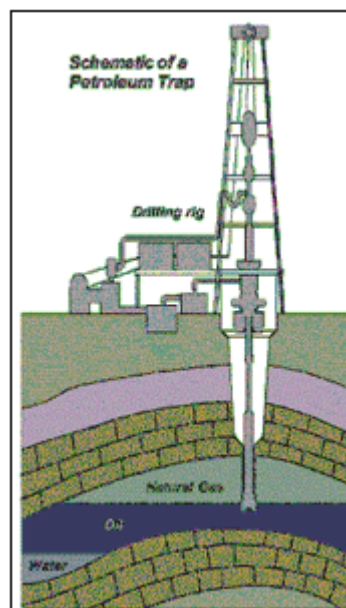


ترکیبات گاز طبیعی:

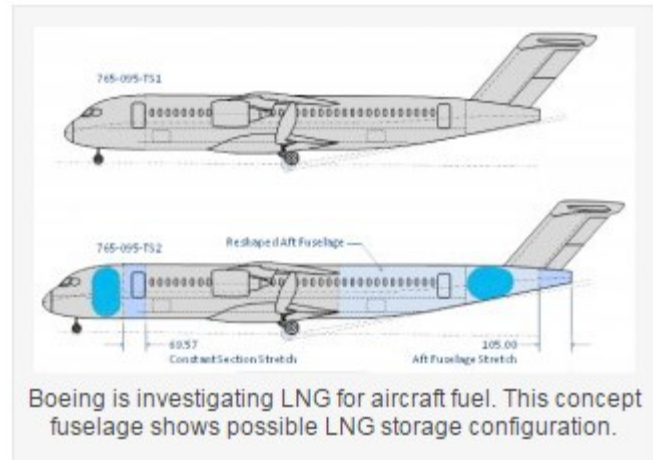
Typical Composition of Natural Gas

Methane	CH ₄	70-90%
Ethane	C ₂ H ₆	0-20%
Propane	C ₃ H ₈	
Butane	C ₄ H ₁₀	
Carbon Dioxide	CO ₂	0-8%
Oxygen	O ₂	0-0.2%
Nitrogen	N ₂	0-5%
Hydrogen sulphide	H ₂ S	0-5%
Rare gases	A, He, Ne, Xe	trace

استخراج نفت و گاز طبیعی:



تحقیقات بوئینگ برای استفاده از LNG در هواپیماها:

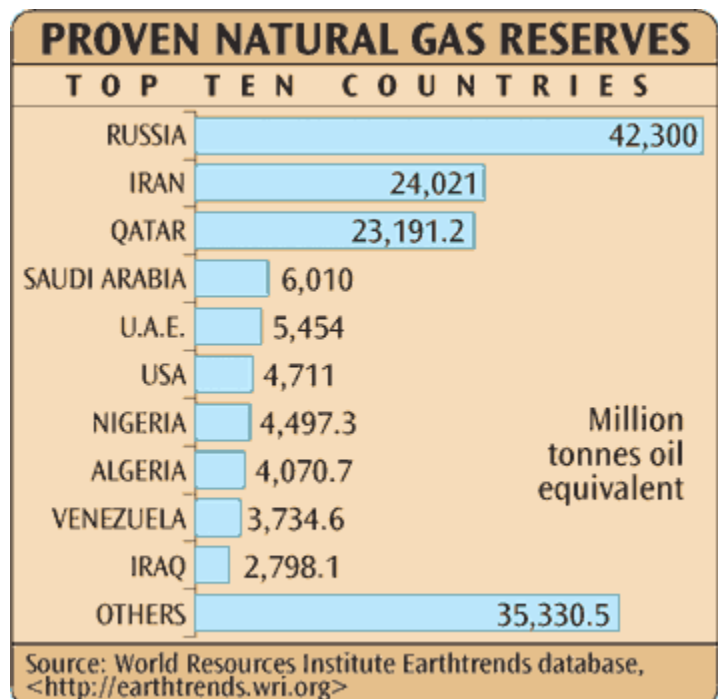


مقایسه محتوای انرژی سوخت‌های مختلف:

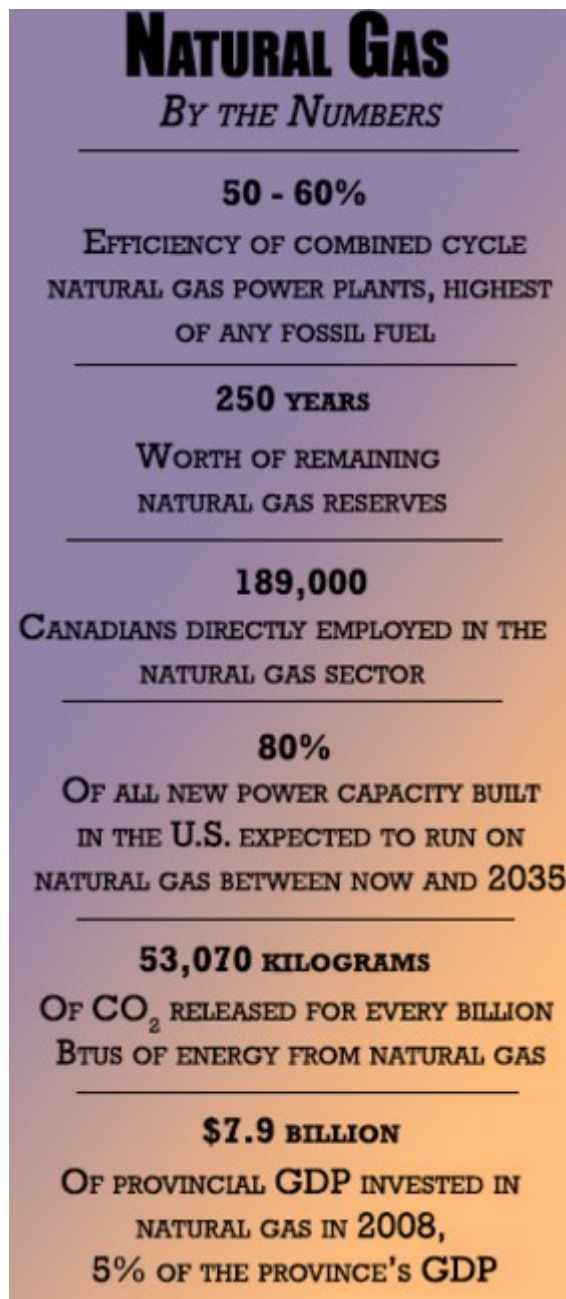
Fuel	CNG	LNG	Diesel	Gasoline	LPG
Energy Content* (Gross heating value)	37-40 MJ/m ³ 46-49 MJ/kg	25 MJ/L	38.3 MJ/L	34.5 MJ/L	25.4 MJ/L

* Energy content varies significantly depending on the source of fuel. Readers are advised to check with local suppliers for energy content.

ذخایر گاز اثبات شده:

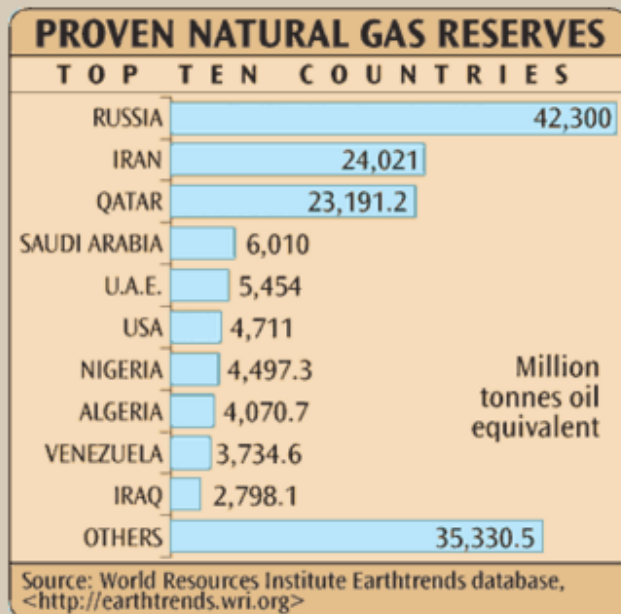
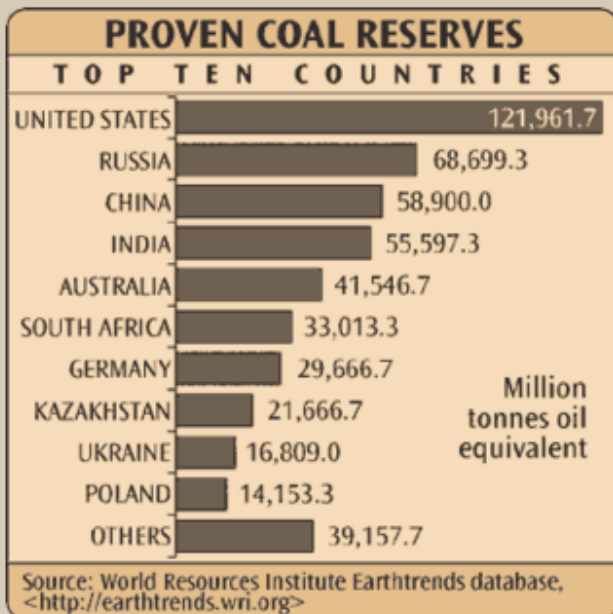
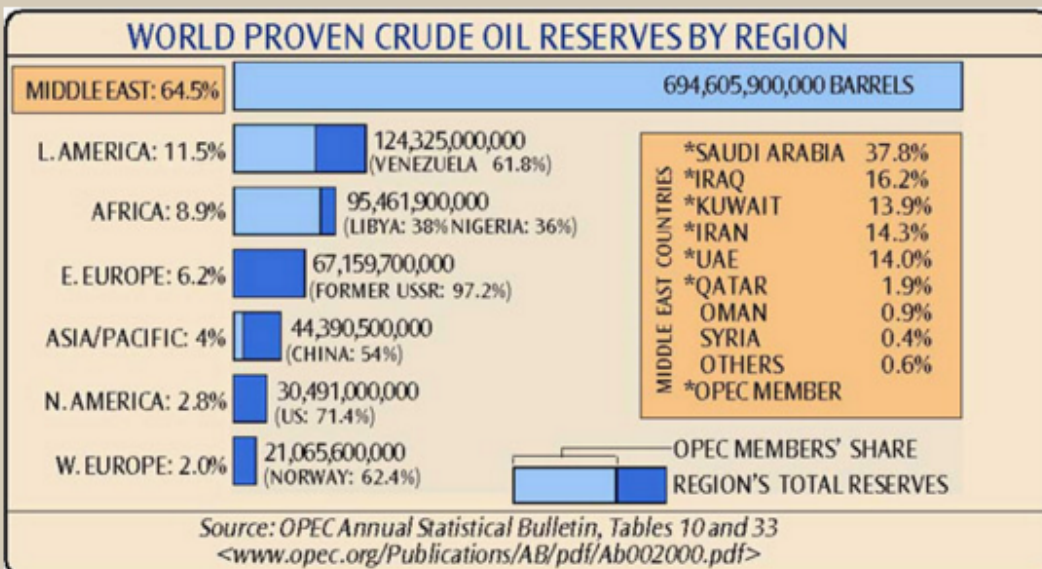


گاز طبیعی در کانادا به روایت اعداد:

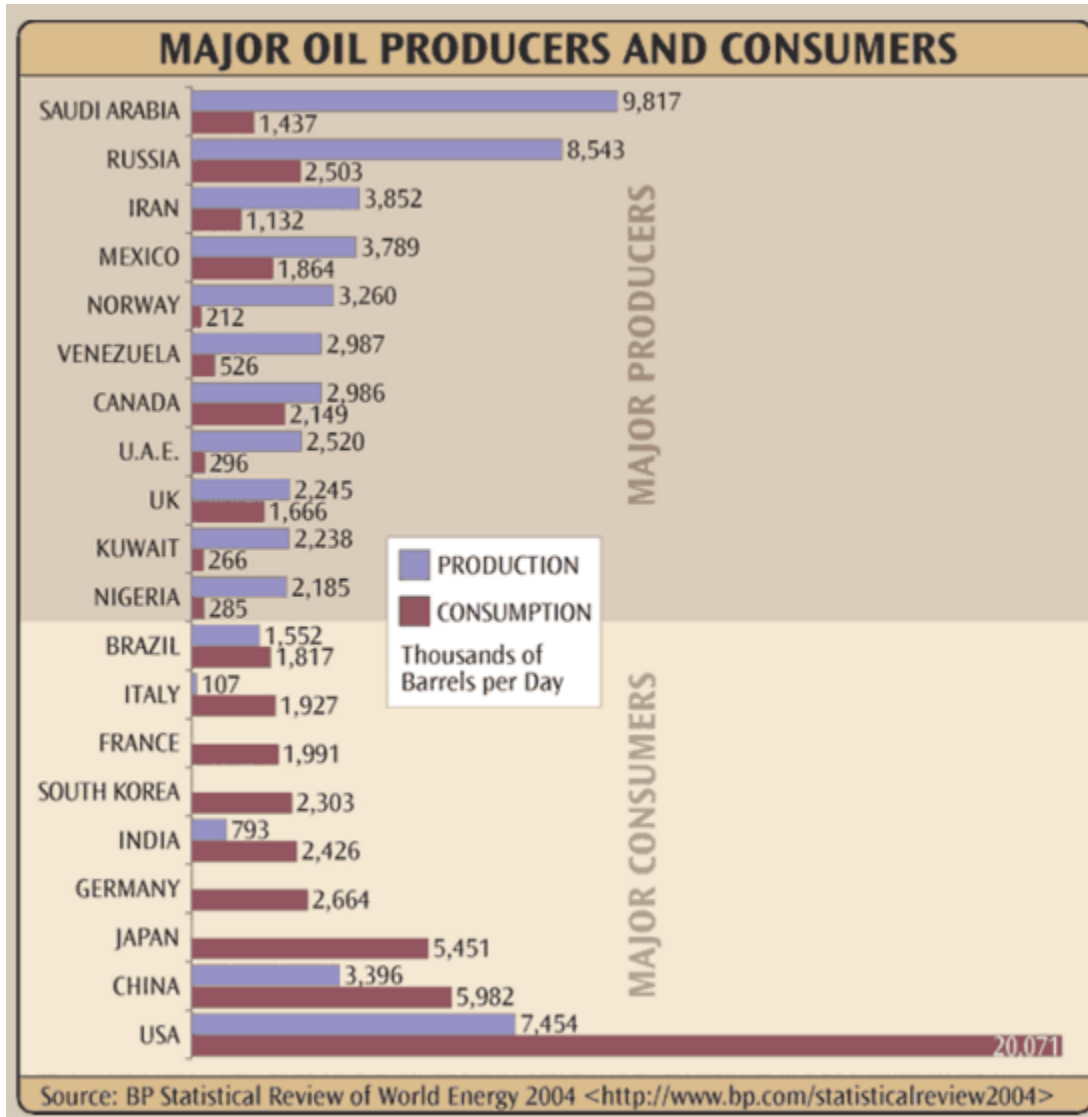


ذخایر نفت، ذخال سنگ و گاز طبیعی در جهان:

World Reserves of Oil, Coal, and Natural Gas



بزرگترین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان نفت در جهان:



میزان مصرف انرژی‌های مختلف در جهان:

