بسم الله الرحمن الرحيم

٩٧٢٤٨

دانشکده مکانیک

گروه مکانیک

پایاننامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مکانیک گرایش سیستم محرکه خودرو

عنوان

شبیه سازی جریان سیال در محفظه احتراق یک موتور دوگانه سوز

استادان راهنما

دکتر وهاب پیروزپناه–دکتر محمد حسن جوارشکیان

استاد مشاور

دکتر سید اسماعیل رضوی

پژوهشگر

عباس قاسمی

اسفند ۸۶

IT۸۷ /۶۱/ ۲۵

۹۲۴۸

باسپاس از زحمات اساتید راهنمای عزیزم آقایان

دکتر وهاب پیروزپناه و دکتر محمد حسن جوارشکیان

و استاد مشاور آقای دکتر سید اسماعیل رضوی

تقدیم به

دستان پدر

و

قلب مادر

نام خانوادگی: قاسمی نام: عباس

عنوان پایان نامه: **شبیه سازی جریان سیال در محفظه احتراق یک موتور دوگانه سوز**

استادان راهنما: دکتر وهاب پیروزپناه-دکتر محمد حسن جوارشکیان

استاد مشاور: دکتر سید اسماعیل رضوی

مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی مکانیک

گرایش: سیستم محرکه خودرو دانشگاه: دانشگاه تبریز دانشکده: فنی مهندسی مکانیک

تاریخ فارغ التحصیلی: ۸۶/۱۲/۱۲ تعداد صفحه:۱۰۰

واژه های کلیدی: موتور دوگانه سوز، احتراق، اشتعال، گاز طبیعی، محفظه احتراق

چکیده

موتورهای اشتعال تراکمی که با گاز طبیعی بعنوان سوخت اولیه کار می کند اکسیدهای نیتروژن و ذرات آلاینده کمی تولید می کند. اخیرا بدلیل کاهش ذخائر سوخت های فسیلی مایع و همچنین کم بودن آلاینده های گاز طبیعی طراحی ها به سمتی پیش رفته است که موتورهای دیزل می توانند با سوخت گاز طبیعی بعنوان سوخت اولیه و با استفاده از پاشش افشانه دیزل برای دستیابی به اشتعال کار نمایند.

بیشتر تحقیقات در زمینه موتورهای دوگانه سوز بر روی تعریف مقدار دوگانه سوز کردن و تاثیرات آن بر آلاینده ها و عملکرد موتور تمرکز یافته است. افزایش جایگزینی گاز طبیعی در کاهش NO_x بسیار موثر برآورد شده است اما عملکرد موتور ممکن است از هیدروکربن نسوخته (HC) زیاد و کارکرد ضعیف مخصوصا در بارهای سبک تاثیر منفی بپذیرد.

تاکنون بیشتر از مدل های شبه بعدی برای بررسی احتراق موتورهای دوگانه سوز استفاده شده است. یکی از روش هایی که به فهمیدن فرآیند احتراق موتور دوگانه سوز کمک می نماید، شبیه سازی احتراق و جریان سیال در محفظه احتراق توسط روند دینامیک سیالات عددی (CFD) می باشد. در این تحقیق، با استفاده از نرم افزار FIRE، پنج حالت از مدل سازی مورد بررسی و مقایسه قرار می گیرند. در حالت ۱ مدل سازی احتراق برای حالت دیزل در بار کامل انجام می گیرد. سپس در حالت ۲ به شبیه سازی اشتعال و احتراق در موتور دوگانه سوز پرداخته می شود. نتایج حالت

ادامه چکیده...

های ۱ و ۲ با استفاده از نتایج تجربی برای فشار متوسط داخل سیلندر اعتباردهی می شوند. در حالت های ۳ و ۴ به ازای پایلوت ثابت شبیه سازی برای مقادیر مختلف گاز طبیعی انجام می گیرد، و اثر نسبت گاز پیش آمیخته مورد بررسی قرار می گیرد. در حالت ۵ به ازای شرایط حالت ۲، شبیه سازی با محفظه با دهنه تنگ شده به شکل OMEGA انجام گرفته و اثر شکل محفظه احتراق بررسی می گردد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ :

مقدمه و پیشینه پژوهش..... ۲

مقدمه..... ۲

۱-۱) سوخت های جایگزین..... ۳

۱-۱-۱) سوخت های گازی جایگزین..... ۳

۱-۱-۲) گاز طبیعی متراکم CNG (Compressed Natural Gas)..... ۴

۱-۱-۳) مزایا و معایب استفاده از سوخت های گاز طبیعی..... ۵

۱-۲)روش های مختلف گاز سوز کردن موتورهای دیزلی..... ۶

۱-۲-۱) استفاده کامل از گاز(Full Gas Operation)..... ۶

۱-۲-۲) استفاده از سوخت مخلوط (Mixed Fuel Operation)..... ۸

۱-۲-۳) استفاده از سوخت آتش زا (Pilot Injection System)..... ۹

۱-۳)بررسی پیشینه پژوهش..... ۱۲

فصل ۲ :

شبیه سازی دینامیک سیالات محاسباتی..... ۳۷

۲-۱)میدان های جریان سه بعدی..... ۳۷

۲-۱-۱) معادلات اساسی مکانیک سیالات..... ۳۷

۲-۱-۲)آشفتگی و مدل های آشفتگی..... ۳۸

۲-۱-۳) روشهای عددی..... ۴۰

۲-۱-۴) شبکه محاسباتی..... ۴۱

۲-۱-۵) شبیه سازی جریان در محفظه احتراق..... ۴۵

۲-۲) شبیه سازی فرآیند پاشش..... ۴۵

۱-۲-۲) فرآیندهای قطره تنها..... ۴۵

۲-۲-۲) شبیه سازی افشانه..... ۴۸

۲-۳) احتراق و آلایندگی..... ۵۱

۱-۳-۲) انتخاب مدل های احتراقی مناسب برای شبیه سازی پدیده احتراق در موتور دوگانه سوز ۵۱

۲-۳-۲) مدل های پیش بینی آلاینده ها..... ۵۶

۲-۴) مشخصات موتور مورد بررسی و محاسبه پارامترهای مهم استفاده شده در شبیه سازی..... ۶۰

۱-۴-۲) محاسبه (clearance gap) برای موتور OM_355 ..... ۶۲

۲-۴-۲) محاسبه میزان سوخت پاشیده شده و نسبت های هم ارزی برای موتور OM_355 در حالت های دیزل کامل و دوگانه سوز..... ۶۳

فصل ۳:

نتیجه گیری و بحث..... ۶۷

۳-۱) اعتبار دهی نتایج حالت ۱ (شبیه سازی موتور در حالت دیزل کامل)..... ۶۷

۳-۲) اعتبار دهی نتایج حالت ۲ (شبیه سازی موتور در حالت دوگانه سوز)..... ۷۱

۳-۳) مقایسه نتایج برای حالت های گوناگون..... ۷۲

۱-۳-۳) مقایسه نتایج حالت های ۲، ۳، و ۴ (اثر نسبت گاز پیش آمیخته)..... ۷۲

۲-۳-۳) مقایسه نتایج حالت های ۲ و ۵ (اثر شکل کاسه پیستون)..... ۸۲

۳-۴) نتیجه گیری..... ۹۳

۳-۵) پیشنهاد برای کارهای آینده..... ۹۵

مراجع ۹۷

فهرست نمادها

چگالی سیال ..... ρ

تانسور واحد ..... δ_{ij}

تانسور تنش ..... σ_{ij}

ضریب رسانش گرمایی ..... λ

غلظت جرمی C

ضریب نفوذ مولکولی ..... D

مقیاس طول آشفتگی ..... (l_t)

مقیاس زمان آشفتگی ..... (τ_t)

سرعت آشفته ..... (v_t)

لزجت آشفته ..... $(\propto_t)$

انرژی جنبشی آشفته ..... (k)

اتلافات آشفته ..... (ε)

بردار شار روی سطح l ..... $\vec{\Psi}_{(l)}$

نیروی پسا ی وارد بر بسته ذرات ..... F_{idr}

تابع نیروی پسا ..... D_p

ضریب نیروی پسا ..... C_D

عدد رینولدز قطره ..... Re_d

سطح مقطع ذره ..... A_d

نیرویی شامل اثرات گرانش و شناوری ..... F_{ig}

نیروی فشاری ..... F_{ip}

شار گرمایی همرفت ..... $\dot{Q}$

زمان شکست قطرات ..... τ_a

آهنگ رشد موج ..... Ω

قطر قطره تولید شده ..... r_{stable}

طول موج سریع ترین موج درحال رشد ..... Λ

سوخت هیدروکربن با ساختار C_nH_m ..... Fu

اکسید کننده O_2 ..... O_X

مجموع همه رادیکال ها ..... $\overline{R}$

عامل شاخه دار شدن..... B

محصولات..... P

گونه غیر فعال(خنثی)..... I

آهنگ واکنش..... ω_i

ضرایب آهنگ..... kp_1 ، kp_2 و kp_3

کسر جرمی..... Y

ضریب استویکیومتریک..... r_f

نسبت هوای در دسترس..... $\lambda = O_2 / O_{2,st}$

نسبت هم ارزی..... ϕ

نسبت تراکم..... (C.R)

کورس پیستون..... (S)

قطر پیستون..... (R)

حجم جابجا شده..... (V_d)

حجم مرده..... (V_c)

(Clearance gap)..... l_{gap}

نسبت هم ارزی گاز..... $\phi_{N.G}$

نسبت هم ارزی دیزل..... ϕ_{diesel}

نسبت هم ارزی کل..... ϕ_{tot}

فهرست شکل ها

شکل (۱-۱) : مدل چند منطقه ای (Multi Zone) ۱۴

شکل (۲-۱) : شکل مدل دو منطقه ای..... ۱۵

شکل (۳-۱) : مناطق و ناحیه های مختلف درون سیلندر ۱۶

شکل (۴-۱) : تغییرات غلظت های متان مصرف نشده و مونواکسید کربن با نسبت هم ارزی کل در گازهای خروجی موتور به ازای مقادیر مختلف سوخت آتش زا در شرایط مکش محیطی و RPM۱۰۰۰ ..... ۱۹

شکل (۵-۱) : تغییرات غلظت های متان مصرف نشده و مونواکسید کربن در خروجی با نسبت هم ارزی کل که نواحی کارکردی مختلف را نشان می دهند..... ۲۰

شکل (۶-۱) : نمودار رویه های هم تراز دمای گاز برای تعداد مختلف سوراخ های نازل..... ۲۲

شکل (۷-۱) : نمایش بخش های مختلف آهنگ آزادسازی آنرژی احتراق در یک موتور دوگانه سوز در بارهای سنگین..... ۲۵

شکل (۸-۱) : نمایش بخش های مختلف آهنگ آزادسازی انرژی احتراق در یک موتور دوگانه سوز در بارهای سبک..... ۲۵

شکل (۹-۱) : تصویر برداری و مدل سازی احتراق اشتعال تراکمی با بار پیش آمیخته ۲۶

شکل (۱۰-۱) : فشار سیلندر برای مقدار سوخت آتش زای ۱۰% دیزل و مورد اول در استفاده از مدل احتراق دیزل معمولی..... ۳۰

شکل (۱۱-۱) : سرعت شعله آرام مخلوط هوا و متان در۸ Mpa برحسب نسبت هم ارزی و دمای گاز نسوخت.... ۳۱

شکل (۱۲-۱) : فشار و نرخ آزاد سازی انرژی برای حالت ۱..... ۳۲

شکل (۱۳-۱) : دمای داخل سیلندر و ساختار شعله در دو زاویه میل لنگ مختلف..... ۳۳
****
شکل (۱-۲): ساختار چند بلوکی شامل بلوک افشانه سوخت و بلوک انژکتور..... ۴۲
شکل (۲-۲): نمایی کلی از چگونگی انتخاب شرایط مرزی..... ۴۳
شکل (۳-۲): جزئیات شرایط مرزی..... ۴۳
شکل (۴-۲): شرایط مرزی دیواره متحرک آدیاباتیک..... ۴۴
شکل (۵-۲): انتخاب شرط مرزی متناوب..... ۴۴
شکل (۶-۲): کاویتاسیون در نازل..... ۵۱
شکل (۷-۲): مشخصات هندسی انژکتور موتور OM_355 ..... ۶۰
شکل (۸-۲) : شکل محفظه موتور پایه..... ۶۱
شکل(۹-۲) : شکل محفظه جدید..... ۶۱
****
شکل (۱-۳) : مقایسه تغییرات فشار با زاویه میل لنگ برای دو حالت نتایج عددی (خط پیوسته) و تجربی(خط نقطه چین)..... ۶۷
شکل (۲-۳): تغییرات دما با زاویه میل لنگ..... ۶۸
شکل (۳-۳): آهنگ آزادسازی انرژی با زاویه میل لنگ..... ۶۹
شکل (۴-۳) : تغییرات کل انرژی آزاد شده با زاویه میل لنگ..... ۶۹
شکل (۵-۳) : نمودار تغییرات CO_2 ..... ۷۰
شکل (۶-۳): نمودار تغییرات Soot..... ۷۰
شکل (۷-۳): نمودار تغییرات NO..... ۷۱
شکل (۸-۳): مقایسه تغییرات فشار با زاویه میل لنگ برای دو حالت مدل(خط پیوسته) و تجربی(خط نقطه چین) برای حالت ۲..... ۷۱
شکل (۹-۳): آهنگ آزادسازی انرژی با زاویه میل لنگ..... ۷۲
شکل (۱۰-۳): تغییرات کل انرژی آزاد شده با زاویه میل لنگ..... ۷۲
شکل (۱۱-۳): تغییرات آهنگ آزادسازی انرژی با زاویه میل لنگ..... ۷۳
شکل (۱۲-۳): تغییرات آهنگ آزادسازی انرژی با زاویه میل لنگ برای حالت ۳..... ۷۳
شکل (۱۳-۳): تغییرات آزادسازی انرژی کل با زاویه میل لنگ برای حالت های ۲، ۳، و۴..... ۷۴
شکل (۱۴-۳): تغییرات فشار متوسط سیلندر با زاویه میل لنگ..... ۷۴
شکل (۱۵-۳): تغییرات دمای متوسط سیلندر با زاویه میل لنگ..... ۷۵
شکل (۱۶-۳): تغییرات اکسیدهای ازت با زاویه میل لنگ..... ۷۵
شکل (۱۷-۳): تغییرات دوده..... ۷۶
شکل (۱۸-۳): تغییرات نسبت هم ارزی کل..... ۷۶
شکل(۱۹-۳): جرم مایع باقی مانده..... ۷۷
شکل (۲۰-۳): مقدار نفوذ افشانه..... ۷۷
شکل (۲۱-۳): قطر متوسط قطرات..... ۷۸
شکل (۲۲-۳): انرژی جنبشی آشفته متوسط..... ۷۸
شکل (۲۳-۳): تغییرات چرخش متوسط سیال..... ۷۹
شکل (۲۴-۳): توزیع دما درمحفظه احتراق برای حالت های ۲، ۳، و ۴، و برای زوایای ۳۶۵، ۳۷۵، ۳۸۰، ۳۸۵، ۳۹۵، ۴۱۰، و ۴۶۰..... ۷۹ و ۸۰

شکل (۲۵-۳): سرعت شعله آرام برای حالت های ۲، ۳، و ۴، و برای زوایای ۳۴۵، ۳۵۵، ۳۶۰، ۳۷۰، ۳۷۵، ۳۸۰، ۳۸۵، ۳۹۵، ۴۱۰، ۴۳۰، و ۴۶۰..... ۸۱ و ۸۲
شکل (۲۶-۳) : فشار متوسط داخل سیلندر..... ۸۳
شکل (۲۷-۳): تغییرات آهنگ آزادسازی انرژی با زاویه میل لنگ..... ۸۳
شکل (۲۸-۳): انرژی آزاد شده کل با زاویه میل لنگ..... ۸۴
شکل (۲۹-۳): تغییرات دما با زاویه میل لنگ..... ۸۴
شکل (۳۰-۳): تغییرات اکسیدهای نیتروژن با زاویه میل لنگ..... ۸۵
شکل (۳۱-۳): مقایسه تغییرات ذرات دوده با زاویه میل لنگ..... ۸۵
شکل (۳۲-۳): مقایسه تغییرات قطر متوسط قطرات (Sauter mean diameter) را با زاویه میل لنگ..... ۸۶
شکل (۳۳-۳): حرکت گردابی..... ۸۷
شکل (۳۴-۳): برشی از محفظه احتراق در صفحه x-y برای بردارهای سرعت..... ۸۸
شکل (۳۵-۳): برشی از محفظه احتراق در صفحه y-z برای بردارهای سرعت..... ۹۰
شکل (۳۶-۳): برشی از محفظه احتراق در صفحه x-y برای توزیع دما..... ۹۱ و ۹۲
شکل (۳۷-۳): برشی از محفظه احتراق در صفحه x-y برای انرژی جنبشی آشفته..... ۹۳

فهرست جدول ها

جدول (۱-۱): درصد عناصر گازی CNG و LPG..... ۱۱
جدول (۲-۱): خصوصیات فیزیکی و شیمیایی CNG و LPG..... ۱۱
جدول (۳-۱): مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سوخت های جایگزین..... ۱۱
جدول (۴-۱): مقایسه گازها وذرات خروجی یک موتور نمونه با سه نوع سوخت متفاوت..... ۱۱
جدول (۵-۱): آلاینده های خروجی از موتور دیزل و دوگانه سوز بر حسب $gr/hp-hr$..... ۱۲

****

جدول (۱-۲): ضرایب مدل $(k-\varepsilon)$..... ۴۰
جدول (۲-۲): مشخصات موتور دیزلی OM_355..... ۶۲
جدول (۳-۲): مشخصات ترکیبات گاز طبیعی نیوزلند..... ۶۴
جدول (۴-۲): شرایط مختلف شبیه سازی..... ۶۵

فصل ۱

مقدمه و بررسی پیشینه پژوهش

فصل ۱

مقدمه

در سالهای اخیر از موتورهای دیزل در وسایل نقلیه موتوری استفاده شده است. چون مصرف سوخت ویژه کمتر و راندمان بهتری نسبت به موتورهای اشتعال جرقه ای دارند. گرچه علیرغم این مزایا آلاینده های NO_x و ذرات معلق ناشی از موتورهای دیزل در برخی از کاربرد ها مشکلات زیست محیطی جدی را سبب شده اند. برای حل این مشکلات در موتور دیزل تحقیقات بسیاری بر روی موتور اشتعال تراکمی با بار پیش آمیخته به منظور فراهم آوردن بار همگن در محفظه احتراق پیش از اشتعال، با روش های گوناگون و با استفاده از گاز طبیعی، متان، بوتان و بنزین بعنوان سوخت پیش آمیخته انجام گرفته است[۱]. همچنین سوخت های گازی برای موتورهای با نسبت تراکم بالاتر مناسب تر به نظر می رسند، چرا که می دانیم نسبت به سوخت های مایع رایج مقاومت بیشتری در برابر کوبش دارند[۲].

یکی از روش هایی که به فهمیدن فرآیند احتراق در موتور دوگانه سوز کمک می کند، شبیه سازی جریان سیال در محفظه احتراق توسط روند دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) یا روشهای چند بعدی(Multidimensional) می باشد که اساس کار این پایان نامه را تشکیل می دهد.

امید است که مطالب آورده شده در این پایان نامه علیرغم تمامی کاستی ها مورد توجه و استفاده محققان و دانش پژوهان قرار گیرد.

مقدمه و بررسی پیشینه پژوهش

با توجه به ذخایر جهانی نفت خام، در سال های اخیر پژوهشگران به استفاده از سوخت های جایگزین برای موتورهای دیزل روی آورده اند. در ایران استفاده از سوخت های جایگزین در موتورهای دیزلی به جهت هزینه بالای تصفیه سوخت دیزل و محدود بودن ظرفیت پالایشگاه های داخلی (که حتی منجر به وارد کردن سوخت دیزل از خارج از کشور می شود) و همینطور از نظر آلودگی، مناسب به نظر می رسد.

در انتخاب سوخت جایگزین، اولویت های زیر را باید در نظر گرفت:

۱- امکان دسترسی به منابع سوخت های جایگزین در کشور

۲- مقادیر منابع فوق

۳- هزینه اقتصادی لازم جهت استفاده از این سوخت ها

۴- میزان هزینه های لازم جهت فرآیند استفاده از این سوخت ها در موتورهای دیزلی

۵- مسایل عملکرد احتراق و آلایندگی ناشی از این سوخت ها در موتورهای اشتعال تراکمی

در ادامه سوخت های جایگزین عمده ای که در موتورهای اشتعال تراکمی به کار می روند، بررسی می شوند.

۱-۱) سوخت های جایگزین

احساس نیاز به جایگزین کردن سوخت های متعارف و معمول با سوخت های جایگزین جدید در موتورهای احتراق داخلی، محققین را بر انگیخته است تا به دنبال سوخت هایی باشند که به فراوانی در دسترس بوده و ضمن قابل استفاده بودن در موتورهای فوق از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشند. برای مثال می توان به سوخت های جدید از قبیل سوخت های مایع حاصل از زغال سنگ، اتانول، متانول، هیدروژن، بیوگاز و نظیر آنها اشاره کرد.

۱-۱-۱) سوخت های گازی جایگزین

در دهه های آخر این قرن انتظار می رود که با کمبود نفت خام مواجه شویم. در مجموع، پدیده آلایندگی هوا جدی تر می شود و قوانین سخت تری هم در مورد آلایندگی های منطقه ای و هم جهانی ناشی از موتورها پیش بینی می شوند. این موجب شده است برای استفاده ازگاز طبیعی (NG) بعنوان سوخت موتورهای احتراق داخلی تمایل بیشتری ایجاد شود[۳].

سوخت های گازی متداول عبارتند از :

۱-گاز طبیعی صنعتی، SNG(Synthetic Natural Gas) :

این گاز عمدتا از متان تشکیل شده است و با محصولات سبک نفتی، پروپان، بوتان و نظایر آنها همراه است و می تون آنرا از زغال سنگ هم به دست آورد.

۲-گاز طبیعی مایع، (Liquefied Natural Gas) :

قسمت اعظم این گاز را متان تشکیل می دهد و برای ذخیره و حمل و نقل آن را، تحت شرایط فشار محیط و دمای سرد (۱۶۱ ^{o}C-) به مایع تبدیل می کنند.

۳-گاز طبیعی متراکم CNG (Compressed Natural Gas) :

این گاز عمدتا از متان وکمی اتان تشکیل می شود. در برخی از کشور ها این گاز به نام «گاز طبیعی برای خودرو ها» NGV(Natural Gas for Vehicles) مرسوم است. گاز طبیعی مایع (LNG) و گاز طبیعی متراکم (CNG) از گاز طبیعی موجود در چاه های گاز طبیعی استخراج شده پس از شیرین سازی و پالایش، به صورت گاز طبیعی تحت فشار و همچنین به صورت گاز مایع شده با استفاده از کاهش دما، ذخیره سازی و مورد استفاده قرار می گیرد.

۴-گاز نفتی مایع(Liquefied Petroleum Gas) :

مخلوطی از پروپان و بوتان است و در دمای محیط در فشار ۴ تا ۷ اتمسفر به صورت مایع در می آید، این گاز از تصفیه نفت خام در برج تقطیر پالایشگاه و یا از جدا کردن فرآورده های نفتی سنگین از گاز طبیعی در سر چاه های گاز بدست می آید.

۲-۱-۱) گاز طبیعی متراکم CNG (Compressed Natural Gas)

عناصر اصلی تشکیل دهنده CNG، متان (CH_4) و تا حدی اتان (C_2H_6) است و تقریبا همیشه به صورت گازی می باشد از آنجا که در فشار اتمسفر انرژی موجود در گاز نسبت به حجم آن پایین است، بنابر این به منظور استفاده این سوخت در قوای محرکه باید متراکم گردد تا انرژی کافی برای به حرکت در آوردن خودرو در آن ذ خیره شود. برای بهره گیری از گاز طبیعی باید انرژی آن در واحد حجم به حدی برسد که مخزن موجود در خودرو بتواند برای طی مسافت معقولی کفایت نماید، لذا با متراکم نمودن گاز طبیعی، گاز CNG حاصل می شود که حتی در فشارهای بالا نیز به صورت گاز

باقی می ماند. برای مثال اگر مخزن ذخیره گاز خودرویی حدود ۵۰ لیتر گنجایش داشته باشد، مقدار CNG موجود در این مخزن معادل ۱۵ لیتر بنزین خواهد بود، بنا بر این اتوموبیلی که مصرف آن در هر یکصد کیلومتر برابر ۱۰ لیتر بنزین است، با این مقدار CNG می تواند ۱۵۰ کیلومتر راه را طی بنماید.

منابع گاز طبیعی ایران بسیار گسترده است و از این لحاظ ایران دومین کشور جهان می باشد. این منابع عمدتا در جنوب کشور قرار دارند. و در شمال شرقی کشور نیز منابع عظیم گاز، اکتشاف و مورد بهره برداری قرار گرفته اند. برای مثال مشخصات فیزیکی، شیمیایی و کاربردی گاز طبیعی جنوب ایران، در جداول (۱-۱) و (۲-۱) درج شده است.

بدین ترتیب ملاحظه می شود که CNG گاز سبکی است که در مخازن تحت فشار بالا نگهداری می شود و نقطه اشتعال بالایی دارد و از این نظر مثل بنزین خطرناک نیست. عدد اکتان CNG نیز حدود ۱۳۰ است، در حالیکه عدد اکتان بهترین بنزین (سوپر) حدود ۹۶ است. بعلاوه در CNG از افزودنی های ضد کوبش نظیر تترا اتیل سرب که اثرات مخرب آن بر محیط زیست، امروزه روشن است، وجود ندارد. برای مقایسه خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت های جایگزین دیگر با CNG در جدول (۳-۱)، این ویژگی ها برای چند سوخت دیگر نیز ارایه شده است.

۳-۱-۱) مزایا و معایب استفاده از سوخت های گاز طبیعی

در بیان برتری سوخت های گازی نسبت به گازوئیل به موارد زیر می توان اشاره نمود :

سوخت های گاز طبیعی ارزانتر هستند و همچنین ذخایر کشف شده آنها برای سال های متمادی پاسخگوی احتیاجات خواهد بود. به لحاظ بالا بودن عدد اکتان این سوخت ها، از خاصیت ضد کوبش بهتری برخوردار می باشند و به علت گازی شکل بودن احتراق کامل و بدون دود امکان پذیر است. حمل ونقل آن آسان بوده و در اغلب موارد به راحتی با لوله کشی به محل مصرف می رسند. (در موتورهای ساکن) از آنجا که سوخت های گازی فاقد خاکستر و دیگر مواد زائد هستند و احتراق آنها کامل تر است، انتظار می رود که آلودگی هوا کمتر شود. در جدول (۴-۱) مقایسه گازها و ذرات

خروجی یک موتور نمونه با سه سوخت مختلف آورده شده است. گازسوز کردن موتورهای دیزل در روش استفاده کامل از گاز موجب حذف سیستم سوخت رسانی دیزل که نسبتا پیچیده و گران، قیمت است، می شود. با استفاده از سوخت های گازی، زمان تعویض روغن افزایش می یابد، زیرا گاز در روغن قابل حل نیست و در نتیجه روغن خواص خود را به مدت طولانی تری حفظ می کند.

استفاده از سوخت های گازی (LPG, CNG) محدودیت ها و معایبی را به همراه دارد. مخزن گاز جای اضافی اشغال می کند و بر وزن کل خودرو می افزاید. استفاده از گازها به دلیل دمای اشتعال بالای این سوخت ها معمولا باعث کوچکتر شدن محدوده عمل می شود. با این وجود استفاده از گاز در موتورها بدون هیچگونه تغییراساسی صورت می گیرد. بنابراین محدوده عمل را می توان با استفاده توام از هر دو سوخت بهبود بخشید. در برخی موارد قدرت خروجی و بازده حرارتی اندکی افت می کند. تبدیل موتورها به گاز سوز، هزینه اولیه را افزایش داده و در برخی موارد باید تغییرات اساسی بر روی موتور صورت گیرد. البته در اثر صرفه جویی های بعدی بخاطر دو سوخته شدن موتور این مخارج اضافی جبران خواهد شد. مراکز سوخت گیری گاز (ایستگاه ها ی گاز CNG) نسبتا کم است.

بیشتر مطالب بخش (۱-۱) از مرجع [۵] آورده شده است.

۱-۲)روش های مختلف گاز سوز کردن موتورهای دیزلی

عمدتا سه روش برای گازسوز کردن موتورهای دیزلی وجود دارد که عبارتند از:

- استفاده کامل گاز به جای گازوئیل (تبدیل موتور با سیکل دیزل به موتور با سیکل اتو)
- استفاده از سوخت مخلوط (مصرف مخلوط گازوئیل و گاز در موتور دیزلی)
- استفاده از سوخت آتش زا (پاشش مقدار اندکی گازوئیل جهت اشتعال سوخت گاز در موتور دیزلی)

اکنون به توضیح روش های فوق و ویژگی های هر کدام می پردازیم .

۱-۲-۱)استفاده کامل از گاز(Full Gas Operation)

این که این روش پیش از سایر روش ها مورد بررسی قرار می گیرد ضرورتا بدان معنی نیست که بهترین و مناسب ترین راه برای استفاده از گاز در موتور دیزلی است. جهت تبدیل موتور دیزلی به موتور اتو، می بایست تغییراتی در سیستم سوخت رسانی موتور دیزلی، ماشینکاری دوباره پیستون ها، اصلاح سرسیلندرها، نصب سیستم تغذیه گاز و سیستم جرقه زنی انجام گیرند.

مزایا و معایب عمده این روش به شرح زیر هستند :

مزایا :

- سوخت گازی کلا جایگزین گازوئیل می شود .
- سیستم سوخت رسانی موتور دیزلی که یک سیستم نسبتا پیچیده و گرانقیمت است، حذف می شود .

معایب :

- تغییرات و اصلاحات اساسی باید در طرح و ترکیب موتور انجام گیرد، تا موتور دیزلی به موتور اتو تبدیل شود .
- طراحی موتور بر اساس سیکل دیزل انجام شده است و اساسا با سیکل اتو سازگار نمی باشد.
- در مقایسه با موتور دیزل عمر موتور تبدیل شده کاهش می یابد.
- در مقایسه با موتور دیزل سطح آلودگی هوا زیاد می شود.
- مصرف سوخت زیاد و راندمان حرارتی کم می شود.
- با چنین تبدیلی مزایای برجسته موتور دیزلی نسبت به موتور اتو که از آن جمله بازده حرارتی بالا و یا مصرف سوخت ویژه کم است، طبعا از بین می رود.
- با تغییرات اساسی که در طراحی موتور داده می شود، بالانس مکانیکی قطعات متحرک موتور باید مجددا مورد بررسی قرار گیرد.
- امکان استفاده مجدد از گازوئیل در مواقع ضروری دیگر وجود ندارد.

بطور کلی گازسوز کردن موتور دیزلی با بکارگیری این روش چه در مورد موتورهای خودرو و چه در مورد موتورهای ساکن فقط وقتی اقتصادی و مناسب است که گازسوز کردن مجموعه ای از موتورهای مشابه دیزلی مورد نظر باشد و سوخت گازی نیز همواره در دسترس بوده و جایگزینی کامل آن به جای گازوئیل مطلوب و اقتصادی باشد.

۲-۲-۱)استفاده از سوخت مخلوط (Mixed Fuel Operation)

در این روش بطور همزمان از گاز و گازوئیل در موتور دیزلی استفاده می شود و مقدار گازوئیل پاششی تا حدود ۶۰ الی ۶۹ درصد مقدار آن در بار کامل کاهش می یابد و در مقابل گاز به مقدار ۳۰ الی ۴۰ درصد توسط کاربوراتور گازی به مانیفولد هوا وارد شده و بعد از مخلوط شدن کامل با هوا وارد سیلندر می گردد. مخلوط هوا و گاز در سیلندر متراکم شده، ولی در ضمن این عمل مخلوط نمی تواند بطور خودبخود مشتعل گردد. اشتعال مخلوط با پاشش گازوئیل وقتی که پیستون نزدیک به نقطه مرگ بالاست انجام گرفته و فرآیند احتراق آغاز می شود. بطور کلی قدرت خروجی بیشینه با وقتی که در موتور کلا گازوئیل مصرف می شود، تفاوت محسوسی ندارد.

ویژگیهای عملکرد اصلی موتور دیزلی که با استفاده از این روش، گازسوز می گردد عبارت است از:

- منحنی های گشتاور و قدرت عملا با موتور دیزل خالص یکسان است.
- دود سیاه (Black Smoke) بطور متوسط ۵۰٪ کاهش می یابد.
- مصرف سوخت (بر مبنای انرژی)، یکسان یا اندکی کمتر از دیزل خالص است.

مزایا و معایب عمده این روش به شرح زیر است:

مزایا :

- تغییراتی در طراحی موتور انجام نمی گیرد.
- بازده موتور دیزل-گاز در همه بارها و سرعت ها خوب است.
- امکان استفاده مجدد از گازوئیل تنها، در موتور وجود دارد.

معایب :