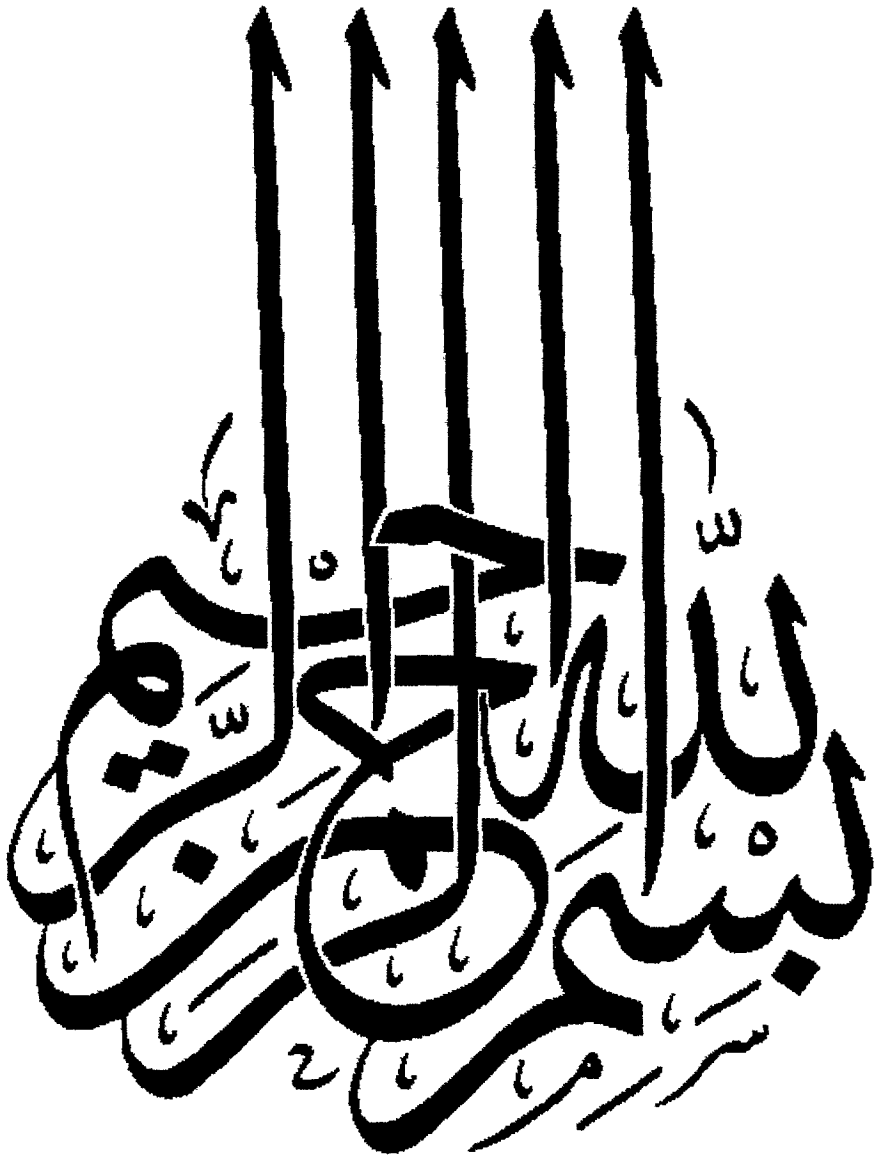

٤٠٨٩هـ

دانشکده فنی مهندسی
گروه مکانیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک (گرایش تبدیل انرژی)

عنوان :

تاثیر سوخت گازی بر روی احتراق و آلایندگی موتورهای اشتعال تراکمی

دانشجو

صالح ناصری گرگری

اساتید راهنما

دکتر شهرام خلیل آریا

دکتر صمد جعفر مدار

۱۳۸۹/۴/۸

مرکز اطلاعات و مدارک علمی پژوهه
شعبه مرکزی

شهریور ۱۳۸۸

۱۳۸۹۰۴

پایان‌نامه آقای صالح ناصری گرگری به تاریخ ۸۸/۶/۳۱ شماره مورد پذیرش هیأت محترم

داوران با رتبه عالی و نمره نوزده تمام - ۱۹/ قرار گرفت.

۱- استاد راهنما و رئیس هیئت داوران : دکتر شهرام خلیل آری

۲- داور داخلی : دکتر نادرپور محمود ۸۸/۶/۳۱

۳- داور خارجی : دکتر ایرج میرزائی

۴- نماینده تحصیلات تکمیلی : دکتر جواد نوری نما

۵- استاد راهنمای دوم : دکتر جعفر مدار

حق چاپ و نشر مطالب این پایان نامه در انحصار دانشگاه ارومیه می باشد.

تقدیم به :

همسر صبور و مهربانم که با صبر و شکیبایی خود، مرا در بانجام

رساندن این پایان نامه یاری نمود.

و تقدیم به پدران و مادران دلسوز و فداکارم

تقدیر و تشکر:

بعد از سپاس فراوان خدای را که توفیق انجام این پروژه را به اینجانب عطا فرمود بر خود لازم می دانم که از زحمات اساتید گرانقدرم جناب آقای **دکتر خلیل آریا** و آقای **دکتر جعفرمدار** که با راهنمائی های ارزنده خود مرا در این امر یاری نمودند کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم. همچنین از کلیه دوستان و آشنایان که مرا در تهیه و تدوین این پایان نامه یاری نمودند سپاسگزاری و قدردانی می نمایم.

ناصری گرگری، صالح

چکیده

در طی سالهای اخیر برای کاهش میزان انتشار آلاینده‌ها از موتورهای دیزل پاشش مستقیم ، تلاشهای زیادی صورت گرفته است. موتورهای دیزلی به دلیل ملاحظات زیست محیطی و انتشار مقدار قابل توجه آلاینده دوده مناسب نبوده و توانائی زیادی در رسیدن به استانداردهای جدید را ندارد. یکی از راههای مناسب و کم‌هزینه برای رسیدن به این هدف ، دوگانه‌سوزکردن آنها و استفاده از سوخت گازی به عنوان یک مکمل برای سوخت دیزل مایع می‌باشد. به این نوع موتورها ، موتورهای دوگانه‌سوز می‌گویند. عمده دلیل استفاده از سیستم‌های احتراق دوگانه(سوخت مایع و سوخت گازی) اساسا کاهش ذرات منتشره و اکسیدهای نیتروژن می‌باشد. متداولترین سوخت گازی مورد استفاده در این نوع موتورها ، گاز طبیعی می‌باشد. بدلیل اینکه گاز طبیعی دارای عدد اکتان بالایی است و دمای خود اشتعالی بالائی دارد بنابراین برای موتورهایی که نسبت تراکم بالایی دارند مناسب بوده ، بعلاوه به دلیل اختلاط خوب و مناسب با هوا احتراقی کارا و موثر خواهد داشت که این خود منجر به کاهش آلاینده‌ها در گازهای خروجی از موتور می‌گردد.

احتراق در یک موتور دوگانه‌سوز بدلیل اینکه در آن ترکیبی از مسایل مربوط به احتراق در موتورهای **CI** و **SI** وجود دارد فرایندی پیچیده می باشد لذا مدلسازی فرایند احتراق و آلایندگی موتورهای دوگانه‌سوز از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا برای توسعه و پیشرفت موتورها با کارایی بهتر و درصد آلایندگی کمتر ، استفاده از روش‌های پیشرفته ودقیق جهت مطالعه هرچه بهتر فرآیند احتراق امری ضروری به نظر می رسد.

لذا در این کار یک موتور دیزلی پاشش مستقیم با استفاده از نرم‌افزار **AVL Fire** شبیه‌سازی شده و بعد از مطابقت نتایج حاصل از مدل با نتایج تجربی ، این موتور به موتور دوگانه‌سوز تبدیل شده است.

از آنجاکه موتورهای دوگانه‌سوز در بارهای جزئی به ناچار متحمل بازده حرارتی پایین و مقدار سوخت نسوخته زیاد می‌شوند لذا در این کار به بررسی پدیده احتراق در بارهای جزئی نیز پرداخته شده است و در این ارتباط روش‌هایی نظیر آوانس زمان پاشش سوخت ، افزایش مقدار سوخت دیزل و زمان‌بندی پاشش سوخت دیزل برای بهبود مشکلات ذکر شده در بارهای جزئی مورد استفاده قرار گرفته است. رفتار نتایج تطابق خوبی با فن بیان دارد.

کلمات کلیدی : موتورهای دوگانه‌سوز ، موتورهای دیزل ، احتراق ، آلایندگی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده..... I
فهرست مطالب..... II
فهرست اشکال..... VI
فهرست جداول..... IX
فهرست علائم اختصاری..... X
فهرست علائم یونانی..... XI
فهرست زیرنویس‌ها..... XI

فصل اول

مقدمه و ساختار پایان‌نامه

۱-۱ مقدمه..... ۱
۱-۲ ساختار پایان‌نامه..... ۲

فصل دوم

مروری بر پژوهش های انجام گرفته

۲-۱ مقدمه..... ۳
۲-۲ پژوهش های انجام گرفته توسط کارهای تجربی و مدل‌های ترمودینامیکی..... ٤
۲-۳ پژوهش های انجام گرفته توسط مدل های چند بعدی CFD..... ۱۲
۲-٤ جمع بندی بررسی منابع و بررسی کار انجام شده..... ۱۷

فصل سوم

سوخت‌های جایگزین و روش‌های گازسوز کردن موتورهای دیزل

۳-۱ مقدمه..... ۱۸
۳-۲ اهمیت سوخت‌های جایگزین..... ۱۸
۳-۳ انواع سوخت‌های گازی ۲۰
۳-٤ گاز طبیعی متراکم (CNG)..... ۲۱
۳-٤-۱ مزایای استفاده از سوخت‌های گاز طبیعی..... ۲۳
۳-٤-۲ معایب و محدودیت‌های استفاده از سوخت‌های گازی..... ۲۳

۳-۵ روشهای مختلف گاز سوز کردن موتورهای دیزلی..... ۲٤
۳-۵-۱ استفاده کامل از گاز به جای گازوییل ۲٦
۳-۵-۲ استفاده از سوخت مخلوط..... ۲۷
۳-۵-۳ استفاده از سوخت آتش زا..... ۲۸

فصل چهارم

کلیاتی در مورد موتورهای دیزلی و دوگانه‌سوز

٤-۱ موتورهای اشتعال تراکمی **CI** ۳۰
٤-۱-۱ مقدمه..... ۳۰
٤-۱-۲ فرایند احتراق در موترهای دیزلی با پاشش مستقیم ۳۱
٤-۱-۳ مراحل احتراق در موتورهای دیزلی..... ۳۱
٤-۱-۳-۱ مرحله تاخیر در اشتعال..... ۳۳
٤-۱-۳-۲ مرحله احتراق سریع یا پیش آمیخته..... ۳٤
٤-۱-۳-۳ مرحله احتراق نفوذی یا احتراق با آهنگ ملایم..... ۳٤
٤-۱-۳-٤ مرحله احتراق کند یا دنباله احتراق..... ۳۵
٤-۲ موتورهای دیزل – گاز..... ۳۵
٤-۲-۱ فرایند احتراق در موتورهای دیزل-گاز..... ۳٦
٤-۳ آلاینده‌های منتشره از موتورهای احتراق داخلی..... ۳۷
٤-۳-۱ مقدمه..... ۳۷
٤-۳-۲ ذرات منتشره دوده..... ۳۷
٤-۳-۳ هیدروکربنهای نسوخته(UHC)..... ۳۹
٤-۳-٤ مونواکسید کربن(CO)..... ٤۰
٤-۳-۵ اکسیدهای ازت (NO_x)..... ٤۱
٤-۳-۵-۱ روش‌های تولید مونوکسید ازت..... ٤۲
٤-۳-۵-۱-۱ مکانیزم های NO حرارتی..... ٤۲
٤-۳-۵-۱-۲ مکانیزم NO سوختی..... ٤۵
٤-۳-۵-۱-۳ مکانیزم NO لحظه ای یا سریع ٤۵

فصل پنجم

مدل‌سازی سه بعدی موتور و معرفی مدل‌های حاکم بر مساله

۵-۱ مقدمه..... ٤٦
۵-۲ نحوه ایجاد شبکه سه بعدی..... ٤٦
۵-۳ تعریف مرزها..... ٤٨
۵-٤ معادلات حاکم..... ٤٩
۵-٤-۱معادلات مومنتوم، پیوستگی و انرژی..... ٤٩
۵-٤-۲ مدل توربولانس..... ۵۰
۵-٤-۳ مدل افشانه سوخت..... ۵۰
۵-٤-۳-۱ مقدمه..... ۵۰
۵-٤-۳-۲ معادلات اساسی ۵۱
۵-٤-٤ مدل اشتعال خودبخودی..... ۵۷
۵-٤-۵ مدل‌های احتراق..... ۵۷
۵-٤-۵-۱ مدل احتراق آشفتگی ادی..... ۵۸
۵-٤-٦ مدل انتقال گونه..... ۵۸
۵-٤-۷ مدل‌های آلایندگی ٦۰
۵-٤-۷-۱ مدل تشکیل اکسید نیتروژن..... ٦۰
۵-٤-۷-۲ مدل تشکیل Soot..... ٦۲

فصل ششم

بحث و بررسی نتایج

٦-۱ مقدمه..... ٦۳
٦-۲ تطابق مدل با نتایج تجربی..... ٦۳
٦-۳ تاثیر نسبت اکی‌والانس های مختلف..... ٦۷
٦-٤ تاثیر درصد سوخت گازی..... ٦۹
٦-٤-۱ نتایج بدست آمده در بار جزئی ۳۰٪ و ۵۰٪ از بار کامل ۷۰
٦-٤-۲ مقایسه نتایج مربوط به دو بار ۳۰٪ و ۵۰٪..... ۷۸
٦-٤-۳ نتایج مربوط به عملکرد موتور..... ۸۰
٦-۵ تاثیر مقدار سوخت دیزل آتش‌زا..... ۸۲
٦-٦ تاثیر زمان پاشش سوخت دیزل آتش‌زا..... ۹۰

فصل هفتم

نتیجه‌گیری کلی و ارائه پیشنهاد برای کارهای آتی

۷-۱ نتیجه‌گیری کلی..... ۹۸
۷-۲ پیشنهادات..... ۱۰۰
مراجع..... ۱۰۱

فهرست اشکال

شکل (۲-۱) : منحنی آهنگ گرمای آزاد شده در بار کامل و بار جزئی..... ۵

شکل (۲-۲) : طرحواره مدل احتراق چند منطقه‌ای لیو و کریم..... ۷

شکل (۲-۳) : مقایسه آهنگ گرمای آزاد شده و فشار داخل سیلندر..... ۱۲

شکل (۲-٤) : شبکه سه‌بعدی محفظه احتراق موتور دوگانه‌سوز..... ۱۳

شکل (۲-۵) : مقایسه نتایج عددی مربوط به هیدروکربن‌های نسوخته موتور دوگانه‌سوز با نتایج تجربی..... ۱۵

شکل (۳-۱): طرحواره روش‌های گازسوز کردن موتورهای دیزل..... ۲۵

شکل (٤-۱) : نمودار آهنگ آزادسازی حرارت در موتور دیزل..... ۳۲

شکل (٤-۲) : تغییرات فشار داخل سیلندر در مراحل چهارگانه احتراق سیکل موتور دیزل..... ۳۳

شکل (۵-۱) : نمایی از شبکه سه‌بعدی مدل استفاده شده در نرم افزار **FIRE**..... ٤٦

شکل (۵-۲) : طرحواره ایجاد شبکه متحرک..... ٤۷

شکل (۵-۳) : معرفی مرزهای مش متحرک..... ٤۸

شکل (۵-٤) : نحوه ریزشدن قطرات سوخت در مدل wave..... ۵٤

شکل (۵-۵) : اثر متقابل قطرات سوخت و دیواره..... ۵۵

شکل (٦-۱) : تغییرات فشار داخل سیلندر بر حسب دور میل لنگ در موتور دیزل (بار کامل)..... ٦۵

شکل (٦-۲) : تغییرات مقدار آلایندگی Nox در بار کامل و دور rpm ۱٤۰۰..... ٦۵

شکل (٦-۳): تغییرات فشار داخل سیلندر بر حسب دور میل لنگ در موتور دوگانه سوز (در بار کامل : نسبت انرژی ۹۰٪ سوخت متان و ۱۰٪ سوخت دیزل)..... ٦٦

شکل(٦-٤) : تغییرات فشار داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ بازای نسبت‌های هم‌ارزی مختلف..... ٦۷

شکل(٦-۵) : تغییرات آهنگ انرژی آزاد شده مخلوط داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ بازای نسبت‌های هم‌ارزی مختلف..... ٦۸

شکل(٦-٦) : تغییرات دمای داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ در موتور دوگانه‌سوز بازای نسبت‌های هم‌ارزی مختلف..... ٦۹

شکل(٦-۷) : تاثیر درصد سوخت گازی بر فشار داخل سیلندر در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل..... ۷۰

شکل(٦-۸) : تاثیر درصد سوخت گازی بر فشار داخل سیلندر در بار جزئی ۵۰٪ از بار کامل..... ۷۱

شکل(٦-۹) : تغییرات آهنگ انرژی آزاد شده مخلوط داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ در بار۳۰٪ از بار کامل..... ۷۱

شکل(٦-۱۰) : تغییرات آهنگ انرژی آزاد شده مخلوط داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ در بار۵۰٪ از بار کامل..... ۷۲

شکل(٦-۱۱): تغییرات دمای داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ در موتور دوگانه‌سوز در بار۳۰٪ از بار کامل..... ۷۳

شکل(٦-۱۲): تغییرات دمای داخل سیلندر بر حسب دور میل‌لنگ در موتور دوگانه‌سوز در بار۵۰٪ از بار کامل..... ۷۳

شکل(٦-١٣): مقایسه کانتورهای دمای داخل سیلندر در بار ٣٠٪ از بار کامل برای دو حالت با مقدار ٣٠٪ و ٨٠٪ سوخت گازی ٧٤
شکل(٦-١٤): تغییرات مقدار آلاینده NO_X بر حسب دور میل‌لنگ در بار ٣٠٪ از بار کامل ٧٥
شکل(٦-١٥): تغییرات مقدار آلاینده NO_X بر حسب دور میل‌لنگ در بار ٥٠٪ از بار کامل ٧٥
شکل(٦-١٦): مقایسه کانتورهای اکسید نیتروژن در بار ٣٠٪ از بار کامل برای دو حالت با مقدار ٣٠٪ و ٨٠٪ سوخت گازی ٧٦
شکل(٦-١٧): تغییرات مقدار آلاینده دوده بر حسب دور میل‌لنگ در بار ٣٠٪ از بار کامل ٧٧
شکل(٦-١٨): تغییرات مقدار آلاینده دوده بر حسب دور میل‌لنگ در بار ٥٠٪ از بار کامل ٧٧
شکل(٦-١٩): مقایسه بین نتایج عددی مربوط به مقدار آلاینده اکسید نیتروژن در خروجی اگزوز موتور بازای درصدهای مختلف سوخت ٧٨
شکل(٦-٢٠): مقایسه بین نتایج عددی مربوط به مقدار آلاینده دوده در خروجی اگزوز موتور بازای درصدهای مختلف سوخت گازی در ٧٨
شکل(٦-٢١): مقایسه بین نتایج عددی مربوط به مقدار آلاینده هیدروکربن‌های نسوخته در خروجی اگزوز موتور بازای درصدهای مختلف ٧٩
شکل(٦-٢٢): مقایسه بین نتایج عددی مربوط به مقدار مصرف سوخت ویژه ترمزی بازای درصدهای مختلف سوخت گازی در بار ٣٠٪ و ٨١
شکل(٦-٢٣): تغییرات فشار داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٢
شکل(٦-٢٤): تغییرات آهنگ انرژی آزاد شده مخلوط داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٣
شکل(٦-٢٥): تغییرات دمای داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٤
شکل (٦-٢٦): کانتورهای دمای داخل سیلندر برای مقادیر مختلف درصد سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٥
شکل(٦-٢٧): مقایسه کانتورهای اکسید نیتروژن بازای مقادیر مختلف درصد سوخت دیزل آتش‌زا در بار ٣٠٪ از بار کامل ٨٦
شکل(٦-٢٨): تغییرات میزان آلاینده اکسید نیتروژن بر حسب درجه میل‌لنگ بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش-زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٧
شکل(٦-٢٩): تغییرات میزان آلاینده دوده بر حسب درجه میل‌لنگ بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ از بار کامل ٨٧
شکل (٦-٣٠): میزان آلاینده اکسید نیتروژن در خروجی اگزوز در بار جزئی ٨٨
شکل (٦-٣١): میزان آلاینده دوده در خروجی اگزوز در بار جزئی ٨٨
شکل (٦-٣٢): میزان آلاینده هیدروکربن‌های نسوخته در خروجی اگزوز در بار جزئی ٨٩
شکل(٦-٣٣): تغییرات فشار داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ٣٠٪ ازبار کامل ٩٠

شکل(٦-٣٤): تغییرات آهنگ انرژی آزاد شده مخلوط داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل.....۹۱
شکل(٦-٣٥): تغییرات دمای داخل سیلندر بر حسب درجه میل‌لنگ بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل.....۹۲
شکل(٦-٣٦): تغییرات میزان آلاینده اکسید نیتروژن بر حسب درجه میل‌لنگ بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل.....۹۲
شکل (٦-٣٧): کانتور دما و میزان آلایندگی اکسید نیتروژن در درجات مختلف میل‌لنگ بازای زمان‌های پاشش مختلف سوخت دیزل آتش‌زا در بار جزئی.....۹۳
شکل (٦-٣٨): دمای داخل سیلندر به هنگام پاشش سوخت دیزل و بعد از مرحله اشتعال پیش آمیخته.....۹٤
شکل (٦-٣٩) : تاثیر زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل بر روی مدت زمان احتراق.....۹٤
شکل (٦-٤٠) : مقدار جرم سوخت سوخته شده در مرحله اشتعال پیش آمیخته سوخت گازی باضافه سوخت دیزل آتش‌زا.....۹۵
شکل(٦-٤١) درصد افزایش یا کاهش آلایندگی اکسید نیتروژن در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل.....۹۵
شکل(٦-٤٢) درصد افزایش یا کاهش آلایندگی دوده در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل بازای زمان‌های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا.....۹٦
شکل(٦-٤٣) درصد افزایش یا کاهش آلایندگی هیدروکربن‌های نسوخته در بار جزئی ۳۰٪ از بار کامل بازای زمان-های مختلف پاشش سوخت دیزل آتش‌زا.....۹٦

فهرست جداول

جدول (۳-۱): درصد عناصر گازی **CNG** و **LPG**..... ۲۲

جدول (۳-۲): خصوصیات فیزیکی و شیمیایی **CNG** و**LPG** ۲۳

جدول (٦-۱) : مشخصات موتور **OM-۳۵۵** مورد استفاده در مدل..... ٦٤

جدول (٦-۲): مقایسه نتایج مدل با نتایج تجربی..... ٦٦

جدول (٦-۳): مقایسه نتایج حاصل از مدل برای بارهای جزئی ۳۰٪ و ۵۰٪ از بار کامل ۸۰

جدول(٦-٤): مقایسه نتایج حاصل از مدل برای بارهای جزئی بازای مقادیر مختلف سوخت دیزل آتش‌زا..... ۸۹

جدول(٦-۵): مقایسه نتایج حاصل از مدل برای بارهای جزئی بازای مقادیر مختلف زمان پاشش سوخت دیزل آتش‌زا..... ۹۷

فهرست علائم اختصاری

A	مساحت سطحی (m^2) و یک ضریب مشخص
a_i	کسر جرمی
B	قطر سیلندر(m)
bsfc	مصرف سوخت ویژه ترمزی (mgr/j) یا (gr/kw.hr)
BTDC	قبل از نقطه مرگ بالا
C_D	ضریب درگ
CA	زاویه میل‌لنگ
C_n	حداکثر نرخ تشکیل هسته ($1/m^2.s$)
D	ضریب پخش (m^2/s)
D_P	تابع درگ
D_d	قطر قطرات اسپری (m)
E_a	انرژی اکتیواسیون (j)
F	نیرو (N)
f	کسر سوخت در مخلوط -
g	شتاب گرانش (m/s^2) ، کسر جرمی گاز باقیمانده
H.R.R	آهنگ آزادسازی انرژی (j/deg)
inj	پاشش
k	ثابت واکنش
L	گرمای نهان تبخیر قطره (j/kg)
m_d	جرم (kg)
M	وزن مولکولی
MFR	کسر جرمی ازت موجود در سوخت
Q	انتقال حرارت (J)
R	ثابت جهانی گاز ($J/mol.k$)
Re	عدد رینولدز
RPM	دور موتور (rev/min)
r'	آهنگ واکنش گونه ($kmol/m^3.s$)
S	عبارت چشمه ، نسبت هوا به سوخت استوکیومتریک
Sc	عدد اشمیت
T	دما (k)
u	سرعت (m/s)
v_p	حجم قطره (m^3)

درصد وزنی (kg/kg)	w
عدد وبر	we
کسر جرمی گونه شیمیایی	y

فهرست علائم یونانی

ضریب انتقال حرارت جابجائی ($j/m^2.k$)	α
ثابت تجربی و زاویه انعکاس	β
چگالی (kg/m^3)	ρ
تانسور تنش (N/m^2)	σ
نسبت اکی‌والانس	ϕ
کسر جرمی soot	φ_s
راندمان حرارتی	η_{th}
لزجت (pa.s)	μ

فهرست زیرنویس‌ها

حالت بحرانی	c
قطره	d
درگ	dr
سوخت	fu
سوخت نسوخته	fu,u
سوخت سوخته شده	fu,b
اثرات جاذبه و شناوری- حالت گازی	g
بردار یکه مکانی	i
گونه شیمیایی	k
مربوط به فشار	p
نسبی	rel
گاز باقیمانده	rg
شبکه	cell
استوکیومتری	sto

فصل اول

مقدمه و ساختار پایان‌نامه

۱-۱ مقدمه

در دهه اخیر استفاده از منابع تولید انرژی با بازده بالا ، با اولویت در نظر گرفتن مسائل زیست محیطی به صورت یک چالش جهانی در آمده است. از اینرو تحقیق در زمینه موتورهای احتراق داخلی با سرعت بالایی در جریان است. در این میان موتورهای دیزلی به عنوان موثرترین نیروده در بین انواع مختلف موتورهای احتراق داخلی هستند. موتورهای احتراق داخلی سهم اساسی در آلودگی هوا و محیط زیست دارند که این آلودگی‌ها ، اثرات مخربی بر سلامت انسانها و محیط زیست و همچنین تغییرات آب و هوایی می‌تواند داشته باشد. در این میان مزایای موتورهای دیزلی از دیدگاه آلودگی محیط زیست از جمله نشر گازهای گلخانه‌ای کمتر با مضرات آن همچون نشر اکسیدهای نیتروژن و ذرات از این موتورها موازنه می‌شود. با سخت‌تر شدن قوانین جهانی آلایندگی ، نیاز به روشهای کنترل آلایندگی پیشرفته و حدود آلایندگی نزدیک صفر احساس می‌شود. از طرف دیگر با توجه به کمبود منابع انرژی سوختهای فسیلی سوختهای جایگزین اهمیت خود را نشان می‌دهند. یکی از این سوختهای جایگزین که دارای منابع عظیم در کشورمان می‌باشد ، سوخت گاز طبیعی است که علاوه بر مزایای اقتصادی آن ، یک سوخت پاک از لحاظ آلایندگی بوده که می‌تواند نقش بسزایی در کاهش آلودگی محیط زیست داشته باشد. از آنجا که موتورهای دیزلی با فناوری حاضر قادر به ارضای این قوانین سخت آلایندگی نیستند. بنابراین استفاده از گاز طبیعی بعنوان یک راه‌حل ممکن برای کاهش آلاینده‌های خروجی از این موتورها می‌باشد[۱].

یکی از روشهای ممکن برای تبدیل موتورهای دیزلی موجود به موتورهای گازسوز ، دوگانه‌سوز کردن موتور می‌باشد که این روش می‌تواند شرایط مناسبی را برای استفاده این موتورها از گاز طبیعی فراهم نماید. در این روش با اعمال مقادیر بالای گاز طبیعی و مقادیر ناچیز سوخت دیزل که از آن بعنوان منبع اشتعالی مخلوط سوخت گاز طبیعی و هوا استفاده می‌شود می‌توان به اندازه موتور دیزلی تولید قدرت کرد.

احتراق در یک موتور دوگانه‌سوز بدلیل اینکه در آن ترکیبی از مسایل مربوط به احتراق در موتورهای **CI** و **SI** وجود دارد فرایندی پیچیده می باشد لذا مدلسازی فرایند احتراق و آلایندگی موتورهای دوگانه‌سوز از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا برای توسعه و پیشرفت موتورها با کارایی بهتر و درصد آلایندگی کمتر ، استفاده از روش‌های پیشرفته ودقیق جهت مطالعه هرچه بهتر فرآیند احتراق امری ضروری به نظر می رسد.

کار حاضر در راستای بررسی فرایند احتراق در یک موتور دوگانه سوز تعریف شده است. لذا در این کار یک موتور دیزلی پاشش مستقیم با استفاده از نرم‌افزار **AVL Fire** شبیه‌سازی شده و بعد از مطابقت نتایج حاصل از مدل با نتایج تجربی ، این موتور به موتور دوگانه‌سوز تبدیل شده است. موتورهای دوگانه‌سوز در بارهای جزئی به ناچار متحمل بازده حرارتی پایین و مقدار بالای آلایندگی هیدروکربن‌های نسوخته **(UHC)** و مونوکسیدکربن می‌شوند لذا در این کار علاوه بر بررسی تاثیر نسبت اکی‌والانس و همچنین تاثیر مقدار درصد سوخت گازی ، به بررسی فرایند احتراق در بارهای جزئی نیز می‌پردازیم و تاثیر عواملی چون درصد افزایش سوخت دیزل آتش‌زا و زمان بندی پاشش سوخت دیزل را بررسی می‌کنیم.

۲-۱ ساختار کلی پایان‌نامه

فصل اول شامل مقدمه و ساختار پایان‌نامه است. در فصل دوم پیشینه تحقیق در ارتباط با کار حاضر آورده شده است. درفصل سوم به اهمیت سوختهای جایگزین و روشهای گازسوز کردن موتورهای دیزلی اشاره شده است، در فصل چهارم در مورد فرایند احتراق و آلاینده های منتشره از موتورها توضیحاتی داده شده است. در فصل پنجم به مدل انتخاب شده و توضیحاتی مختصر در مورد نرم افزار **FIRE** اشاره شده است. در فصل ششم به بررسی نتایج حاصل از مدل پرداخته شده است و در نهایت در فصل هفتم نتیجه‌گیری کلی و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای آتی آورده شده است.

فصل دوم

مروری بر پژوهش‌های انجام گرفته

۲-۱ مقدمه

تحقیق و مطالعه در مورد موتورهای دوگانه‌سوز از دهه ٦٠ میلادی تا به امروز توسعه زیادی یافته است. سالهای متمادی است که مدلهای ترمودینامیکی برای مدل‌کردن و مطالعه فرآیند احتراق در موتورهای احتراق داخلی ، به عنوان راه حل مناسب و قابل قبول شناخته شده‌اند. در این مدلها برای موتورهای دوگانه‌سوز، سوخت آتش زا به عنوان چشمه گرمایی در نظر گرفته شده و از اثرات سینتیکی سوخت آتش زا بر سوخت گازی به دلیل پیچیدگی مسأله صرف نظر شده است. در برخی مدل‌ها از مدل تک‌منطقه‌ای استفاده شده و در برخی دیگر برای مطالعه سرعت انتشار شعله در داخل مخلوط هوا و سوخت ، مدل دومنطقه‌ای برای سوخت گازی اعمال شده است. در حالت کلی این مدل‌ها بر اهمیت آهنگ پاشش سوخت و تشریح مراحل فرآیند احتراق به صورت ریاضی تأکید دارد[۲]. یکی از معایب این مدل‌ها عدم مطالعه میدان جریان در داخل محفظه احتراق است ، بنابراین دقت آنها کمتر است. از مزایای این مدل‌ها نیز حجم کار کامپیوتری کمتر آنها می‌باشد.

از دهه ۹۰ میلادی تا به امروز از مدلهای چند بعدی CFD نیز برای مطالعه فرآیند احتراق موتورهای احتراق داخلی استفاده شده است. مبنای کار آنها حل عددی معادلات پیوستگی ، مومنتوم ، انرژی و گونه های شیمیایی است. از مزایای استفاده از این مدل دقت بالا و از معایب آن می‌توان محاسبات بیشتر را نام برد.

در پایاننامه حاضر، پژوهش های انجام گرفته به دو گروه طبقه‌بندی شده است. در قسمت اول کارهای انجام گرفته تجربی و مدل‌های ترمودینامیکی آورده شده است. قسمت دوم شامل بررسی کارهای انجام گرفته توسط مدل های چند بعدی CFD می‌باشد.

۲-۲ پژوهش های انجام گرفته توسط کارهای تجربی و مدل‌های ترمودینامیکی

- کابش و بریهب در سال ۱۹۹۲ تأثیر افزایش سوخت گازی بر کوبش یک موتور دوگانه‌سوز را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهند موقعی که درصد جایگزینی گاز زیاد است مخصوصاً در نسبت اکی والانس ۰/۵ ، هر دو پدیده کوبش دیزلی و کوبش از نوع اشتعال جرقه ای[1] مشاهده می‌شود. در کار انجام گرفته ، به دلیل اینکه از مدل تک‌منطقه‌ای برای پیش بینی کوبش استفاده شده و گاز در حالت ایده‌آل فرض گرفته شده ، پیشگوئی دقیق کوبش امکانپذیر نیست[۳].

- کریم و همکارانش در سال ۱۹۹۳ احتراق و آلایندگی یک موتور دو گانه‌سوز را در بار جزئی بررسی کردند. چنانچه در شکل (۲-۱) دیده می‌شود ، منحنی آهنگ گرمای آزاد شده سه قسمت دارد. قسمت I مربوط به آزادسازی انرژی سوخت آتش‌زای گازوئیل ، قسمت II مربوط به احتراق سوخت گازی که در مجاورت محل اشتعال قرار دارد و قسمت III مربوط به واکنش‌های پیش اشتعالی و انتشار شعله آشفته برای باقیمانده مخلوط فقیر داخل سیلندر می‌باشد. با افزایش سوخت گازی ، روی هم افتادگی منحنی‌های دوم و سوم بیشتر می‌شود. نتایج نشان می‌دهند در بارهای جزئی (مخلوط فقیر متان و هوا یا مقدار کم سوخت آتش‌زا) ، آلاینده منوکسیدکربن افزایش می‌یابد. بیشینه منوکسیدکربن در مراحل اولیه اکسیداسیون متان به وجود می‌آید که در مراحل بعدی احتراق مقداری از آن به دی‌اکسیدکربن تبدیل می‌شود. برای کاهش هیدروکربن‌های نسوخته (UHC)، استفاده از سوخت آتش‌زای زیاد در بارهای جزئی یا سوخت آتش‌زای کم در بارهای بالا، آوانس زمان پاشش سوخت آتش‌زا و پیش گرم کردن مخلوط گاز و هوا پیشنهاد شده است. البته روش‌های پیشنهاد شده ، آلاینده اکسید نیتروژن را افزایش می‌دهند [٤].

---

[1] End gas