بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد گرایش تبدیل انرژی

موضوع:

بررسی تاثیر شکل تاج پیستون و محل قرارگیری شمع بر عملکرد موتور گازسوز سنگین

اساتید راهنما:

پروفسور مفید گرجی

دکتر داوود دومیری گنجی

استاد مشاور:

قاسم جوادی راد

نگارش:

نازنین قدیمی

اردیبهشت ۱۳۹۲

سپاسگذاری

انجام این پروژه مرحون زحمات استادان گرانقدری است که در تمام مدت انجام کار از راهنمایی این بزرگواران استفاده نموده‌ام. بدین وسیله از جناب آقای دکتر گرجی و جناب آقای دکتر دومیری (اساتید راهنمای پروژه) و جناب آقای مهندس جوادی (استاد مشاور) کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورم.

برخود لازم می‌دانم از شرکت دیزل سنگین ایران به خاطر حمایت‌های علمی این تحقیق و ایجاد بستری مناسب برای همکاری صنعت و دانشگاه سپاس‌گذاری نمایم.

در پایان از تمام عزیزانی که در طول این مدت با همدلی‌شان بستر انجام هر چه بهتر این پایان نامه را فراهم نموده‌اند تشکر می‌کنم.

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

که سایه مهربانی‌شان سایه سار زندگیم می‌باشد، آن‌ها که اسوه صبر و تحمل بوده و مشکلات مسیر را برایم تسهیل نمودند

و

برادران مهربانم که وجودشان شادی بخش و صفایشان مایه آرامش من می‌باشد

چکیده

موتورهای احتراق داخلی گازسوز، مدتهاست که به عنوان موتورهای ثابت در کارخانجات و نیروگاه‌ها استفاده می‌شوند. در سال‌های اخیر تقاضا برای حفظ محیط زیست و بکارگیری سوخت‌های جایگزین، بازار تولید را به سمت سامانه‌های تولید قدرت با استفاده از موتورهای گازسوز بزرگ سوق داده است. یکی از مشکلات اصلی کاربرد گاز طبیعی فشرده به جای بنزین و دیزل، افت توان در موتور است که علت اصلی آن کاهش بازده حجمی و افزایش تاخیر در اشتعال می‌باشد. یکی از راه‌های کم کردن افت توان، بهینه‌سازی محفظه احتراق به منظور افزایش سرعت احتراق است.

در تحقیق حاضر که در جهت توسعه موتور ملی گازسوز د۸۷ می‌باشد به بررسی اثر شکل کاسه‌ی پیستون و موقعیت قرارگیری شمع در سر سیلندر بر روی عملکرد و میزان آلایندگی موتورهای گاز سوز پرداخته شده است. برای این منظور از دینامیک سیالات محاسباتی سه بعدی AVL FIRE برای شبیه‌سازی سیکل باز موتور که شامل سه مرحله مکش، تراکم و احتراق می‌باشد استفاده شده است. ابتدا نتایج حاصل از شبیه‌سازی با داده‌های تجربی صحه‌گذاری شده تا قابلیت اعتماد سایر نتایج برای بحث و مقایسه فراهم گردد. سپس با شبیه‌سازی سه شکل مختلف برای پیستون و چهار موقعیت متفاوت قرارگیری شمع در سر سیلندر برای هر کدام از شکل‌های پیستون، میزان فشار و دمای حاصل شده در داخل سیلندر و مقدار آلایندگی آن‌ها با هم مقایسه گردیده است. نتایج نشان داده است که محفظه احتراقی که بهترین اختلاط و مناسب‌ترین آشفتگی را ایجاد کند عملکرد بهتری داشته و میزان آلایندگی کمتری نیز حاصل می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: موتور گازسوز،شکل کاسه پیستون، محل قرارگیری شمع، سیکل باز

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱) مقدمه: ۲

فصل دوم: ساز و کار موتورهای اشتعال جرقه‌ای و مروری بر پژوهش‌های انجام شده ۶

۲-۱) تاریخچه موتور اشتعال جرقه‌ای: ۷

۲-۲) تاریخچه استفاده از سوخت گاز طبیعی در جهان و ایران: ۸

۲-۳) توسعه موتورهای گازسوز سنگین: ۹

۲-۴) فرآیند احتراق موتورهای اشتعال جرقه‌ای: ۹

۲-۵) گسترش جبهه شعله: ۱۱

۲-۵-۱) عوامل موثر بر سرعت شعله: ۱۲

۲-۵-۲) سرعت شعله گاز: ۱۴

۲-۶) حرکت سیال در داخل محفظه احتراق: ۱۴

۲-۶-۱) حرکت چرخشی: ۱۵

۲-۶-۲) حرکت چلانشی سیال: ۱۵

۲-۶-۳) حرکت غلتشی: ۱۶

۲-۷) آلایندگی در موتورهای گازسوز: ۱۷

۲-۸) محفظه‌های احتراق در موتور اشتعال جرقه‌ای: ۱۸

۲-۸-۱) محفظه‌های احتراق در موتور اشتعال جرقه‌ای گازسوز: ۲۰

۲-۹) موقعیت قرارگیری شمع: ۲۲

۲-۱۰) پژوهش‌های انجام شده: ۲۴

فصل سوم: معادلات حاکم ۳۰

۳-۱) مدل‌سازی جریان‌های پیچیده: ۳۱

۳-۱-۱) انواع مدل‌ها برای حل جریان آشفته: ۳۲

۳-۲) مدل‌های مورد استفاده در کد فایر: ۳۳

۳-۲-۱) مدل‌سازی جریان آشفته: ۳۴
۳-۲-۲) مدل انتقال اجزای شیمیایی: ۳۵
۳-۲-۳) مدل‌سازی احتراق: ۳۷
۳-۲-۴) مدل تشکیل اکسیدهای نیتروژن ۴۵
۳-۳) روش حل معادلات: ۴۶
۳-۳-۱) شبکه بندی میدان حل: ۴۷
۳-۳-۲) گسسته‌سازی میدان حل: ۴۸
۳-۴) شرایط مرزی ۴۹
۳-۵-۱) انواع شرایط مرزی ۵۰
فصل چهارم: شبیه‌سازی در فایر و روش انجام کار ۵۶
۴-۱) شبیه‌سازی سیکل موتور: ۵۷
۴-۲) مدل‌سازی ۵۸
۴-۳) مش‌بندی متحرک ۶۱
۴-۴) شرایط مرزی و اولیه ۶۴
۴-۵) مطالعه استقلال از شبکه ۶۵
۴-۶) صحه‌گذاری نتایج فشار ۶۷
۴-۷) موارد و حالات شبیه‌سازی ۶۸
فصل پنجم: نتایج ۷۱
۵-۱) ارزیابی نتایج عددی ۷۲
۵-۲) مقایسه نتایج مربوط به تاثیر شکل پیستون ۷۲
۵-۳) مقایسه نتایج مربوط به تاثیر موقعیت قرارگیری شمع ۸۵
۵-۴) دستاوردها ۱۰۳
۵-۵) پیشنهادات ۱۰۶
مراجع ۱۰۷

فهرست شکل‌ها

شکل (۲-۱): فرایند احتراق موتورهای اشتعال جرقه‌ای ۱۰

شکل (۲-۲): جزییات حرکت شعله ۱۲

شکل (۲-۳): تاثیر نسبت اختلاط بر پیشروی شعله ۱۳

شکل (۲-۴): حرکت چرخشی ۱۵

شکل (۲-۵): هندسه محفظه احتراق موتورهای مدرن ۱۶

شکل (۲-۶): حرکت غلتشی در داخل سیلندر ۱۷

شکل (۲-۷): انواع محفظه های احتراق ۱۹

شکل (۲-۸): حالات مختلف برخورد هندسی زمانی که شمع در مرکز باشد. ۲۳

شکل (۲-۹): حالات مختلف برخورد هندسی زمانی که شمع در مرکز نباشد. ۲۴

شکل (۳-۱): نمونه‌ای از حجم کنترل ۴۷

شکل (۳-۲): انواع متعدد حجم کنترل مورد استفاده در نرم‌افزار Fire در ایجاد شبکه ۴۸

شکل (۳-۳): الگوریتم برنامه حل مجزا ۴۹

شکل (۳-۴): الگوریتم برنامه حل وابسته ۴۹

شکل (۴-۱): نمایی از راهگاه‌های ورودی و محفظه احتراق در نقطه مرگ بالا ۵۸

شکل (۴-۲): معرفی مرزهای هندسه ۶۰

شکل (۴-۳): لبه‌های ایجاد شده در هندسه ۶۰

شکل (۴-۴): روند جریان داده‌ها در شبکه متحرک ۶۲

شکل (۴-۵): نمایی از مش سه بعدی ایجاد شده در زاویه ۳۶۰ و ۵۷۵ ۶۳

شکل(۴-۶): پنجره نتایج ۶۳

شکل (۴-۷): مقایسه تاثیر تعداد سلول شبکه محاسباتی بر روی فشار درون سیلندر ۶۶

شکل (۴-۸): مقایسه تاثیر تعداد سلول شبکه محاسباتی بر روی دما درون سیلندر ۶۶

شکل (۴-۹): مقایسه نمودار فشار حاصل از شبیه‌سازی هندسه پایه موتور با نتایج آزمایشگاهی ۶۸

شکل (۴-۱۰): سه شکل مختلف کاسه پیستون ۶۹

شکل (۴-۱۱): موقعیت‌های مختلف قرارگیری شمع ۷۰

شکل (۵-۱): نرخ آزاد سازی حرارت در سه هندسه ۷۳
شکل (۵-۲): فشار داخل سیلندر در سه هندسه ۷۳
شکل (۵-۳): آشفتگی ایجاد شده در سه هندسه..... ۷۴
شکل (۵-۴): کانتور سرعت در زاویه ۷۱۰ درجه میل‌لنگ برای سه هندسه ۷۵
شکل (۵-۵): خطوط جریان در مرحله مکش (۴۶۵ درجه میل‌لنگ) ۷۶
شکل (۵-۶): مساحت جبهه شعله در ۷۲۰ و ۷۳۵ درجه میل‌لنگ..... ۷۷
شکل (۵-۷): کسر جرمی متان در داخل محفظه ۷۸
شکل(۵-۸): دمای بیشینه در سه هندسه..... ۷۹
شکل (۵-۹): مقایسه غلظت آلایندگی اکسید نیتروژن در سه هندسه ۷۹
شکل (۵-۱۰): توزیع دما در سه هندسه در سه زاویه ۷۲۰، ۷۴۰ و ۸۰۰ درجه میل‌لنگ ۸۰
شکل (۵-۱۱): توزیع اکسید نیتروژن در سه هندسه در سه زاویه ۷۲۰، ۷۴۰ و ۸۰۰ درجه میل‌لنگ..... ۸۱
شکل (۵-۱۲): کسر جرمی منو کسید کربن در داخل سیلندر ۸۲
شکل (۵-۱۳): کانتورهای اکسیژن و منوکسید کربن را در زاویه ۷۳۵ درجه میل‌لنگ..... ۸۳
شکل (۵-۱۴): کانتور کسر جرمی سوخت را در زاویه ۸۶۰ درجه میل لنگ ۸۴
شکل (۵-۱۵): نرخ گرمای آزاد شده برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه۱، ب) هندسه۲ و ج) هندسه۳..... ۸۶
شکل (۵-۱۶): فشار داخل سیلندر برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳..... ۸۷
شکل (۵-۱۷): میزان آشفتگی داخل سیلندر برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳..... ۸۸
شکل (۵-۱۸): کسر جرمی سوخت در چهار زاویه ۷۱۵، ۷۲۵، ۷۳۵ و ۷۴۰ برای هندسه ۱ ..... ۹۰
شکل (۵-۱۹): کسر جرمی سوخت در چهار زاویه ۷۱۵، ۷۲۵، ۷۳۵ و ۷۴۰ برای هندسه ۲ ..... ۹۰
شکل (۵-۲۰): کسر جرمی سوخت در چهار زاویه ۷۱۵، ۷۲۵، ۷۳۵ و ۷۴۰ برای هندسه ۳ ..... ۹۱
شکل (۵-۲۱): کل گرمای آزاد شده برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳..... ۹۲
شکل (۵-۲۲): دمای داخل سیلندر برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳ ..... ۹۴
شکل (۵-۲۳): کسر جرمی اکسید نیتروژن برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳..... ۹۵
شکل (۵-۲۴): توزیع دما و اکسید نیتروژن در زاویه ۷۳۵ برای هندسه ۱ ..... ۹۷
شکل (۵- ۲۵): توزیع دما و اکسید نیتروژن در زاویه ۷۳۵ برای هندسه ۲..... ۹۸

شکل (۵- ۲۶): توزیع دما و اکسید نیتروژن در زاویه ۷۳۵ برای هندسه ۳ ..... ۹۹
شکل (۵-۲۷): کسر جرمی منوکسیدکربن برای چهار موقعیت متفاوت شمع الف) هندسه ۱، ب) هندسه ۲ و ج) هندسه ۳ ..... ۱۰۰
شکل (۵-۲۸): کانتور کسر جرمی سوخت را در زاویه ۸۶۰ درجه میل لنگ ۱۰۲

فهرست جدول‌ها

جدول (۴-۱): شرایط اولیه در مدل‌سازی ۶۵
جدول (۴-۲): شرایط مرزی در مدل‌سازی ۶۵
جدول (۴-۳): مشخصات هندسی موتور کامینز ۶۷
جدول (۵-۱): مقدار توان تولید شده در هندسه‌های مختلف ۸۵
جدول (۵-۲): کسر جرمی اکسید نیترژن در ۸۶۰ درجه میل لنگ ۹۶
جدول (۵-۳): مقدار توان تولید شده ۱۰۳

علایم و نشانه‌ها

c_p ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت

C_{pr} و C_{fu} ثابت مدل احتراق

c_v نسبت تراکم

D ضریب پخش

E انرژی فعال سازی

f کسر جرمی مخلوط

h آنتالپی

k انرژی آشفتگی

k_f ثابت آهنگ واکنش

M وزن مولکولی

m جرم، تعداد اتم هیدروژن

n تعداد اتم کربن، تعداد ذره

Pr پرانتل

q گرمای آزاد شده

R شعاع هسته شعله

Re عدد رینولدز

$\dot{r}$ آهنگ مصرف سوخت

S عبارت چشمه

Sc عدد اشمیت

T دما

t زمان

u مولفه سرعت در جهت x

V حجم

y کسر جرمی

علایم یونانی

α و β ثابت مدل احتراقی

Γ ضریب نفوذ

γ تابعی از نسبت هم‌ارزی

δ دلتا کرونکر، ضخامت شعله

ε آهنگ اضمحلال ادی

μ لزجت

ρ چگالی

τ تنش برشی

Σ چگالی سطح آشفتگی

Φ خاصیت ذره

φ نسبت هم‌ارزی

ω فرکانس آشفتگی، نرخ واکنش، نرخ مصرف سوخت

زیرنویس

c جابجایی حرارتی

eff موثر

$evap$ بخار سوخت مایع

$fresh$ تازه

fu, u سوخت نسوخته

fu, b سوخت سوخته شده

L آرام

pr محصول

R واکنش

rg باقیمانده

t آشفته

tot کلی

بالانویس

– مقدار میانگین

~ مقدار کلی

′ اجزای نوسانی

فصل اول

مقدمه

۱-۱) مقدمه:

با توجه به بحران آلودگی محیط زیست و تأثیر سوخت‌های بنزینی و دیزلی بر این بحران از یک سو و هزینه‌های بالای این سوخت‌ها از سوی دیگر، در سال‌های اخیر توجه سازندگان موتورهای احتراق داخلی به استفاده از سوخت‌های جایگزین معطوف شده است[۱]. گاز طبیعی، که در شکل‌های متفاوتی از جمله به صورت فشرده (گاز طبیعی فشرده[1]) به عنوان سوخت موتورها به کار گرفته می‌شود، یکی از انواع سوخت‌های جایگزین است که با توجه به فراوانی آن در بسیاری از کشورها از جمله ایران، ارزان بوده و استفاده از آن می‌تواند در تعدیل سبد انرژی کشور نقش اساسی داشته باشد.

سوخت گاز می‌تواند در هر دو نوع از موتورهای احتراق تراکمی[2]، که بر مبنای سیکل دیزل می‌باشند و احتراق جرقه‌ای[3] (SI) که برمبنای سیکل اتو کار می‌کنند، به کار گرفته شود. قسمت اعظم گاز طبیعی از متان تشکیل شده است که نسبت هیدروژن به کربن بالایی نیز دارد و منجر به احتراق پاک‌تر می‌شود. همچنین به دلیل سبک‌تر بودن گاز طبیعی نسبت به هوا، در صورت نشت، به سرعت به سمت بالا رفته و خطر آتش سوزی آن نسبت به بنزین و دیزل کمتر می‌باشد. یکی دیگر از مزایای گاز طبیعی مقدار عدد اکتان[4] آن است که برای موتورهای اشتعال جرقه‌ای فوق العاده مناسب می‌باشد، زیرا محدوده‌ی کوبش را افزایش می‌دهد و امکان استفاده از نسبت تراکم‌های بالاتر را فراهم می‌کند. همچنین سرعت شعله پایین گاز طبیعی و دمای کم احتراق موتورهای گازسوز در کاهش آلایندگی ناکس، خصوصاً زمانی که موتور سوپرشارژ است و یا در نسبت‌های تراکم بالا کار می‌کند، کمک می‌کند. علاوه بر این، میزان هیدرو کربن نسوخته نیز کاهش می‌یابد، زیرا گازی بودن گاز

[1] Compressed Natural Gas (CNG)
[2] Compression ignition
[3] Spark ignition
[4] Octane numbers

طبیعی فشرده از اثر خیس شدن دیواره[5] در منیفولد ورودی و دیواره سیلندر خصوصاً در شرایط راه‌اندازی سرد جلوگیری می‌کند، که این مسئله قابلیت راه‌اندازی در شرایط سرد را بهبود می‌بخشد [۲ و ۳].

دستیابی به میزان آلایندگی ناکس و منو کربن کسید بسیار پایین می‌تواند در نسبت‌های اکیووالانسی فقیر به دلیل دمای کم احتراق محیا گردد. از طرفی راندمان حرارتی نیز به دلیل پایین بودن سرعت احتراق کاهش می‌یابد. در بعضی شرایط احتراق ناپایدار بدلیل نوسانات غیر قابل پیش‌بینی در سیکل کامل موتور اتفاق می‌افتد. شکل محفظه‌ی احتراق یکی از فاکتورهای مهم است که روی عملکرد موتور و پایداری احتراق تأثیر می‌گذارد. برای ایجاد احتراق پایدار با مخلوط رقیق، سرعت احتراق و قابلیت اطمینان اشتعال باید بهبود یابد. برای بهبود سرعت احتراق فاصله مورد نیاز برای گسترش شعله باید مینیمم گشته و میزان آشفتگی مخلوط هوا و سوخت باید بهینه گردد. محل شمع نیز باید با توجه به شکل محفظه احتراق مشخص شود [۴].

برای کاهش تعداد تست‌های آزمایشگاهی و صرفه‌جویی در زمان و هزینه، از دینامیک سیالات محاسباتی[6] (CFD) در تحلیل عوامل موثر بر موتور استفاده می‌شود. به دلیل پدیده‌های متعدد و وابسته‌ای که در فرآیند احتراق رخ می‌دهد، مدل‌سازی موتور احتراق داخلی مسئله پیچیده‌ای می‌باشد. کدهای CFD می‌تواند این نوع مسائل را با بکارگیری ابزارهای متعدد به منظور تولید شبکه محاسباتی دقیق و ایجاد یک هندسه پیچیده با استفاده از زیرمدل‌های گوناگون و تعریف درست شرایط مرزی و اولیه، حل کند. در دهه اخیر، CFD تبدیل به یک ابزار قدرتمند برای طراحان و پژوهشگران موتور اشتعال جرقه‌ای شده است که هم به عنوان یک ابزار طراحی مورد استفاده قرار می‌گیرد و هم به فهم بهتر پدیده‌های فیزیکی و شیمیایی گذرا در این موتورها کمک می‌کند. کدهای محاسباتی رایج در زمینه شبیه‌سازی پدیده‌های داخل موتور عبارتند از:

- FIRE
- KIVA
- STAR-CD
- POIENCS

[5] Wall wetting effects
[6] Computational fluid dynamics

با وجود مدل‌های پیشرفته بسیار، کد کامپیوتری AVL FIRE به طور گسترده برای شبیه‌سازی سه بعدی جریان سیال، ترکیب مخلوط، ترکیب آلودگی و احتراق در موتورهای اشتعال جرقه‌ای به کار می‌رود. این نرم‌افزار تجاری قدرتمند نیز براساس دیدگاه حجم محدود طراحی شده است. این کد در ابتدا تنها برای انجام محاسبات احتراق، شکل‌گیری مخلوط و جریان‌ها در موتورهای احتراق داخلی طراحی شده بود اما از نسخه ۸، یکسری اصلاحات کامل بر روی آن انجام شد که کاربران را قادر ساخت تا مسائل بسیار پیچیده را با حداقل عملیات نرم‌اقزاری انجام دهند. در کنار توسعه امکانات، در نسخه‌های جدید بسیار کاهش یافته است. این نرم‌افزار از لحاظ قدرت، انعطاف پذیری، دقت و مخصوصا زمان اجرای برنامه دارای برتری‌های قابل ملاحظه‌ای نسبت به دیگر نرم‌افزارها می‌باشد بطوریکه سرعت محاسبات قابل دستیابی در این نرم‌افزار دو یا سه برابر نرم‌افزارهای مشابه است [۵].

در این تحقیق به بررسی اثر شکل محفظه احتراق و همچنین محل قرارگیری شمع در موتور گازسوز د۸۷ می‌پردازیم. این موتور از خانواده موتورهای ملی سنگین می‌باشد که شرکت دیزل سنگین ایران (دسا) اقدام به انجام شبیه‌سازی‌های مورد نیاز جهت طراحی موتور کرده است. این موتور به عنوان موتور ثابت در نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد مشخصات اصلی آن به شرح زیر می‌باشد:

۱. توان خروجی مینیمم: ۸۵۰ کیلو وات
۲. سرعت موتور: ۱۵۰۰ دور بر دقیقه
۳. ماکزیمم وزن موتور: ۴۰۰۰ کیلوگرم
۴. فشار موثر متوسط ترمزی: ۱۸ بار

وزن موتور نشان‌دهنده هزینه موتور می‌باشد. موتور د۸۷ در مقایسه با موتورهای مشابه به دلیل وزن کمتر، هزینه کمتری را در آینده به دلیل کاهش فلزات استفاده شده و همچنین کاهش هزینه نصب در زمان راه‌اندازی در نیروگاه‌ها به خود اختصاص می‌دهد. به همین ترتیب مقدار فشار موثر متوسط ترمزی نشان‌دهنده میزان فن‌آوری بکارگرفته شده در موتورها می‌باشد به طوری که فشار موثر متوسط ترمزی کمتر

از ۱۵ بار دلالت بر کهنه بودن موتور است و مقدار بالای ۱۹ بار نشان می‌دهد که موتور از نظر تکنولوژی‌های بکار رفته بسیار پیشرفته است. بنابراین موتور د۸۷ دارای امتیاز بالا از نظر فشار موثر متوسط ترمزی و وزن می‌باشد [۶].

در جهت توسعه موتور گازسوز د۸۷، سه حالت مختلف برای شکل پیستون و چهار موقعیت مختلف برای شمع در روی سر سیلندر شبیه‌سازی شده و نتایج آن‌ها با هم مقایسه می‌گردد. به دلیل جدید بودن موضوع و موجود نبودن نتایج تجربی موتور گازسوز د۸۷، از نتایج تجربی موتور کامینز برای اعتباردهی به شبیه‌سازی انجام شده در این پژوهش استفاده شده است.

در فصل دوم تاریخچه‌ای از موتورهای گازسوز و سازو کار و فرآیندهای موجود در موتورهای اشتعال جرقه‌ای توضیح داده می‌شود. سپس انواع محفظه‌های احتراق و تأثیر آن بر عملکرد موتور و همچنین اثراتی که موقعیت شمع بر روی موتور می‌گذارد بیان می‌گردد و در پایان مروری بر پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه‌ها صورت می‌گیرد.

فصل سوم ابتدا انواع روش‌ها برای مدل‌سازی و حل جریان‌های پیچیده را توضیح می‌دهد و سپس به معرفی مدل‌های مورد استفاده در کد فایر برای حل جریان و انتقال گونه‌های شیمیایی و معادلات سینیتیک و مدل‌های مورد استفاده برای احتراق و تخمین آلاینده‌ها می‌پردازد. در انتها روش حل معادلات حاکم بر جریان در این نرم‌افزار و انواع شرایط مرزی را بیان می‌کند.

فصل چهارم نحوه شبیه‌سازی چرخه باز موتور و روش‌های انجام کار برای یک شکل پیستون به طور کامل را توضیح می‌دهد و برای اعتباردهی به حل عددی، نتایج با نتایج آزمایشگاهی فشار مربوط به موتور کامینز مقایسه می‌شود.

فصل پنجم به مقایسه نتایج حاصل از شبیه‌سازی و تأثیر پارامترهای مختلف موتور بر روی فرآیند احتراق و تولید آلاینده‌ها می‌پردازد و در نهایت نتیجه‌گیری کلی و ارائه پیشنهاداتی برای کارهای آتی آورده می‌شود.

فصل دوم

ساز و کار موتورهای اشتعال جرقه‌ای و مروری بر پژوهش‌های انجام شده

۲-۱) تاریخچه موتور اشتعال جرقه‌ای:

اولین نمونه موتور احتراق داخلی را یک مهندس آلمانی به نام نیکلاس اتو[۷] در سال ۱۸۷۶ساخت. موتورهای امروزی، در حقیقت نمونه تکامل یافته این موتور محسوب می‌شوند. اما استفاده از یک جرقه الکتریکی برای شعله‌ور ساختن سوخت اتومبیل، اولین بار در آلمان انجام پذیرفت. در سال‌های ۱۸۸۵ تا ۱۸۸۸ دو آلمانی به طور همزمان و بدون اطلاع از کار یکدیگر روی این طرح کار می‌کردند که چطور می‌توان یک بدنه را حرکت داد و آنرا کنترل کرد. نام این دو نفر کارل فردریک بنز[۸] و گوتلیش ویلهلم دایملر[۹]بود. موتور این اتومبیل (سه چرخه) حدوداً یک اسب بخار قدرت داشت. گرچه این مدل اولیه طرح چندان کاملی به نظر نمی‌رسید، اما اولین اتومبیلی بود که بسیاری از اجزای اتومبیل‌های امروزی را دارا بود. اجزایی مانند سیستم جرقه، سیستم سوپاپ‌ها، مجموعه دیفرانسیل، کاربراتور، سیستم خنک‌کاری، محفظه کارتل روغن و سیستم ترمز.

در دوران پیشرفت موتورهای اولیه در قرن ۱۹، سیستم‌های جرقه‌زنی زیادی به کار گرفته شدند. یک روش، استفاده از سوراخ‌های مشتعل بود. در زمان مناسب برای اشتعال، سوراخ کوچکی که در داخل محفظه احتراق تعبیه شده بود، باز می‌شد و شعله از آن عبور می‌کرد و مخلوط گاز داخل سیلندر را مشتعل می‌گرداند. این روش مانند روشی است که اکنون در موتورها با محفظه تقسیم شده استفاده می‌شود. یک روش دیگر استفاده از یک طناب مشتعل کوچک بود که در امتداد دیوار محفظه احتراق وجود داشت. به طناب با استفاده از شعله‌ای در خارج از محفظه احتراق گرما داده می‌شد. هدایت حرارتی، انتهای طناب در داخل محفظه را گرم می‌کرد و این سطح داغ، مخلوط هوا و سوخت را مشتعل می‌گرداند. با این روش، کنترلی در زمان‌بندی اشتعال وجود نداشت. اشتعال الکتریکی با استفاده از شمع یک پیشرفت اساسی در زمینه مدیریت اشتعال ایجاد نمود. چارلز فرانکلین

[7] Nikolaus Otto
[8] Carl Freidrich Benz
[9] Gottlich Wilhelm Daimler

کترینگ[10] در سال ۱۹۰۹ با تکمیل سیستم جرقه الکتریکی گام ارزنده‌ای در این زمینه برداشت. در سال‌های بعد انواع نوآوری‌ها و تغییرات در ساختار مدارهای اشتعال و ایجادکننده جرقه الکتریکی به وجود آمد که نتیجه آن استفاده از مدارهای اشتعال فعلی می‌باشد [۷].

۲-۲) تاریخچه استفاده از سوخت گاز طبیعی در جهان و ایران:

به کارگیری گاز طبیعی در خودرو از قدمتی بیش از ۸۰ سال برخوردار است. در آستانه جنگ جهانی دوم کشور ایتالیا در سال ۱۹۳۰ میلادی تعداد زیادی از خودروهای این کشور را به سیستم سوخت‌رسانی گاز طبیعی مجهز کرد. به دنبال آن، کشورهای دیگری مانند آرژانتین، ژاپن، آمریکا و روسیه نیز بخش محدودی ازخودروهای خود را گازسوز کردند. با شروع دهه ۱۹۷۰ روند گازسوز کردن خودروها بیشتر مورد توجه قرار گرفت. در آغاز دهه ۱۹۹۰ بود که در پی تصویب استانداردهای زیست محیطی و محدودیت ذخائر نفتی و همچنین پیشرفت‌های فنی صورت گرفته در صنعت خودرو، استفاده از گاز طبیعی به عنوان سوختی پاک و ارزان مورد توجه بسیاری از دولت‌ها و شرکت‌های بزرگ خودروسازی در جهان قرار گرفت، بطوریکه امروزه وسائل نقلیه گازسوز، تقریباً در ۲۶ کشور جهان درحال تردد هستند، که عمده این خودروها از حالت سوخت گازوئیل یا بنزین به سوخت گاز تبدیل شده‌اند [۸].

در ایران اولین بار در سال ۱۳۵۶ طرح گازسوز کردن خودروها به صورت آزمایشی در شهر شیراز با تبدیل ۱۲۰۰دستگاه سواری به مرحله اجرا درآمد. مشابه این طرح در مشهد نیز در سال ۱۳۶۶ اجرا شد. شرکت اتوبوس‌های تهران و حومه نیز در سال ۱۳۷۱، تحقیقاتی را در زمینه گاز سوز کردن اتوبوس‌های درون شهری آغاز نمود که در سال ۱۳۷۵ به بهره برداری رسید. از سال ۱۳۸۳ شرکت خودروسازی سایپا با هدف هم‌راستا نمودن فعالیت‌ها و تولید محصولات مطابق با خط‌مشی‌های کل سازمان، شروع به تولید خودروهای گازسوز وانت نیسان و پراید نمود و این روند با گذر زمان، رشد فزاینده‌ای داشته است [۹].

[10]Charles Franklin Kettering