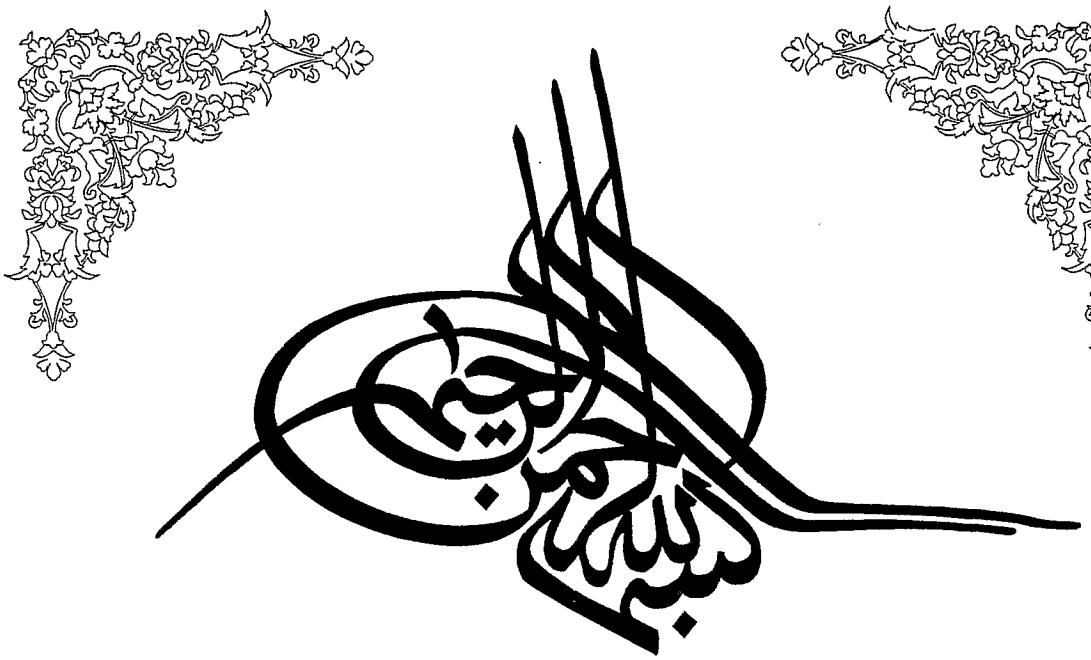


شکر خدای را که ز فضل خدای

گشت مزین چون بهشت این سرای

٤٨٢٩٤

۱۳۸۲ /۵/ ۲۷

دانشکده ریاضی

عنوان :

تخمین نسبت هوا به سوخت در سیلندر یک موتوراحتراق داخلی

نگارش :

جواد دمیرچی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

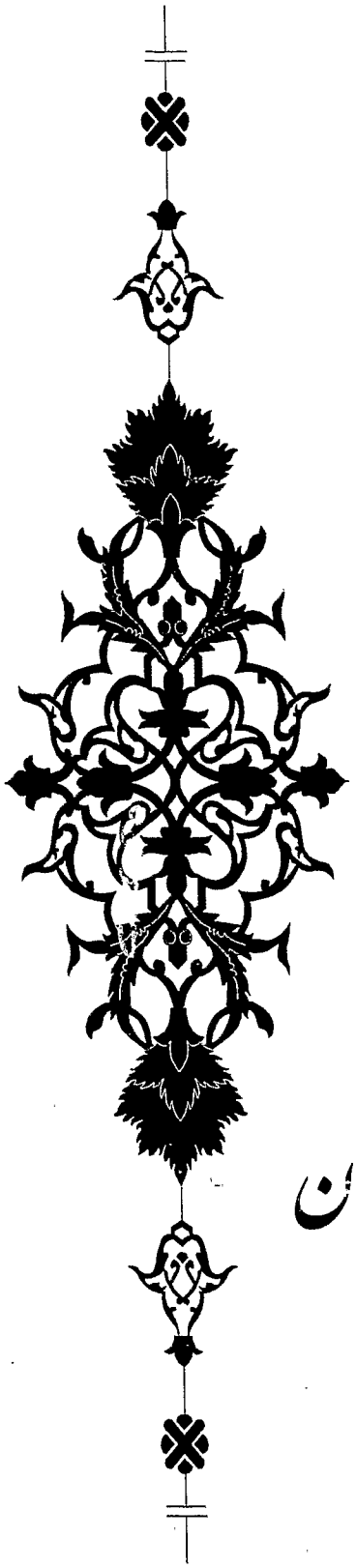
رشته ریاضی کاربردی

استاد راهنما :

پروفسور عبدالله شیدفر

پائیز ۱۳۸۱

٤٠٨٢٩٤



تقدیم به

پدر عزیز و مادر مهربانم

به پاس قدردانی از زحمات بی دریغ ایشان

چکیده

در این پایان نامه، استفاده از فشار سیلندر برای تخمین نسبت هوا به سوخت در سیلندر یک موتور احتراق داخلی اشتعال جرقه ای مورد بررسی قرار می گیرد.

یک مدل تخمینی که از ویژگیهای گرمای آزاد شده استفاده می نماید، برای تخمین نسبت هوا به سوخت در سیلندر یک موتور اشتعال جرقه ای ارائه شده است.

یک مدل ترموشیمیایی از فرآیند احتراق در یک موتور احتراق داخلی ارائه شده، این مدل از یک واکنش ساده شیمیایی احتراق، چند جمله ای مناسب از انرژی داخلی به عنوان تابعی از دما و قانون اول ترمودینامیک برای بدست آوردن رابطه ای بین فشار سیلندر اندازه گیری شده و جریان فرآیند احتراق استفاده می کند. فرضیات ساده سازی برای رسیدن به معادله ای که شبکه گرمای آزاد شده را با فشار سیلندر مرتبط می کند، در این مدل لحاظ شده است.

دو روش برای تخمین انحراف حسگر یک مبدل فشار سیلندر ارایه می شود. هر دو روش، داده فشار را در طول تراکم پیش از احتراق با یک منحنی پلی تروپیک منطبق می کنند. اولین روش یک نمای پلی تروپیک معلوم را در نظر گرفته و روش دیگر این نمای پلی تروپیک را برآورد می کند. اولین روش به یک مساله کمترین مربعات خطی و روش دوم به یک مساله کمترین مربعات غیرخطی منتج می شوند. مساله کمترین مربعات غیرخطی با جدا سازی وابستگی غیرخطی مساله و حل یک مساله مینیمم سازی تک متغیره حل می شود. برای این منظور روش تفاضلات متناهی نیوتن بکار می‌رود. با استفاده از این روش، هزینه حل مساله کمترین مربعات غیرخطی تنها اندکی بیشتر از حل مساله کمترین مربعات خطی است.

در نهایت مساله انتقال گرما در موتور احتراق داخلی و فرآیند انتقال گرما در محفظه احتراق بررسی شده است. همچنین یک مساله معکوس هدایت گرمایی در دیواره سیلندر ارایه شده است.

تقدیر و تشکر

سپاس بیکران بر ایزد یکتا، آن یگانه مطلق هستی که حدی را بر لطف بیکرانش نتوان یافت که در سراسر زندگی مرا مورد لطف و عنایت خود قرار داده و توانم داده تا در راه او قدم بردارم.

آن خدائی که به ما ارزش داد تا قلم را بشناسیم و در راه کسب دانش قدم برداریم. بی شک مدیون زحمات عزیزان و معلمین بسیاری هستم که هر یک در رشد و تعالی این حقیر تلاشها نموده اند که بردن نام آنها در این مقوله کاری نشدنی است، برای همه آنها عزت و سربلندی پایدار خواستارم.

در ابتدا از استاد ارجمند و دانشمند گرامی ، جناب آقای پروفسور عبدالله شیدفر، که امر هدایت این پایان نامه را بر عهده داشته اند و با عنایت و توجه همیشگی و راهنماییهای خود مرا در انجام این مهم یاری نمودند و با قبول راهنمایی این پایان نامه، افتخار بزرگی نصیب اینجانب نموده اند، بی نهایت سپاسگزارم.

از اساتید محترم دانشکده ریاضی دانشگاه علم و صنعت ایران ، دکتر احمد گلبابائی و دکتر رحمان فرنوش که هر کدام مسئولیتی در قبال پایان نامه بر عهده گرفتند کمال تشکر را دارم.

همچنین از استاد محترم جناب آقای دکتر ابوالقاسم امام زاده که مسئولیت داوری خارجی این پایان نامه را بر عهده گرفته اند، تشکر می کنم.

از دوستانم در مقطع کارشناسی ارشد آقایان رضا پورقلی، وحید رومی، مهدی امام جمعه، محمد ضارب نیا، محسن رضائی، محمد رضا سالاریان، حمید کشاورز، مهدی جلالوند، مرتضی گرشاسبی و محمد جهانگیری و خانم ها فلاح، محمدیان و عسگری به پاس زحماتشان کمال تشکر را دارم.

از سرکار خانم یوسفی کارشناس محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده ریاضی به خاطر زحمات و بذل توجه ایشان و سرکار خانم کردبچه مسئول محترم کتابخانه دانشکده ریاضی و همچنین خانمها یاری، علیخانی، دانشمند و آقای میرزائی به خاطر مساعدتهای بیدریغشان در تمام دوران تحصیل و همچنین سرکار خانم یاری که با دقت نظر بسیارشان در تایپ و تنظیم این پایان نامه مرا یاری نموده اند، بی نهایت سپاسگزارم.

و در آخر از تمامی دوستان دوران کارشناسی و کارشناسی ارشد و همچنین اعضای خانواده بخصوص برادران عزیز و خواهر مهربانم که همواره یاریگر من در طول دوران تحصیل بودند کمال تشکر را دارم و برای آنها آرزوی موفقیت و پیروزی می نمایم.

فهرست

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	
۱-۱ تاریخچه کوتاهی از آلودگی موتور خودرو و کنترل آن	۲
۱-۲ فشار سیلندر برای کنترل موتورهای احتراق داخلی	۳
۱-۲-۱ مدل ترمودینامیکی احتراق در موتورهای احتراق داخلی	۳
۱-۲-۲ تخمین انحراف یا رقم متعادل‌کننده فشار سیلندر	۵
۱-۲-۳ تخمین نسبت هوا به سوخت برمبنای فشار سیلندر	۷
۱-۳- عناوین	۸
۱-۳-۱ مدل‌سازی ترمودینامیکی احتراق در موتورهای احتراق داخلی	۹
۱-۳-۲ تخمین انحراف فشار سیلندر	۹
۱-۳-۳ تخمین نسبت هوا به سوخت برمبنای فشار سیلندر	۱۰
فصل دوم: مفاهیم پایه‌ای موتور احتراق داخلی	
۲-۱ مقدمه	۱۴
۲-۲ موتورهای گرما	۱۴
۲-۳ ساختار موتور	۱۶
۲-۳-۱ سرعت و وضعیت پیستون	۱۷
۲-۳-۲ حجم محفظه احتراق	۱۸
۲-۴ چرخه ترمودینامیکی یک موتور	۱۹
۲-۵ احتراق موتور	۲۱
۲-۵-۱ احتراق در موتور اشتعال جرقه‌ای	۲۲
۲-۵-۲ احتراق در موتور *HCCI*	۲۲
فصل سوم: تحلیل ترمودینامیکی فرآیند احتراق در یک موتور احتراق داخلی با استفاده از فشار سیلندر	

۳-۱ مقدمه ۲۵
۳-۱-۱ اندازه‌گیری فشار سیلندر ۲۵
۳-۱-۲ ترمودینامیک ۲۵
۳-۲ تعریف سیستم ۲۶
۳-۳ تحلیل ترمودینامیکی ۲۸
۳-۳-۱ مدل ترمودینامیکی ۲۸
۳-۳-۲ آنالیز ۲۹
۳-۴ مقایسه با آنالیز گرمای آزادشده استاندارد ۳۳
۳-۴-۱ اثرات شکاف ۳۵
۳-۴-۲ انتقال گرما ۳۵
۳-۵ کاربردها ۳۶
۳-۵-۱ ساده‌سازیهائی برای کنترل کاربردهای زمان واقعی ۳۶
۳-۵-۲ برآوردی از معادله گرمای ویژه ثابت ۳۹

فصل چهارم: برآورد انحراف حسگر فشار سیلندر

۴-۱ مقدمه ۴۹
۴-۱-۱ صورت مساله ۴۹
۴-۱-۲ جواب مساله ۵۰
۴-۲ انواع مبدل‌ها ۵۱
۴-۳ تحلیل ترمودینامیکی کورس تراکم ۵۱
۴-۴ شناسائی پارامترهای تراکم، زمانیکه مقدار k معلوم است ۵۵
۴-۴-۱ فرمول‌بندی مساله ۵۵
۴-۴-۲ جواب کمترین مربعات ۵۶
۴-۴-۳ خواص آماری تخمین کمترین مربعات ۶۰
۴-۵ برآوردی از نمای پلی‌تروپیک ۶۶
۴-۵-۱ تعریف تابع زیان ۶۶

۴-۵-۲ تحلیل دیفرانسیلی تابع زیان ۶۷
۴-۵-۳ روش‌های نیوتن برای بهینه‌سازی ۷۲
۴-۵-۴ برآوردی از روش تفاضلات متناهی نیوتن بکار رفته برای مساله تخمین k ۷۹
۴-۶ نتایج ۸۶
۴-۶-۱ برآورد کمترین مربعات خطی ۸۷
۴-۶-۲ برآورد کمترین مربعات غیرخطی ۸۷

فصل پنجم: تخمین نسبت هوا به سوخت با استفاده از مدت زمان گرمای آزادشده کلی

۵-۱ مقدمه ۹۱
۵-۱-۱ روش ۹۱
۵-۲ مروری برمفاهیم شعله و سرعت شعله ۹۱
۵-۲-۱ تعریف شعله ۹۲
۵-۲-۲ سرعت شعله خطی ۹۳
۵-۲-۳ سرعت شعله مغشوش ۹۵
۵-۳ مدل‌های سرعت شعله ۹۵
۵-۳-۱ مدل سرعت شعله خطی ۹۵
۵-۳-۲ مدل‌سازی سرعت شعله مغشوش ۹۶
۵-۴ استفاده از فشار سیلندر برپایه گرمای آزاد شده در مدل‌های سرعت شعله ۹۸
۵-۴-۱ ارتباط نرخ سوختن یا احتراق با سرعت شعله ۹۸
۵-۴-۲ ارتباط نرخ احتراق با نرخ میانگین گرمای آزادشده ۱۰۲
۵-۵ شناسائی و تعیین پارامترهای مدل ۱۰۴
۵-۵-۱ روش شناسائی ۱۰۴
۵-۵-۲ آزمایش‌های شناسائی پارامترها ۱۰۶
۵-۶ اعتبار مدل ۱۰۷

۵-۷ نتیجه‌گیری ۱۱۰

فصل ششم: فرآیند انتقال گرما در موتور

۶-۱ مقدمه ۱۱۳

۶-۲ روش‌های انتقال گرما ۱۱۴

۶-۳ مدل‌سازی مسائل هدایت گرمائی ۱۱۷

۶-۳-۱ شرایط مرزی و اولیه ۱۲۰

۶-۴ مسائل معکوس هدایت گرمائی ۱۲۱

۶-۴-۱ مقدمه ۱۲۱

۶-۴-۲ مساله مستقیم هدایت گرمائی ۱۲۴

۶-۴-۳ مساله معکوس هدایت گرمائی ۱۲۵

۶-۵ انتقال گرما در موتورهای احتراق داخلی ۱۲۷

۶-۵-۱ مقدمه ۱۲۷

۶-۵-۲ دمای موتور ۱۲۸

۶-۵-۳ انتقال گرما در محفظه احتراق ۱۳۰

۶-۵-۴ مساله معکوس هدایت گرمائی در دیواره سیلندر ۱۳۳

پیوست ۱

نمادها ۱۳۷

۱-۱ نرمودینامیک و احتراق

۱-۲ هندسه

۱-۳ چرخه‌های موتور

۱-۴ آنالیز کمترین مربعات

۱-۵ شیمی

پیوست ۲ ۱۴۰

اختصارات

مراجع ۱۴۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱ تاریخچه کوتاهی از آلودگی موتور خودرو و کنترل آن

در مدت شش دهه گذشته موتورهای احتراق داخلی با توجه به نقش آنها به عنوان یک عامل اصلی در آلودگی هوا همواره تحت رسیدگی و بررسی‌های دقیق‌تری بوده‌اند.

مشکل مه دود حاصل از ترافیک اتومبیل‌ها، اولین‌بار در اوائل سال ۱۹٤۰ در لس‌آنجلس مشاهده شد. در ۱۹۵۲، *Haagen – Smit*[۱۸] نشان دادند که مشکل مه‌دود لس‌آنجلس بعلت واکنش‌های بین اکسیدهای نیتروژن و هیدورکربن در حضور نور خورشید ناشی شده است. بعدها نتیجه گرفته شد که اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن که منجر به پدیده مه‌دود فتوشیمیائی می‌شوند، از احتراق صورت گرفته در موتورهای اتومبیل‌ها سرچشمه می‌گیرد.

در ۱۹۵۹، مجلس ایالت کالیفرنیا تصمیماتی در نتیجه مشکل مه‌دود لس‌آنجلس اتخاذ نمود. اولین قدم‌های مجلس برای کاهش آلودگی هوا توسط خودروها، قراردادن خروجی‌های استاندارد انتشار آلودگی برای موتورهای اتومبیل‌ها بود [۶].

این ابتکار ایالت کالیفرنیا ابتدا توسط دولت فدرال آمریکا و سپس توسط ژاپن و اروپا و بقیه کشورهای جهان ادامه یافت، و عاملی جهت وضع استانداردهای سخت‌تری برای خروجی‌های آلاینده وسایل نقلیه گشت.

در ۱۹۷۵، مبدل کاتالیزوری (مبدل کاتالیزوری اکسیدکننده) دو طریقه بعنوان وسیله‌ای در کاهش آلودگی لوله خروجی متشکل از هیدورکربن‌ها و منوکسیدکربن معرفی شد. در ۱۹۷٦، ولوو اتومبیل مدل سال ۱۹۷٦ خود را بعنوان اولین خودرو دارای طرح یک مبدل کاتالیزوری

(مبدل کاتالیزوری اکسیدکننده/کاهش دهنده) سه طریقه که قادر بود به صورت موثر لوله خروجی از سه آلاینده، هیدروکربن- منوکسیدکربن- اکسید نیتروژن را کنترل نماید، معرفی نمود.

معرفی مبدل کاتالیزوری سه طریقه (*TWC*) [۱]منجربه یک انقلاب صنعتی در صنعت موتورهای احتراق داخلی و جامعه محققین شد. بعبارتی برای بدست آوردن بازده تبدیل کاراتر برای هر سه نوع آلاینده، نسبت جرمی هوا و سوخت در محفظه احتراق باید در یک محدوده نزدیک به نسبت استیوکیومتری باشد (بطوریکه فقط اکسیژن کافی برای اکسیداسیون همه سوخت فراهم شود.) کاربراتور که از قبل برای تعیین مقدار سوخت ورودی به سیلندر استفاده می‌شد، حال برای کنترل چنین نسبت هوا به سوخت دقیقی (*AFR*) کافی نمی‌باشد. موضوع کنترل نسبت هوا به سوخت (*AFR*) به منظور کاهش انتشار آلاینده‌ها همواره موضوع تحقیقاتی جدی بوده است.

۱-۲ فشار سیلندر برای کنترل موتورهای احتراق داخلی

۱-۲-۱ مدل ترمودینامیکی احتراق در موتورهای احتراق داخلی

اولین تلاش‌ها برای ارائه یک مدل برپایه فشار سیلندر، برای بررسی احتراق در یک موتور احتراق داخلی توسط Rassweiler-Withrow در ۱۹۳۸ انجام شد. [۲۹]

---

[۱]- Three-way catalytic converter

آنهـا یک مدل تجربی را ارائه کردند، مدل آنها گویای این نکته بود که مقدار جرم سوخته شده متناسـب بـا تفاوت بین فشار سیلندر اندازه‌گیری شده و فشار سیلندر بدست آمده از انبساط و تـراکم پلـی‌تروپیک است. این مدل یک مدل استاندارد برای محاسبه کسر جرم سوخته شده به مدت ۵۰ سال بود.

در [۲] Belizard-Keck بـا اسـتفاده از ترمودینامـیک، یک مدل اغتشاش برای پیشگوئی انتشار شـعله در یـک موتور اشتعال جرقه‌ای ارائه کردند. این پیشگوئی‌ها با فشار سیلندر اندازه‌گیری شـده و سنسـور جـریان در سرتاسـر محفظه احتراق که انتشار شعله را آشکار می‌سازد مقایسه شده‌اند.

در [۱۵] یـک مـدل تک منطقه‌ای برپایه قانون اول ترمودینامیک برای محاسبه گرمای آزاد شده در یک موتور اشتعال جرقه‌ای که از زاویه میل لنگ برای تحلیل فشار سیلندر اندازه‌گیری شده استفاده می‌کند، ارائه شده است. در این مدل فرض می‌شود که انرژی ویژه داخلی تنها تابعی از دما می‌باشد.

تـبدیل انـرژی شـیمیائی بـه انرژی گرمائی به علت فرآیند احتراق به عنوان یک فرآیند افزودن گـرما بـه صورت مجزا بررسی می‌شود و همچنین ترکیب گاز درون سیلندر در سرتاسر چرخه مدل، ثابت فرض می‌شود.

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

۱-۲-۲ تخمین انحراف یا رقم متعادل کننده فشار سیلندر

روشهای موجود برای تخمین انحراف سنسور در اندازه‌گیریهای فشار سیلندر به دو گروه عمده تقسیم می‌شوند، روشهائی که نیازمند افزودن یک فشار مطلق مرجع دارند و روشهائی که منحنی تراکم پلی تروپیک را بکار می‌برند، این روشها در [۲۸] مورد مقایسه قرار گرفته‌اند.

روشهای افزودن یک فشار مطلق مرجع

ایده اصلی در پشت این روشها این است که در طول مدت بعضی از قسمتهای چرخه احتراق، فشار در منیفلد ورودی و فشار در سیلندر برابر هستند. بنابراین روش فوق، عبارتست از اتخاذ متوسطی از یک تعداد اندازه‌گیریهای فشار متوالی نزدیک این نقطه در چرخه و مقایسه آن با متوسط اندازه‌گیری فشار در منیفلد ورودی در همان زمان، و در این حالت فشارها باید برابر باشند. با استفاده از این روش، انحراف سنسور فشار تعیین می‌شود.

مشکل وابسته به این روش این است که چطور تعیین کنیم که در چه نقطه‌ای از چرخه فشارها برابرند؟ این مشکل بیشتر باید با انجام آزمایشات بردامنه سرعت و بارگذاری کامل در موتور صورت گیرد که بسیار وقت‌گیر می‌باشد. از لحاظ اقتصادی ضعف دیگر این است که مستلزم استفاده از یک سنسور دیگر می‌باشد.

روشهای تراکم پلی تروپیک

این روشها بیان کننده این ویژگی هستند که بخشی از حرکت تراکم در یک موتور چهار زمانه بعد از بسته‌شدن سوپاپ ورودی و قبل از اینکه احتراق آغاز شود، بطور دقیق بوسیله یک منحنی تراکم پلی‌تروپیک قابل بیان می‌باشد.