بسمه تعالی

دانشکده مهندسی هوافضا

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش پیشرانش

شبیه سازی رژیم‌های دینامیکی غیرخطی حرارتی در یک سامانه پیشران سوخت مایع

استاد راهنما:

دکتر حسن کریمی

اساتید مشاور:

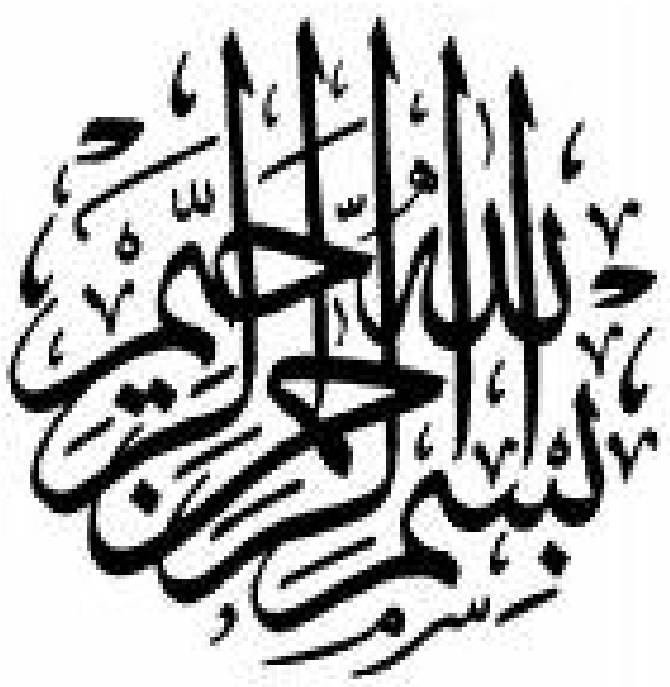
مهندس داود رمش

مهندس اسماعیل ولی‌زاده

نگارش:

محمدرضاترنجیان

شهریور ۱۳۹۰



تقدیم به

روح پر فتوح جد بزرگوارم حاج علی آقا ترنجیان که تشویق ها و دعای خیرش همواره بدرقه راهم

در طول زندگی خصوصا انجام مراحل این پایان نامه بود.

باشد که روحش قرین رحمت حق تعالی گردد و مورد شفاعت اهل بیت (س)

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**تأییدیه هیأت داوران**	**شماره:** **تاریخ:**

هیأت داوران پس از مطالعه پایان‌نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان‌نامه تهیه شده تحت عنوان :

شبیه سازی رژیم‌های دینامیکی غیرخطی حرارتی در یک سامانه پیشران سوخت مایع

توسط آقای **محمدرضا ترنجیان**، صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته **مهندسی هوافضا** گرایش **پیشرانش** در تاریخ ..... / .... / .... ۱۳ مورد تأیید قرار می‌هند.

۱- استاد راهنما	جناب آقای دکتر	امضاء
۲- استاد مشاور	جناب آقای دکتر	امضاء
۳- ممتحن داخلی	جناب آقای دکتر	امضاء
۴- ممتحن خارجی	جناب آقای دکتر	امضاء
۵- نماینـــده تحصـــیلات تکمیلی دانشکده	جناب آقای دکتر	امضاء

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**اظهارنامه دانشجو**	**شماره:** **تاریخ:**

اینجانب .....**محمدرضا ترنجیان**..... **دانشجوی کارشناسی‌ارشد رشته** ...**مهندسی هوافضا**..... **گرایش** ....**پیشرانش**.... **دانشکده** .....**مهندسی هوافضا**..... دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در پایان‌نامه با عنوان

شبیه سازی رژیم‌های دینامیکی غیرخطی حرارتی در یک سامانه پیشران سوخت مایع

با راهنمایی استاد محترم جناب آقای دکتر ...حسن کریمی مزرعه شاهی.....، توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت واصالت مطالب نگارش شده در این پایان‌نامه مورد تأیید می‌باشد، و در مورد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تا کنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو:

تاریخ:

بسمه تعالی

تاسیس ۱۳۰۷ دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی	**حق طبع و نشر و مالکیت نتایج**	**شماره:** **تاریخ:**

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان‌نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مراجع مجاز نمی‌باشد.

با تشکر فراوان از زحمات اساتید محترم جناب آقای مهندس رمش و جناب آقای مهندس ولی‌زاده که با محنت فراوان در تمامی مراحل، راهنمایی های لازم را با جان دل انجام داده اند. که چه بسا بدون زحمات و راهنمایی‌های ایشان انجام این پروژه مقدور نبود.

و همچنین با تقدیر و تشکر از استاد محترم جناب آقای دکتر حسن کریمی که مرا در تمامی مراحل از سترگ علم خود و با تجربیات خود بخصوص آموزه‌های ایشان در درس طراحی موتورهای سوخت مایع، مستفید نمودند.

و همچنین با تشکر از دوست عزیزم جناب مهندس عباسی که در زمینه نرم افزاری به بنده کمک بسیاری نمودند.

چکیده

در این پایان نامه به شبیه‌سازی رژیم دینامیکی حرارتی موتور موشک سوخت مایع در طول مسیر-خنک‌کاری محفظه پیشرانش، برحسب زمان شروع به کار موتور تا رسیدن پارامترهای اصلی موتور(فشار محفظه پیشرانش) به مقدار نامی(حالت دائمی)، پرداخته می‌شود. برای بررسی انتقال حرارت یک بعدی محفظه پیشرانش، نیاز به دانستن پارامترهای دینامیکی پیشران‌های ورودی به محفظه پیشرانش وجود دارد، بنابراین به شبیه‌سازی رژیم‌گذرای شروع به کار موتور در طول مسیرهای سوخت و اکسیدکننده، جهت محاسبه پارامترهای نسبت اختلاط سوخت به اکسید کننده، فشار محفظه و دبی وفشار سوخت و اکسید کننده در ورود به محفظه پیشرانش، با کمک نرم افزار سیمولینک پرداخته می‌شود. درنهایت ضمن امکان بررسی تغییرات پارامترهای عملکردی موتور، نرم‌افزاری جهت انجام شبیه سازی رژیم دینامیکی حرارتی موتور، بدست می‌آید، که به طراح، در انتخاب جنس دیواره، نوع مسیرخنک‌کاری پارامترهای عملکردی موتور و... ،کمک می‌کند.

کلمات کلیدی: *رژیم دینامیکی حرارتی- شبیه سازی دینامیکی - خنک کاری بازیابی محفظه رانش موتور سوخت مایع*

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل ۱ مقدمه ۱

۱-۱ آشنایی با سامانه های پیشران سوخت مایع(ساپسم) ۴

۱-۱-۱ پارامترهای اصلی موتور سوخت مایع ۴

۱-۱-۲ دسته بندی موتورهای سوخت مایع ۹

۱-۲ خنک‌کاری، ساختار کلی تولید و اتصال به موشک ۱۶

۱-۲-۱ ویژگی ساختاری محفظه و نازل ۱۷

۱-۲-۲ انواع مسیرهای خنک کاری ۱۹

۱-۳ اهمیت مدل‌سازی و شبیه‌سازی ریاضی مجموعه‌های موشکی ۲۲

۱-۴ تاریخچه شبیه‌سازی ۲۴

فصل ۲ معرفی و بررسی عملکرد موتور مورد نظر ۲۸

۲-۱ مقدمه ۲۹

۲-۲ چگونگی شروع به کار موتور ۳۱

۲-۳ قطع و خاموشی موتور ۳۳

۲-۴ ورودی‌های مدل شبیه ساز موتور ۳۵

فصل ۳ مدل‌سازی ریاضی سامانه موتور سوخت مایع ومحاسبه ضرایب ۴۴

۳-۱ مدلسازی ریاضی سیستم‌ها و انواع آن ۴۵

۳-۱-۱ مراحل مدل‌سازی و شبیه سازی ریاضی ۴۵

۳-۱-۲ اصول تهیه و نگارش مدل ریاضی ۴۷

۳-۲ انواع روشهای مدل‌سازی ریاضی ۴۸

۳-۳ مدل‌سازی ریاضی موتور سوخت مایع مورد بررسی ۵۰

۳-۳-۱ فرضیات ۵۱
۳-۳-۲ مدل ریاضی لوله‌ها و مسیرهای عبور سیال و شیرآلات ۵۲
۳-۳-۳ مسیر عبور اکسیژن از مخزن تا ورودی پمپ (مسیر مکش لوله O1) ۵۵
۳-۳-۴ مسیر عبور اکسیژن از خروجی پمپ تا محفظه پیشرانش ۵۷
۳-۳-۵ مسیر ورودی پیشران‌ها بعد از توربوپمپ به مولد گاز ۶۱
۳-۳-۶ مسیر سوخت از مخزن تا پمپ ۶۴
۳-۳-۷ مسیر خروجی پمپ سوخت تا محفظه پیشرانش ۶۶
۳-۳-۸ مدل ریاضی سیستم توربوپمپ ۶۹
۳-۳-۹ مدل ریاضی سیستم توربین ۷۱
۳-۳-۱۰ مدل ریاضی محفظه‌های احتراق موتور و مولد گاز ۷۳
۳-۳-۱۱ زمان بندی باز شدن شیرهای کنترلی ۷۶
۳-۳-۱۲ شیرهای اصلی مسیر سوخت ۷۶
۳-۳-۱۳ شیرهای مسیر ورودی پیشران‌ها به مولد گاز ۷۷
۳-۳-۱۴ شیر سیال خود اشتعال ۷۸
فصل ۴ شبیه سازی دینامیکی موتور سوخت مایع ۷۹
۴-۱ الگوریتم شبیه سازی در یک موتور سوخت مایع ۸۰
۴-۲ شرح شبیه سازی المان های مختلف در سیمولینک ۸۱
۴-۲-۱ شبیه سازی مسیر اکسیژن مایع از مخزن تا ورودی پمپ ۸۲
۴-۲-۱ شبیه سازی مسیر عبور اکسیژن از خروجی پمپ تا محفظه پیشرانش ۸۳
۴-۲-۲ مسیر ورودی پیشران‌ها بعد از توربوپمپ به مولد گاز ۸۵
۴-۲-۳ مسیر سوخت از مخزن تا پمپ ۸۷
۴-۲-۴ مسیر خروجی پمپ سوخت تا محفظه پیشرانش ۸۸

۴-۲-۵ توربوپمپ ۹۰
۴-۲-۶ توربین ۹۱
۴-۲-۷ محفظه احتراق مولد گاز و محفظه احتراق اصلی موتور ۹۲
۴-۲-۸ معادلات تاخیر زمانی ۹۳
فصل ۵ مدل‌سازی و شبیه‌سازی دینامیکی انتقال حرارت در محفظه پیشرانش موتور ۹۵
۵-۱ تراز انرژی در مبدلهای حرارتی ۹۶
۵-۲ معادلات دمایی دیواره و انتقال حرارت آن ۹۷
۵-۳ پروفیل محفظه پیشرانش ۱۰۷
۵-۳-۱ نازل ۱۰۸
۵-۳-۲ پروفیل محفظه ۱۱۰
۵-۴ نحوه شبیه‌سازی ۱۱۰
۵-۴-۱ توصیف برنامه شبیه سازی ۱۱۱
فصل ۶ نتایج شبیه‌سازی دینامیکی موتور و تحلیل و نتیجه گیری ۱۱۳
۶-۱ بررسی نتایج شبیه سازی موتور سوخت مایع مورد بررسی ۱۱۴
۶-۲ مقایسه نتایج تحلیلی با داده های تجربی ۱۲۱
۶-۳ مقایسه برنامه شبیه سازی رژیم حرارتی با اطلاعات یک موتور تست شده ۱۲۲
۶-۴ نتایج شبیه سازی رژیم دینامیکی حرارتی موتور ۱۲۶
۶-۵ نتیجه گیری ۱۳۱
۶-۶ پیشنهادات برای پژوهش های آینده ۱۳۲
پیوست ۱: مشخصات مواد(سوخت ودیواره) ۱۳۳
پیوست ۲: جداول مورد نیاز جهت طراحی پروفیل محفظه پیشرانش ۱۳۹
پیوست ۳: سیستم‌های اصلی سامانه موتور F-1 ..... ۱۴۲

مجموعه محفظه پیشرانش ۱۴۳
محفظه گنبدی شکل جمع کننده اکسیژن مایع ۱۴۳
انژکتورهای محفظه پیشرانش ۱۴۴
مخزن سوخت خود اشتغال ۱۴۶
سیستم جرقه زن با استفاده از مواد محترقه ۱۴۶
عایق حرارتی ۱۴۶
توربوپمپ ۱۴۷
توربین ۱۴۷
سیستم مولد گاز ۱۴۹
سیستم کنترل تغذیه پیشران ۱۵۰
شیر های کنترلی مسیر اکسید کننده ۱۵۰
شیرهای کنترلی مسیر سوخت ۱۵۱
سیستم فشار گذاری و دمش ۱۵۱
مبدل حرارتی ۱۵۲
سیستم ابزار آلات دقیق پروازی ۱۵۴
شیروارَسی ۱۵۵
مراجع ۱۵۷

فهرست شکل‌ها

عنوان | صفحه

شکل ۱-۱ دسته بندی موتورهای موشکی[۱] ۴

شکل ۱-۲ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۳ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۴ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۵ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۶ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۷ نوعی از مدار موتورهای سیکل باز ۱۳

شکل ۱-۸ نوعی از مدار موتورهای سیکل بسته ۱۴

شکل ۱-۹ نوعی از مدار موتورهای سیکل بسته ۱۴

شکل ۱-۱۰ نوعی از مدار موتورهای سیکل بسته ۱۴

شکل ۱-۱۱ نوعی از مدار موتورهای سیکل بسته ۱۴

شکل ۱-۱۲ پروفیل گازدینامیکی محفظه[۱] ۱۷

شکل ۱-۱۳ چند طرح مسیر خنک کاری محفظه[۱] ۱۸

شکل ۱-۱۴ دو طرحِ مسیر خنک کاری از نوع پوسته های به هم پیوسته[۱] ۲۰

شکل ۱-۱۵ مسیر خنک کاری لوله ای[۱] ۲۱

شکل ۲-۱ نمایی از موتور F-1 به همراه معرفی بخش‌های اصلی موتور[۳۴] ۳۰

شکل ۲-۲ فلوچارت مراحل شروع به کار موتور و وقایع شبیه سازی شده به ترتیب زمانی وقوع آن ۳۴

شکل ۲-۳ پیکر بندی موتور که حالت شروع به کار موتور به همراه پارامترهایش را مشخص می‌کند ۴۲

شکل ۲-۴ مقادیر دبی وفشار نامی (جریان دائمی) مسیرهای عبور جریان پیشران‌ها بعد از توربوپمپ ۴۳

شکل ۳-۱ مراحل تهیه مدل ریاضی یک سیستم [۵] ۴۶

شکل ۳-۲ شماتیکی از مدل‌سازی مسیر اکسیژن مایع تا پمپ[۸] ۵۵
شکل ۳-۳ شماتیک مدل‌سازی مسیر اکسیژن مایع از خروجی پمپ تا مخزن گنبدی شکل و انژکتور[۸] ۵۷
شکل ۳-۴ مسیر معادل شده جهت مدل‌سازی مسیر شماره ۱ اکسیژن تا مخزن گنبدی [۸] ۶۰
شکل ۳-۵ مسیر معادل شده جهت مدل‌سازی مسیر شماره ۲ اکسیژن تا مخزن گنبدی[۸] ۶۱
شکل ۳-۶ مدل‌سازی مسیر سوخت و اکسید کننده به مولدگاز[۸] ۶۲
شکل ۳-۷ مسیر معادل‌سازی شده جهت مدل‌سازی مسیر اکسیدکننده به مولد گاز[۸] ۶۳
شکل ۳-۸ نحوه مدل‌سازی مسیر سوخت از مخزن تا ورودی توربوپمپ[۸] ۶۵
شکل ۳-۹ مسیر مدل‌سازی شده خروجی پمپ سوخت تا محفظه پیشرانش[۸] ۶۶
شکل ۳-۱۰ مسیر معادل‌شده جهت مدل‌سازی مسیر سوخت به چندراهه قبل از محفظه پیشرانش ۶۸
شکل ۳-۱۱ مسیر معادل شده جهت مدل‌سازی مسیر سوخت به چندراهه قبل از محفظه پیشرانش ۶۸
شکل ۳-۱۲ نحوه تغییرات ضریب باز شدگی شیر مولدگاز با زمان ۷۸
شکل ۴-۱ پنجره تعیین پیکربندی حل مسئله در نرم‌افزار سیمولینک ۸۰
شکل ۴-۲ نمای کلی از المان های شبیه سازی شده کل سیستم موتور ۸۲
شکل ۴-۳ زیر سیستم شبیه سازی مسیر اکسیژن مایع از مخزن تا ورودی پمپ(Lox suction duct) ۸۳
شکل ۴-۴ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر شماره ۱ اکسیژن مایع(لوله O2) (Main Lox Valve no.1) ۸۴
شکل ۴-۵ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر شماره ۲ اکسیژن مایع(لوله O3) (Main Lox Valve no.2) ۸۴
شکل ۴-۶ زیر سیستم شبیه‌سازی مخزن گنبدی تجمیع اکسیژن مایع و انژکتور ۸۵
شکل ۴-۷ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر اکسیژن به مولد گاز(Gas generator LOX ball valve) ۸۶
شکل ۴-۸ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر سوخت به مولد گاز(Gas generator Fuel ball valve) ۸۶
شکل ۴-۹ زیر سیستم شبیه‌سازی نسبت ضریب بازشدگی $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ برای محاسبه λ_{gVO} و λ_{gVF} ۸۷
شکل ۴-۱۰ زیر سیستم شبیه سازی مسیر سوخت از مخزن تا ورودی پمپ(Fuel suction duct) ۸۷
شکل ۴-۱۱ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر شماره ۱ سوخت(لوله F3) (Main Fuel Valve no.1) ۸۸

شکل ۴-۱۲ زیر سیستم شبیه‌سازی مسیر شماره ۲ سوخت(لوله F4) (Main Fuel Valve no.2)..... ۸۹
شکل ۴-۱۳ زیر سیستم شبیه‌سازی سیستم نمایشگر جرقه‌زن سوخت و کنترل بازشدن شیر سوخت..... ۸۹
شکل ۴-۱۴ زیر سیستم شبیه‌سازی چندراهه سوخت، مسیرخنک کاری و انژکتور سوخت..... ۹۰
شکل ۴-۱۵ زیر سیستم شبیه‌سازی پمپ اکسیژن مایع(LOX Pump)..... ۹۱
شکل ۴-۱۶ زیر سیستم شبیه‌سازی پمپ سوخت(Fuel Pump)..... ۹۱
شکل ۴-۱۷ زیر سیستم شبیه‌سازی توربین..... ۹۱
شکل ۴-۱۸ زیر سیستم شبیه‌سازی مولدگاز(Gas generator)..... ۹۲
شکل ۴-۱۹ زیر سیستم شبیه‌سازی محفظه احتراق(پیشرانش) (Thrust Chamber)..... ۹۲
شکل ۴-۲۰ زیر سیستم شبیه‌سازی شیر سیال خود اشتعال (Ignition fuel flow)..... ۹۳
شکل ۴-۲۱ بلوک تاخیر انداز به صورت تابع تبدیل مرتبه اول..... ۹۴
شکل ۵-۱ جریان سیال سوخت در مسیر خنک‌کاری در دیواره محفظه پیشرانش[۲۶]..... ۹۶
شکل ۵-۲ انتقال حرارت همرفتی و تشعشعی از گاز داغ محترق به هر قسمت دیواره[۳۱]..... ۱۰۲
شکل ۵-۳ انتقال حرارت جهت خنک کاری بازیابی محفظه پیشرانش(در هر قسمت) [۲]..... ۱۰۲
شکل ۵-۴ مشخصات نازل RAO برای طراحی پروفیل ناقوسی شکل محفظه پیشرانش موتور[۳۷]..... ۱۰۸
شکل ۵-۵ منحنی شعاع برحسب طول در هر مقطع از محفظه پیشران..... ۱۱۰
شکل ۶-۱ نمودار نسبت بی بعد فشار خروجی پمپ سوخت در طول زمان..... ۱۱۵
شکل ۶-۲ نمودار نسبت بی بعد دبی پمپ سوخت برحسب زمان شروع به کار..... ۱۱۵
شکل ۶-۳ نمودار نسبت بی بعد فشار مولدگاز برحسب زمان شروع به کار..... ۱۱۶
شکل ۶-۴ نمودار نسبت بی بعد نسبت اختلاط محفظه پیشرانش(O/F) برحسب زمان استارت..... ۱۱۶
شکل ۶-۵ نمودار سرعت مشخصه محصولات محفظه پیشرانش برحسب نسبت اختلاط..... ۱۱۷
شکل ۶-۶ نمودار مقایسه شبیه سازی فشار محفظه پیشرانش با نتایج تست، برحسب زمان استارت..... ۱۱۷
شکل ۶-۷ نمودار مقایسه شبیه سازی دور توربین با نتایج تست، برحسب زمان شروع به کار..... ۱۱۸

شکل ۶-۸ نمودار مقایسه شبیه سازی دبی مسیرهای سوخت با نتایج تست، برحسب زمان استارت..... ۱۱۹
شکل ۶-۹ نمودار مقایسه شبیه سازی اختلاف فشار نامی ورودی پمپ اکسیژن و فشار اولیه آن، با نتایج تست..... ۱۱۹
شکل ۶-۱۰ نمودار مقایسه شبیه سازی فشار خروجی پمپ اکسیدکننده با نتایج تست، برحسب زمان استارت..... ۱۲۰
شکل ۶-۱۱ نمودار مقایسه شبیه سازی دبی کل اکسیژن مایع با نتایج تست، برحسب زمان استارت..... ۱۲۰
شکل ۶-۱۲ توزیع شار حرارتی موتور تست شده..... ۱۲۳
شکل ۶-۱۳ توزیع دمای دیواره از سمت گازهای داغ..... ۱۲۴
شکل ۶-۱۴ توزیع دمای دیواره از سمت سیال خنک‌کننده..... ۱۲۴
شکل ۶-۱۵ توزیع سرعت خنک‌کننده..... ۱۲۵
شکل ۶-۱۶ نمودار افزایش دمای خنک کننده..... ۱۲۵
شکل ۶-۱۷ نمودار توزیع فشار..... ۱۲۶
شکل ۶-۱۸ تغییرات دمای سوخت در انتهای مسیر خنک‌کاری نسبت به O/F در طول شروع به کار..... ۱۲۷
شکل ۶-۱۹ تغییرات دمای سوخت در انتهای مسیر خنک‌کاری نسبت به زمان شروع به کار موتور..... ۱۲۷
شکل ۶-۲۰ چگالی سوخت در انتهای مسیر خنک‌کاری نسبت به زمان شروع به کار موتور..... ۱۲۸
شکل ۶-۲۱ تغییرات سرعت جریان سوخت در انتهای مسیر خنک‌کاری نسبت به زمان استارت..... ۱۲۸
شکل ۶-۲۲ افت فشار در انتهای مسیر خنک‌کاری در طول زمان شروع به کار موتور..... ۱۲۹
شکل ۶-۲۳ تغییرات دمای حالت دائمی سوخت در طول مسیر برگشت خنک‌کاری..... ۱۲۹
شکل ۶-۲۴ تغییرات دمای حالت دائمی دیواره داغ در طول مسیر خنک‌کاری..... ۱۳۰
شکل ۶-۲۵ تغییرات دمای حالت دائمی دیواره سرد در طول مسیر خنک‌کاری..... ۱۳۰
شکل ۰-۱ سیستم مونتاژ شده توربوپمپها به همراه توربین و مسیرهای ورودی و خروجی[۳۴]..... ۱۴۸
شکل ۰-۲ شماتیکی از جایگیری سیستم‌های کنترل هیدرولیکی جهت شروع به کار موتور[۳۴]..... ۱۵۶

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱ سایر مشخصات اصلی موتور F-1 ۳۵

جدول ۲-۲ مقادیر نامی(حالت دائمی) مشخصه‌های اصلی موتور ۳۶

جدول ۲-۳ مشخصات (ترتیب های) زمانی باز شدن شیرهای اصلی جهت شروع به کار موتور ۳۹

جدول ۲-۴ مشخصات (ترتیب های) زمانی قطع شیرهای اصلی جهت خاموشی موتور ۴۰

جدول ۲-۵ مشخصات مدت(کورس) زمانی که طول می‌کشد شیرهای اصلی موتور باز شوند ۴۱

جدول ۲-۶ مشخصات مدت(کورس) زمانی که طول می‌کشد شیرهای اصلی موتور قطع شوند ۴۱

جدول ۳-۱ مقدار ضریب $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ برحسب زمان شروع به کار موتور[۸] ۷۷

جدول ۶-۱ درصد خطای نتایج شبیه سازی و تجربی در حالت نامی موتور ۱۲۱

فصل ۱ **مقدمه**

علوم و صنایع هوافضایی علاوه بر نقش حساسی که از نظر امنیتی و استراتژیک در سرنوشت هر کشوری ایفا می‌کنند، امروزه یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی سطح علم و فن‌آوری یک جامعه در تمامی زمینه‌های آموزشی، تحقیقاتی و صنعتی محسوب می‌شوند. در این راستا به دلیل اهمیت بالای موتورهای موشک سوخت مایع در صنایع هوافضایی، مطالعات وسیع و تحقیقات گسترده‌ای در این زمینه در سرتاسر دنیا انجام شده است. سیستم پیشرانش موشک[1] یا موتور موشک[2]، موتوری عکس‌العملی است که با تبدیل انواع مختلف انرژی به انرژی جنبشی، تولید حرکت می‌نماید. به طور کلی شناخت و پیش‌بینی رفتار سیستم‌های موتور موشک سوخت مایع جهت بهینه‌سازی عملکرد موتور، طراحی دقیق المان‌ها، سهولت امکان عیب‌یابی، کاهش تعداد تست‌ها و درنتیجه پایین آمدن هزینه‌های مربوطه در کلیه مراحل طراحی ضروری می‌باشد.[۱]

در پایان نامه حاضر رژیم حرارتی یک موتور سوخت مایع خاص به صورت دینامیکی و غیر خطی مدل‌سازی و شبیه سازی می‌شود، که این مهم بدون انجام شبیه‌سازی مسیرها، جهت محاسبه دبی و فشار، امکان پذیر نمی‌باشد. به‌طور خلاصه در این پایان نامه اهداف ذیل در مورد موتور مورد بحث دنبال می‌شوند:

بررسی موتور مورد نظر و آشنایی با نحوه عملکرد آن

مدل‌سازی ریاضی موتور مورد بحث

شبیه سازی دینامیکی موتور مورد نظر

مدل‌سازی و شبیه سازی رژیم دینامیکی حرارتی موتور

تحلیل نتایج حاصل از شبیه سازی و مقایسه آنها با نتایج تجربی

در فصل اول این پایان نامه، به منظور آشنایی بیشتر با موتورهای موشکی مایع، به‌صورت خلاصه انواع موتورهای عکس‌العملی (شامل موتورهای موشکی مایع) معرفی می‌شوند و سپس اهمیت مدل‌سازی و

[1] Rocket Propulsion System

[2] Rocket Engine

شبیه سازی مجموعه‌های موشکی ارائه می‌شود و در انتها تحقیقات و مطالعات انجام شده در زمینه مدل‌سازی و شبیه سازی سامانه‌های سوخت مایع و زیرمجموعه‌های مختلف آن بررسی می‌شوند.

در فصل دوم، موتور سوخت مایع مورد نظر معرفی می‌گردد و المان‌های مختلف آن و وظیفه هریک ارائه شده و عملکرد موتور به همراه پارامترهای نامی مورد نیاز جهت مدل‌سازی تشریح می‌شود.

در فصل سوم پس از معرفی انواع روشهای مدل‌سازی، نحوه مدل‌سازی ریاضی دینامیکی غیر خطی موتور مورد بحث توضیح داده می‌شود. به منظور بدست آوردن معادلات ریاضی حاکم بر مجموعه موشکی، در این فصل از قوانین بقای جرم، قانون دوم نیوتن، معادله گاز کامل، معادلهٔ اوریفیس‌ها و قوانین فیزیکی مشابه استفاده می‌شود.

پس از مدل‌سازی سیستم، در فصل چهارم معادلات حاکم بدست آمده به وسیله نرم افزار عددی حل می‌شوند. منطق متد شبیه سازی و نرم افزار بر پایه دنبال کردن سیال است. معادلات دینامیکی حرکت شامل معادلات جبری غیر خطی ضمنی و معادلات دیفرانسیلی متغیر با زمان غیر خطی است.

در فصل پنجم نحوه مدل‌سازی وشبیه‌سازی انتقال حرارت در مسیر خنک کاری موتور، ارائه می‌شود.

در فصل ششم نتایج حاصل از شبیه سازی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند و با نتایج تجربی موجود در شرایط نامی مقایسه شده‌اند. کد تهیه شده برای شبیه سازی بررسی رژیم حرارتی موتور مایع این قابلیت را دارد تاثیرات المانهای مختلف و پارامترهای زیر مجموعه‌های مختلف موتور، بر عملکرد حرارتی مجموعه موتور های مختلف، با پیکربندی های محفظه متفاوت مورد استفاده قرار گیرد.