دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی هوافضا

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش جلوبرنده

عنوان

مدلسازی و شبیه‌سازی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری

استاد راهنما

دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی

استاد مشاور

مهندس علی جعفرقلی

نگارش

سید علیرضا جلالی چیمه

شهریور ماه ۱۳۸۹

تقدیم به

عزیزترین کسانم

پدر و مادر مهربانم

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی هوافضا

هیئت داوران پس از مطالعه پایان نامه و شرکت در جلسه دفاع از پایان نامه تهیه شده تحت عنوان

مدلسازی و شبیه‌سازی ریاضی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری

توسط **سید علیرضا جلالی چیمه** صحت و کفایت تحقیق انجام شده را برای اخذ درجه **کارشناسی ارشد** در رشته **مهندسی هوافضا** گرایش **جلوبرنده** با رتبه مورد تایید قرار می‌دهد.

ردیف	عنوان	نام
۱	استاد راهنما	دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی
۲	استاد مشاور	مهندس علی جعفرقلی
۳	ممتحن داخلی	دکتر رضا ابراهیمی
۴	ممتحن خارجی	دکتر حجت قاسمی
۵	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	دکتر مانی فتحعلی

ردیف	نام	عنوان	امضاء
۱	دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی	استاد راهنما	
۲	مهندس علی جعفرقلی	استاد مشاور	
۳	دکتر رضا ابراهیمی	ممتحن داخلی	
۴	دکتر حجت قاسمی	ممتحن خارجی	
۵	دکتر مانی فتحعلی	نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده	

موضوع پایان نامه: **مدلسازی و شبیه‌سازی ریاضی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری**

استاد راهنما: **آقای دکتر حسن کریمی مزرعه‌شاهی**

دانشجو: **سید علیرضا جلالی چیمه**

شماره دانشجویی: **۸۶۰۱۰۷۴**

اینجانب دانشجوی دوره **کارشناسی ارشد** مهندسی هوافضا گرایش **جلوبرنده** دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تایید می باشد و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون برای دریافت هیچ مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری در هیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان نامه چارچوب مصوب دانشگاه بطور کامل رعایت شده است.

.....

تاریخ.....

حق طبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی برداری بصورت کل پایان نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده مهندسی هوافضا دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می باشد. ضمنا متن این صفحه باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته یاشد.

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 مرجع، مجاز نمی‌باشد.

سپاس خدای را که هر چه هست از اوست

بدون شک انجام پژوهش حاضر بدون راهنمایی، همکاری و حمایت سروران و عزیزانی که همواره کمال لطف را به من داشته‌اند امکان پذیر نبود.

با تشکر از

جناب آقای دکتر کریمی استاد محـترم راهنمای پروژه که بزرگوارانه تمامی زحمات هدایت را متقـبل بـوده‌اند. و آقایان **علی جعفرقلی** و **داوود رمش** که با مشاوره‌های علمی خود مرا در انجام بهتر این پژوهش همیاری کردند.

چکیده

در این پژوهش تلاش بر شبیه‌سازی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری بوده است. وظیفه اصلی این سامانه محقق نمودن سرعت نهایی طراحی شده برای سامانه پرواز می‌باشد، به ترتیبی که بتواند سرعت جسم پرنده را با ایجاد تغییرات مجاز در اندازه نیروی پیشران در هر لحظه از زمان پرواز با سرعت تعیین شده یکسان نماید تاجسم پرنده در دستیابی به هدف تعیین شده، موفق باشد. بدین منظور نیاز به یک شبیه‌ساز دینامیکی سامانه پیشرانش و یک شبیه‌ساز پرواز می‌باشد. که با کوپل این دو شبیه‌ساز با شبیه‌ساز سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری به بررسی نحوه عملکرد این سامانه پرداخته شود. در این پژوهش با انجام مقایسه میان دو موشک که در دارا بدون این سامانه تنها با یکدیگر تفاوت دارند، به بررسی مزایا ومعایب این سامانه پرداخته شده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی انجام شده بیانگر افزایش دقت برد موشک دارای سامانه نسبت به موشک فاقد سامانه در مقابل اغتشاشات وارده می‌باشد. به صورتی که در سامانه هوافضایی مورد بررسی به صورت میانگین در اثر اغتشاشات گوناگون بدون حضور سامانه تنظیم کننده خطای تقریباً ۱.۵ کیلومتری در برخورد با هدف را ایجاد می نمود حال آنکه در اثر حضور این سامانه این مقدار تا حدود ۲۰۰ متر کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی : موتور پیشران مایع سیکل باز، سرعت ظاهری، شبیه‌ساز سامانه پیشرانش، سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری، شبیه‌ساز پرواز

فهرست عناوین

فصل ۱: مقدمه و کلیات ۱

فصل ۲: بررسی سامانه‌های کنترل برون موتوری ۸

۲-۱ مقدمه ۸

۲-۲ تقسیم‌بندی سیستم‌های کنترل موتور ۱۰

۲-۳ کنترل درون موتوری ۱۲

۲-۴ کنترل برون موتوری ۱۳

۲-۵ معرفی اجزای سیستم کنترل اتوماتیک موتور ۱۵

۲-۶ روش‌های کنترل نیروی پیشران ۱۸

۲-۶-۱ کنترل نیروی پیشران از طریق کنترل دبی مولفه‌های مولدگاز ۱۸

۲-۶-۲ کنترل نیروی پیشران از طریق کنترل نسبت مولفه‌ها در مولدگاز ۱۹

۲-۶-۳ کنترل نیروی پیشران به روش کنترل فشار مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۰

۲-۶-۴ کنترل نیروی پیشران به روش کنترل دبی مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۰

فصل ۳: مدلسازی ریاضی موتور پیشران مایع ۲۳

۳-۱ مقدمه ۲۳

۳-۲ مدلسازی ریاضی موتور پیشران مایع ۲۳

۳-۲-۱ فرضیات ۲۴

۳-۲-۲ مدل ریاضی محفظه احتراق موتور و مولدگاز ۲۵

۳-۳ مدل ریاضی سامانه توربوپمپ ۲۹

۳-۴ مدل ریاضی استارتر سوخت جامد ۳۴

۳-۴-۱ رژیم‌های کاری استارتر ۳۵

۳-۴-۲ معادلات حاکم بر استارتر در فاز کاری ۳۶

۳-۴-۳ معادلات حاکم بر استارتر در فاز استارت ۳۸

۳-۴-۴ معادلات حاکم بر استارتر در فاز اتمام گرین ۳۸
۳-۴-۵ روند حل معادلات استارتر ۳۹
۳-۴-۶ مدل ریاضی لوله‌ها و مسیرهای عبور سیال و شیرآلات ۴۰
فصل ۴: شبیه‌سازی سامانه پیشرانش سیکل باز ۴۳
۴-۱ مقدمه ۴۳
۴-۲ معرفی موتور مدل شده پروژه ۴۴
۴-۳ الگوریتم به‌کار رفته در شبیه‌سازی موتور پیشران مایع ۴۶
۴-۴ روش حل جریان در انشعابات ۴۹
۴-۵ روند شبیهسازی المانهای کنترلی ۵۴
۴-۵-۱ رگولاتور ۵۴
۴-۵-۲ استبیلایزر ۵۶
۴-۶ تدوین نرم‌افزار شبیه‌ساز موتور پیشران مایع سیکل باز ۵۸
فصل ۵: شبیه‌سازی پرواز ۶۶
۵-۱ مقدمه ۶۶
۵-۲ معادلات حاکم بر جسم پرنده در فاز فعال ۶۶
۵-۳ معادلات حاکم بر جسم پرنده در فاز خاموشی ۶۸
۵-۴ معادلات حاکم بر جسم پرنده بالستیک در فاز بازگشت به جو ۶۹
۵-۵ محاسبه ضرایب آیرودینامیکی ۶۹
۵-۶ شبیه‌سازی پرواز ۷۰
فصل ۶: معرفی و شبیه‌سازی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۷۴
۶-۱ مقدمه ۷۴
۶-۲ تاریخچه ۷۴
۶-۳ معرفی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۷۶
۶-۳-۲ زیر مجموعه تشخیص سرعت ظاهری ۷۹

۶-۳-۳ زیر مجموعه پردازش اطلاعات و فرماندهی ۸۹
۶-۳-۴ زیر مجموعه عملگر سامانه تنظیم سرعت ظاهری ۹۰
۶-۴ شبیه‌سازی سامانه تنظیم سرعت ظاهری ۹۴
۶-۵ تعیین محدوده کارکرد دروسل سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۹۷
۶-۵-۲ تشخیص سرعت ظاهری ۱۰۱
۶-۵-۳ تعیین نیروی پیشران مورد نیاز برای جبران اختلاف سرعت ۱۰۲
۶-۵-۴ تعیین ضریب افت هیدرولیکی معادل متناسب با نیروی پیشران مورد نیاز ۱۰۴
۶-۵-۵ اعمال ضریب افت هیدرولیکی معادل محاسبه شده در سامانه پیشرانش ۱۰۵

فصل ۷: بحث و بررسی نتایج ۱۰۷

۷-۱ مقدمه ۱۰۷
۷-۲ نتایج شبیه‌سازی سامانه پیشرانش سیکل باز با کنترل درون موتوری ۱۰۸
۷-۲-۲ اطلاعات مورد نیاز شبیهساز سامانه پیشرانش ۱۰۹
۷-۲-۳ نمودارهای استخراج شده برای شبیه‌ساز سامانه پیشرانش ۱۱۱
۷-۲-۴ بررسی اثر تغییرات هندسی و عملکردی سامانه پیشرانش بر رفتار سامانه ۱۱۸
۷-۲-۵ معتبرسازی شبیه‌ساز سامانه پیشرانش ۱۲۵
۷-۳ نتایج شبیه‌سازی پرواز با سامانه پیشرانش درون کنترلی ۱۲۸
۷-۳-۲ معتبرسازی شبیه‌ساز پرواز ۱۳۵
۷-۴ نتایج شبیه‌سازی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۱۳۷
۷-۴-۱ بررسی اثرات افزایش و کاهش ۱۰ درصدی نیروی پسا ۱۳۹
۷-۴-۲ بررسی اثرات افزایش و کاهش ۱۰ درصدی نیروی برآ ۱۴۳
۷-۴-۳ بررسی اثرات افزایش و کاهش ۱۰ درصدی نیروهای آیرودینامیکی با یکدیگر ۱۴۵
۷-۴-۴ افزایش وکاهش ۱۰ درصدی دمای پیشران ۱۴۶
۷-۴-۵ افزایش و کاهش ۱۰ درصدی ضریب افت المان مسیر سوخت محفظه احتراق ۱۴۹
۷-۴-۶ اعمال اغتشاشات نوسانی ۱۵۰
۷-۵ شبیه سازی تصادفی کد شبیه‌ساز ۱۵۳

جمع‌بندی ۱۶۲

پیشنهاد برای فعالیت‌های آتی ۱۶۳

فهرست مراجع ۱۶۴

فهرست اشکال

شکل۲-۱ نمایش شماتیک سیستم کنترل یک جسم پرنده ۱۱

شکل۲-۲ پارامترهای نهایی جسم پرنده. ۱۳

شکل۲-۳ شمای مدار کنترلی رگولاتور. ۱۵

شکل۲-۴ نمایی از یک رگولاتور دبی. ۱۷

شکل۲-۵ موتور پیشران مایع با کنترل نیروی پیشران ۱۹

شکل۲-۶ نمایی از کنترل نیروی پیشران به روش تنظیم مولفه‌های مولدگاز ۱۹

شکل۲-۷ نمایی از کنترل نیروی پیشران به روش کنترل فشار مولفه‌های ورودی به محفظه.....۲۰

شکل۲-۸ نمایی از کنترل نیروی پیشران به روش کنترل دبی مولفه‌های ورودی به محفظه ۲۱

شکل۳-۱ ضریب Kz بر حسب تعداد پره برای چرخ‌های رانش با زاویه نصب خروجی پره متفاوت ۳۱

شکل۳-۲ سه قسمت اصلی فرآیندهای کاری استارتر ۳۵

شکل۴-۱ مدار پنوماهیدرولیکی موتور مدل شده در این پروژه ۴۴

شکل۴-۲ محاسبه دبی عبوری از اولین المان ۴۸

شکل۴-۳ یک مدار هیدرولیکی متشکل از لوله و ارفیس ۴۸

شکل۴-۴ یک مدار هیدرولیکی نمونه متشکل از انشعاب ۵۰

شکل۴-۵ فلوچارت زیربرنامه مسیر سوخت (یا مسیر اکسیدکننده) قبل از انشعاب.....۵۱

شکل۴-۶ فلوچارت زیربرنامه مولدگاز ۵۲

شکل۴-۷ فلوچارت زیربرنامه محفظه احتراق ۵۳

شکل۴-۸ فلوچارت الگوریتم تعیین ضریب افت مناسب در زیر برنامه رگولاتور ۵۵

شکل۴-۹ فلوچارت تعیین ضریب افت مناسب در زیر برنامه استبیلایزر ۵۷

شکل۴-۱۰ شمای کلی از نرم‌افزار شبیه‌ساز موتور پیشران مایع ۵۹

شکل۴-۱۱ زبانه مربوط به مدار سوخت موتور مورد نظر کاربر ۵۹

شکل۴-۱۲ زبانه مربوط به مدار سوخت موتور مورد نظر کاربر ۶۰
شکل۴-۱۳ زبانه مربوط به مدار اکسیدکننده موتور مورد نظر کاربر ۶۰
شکل۴-۱۴ زبانه مربوط به مدار اکسیدکننده موتور مورد نظر کاربر ۶۱
شکل۴-۱۵ زبانه مربوط به زیرسیستم پمپ موتور مورد نظر کاربر ۶۱
شکل۴-۱۶ زبانه مربوط به زیرسیستم توربین موتور مورد نظر کاربر ۶۲
شکل۴-۱۷ زبانه مربوط به زیرسیستم استارتر موتور مورد نظر کاربر ۶۲
شکل۴-۱۸ زبانه مربوط به زیرسیستم مولدگاز موتور مورد نظر کاربر ۶۳
شکل۴-۱۹ زبانه مربوط به زیرسیستم محفظه احتراق موتور مورد نظر کاربر ۶۳
شکل۴-۲۰ زبانه شبیه‌سازی موتور ۶۴
شکل۴-۲۱ استخراج نمودارهای مختلف موتور بر حسب زمان ۶۴
شکل۵-۱ نیروهای وارد بر یک جسم پرنده در حال پرواز ۶۶
شکل۶-۱ شمای کاری سیستم کنترل سرعت ۷۷
شکل۶-۲ شمای یک انتگرال‌گیر ژیروسکوپی. ۸۱
شکل۶-۳ انتگرال‌گیر ژیروسکوپی المان محاسبه کننده سرعت ظاهری جسم پرنده ۸۲
شکل۶-۴ شمای انتگرال‌گیر الکترولیتی ۸۴
شکل۶-۵ شمای یک شتاب سنج آونگی انتگرال‌گیر. ۸۵
شکل۶-۶ شمای شتاب سنج انتگرال‌گیر با جرم معلق هیدرودینامیکی ۸۷
شکل۶-۷ ابزار دیجیتال مقایسه سرعت ظاهری ۸۹
شکل۶-۸ سخت افزار و نرم‌افزار دیجیتال که سرعت برنامه‌ریزی شده به آن داده می‌شود. ۹۰
شکل۶-۹ دروسل تنظیم کننده سرعت ظاهری(رگولاتور نیروی پیشران) در موتور RD 107 ..... ۹۱
شکل۶-۱۰ نمایی از رگولاتور نیروی پیشران ۹۲
شکل۶-۱۱ نمایی از روند کارکرد سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۹۴

شکل۶-۱۲ مدار پنوماهیدرولیکی موتور مجهز به سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری.....۹۵
شکل۶-۱۳ نمودار تغییر نیروی پیشران بر حسب تغییر ضریب افت هیدرولیکی معادل دروسل تنظیم کننده سرعت ظاهری ۹۷
شکل۶-۱۴ نمودار تغییرات نسبت مولفه‌های مولدگاز بر حسب ضریب افت هیدرولیکی معادل دروسل سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری ۹۹
شکل۶-۱۵ نمودار دمای محصولات احتراق بر حسب نسبت مولفه‌ها ۱۰۰
شکل۶-۱۶ فلوچارت الگوریتم تعیین نیروی پیشران مورد نیاز.....۱۰۳
شکل۷-۱ نمودار فشار محفظه احتراق.....۱۱۱
شکل۷-۲ فشار مولدگاز ۱۱۲
شکل۷-۳ نمودار نیروی پیشران موتور.....۱۱۳
شکل۷-۴ نمودار ایمپالس ویژه ۱۱۳
شکل۷-۵ نمودار دور توربوپمپ.....۱۱۴
شکل۷-۶ نمودار نسبت مولفه‌های پیشران در محفظه احتراق ۱۱۵
شکل۷-۷ نمودار نسبت مولفه‌های مولد گاز ۱۱۶
شکل۷-۸ نمودار دمای محصولات احتراق UDMH~N2O4 بر حسب نسبت مولفه‌ها به نسبت استوکیومتریک (آلفا) ۱۱۷
شکل۷-۹ نمودار فشار محفظه احتراق در حضور رگولاتور فشار محفظه.....۱۱۸
شکل۷-۱۰ نمای بزرگنمایی شده نمودار شکل۷-۹ .....۱۱۹
شکل۷-۱۱ نمودار نسبت اختلاط محفظه احتراق.....۱۲۰
شکل۷-۱۲ نمای بزرگنمایی شده نمودار شکل۷-۱۱ .....۱۲۰
شکل۷-۱۳ نمودار فشار محفظه احتراق در حضور استبیلایزر CC و رگولاتور نیروی پیشران.....۱۲۱
شکل۷-۱۴ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۱۳.....۱۲۲
شکل۷-۱۵ نمودار تغییرات نسبت اختلاط محفظه احتراق.....۱۲۲

شکل۷-۱۶ نمودار نیروی پیشران سامانه پیشرانش دارای المانهای کنترلی استبیلایزر و رگولاتور.....۱۲۳
شکل۷-۱۷ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۱۶ .....۱۲۴
شکل۷-۱۸ مقایسه نمودار نرمال شده فشار مولد گاز ۱۲۵
شکل۷-۱۹ مقایسه نمودار نرمال شده دور توربوپمپ.....۱۲۶
شکل۷-۲۰ مقایسه نمودار نرمال شده فشار استارتر ۱۲۶
شکل۷-۲۱ مقایسه نمودار نرمال شده دبی جرمی استارتر.....۱۲۷
شکل۷-۲۲ تغییرات فشار محیط با ارتفاع.....۱۲۸
شکل۷-۲۳ تغییرات دمای محیط با ارتفاع.....۱۲۹
شکل۷-۲۴ نمودار سرعت جسم پرنده بر حسب زمان.....۱۳۱
شکل۷-۲۵ نمودار شتاب جسم پرنده بر حسب زمان.....۱۳۲
شکل۷-۲۶ نمودار شتاب گرانش بر حسب زمان ۱۳۲
شکل۷-۲۷ نمودار نیروهای آیرودینامیکی وارد بر جسم پرنده بر حسب زمان(پسا) ۱۳۳
شکل۷-۲۸ نمودار نیروهای آیرودینامیکی وارد بر جسم پرنده بر حسب زمان(برآ) ۱۳۴
شکل۷-۲۹ نمودار نیروی پیشران جسم پرنده بر حسب زمان.....۱۳۵
شکل۷-۳۰ نمودار ارتفاع جسم پرنده بر حسب زمان.....۱۳۶
شکل۷-۳۱ نمودار مقایسه سرعت ۱۳۸
شکل۷-۳۲ نمودار مقایسه فشار محفظه احتراق در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS ۱۳۹
شکل۷-۳۳ نمودار مقایسه فشار مولد گاز در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS ۱۴۰
شکل۷-۳۴ نمودار مقایسه نیروی پیشران در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS ۱۴۰
شکل۷-۳۵ نمودار مقایسه سرعت دو موشک با حالت ایده‌آل.....۱۴۱
شکل۷-۳۶ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۳۵.....۱۴۲
شکل۷-۳۷ مقایسه فشار محفظه احتراق در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS ۱۴۳

شکل۷-۳۸ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۳۷ ..... ۱۴۴
شکل۷-۳۹ تغییرات چگالی بر حسب دما به تفکیک انواع پیشرانها ۱۴۶
شکل۷-۴۰ مقایسه سرعت موشک در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS تحت اثر اغتشاش دمای پیشران ۱۴۸
شکل۷-۴۱ نمودار فشار محفظه احتراق در دو حالتِ با سامانه AVRS و بدون سامانه AVRS تحت اثر اغتشاش دمای پیشران ۱۴۸
شکل۷-۴۲ نمودار اغتشاشات اعمالی به نیروی پسا در طول فاز فعال حرکت ۱۵۰
شکل۷-۴۳ مقایسه سرعت موشک در دو حالت دارای سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری و بدون این سامانه با حالت ایده‌آل ۱۵۱
شکل۷-۴۴ نمای بزرگنمایی شده شکل۷-۴۳ در انتهای فاز فعال ۱۵۲
شکل۷-۴۵ مقایسه روند تغییرات یروی پیشران بین دو موشک دارای سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری و بدون این سامانه ۱۵۲
شکل۷-۴۶ خلاصه اطلاعات آماری مربوط به موشک بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری برای اغتشاش ۱۰ درصدی نیروی پسا ۱۵۴
شکل۷-۴۷ خلاصه اطلاعات امای برای موشک به همراه سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری برای اغتشاش ۱۰ درصدی نیروی پسا ۱۵۵
شکل۷-۴۸ خلاصه اطلاعات آماری برای موشک بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش ۱۰ درصدی نیروی برآ ۱۵۶
شکل۷-۴۹ خلاصه اطلاعات آماری برای موشک مجهز به سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش ۱۰درصدی نیروی برآ ۱۵۷
شکل۷-۵۰ خلاصه اطلاعات آماری موشک بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری تحت اثر اغتشاش دما ۱۵۸
شکل۷-۵۱ خلاصه اطلاعات آماری موشک مجهز به سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری تحت اثر اغتشاش دما ۱۵۸
شکل۷-۵۲ خلاصه اطلاعات آماری موشک فاقد سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری تحت اثر اغتشاش ضریب افت المان موتور ۱۶۰
شکل۷-۵۳ خلاصه اطلاعات آماری موشک دارای سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری تحت اثر اغتشاش ضریب افت المان موتور ۱۶۰

فهرست جداول

جدول ۷-۱ مشخصات موتور سیکل باز مدل شده ۱۰۸

جدول ۷-۲ مقایسه نیروی پیشران ۱۲۴

جدول ۷-۳ مشخصات جرمی، عملکردی موشک فرضی ۱۳۰

جدول ۷-۴ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش بر نیروی پسا..... ۱۴۲

جدول ۷-۵ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش بر نیروی برآ..... ۱۴۴

جدول ۷-۶ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش همزمان بر نیروهای آیرودینامیکی ۱۴۵

جدول ۷-۷ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش بر دمای پیشران ۱۴۷

جدول ۷-۸ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش بر ضریب افت هیدرولیکی المان مسیر سوخت محفظه ۱۴۹

جدول ۷-۹ بررسی شرایط کاری موشک تحت اثر اغتشاش نوسانی بر نیروی پسا در طول زمان کارکرد موتور ۱۵۳

جدول ۷-۱۰ مقایسه دو موشک با و بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش ۱۰ درصدی نیروی پسا ۱۵۵

جدول ۷-۱۱ مقایسه دو موشک با و بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش ۱۰درصدی نیروی برآ..... ۱۵۷

جدول ۷-۱۲ مقایسه دو موشک با و بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش بر دمای پیشران ۱۵۹

جدول ۷-۱۳ مقایسه دو موشک با و بدون سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در اثر اغتشاش بر ضریب افت المان موتور ۱۶۱

فصل ۱: مقدمه و کلیات

مقدمه

این بخش به بررسی کلی پژوهش و اهداف آن و پیشینه فعالیت‌های انجام شده در زمینه‌ی فعالیت انجام شده در این پژوهش می‌پردازد. پژوهش روبرو تحت عنوان مدلسازی و شبیه‌سازی ریاضی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری[1] به سه بخش کلی تقسیم بندی می‌شود، این دسته بندی به صورت زیر می‌باشد.

- مدلسازی و شبیه‌سازی سامانه پیشرانش
- مدلسازی و شبیه‌سازی پرواز جسم پرنده
- شبیه‌سازی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری

در ابتدا به معرفی اجمالی سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری پرداخته می‌شود که دلایل این دسته‌بندی برای خواننده مشخص گردد.

سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری در حقیقت یک نوع سامانه هدایت جسم پرنده می‌باشد با این منطق که سرعت لحظه‌ای جسم پرنده را با سرعت ایده‌آلِ از پیش تنظیم شده یکسان نماید و با این‌کار سرعت نهایی طراحی شده برای جسم پرنده را محقق سازد. بدین ترتیب سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری با استفاده از المان‌های زیر مجموعه‌های خود در سه مرحله کلی با دریافت سرعت لحظه‌ای جسم پرنده و تعیین میزان افت لازم دروسل[2] برای تولید نیروی پیشران مورد نظر و اعمال این افت به دروسل که در سامانه پیشرانش قرار دارد تلاش بر تنظیم سرعت ظاهری را دارد. بدین ترتیب برای شبیه‌سازی عملکرد سامانه تنظیم کننده سرعت ظاهری به یک سامانه پیشرانش برای قرار دادن دروسل عملگر و نیز شبیه‌ساز پرواز برای انداه‌گیری لحظه به لحظه سرعت ظاهری احتیاج می‌باشد.

بدین ترتیب پژوهش حاضر در هفت فصل تدوین گردید که در ادامه به مطالب هر فصل اشاره خواهد شد.

[1] Apparent Velocity Regulation System (AVRS)

[2] Throttle