

به نام آن که جان را فکرت آموخت

سنسورها و عملگرها در
موتورهای توربو فن هوایی

مؤلف:

داود حبیبزاده

۲۵۱۲۹۷۵

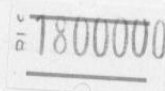


سرشناسه : حبیبزاده، داود، ۱۳۴۵ -
عنوان و نام پدیدآور : سنسورها و عملگرها در موتورهای توربوفن هوایی / مولف داود حبیبزاده.
مشخصات نشر : تهران: دانش بنیاد، ۱۴۰۳.
مشخصات ظاهری : ۱۴۱ ص: مصور.
شابک : ۹۷۸-۶۲۲-۴۹۱۱-۰۸-۷
وضعیت فهرست نویسی : فیا
موضوع : هواپیماها - موتورهای توربینی پرده‌دار
موضوع : Airplanes -- Turbofan engines
موضوع : آشکارسازها
موضوع : Detectors
موضوع : عملگرها
موضوع : Actuators
رده بندی کنگره : TL۷۰۹/۳
رده بندی دیویی : ۶۲۹/۱۳۴۳۵۳۳
شماره کتابشناسی ملی : ۹۷۵۰۲۶۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیا

سنسورها و عملگرها در موتورهای توربوفن هوایی



داود حبیبزاده	:	مؤلف
رضا کرمی شاهنده	:	مدیر تولید
نجمه خردمندزاده	:	ویراستار ادبی
ول ۱۴۰۳	:	نوبت چاپ
۷۰۰	:	تیراژ
۹۷۸-۶۲۲-۴۹۱۱-۰۸-۷	:	شابک



تهران - خیابان انقلاب - خیابان اردیبهشت - بین‌بانی نژاد و جمهوری - ساختمان ۱۰	دفتر انتشارات :
تلفن: ۶۶۴۶۵۸۳۱ - ۶۶۴۸۱۰۹۶ - ۶۶۴۸۲۲۲۱	
خیابان انقلاب - مقابل دبیرخانه دانشگاه تهران - پلاک ۱۳۱۲ - کتابفروشی صانعی - تلفن: ۶۶۴۰۹۹۲۴	فروشگاه تهران :
میدان آزادی (باغ ملی) - ابتدای خیابان قرخی - جنب مجتمع ستاره - کتاب مرکزی فدک	فروشگاه یزد :
تلفن: ۳۶۲۲۴۷۷۵ - ۳۶۲۲۶۷۷۱ - ۳۶۲۲۶۷۷۲ - ۰۲۵	

ایمیل و وبسایت: www.fadakbook.ir - fadakbook@yahoo.com

کلیه حقوق و حق چاپ متن و عنوان کتاب که به ثبت رسیده است؛ مطابق با قانون حقوق مولفان و مصنفان مصوب ۱۳۴۸ محفوظ و متعلق به انتشارات دانش بنیاد می‌باشد. هرگونه برداشت، تکثیر، کپی‌برداری به هر شکل (چاپ، فتوکپی، انتشار الکترونیکی) بدون اجازه کتبی از انتشارات دانش بنیاد ممنوع بوده و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار خواهند گرفت.

معاونت حقوقی
انتشارات دانش بنیاد

پیش گفتار

موتورهای توربوفن، رایج‌ترین موتورهای مورد استفاده در هواپیماهای مسافربری و جنگنده‌های امروزی هستند. از زمان پیدایش هواپیما تاکنون پیشرفت بسیار زیادی در صنعت هواپیما ایجاد شده است. ولی موتورهای توربوفن با عمر بیش از ۷۰ سال، قدمت زیادی در صنعت هوانوردی جهان دارند. تغییرات تکنولوژی و به‌کارگیری آنها در ساخت هواپیما باعث شده، موتورهای توربوفن امروزی بسیار پیشرفته‌تر از توربوفن‌های اولیه باشند. به‌دلایل زیر آشنایی با ساختار و عملکرد موتورهای توربوفن از اهمیت زیادی برخوردار است.

موتورهای توربوفن رایج‌ترین موتورهای جت مورد استفاده در هواپیماهای مسافربری، ترابری و جنگنده هستند و از سال ۱۹۷۰ تاکنون در هواپیماهای مختلفی مانند بوئینگ، ایرباس و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. (FM 56) برای ۲ تا ۷ از سال ۱۹۷۰ تا ۲۰۲۳ در هواپیماهای ساخت کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. شناخت موتورهای توربوفن به منزله آشنایی با ساختار انواع موتورهای مورد استفاده در هواپیماهای کوچک و بزرگ خواهد بود.

با بررسی سنسورها و عملگرهای موتورهای توربوفن در حقیقت با ساختار و عملکرد موتورهای انژکتوری و GDI (پاشش مستقیم) مورد استفاده در انواع خودروها هم آشنا می‌شویم. چرا که عملکرد موتورهای توربوفن شباهت زیادی به عملکرد موتورهای توربوشارژ و سوپرشارژ امروزی دارد.

با بررسی سنسورها و عملگرهای موتورهای توربوفن، سیستم‌های کنترل حلقه بسته‌ای که در صنعت و کارخانجات مورد استفاده قرار می‌گیرند هم بررسی می‌شوند. ضمن آنکه شرایط کاری و محیطی موتورهای هواپیما بسیار سخت و پیچیده‌تر از محیط کارخانجات صنعتی است. از تمام خوانندگان و صاحب‌نظران انتظار دارم با ارائه پیشنهادها و انتقادهای خویش، موجب افزایش بار علمی و پر بار شدن مطالب این کتاب شوند. در پایان از تمام کسانی که در تهیه این کتاب نقش داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم. بخصوص جناب آقای مجیدرضا زررئی، مدیر محترم انتشارات فدک ایساتیس، که زحمت آماده‌سازی، نشر و پخش این کتاب را تقبل نموده‌اند.

داود حبیب زاده

Dhabibzadeh@gmail.com

مقدمه - جایگاه موتورهای توربوفن در هوانوردی

دنایای امروز بدون هواپیما و سفرهای هوایی قابل تصور نیست. هواپیماها در انواع مختلف ساخته و در خدمت انسان قرار گرفته‌اند. هواپیماهای کوچک و بزرگ در مصارف و کاربردهای مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی ساختار و نحوه عملکرد آنها متفاوت است. هواپیماهای غول پیکر حمل مسافر یا حمل بار اهمیت زیادی در دنیای امروز دارند.

اجسام پرنده ساخت دست انسان که در هوا و فضا پرواز می‌کنند به دو دسته هواگردهای سنگین‌تر از هوا و هواگردهای سبک‌تر از هوا تقسیم می‌شوند. هواگردهای سبک‌تر از هوا، مانند بالون‌ها، به کمک گازهای سبک در هوا شناور و به سمت آسمان حرکت می‌کنند. در مقابل هواگردهای سنگین‌تر از هوا نیاز به موتور و پیشرانهای دارند که بر نیروی جاذبه زمین غلبه کنند و آنها را به سمت آسمان در جلو به حرکت در آورد. هر کدام از این دو دسته به زیرمجموعه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند که در شکل زیر می‌توانید طبقه‌بندی آنها را مشاهده کنید.

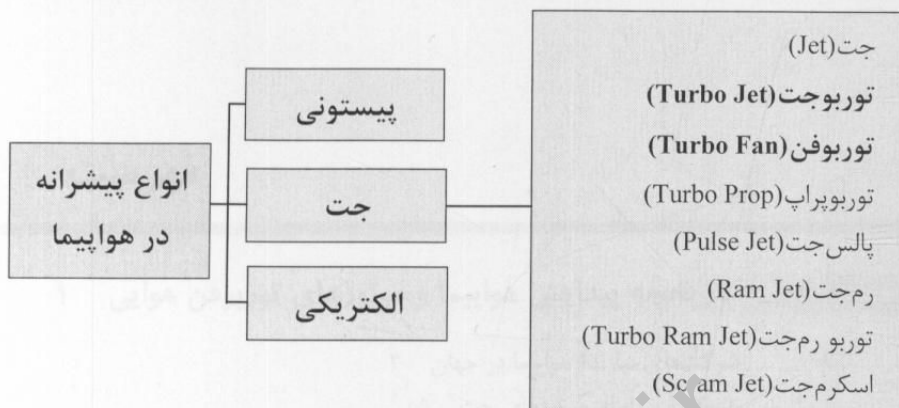
شکل ۱ طبقه‌بندی انواع هواگردها و اجسام پرنده ساخت دست انسان



در هواگردهای بال ثابت یا هواپیماهای مختلفی که در آسمان می‌بینید از پیش‌رانه یا موتورهای مختلفی استفاده شده است. از زمانیکه برادران رایت اولین هواگرد بال ثابت را به پرواز درآوردند تا امروز موتورهای مختلفی در هواپیما استفاده شده است ولی در حالت کلی آنها را می‌توان به دو دسته مهم موتورهای پیستونی و موتورهای جت طبقه‌بندی کرد. البته هر کدام از این موتورها به نوبه خود به انواع دیگری تقسیم‌بندی می‌شوند که در شکل زیر می‌توانید زیر مجموعه‌های هر کدام از آنها را مشاهده کنید.

شکل ۲ طبقه‌بندی انواع هواگردها و اجسام پرنده ساخت دست انسان





شکل ۳ طبقه‌بندی انواع موتورهای جت مورد استفاده در هواپیماهای جنگی و ترابری

همانطور که می‌دانید در عصر حاضر موتورهای الکتریکی از جایگاه ویژه‌ای در زندگی روزمره و صنعت برخوردارند. اگر چه در هواپیماهای مدل، مینیاتوری و سبک از موتورهای الکتریکی استفاده می‌شود ولی هنوز پای موتورهای الکتریکی به هواپیماهای بزرگ و غول‌پیکر باز نشده است. در اینجا انواع موتور (پیشرانه)های مورد استفاده در هواپیما را مشاهده می‌کنید:

بر اساس ویژگی‌های مورد نیاز و کاربردهای مورد انتظار هر کدام از موتورها، کاربرد خاص خود را دارند. در جدول زیر کاربرد چهار موتوری که بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند را مشاهده می‌کنید:

نوع موتور	پیستونی	توربوپراپ	توربوفن	توربوجت
کاربرد	سبک با سقف پرواز کم	مسافری و باربری کوچک	مسافری و باربری متوسط و بزرگ	جنگی

همانطور که در این جدول مشاهده می‌کنید، موتورهای توربوفن از مهمترین پیشرانه‌های مورد استفاده در صنعت هوانوردی هستند. ضمن آنکه با بررسی موتورهای توربوفن می‌توان عملکرد سایر موتورهای جت را درک کرد. در حقیقت موتورهای توربوفن از کاملترین موتورهای جتی هستند که تاکنون ساخته شده‌اند.

فهرست

تاریخچه پیدایش هواپیما و موتورهای توربوفن هوایی ۱

- ۱-۱ شرکت‌های سازنده هواپیما در جهان ۴
- ۲-۱ تاریخچه پیدایش موتورهای جت ۵
- ۳-۱ تاریخچه هواپیما در ایران ۷

آشنایی با ساختمان و اجزای هواپیما ۱۱

- ۱-۲ بدنه هواپیما (Fuselage) ۳
- ۱-۱-۲ بال‌ها (Wings) ۱۳
- ۲-۱-۲ مجموعه پرواز (Flying Parts) ۱۴
- ۳-۱-۲ مجموعه فرود (Landing Gear) ۶
- ۴-۱-۲ موتور یا پیش‌رانه (Engine) ۱۸
- ۲-۲ انواع موتورهای جت ۲۱
- ۱-۲-۲ موتورهای توربوجت (Turbo Engine) ۲۱
- ۲-۲-۲ موتورهای توربوپراپ (Turbo Prop) ۲۲
- ۳-۲-۲ موتورهای توربوشفت (Turbo Shaft) ۲۳
- ۴-۲-۲ موتورهای رم جت (Ram Jet) ۲۳
- ۵-۲-۲ موتورهای اسکرم جت (Scram Jet) ۲۴
- ۶-۲-۲ موتورهای توربوفن (Turbo Fan Engine) ۲۵
- ۳-۲ باک (مخزن) سوخت هواپیما ۲۷
- ۴-۲ نیرو و تنش‌های وارد بر هواپیما ۲۸

۳۱ ساختار و عملکرد موتورهای توربوفن

اجزای موتور توربو جت	۳۳	۱-۳
تشریح عملکرد موتورهای توربوفن	۳۵	۲-۳
نحوه استارت و راهاندازی موتور توربوفن هوایی	۴۰	۴-۳

۴۷ سنسورهای خسگر محیط در هواپیما

سیستم‌های اویونیک و الکترونیک هواپیما	۵۲	۱-۴
سنسورهای فشار (Pressure Sensors)	۵۳	۲-۴
سنسورهای تعیین موقعیت و وضعیت (RVDT و LVDT)	۵۳	۳-۴
سنسورهای نیرو و ارتعاش (Force and Vibration Sensors)	۵۴	۴-۴
سنسورهای دما (Temperature sensors)	۵۴	۵-۴
سنسورهای رطوبت (Humidity Sensors)	۵۵	۶-۴
سنسورهای ضربه اندازه‌گیری جریان سیال (Liquid Flow Sensors)	۵۵	۷-۴
سرعت‌سنج (Tachometers)	۵۶	۸-۴
سنسورهای وضعیت و زاویه چرخش (Attitude heading and reference systems)	۵۶	۹-۴
ارتفاع‌سنج (Altimeters)	۵۷	۱۰-۴
مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال (Analog and digital Converters)	۵۷	۱۱-۴
دوربین‌های نظارتی (Surveillance cameras)	۵۸	۱۲-۴

سنسورها در موتورهای انژکتوری اتومبیل و مقایسه آن با

۵۹ سنسورهای موتورهای توربوفن

بخش‌های اصلی سیستم الکتریکی خودرو	۶۲	۱-۵
سیستم استارت	۶۴	۲-۵
سیستم جرقه	۶۵	۳-۵
سیستم سوخت‌رسانی و پاشش سوخت	۶۶	۴-۵
اتومبیل‌های توربو شارژ	۷۰	۵-۵
سیستم خنک‌کننده موتور	۷۳	۶-۵
سیستم آب‌پاش و برف‌پاک‌کن (اتوماتیک)	۷۴	۷-۵

سنسورهای مسیر سوخت	۷۶	۸-۵
سنسور دریچه گاز (TPS)	۷۷	۹-۵
سنسور دما و فشار هوا (مپ سنسور و مپ سنسور)	۷۹	۱۰-۵
سنسور فشار بنزین	۸۰	۱۱-۵
سنسور سطح بنزین	۸۰	۱۲-۵
سنسور روغن و روانکاری موتور	۸۱	۱۳-۵
سنسور دمای آب	۸۳	۱۴-۵
سنسور دور موتور یا موقعیت میل لنگ	۸۴	۱۵-۵
ناک سنسور (سنسور ضربه)	۸۶	۱۶-۵
سنسور اکسیژن	۸۷	۱۷-۵
سنسور درز کنترل	۸۹	۱۸-۵
سنسور ایربگ	۹۰	۱۹-۵
سنسور نوع ترمز	۹۱	۲۰-۵
سنسور نوع غلتکی	۹۲	۲۱-۵
سنسور ترمز ABS	۹۳	۲۲-۵
سنسور باد تایرها (TPMS)	۹۴	۲۳-۵
سنسور فاصله و مانع یاب (سنسور پارک)	۹۵	۲۴-۵
سنسور درهای خودرو	۹۶	۲۵-۵
سنسور بسته بودن کمر بند ایمنی	۹۶	۲۶-۵

۹۹ سنسورهای مورد استفاده در موتورهای تایمینگ هواپیما

کنترل کننده یا FADEC (full authority digital engine (or electronics) control)	۱۰۳	۱-۶
وظایف HMU	۱۰۶	۲-۶
وظایف MEC	۱۱۰	۳-۶
ورودی های MEC	۱۱۱	۴-۶
ورودی های PMC	۱۱۱	۵-۶
سیستم محدود و تنظیم کننده سوخت	۱۱۴	۶-۶
سیستم محدود کننده سوخت	۱۱۵	۷-۶
سیستم بیکار یا آزاد	۱۱۶	۸-۶
وظایف جانبی MEC	۱۱۷	۹-۶

سیستم VB	۱۱۷	۶-۹-۱
دیاگرام سیستم VB	۱۱۸	۶-۱۰-۱
اهداف VB	۱۱۸	۶-۱۰-۱
سیستم VSV	۱۱۹	۶-۱۱-۱
اهداف VSV	۱۱۹	۶-۱۲-۱
فعال سازی HPTCC در حین پرواز	۱۲۰	۶-۱۳-۱
سنسورها و عملگرهای موتورهای توربوفن	۱۲۰	۶-۱۴-۱

پیوست خلاصه مطالب و نکات مهم به صورت سؤالات چهارگزینه ای ۱۲۷