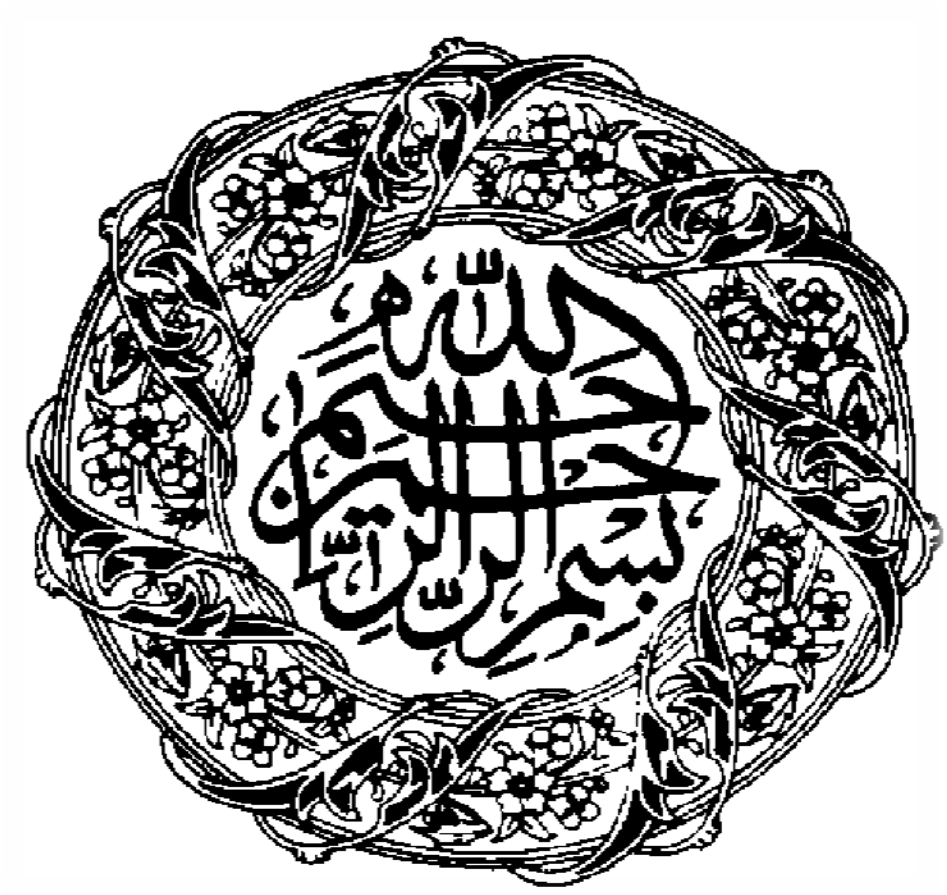

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی مکانیک

پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

گرایش سیستم محرکه خودرو

عنوان

شبیه‌سازی عددی موتور پالس‌جت

استاد راهنما

دکتر سیدعلی جزایری

نگارش

فتح اله زنده‌دل

بهمن ۱۳۹۱

چکیده

در این پایان نامه ، سیکل کاری موتور پالس جت در یک تقریب عددی ، از طریق یک شبیه سازی محاسباتی ، مورد بررسی قرار گرفته است .

موتور پالس جت یکی از ساده ترین ابزارهای تولید نیروی رانش است که تنها قطعه متحرک در آن یک دریچه یک طرفه است که به صورت ساکن در جای خود ارتعاش انجام می دهد و ورود مخلوط سوخت و هوا به درون محفظه احتراق موتور را کنترل می کند .

موتور های پالس جت، به علت طراحی ساده، در سالهای اخیر تحت تحقیقات بیشتری قرار گرفته اند. این موتور ها می توانند به عنوان مولد های نیروی رانش کم هزینه و در ابعاد کوچک در بسیاری از کاربردهای جدید امروزی از قبیل هواپیماهای بدون سرنشین توسعه داده شوند . کارآیی حرارتی نسبتا" پایین موتور های پالس جت ، همواره سد اصلی در برابر توسعه این موتور ها بوده است .

شبیه سازی در نرم افزار فلوئنت و به منظور درک کاملتر از فیزیک حاکم بر عملکرد موتور پالس جت صورت گرفته است . نتایج حاصل از شبیه سازی محاسباتی با نتایج تجربی [1] مقایسه گردیده اند. پالس جت بررسی شده در این تحقیق، یک پالس جت BMS است که در هواپیماهای رادیو کنترلی و قایق ها مورد استفاده قرار می گیرد . مقایسه برای نتایج بدست آمده درسه مدخل قرار گرفته در سه موقعیت محوری متفاوت از موتور پالس جت صورت گرفته است. این نتایج شامل تغییرات دما، فشار ، سرعت جریان خروجی، نیروی رانش و فرکانس کاری موتور می باشد .

واژگان کلیدی : پالس جت، فرکانس عملیاتی، شبیه سازی، فلوئنت

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فهرست مطالب..... ۱

فهرست شکل ها..... ث

فهرست جدول ها..... خ

مقدمه ۱

فصل ۱ آشنایی با موتور پالس جت ۳

۱-۱- نگاهی به تاریخچه موتور پالس جت.....۴

۱-۲- اثر کادناسی ۷

۱-۳- طبقه بندی موتورهای پالس جت ۸

۱-۳-۱- موتورهای دارای دریچه ۹

۱-۳-۱-۱- منافع موتور دریچه دار ۱۰

۱-۳-۱-۲- معایب موتور دریچه دار ۱۰

۱-۳-۱-۳- سیکل کاری موتور دریچه دار ۱۰

۱-۳-۱-۴- بررسی چند طرح موفق از موتور پالس جت دریچه دار ۱۲

۱-۳-۱-۴-۱- موتور آرگوس ۱۲

۱-۳-۱-۴-۲- موتور دیناجت ۱۵

۱-۳-۱-۴-۳- موتور OS ۱۷

۱-۳-۲- موتورهای پالس جت بدون دریچه ۱۸

۱-۳-۲-۱- منافع موتور پالس جت بدون دریچه ۱۹

۱-۳-۲-۲- معایب موتور پالس جت بدون دریچه ۲۰

۱-۳-۲-۳- سیکل کاری موتور پالس جت بدون دریچه ۲۰

۱-۳-۲-۴- بررسی چند طرح موفق از موتور پالس جت بدون دریچه ۲۳

۱-۳-۲-۴-۱- طرح شوبرت ۲۳

۱-۳-۲-۴-۲- طرح CS چینی ۲۴

۱-۳-۲-۴-۳- طرح بوهانن ۲۵

۱-۳-۲-۴-۴- طرح ترموجت ۲۷

۱-۳-۲-۴-۵- طرح لاکوود-هیلر ۲۸

فصل ۲ آماده سازی مدل ۲۹

۲-۱- پیش گفتار ۳۰

۲-۲- معرفی هندسه مدل ۳۱

۲-۳- مدل عددی و معادلات حاکم ۳۳

۲-۳-۱- مدلسازی جریان مغشوش ۳۴

۲-۳-۲- مدلسازی احتراق ۳۷

۲-۳-۳- مدلسازی انتقال حرارت ۴۰

۲-۴- خصوصیات مواد ۴۴

۲-۵- انتخاب حل کننده و سایر تنظیمات ۴۷

۲-۶- شرایط مرزی ۴۹

۲-۶-۱- شرط مرزی در مقطع خروجی مدل ۴۹

۲-۶-۲- شرط مرزی در مقطع ورودی مدل ۵۰

فصل ۳ نتایج ، بررسی و پیشنهاد ها ۵۲

۳-۱- توصیف سیکل کاری موتور ۵۳

۳-۲- بررسی نمودارهای تغییرات فشار و دما ۶۰

۳-۳- نتیجه گیری وجمع بندی ۷۱

۳-۴- پیشنهادها ۷۲

مراجع ۷۳

فهرست شکل ها

عنوان.....صفحه

شکل(۱-۱) موشک V-1 بر روی سکوی پرتاب ۵

شکل(۱-۲) اثر کادناسی در هوای متراکم درون مخزن ۸

شکل(۱-۳) دیاگرام موج در موتور پالس جت دریچه دار ۱۱

شکل(۱-۴) یک طرح شماتیک از موتور پالس جت آرگوس ۱۳

شکل(۱-۵) طرح شماتیک از سیستم دریچه شبکه ای ۱۴

شکل(۱-۶) نمونه اولیه از موتور دیناجت ۱۶

شکل(۱-۷) سر دریچه آنودایز شده در موتور دیناجت ۱۶

شکل(۱-۸) موتور دیناجت در حال فعالیت ایستایی ۱۷

شکل(۱-۹) موتور OS ژاپنی ۱۸

شکل(۱-۱۰) دیاگرام سیکل کاری موتور پالس جت بدون دریچه ۲۱

شکل(۱-۱۱) طرح موتور ارائه شده توسط شوبرت ۲۳

شکل(۱-۱۲) طرح CS چینی ۲۵

شکل(۱-۱۳) طرح بوهانن ۲۶

شکل(۱-۱۴) طرح ترموجت ۲۷

شکل(۱-۱۵) طرح لاکوود- هیلر ۲۸

شکل(۲-۱) نمایش ابعاد هندسی در مدل شبیه سازی شده ۳۱

شکل(۲-۲) نمایش تنظیمات پانل viscous model در مدل ۳۷

شکل(۲-۳) تنظیم فشار عملیاتی در پنل مربوطه ۴۵

شکل(۲-۴) نمایش تنظیمات پانل Material برای مخلوط واکنشی در مدل ۴۶

شکل(۲-۵) نمایش تنظیمات پانل Solution Methods برای حل کننده ۴۸

شکل(۲-۶) نمایش تنظیمات شرط مرزی در مقطع خروجی ۴۹

شکل(۲-۷) نمایش تنظیمات شرط مرزی در مقطع ورودی ۵۱

شکل(۳-۱) نمایش کانتور دما در مرحله احتراق از سیکل کاری موتور پالس جت ۵۴

شکل(۳-۲) نمایش کانتور دما در مرحله اول از فاز تخلیه از سیکل کاری موتور پالس جت ۵۵

شکل(۳-۳) نمایش کانتور دما در مرحله دوم از فاز تخلیه از سیکل کاری موتور پالس جت ۵۶

شکل(۳-۴) نمایش تغییرات کانتور دما در مرحله دوم از فاز مکش ۵۷

شکل(۳-۵) نمایش تغییرات نسبت جرمی سوخت در سیکل کاری موتور پالس جت ۵۹

شکل(۳-۶) نمودار تغییرات فشار لحظه ای اندازه گیری شده و محاسبه شده در راهگاه ۱ ..... ۶۰

شکل(۳-۷) نمودار تغییرات فشار لحظه ای اندازه گیری شده و محاسبه شده در راهگاه ۲ ..... ۶۱

شکل(۳-۸) نمودار تغییرات فشار لحظه ای اندازه گیری شده و محاسبه شده در راهگاه ۳ ..... ۶۲

شکل (۳-۹) نمایش همزمان تراست و فشار اندازه گیری شده در راهگاه ۲ ..... ۶۴

شکل (۳-۱۰) مقایسه تراست لحظه ای برای مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده ۶۵

شکل (۳-۱۱) سرعت خروجی اندازه گیری شده با یک مجموعه LDV در یک موج سینوسی ۶۶

شکل (۳-۱۲) جزئیات دمای محاسبه شده در راهگاه ۱ (درست در پشت دریچه ها) ۶۷

شکل (۳-۱۳) جزئیات دمای محاسبه شده در راهگاه ۲ (انتهای ناحیه احتراقی) ۶۸

شکل (۳-۱۴) جزئیات دمای محاسبه شده در راهگاه۳ (در نزدیکی سطح مقطع خروجی) ۶۹

شکل (۳-۱۵) اثر طول پالس جت بر فرکانس ، به صورت آزمایشگاهی و محاسباتی ۷۰

فهرست جدول ها

عنوان.....صفحه

جدول(۱-۱) خصوصیات موتور پالس جت آرگوس ۱۴

جدول(۲-۱) ثابت های مورد استفاده در معادلات مدل ۳۶

جدول(۲-۲) نسبت های جرمی اولیه در واکنش احتراقی ۳۸

جدول(۲-۳) ضرایب چند جمله ای ظرفیت گرمایی ویژه نسبت به دما برای گونه های واکنشی ۴۲

جدول(۲-۴) ضرایب چند جمله ای ظرفیت گرمایی ویژه نسبت به دما برای گونه های واکنشی ۴۷

مقدمه

موتورهای جت مدرن مانند نمونه هایی که بر روی هواپیماهای مسافربری بزرگ و یا جت های نظامی مورد استفاده قرار می گیرند، دارای ساختاری بسیار پیچیده بوده و هزینه ساخت آنها نیزبسیار بالا می باشد. این گونه از موتورها، از هزاران قطعه مجزا ساخته شده اند که بسیاری از این قطعات، از آلیاژهای نا متعارف از قبیل تیتانیوم و اینکنل[۱] ساخته شده اند. این موتورها، شاهکارهای مهندسی نوین محسوب می شوند. مجموع این خصوصیات، منجر به انحصاری شدن فن آوری ساخت موتورهای توربینی به تعداد بسیار محدودی از کشورهای جهان شده است. با این حال نوعی از موتورهای جت وجود دارد که دارای ساختاری بسیار ساده تر هستند . این موتورها که بیش از یک قرن از ظهور آنها می گذرد، با استفاده از ورقهای فولادی معمول و به کمک ابزارهایی بسیار ساده ساخته می شوند. این موتورهای جت، پالس جت[۲] نام دارند . در موتورهای پالس جت، امواج تراکمی حاصل از احتراق، عمل تراکم را انجام می دهند. از آنجایی که این امواج تراکمی به علت عدم وجود یک سیستم مکانیکی متراکم کننده مانند پیستون ویا کمپرسور، ضعیف می باشند، عملکرد ترمودینامیکی موتور نیز پایین است ولی هزینه بسیار کمتر و نسبت نیروی پیشرانش به وزن بالای موتور، منجر به فراهم نمودن پیشرانه ای مناسب به منظور استفاده در برخی از کاربری های مهم از جمله هواپیماهای بدون سرنشین و موشک های کروز شده است .

با وجود طراحی بسیار ساده، عملکرد موتورهای پالس جت بسیار پیچیده است به گونه ای که برای تحلیل عملکرد موتور، نظریات بسیار گوناگونی تا به امروز ارائه گردیده است. اغلب این نظریه ها مبتنی بر تئوری امواج هستند. بهبود کارآیی موتور پالس جت بدون کسب یک شناخت کامل و جامع از نحوه عملکرد موتور و درک ارتباط بین پدیده های مختلف صورت گرفته در طول یک سیکل کاری موتور، امکان پذیر نیست. مهمترین

۱- Inconel
۲- Pulsejet

پدیده های دربردارنده یک سیکل کاری موتور پالس جت شامل مکش، احتراق و تخلیه می باشد . تشخیص مرز بین این پدیده ها به سادگی امکان پذیر نیست. در واقع تداخل بین فازهای مختلف کاری در طول یک سیکل، منجر به کاهش راندمان هر فاز و در نتیجه کاهش راندمان هر سیکل می گردد .

شبیه سازی عددی، یکی از بهترین و اصولی ترین روشها به منظور درک بهتر پیچیدگی های رفتاری موتور پالس جت است. تحلیل ترموسیالاتی و تحلیل مبتنی بر اصول صوت شناسی[۳] می توانند مبنای این شبیه سازی قرار گیرند ، هرچند که پیچیدگی های حاکم بر عملکرد موتور پالس جت، حتی شبیه سازی محاسباتی را نیز با دشواری روبه رو ساخته است .

اغلب فعالیتهای صورت گرفته در حوزه موتورهای پالس جت، مربوط به فعالیتهای تجربی و آزمایشات عملی است و عملا" در حیطه محاسباتی فعالیتهای بسیار کمتری تاکنون به ثبت رسیده است . یکی از بهترین کارهای انجام شده ، شبیه سازی عددی موتور پالس جت با نرم افزار CFX است که توسط Tao Geng در سال ۲۰۰۷ میلادی به ثبت رسیده است[1] . سایر فعالیتهای صورت گرفته در غالبی محدودتر و اغلب با استفاده از نرم افزار CFX به انجام رسیده است . هنوز هیچ فعالیت فراگیر مشابهی با استفاده از نرم افزار Fluent به ثبت نرسیده است که ممکن است این مساله ناشی از ضعف فلوئنت در شبیه سازی سیکل کاری موتورهای پالس جت باشد! .

در این پایان نامه، یک تقریب عددی از عملکرد موتور پالس جت، به منظور بررسی توانایی شبیه سازی موتور پالس جت توسط نرم افزار فلوئنت، مد نظر قرار گرفته است.

۳- Acoustics

فصل اول

آشنایی باموتور پالس جت

۱-۱- نگاهی به تاریخچه موتور پالس جت

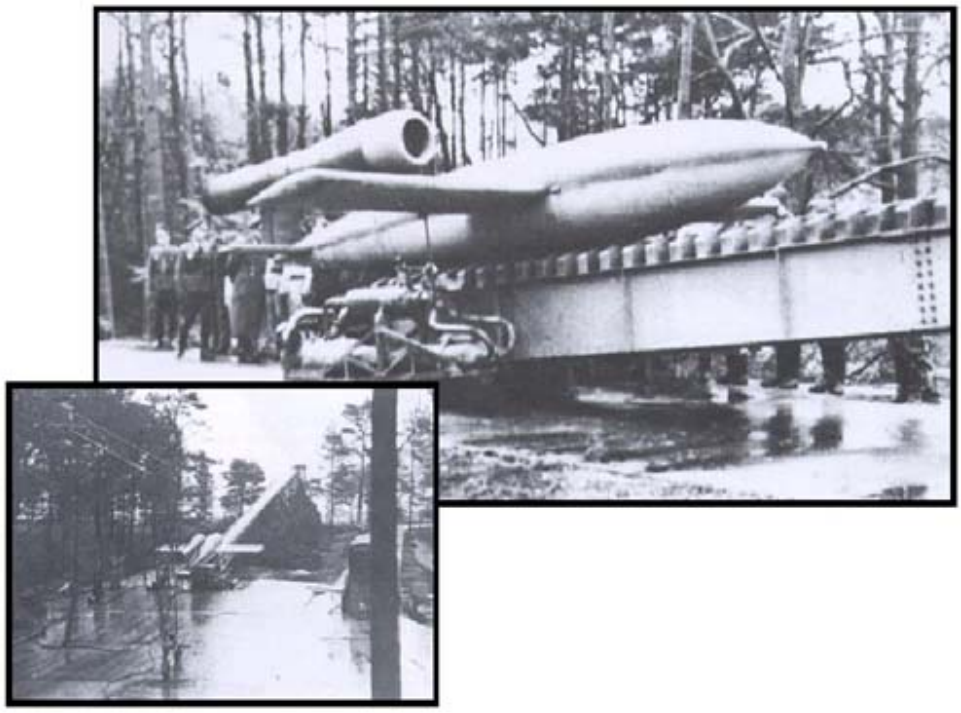
ایده استفاده از خاصیت الاستیسیته هوا برای تولید پالس های رانشی[۴]، به سالهای دور باز می گردد. اولین ایده از موتورهای پالس جت، در فرانسه و در ابتدای قرن بیستم شکل گرفت. در آن هنگام، دانشمندان تنها به کاربری های بسیار محدود از این موتور پی برده بودند که در نتیجه، هیچ کاربری قابل ملاحظه ای برای آن یافت نشد. در ۱۹۳۰، مهندس آلمانی به نام پاول اشمیت[۵]، سازو کار حاکم بر عملکرد موتور پالس جت را به صورت تصادفی و به هنگام تلاش برای ساخت یک موتور انفجاری[۶]، کشف نمود. او یک مجموعه از پالس جت های موثر به همراه دریچه ساخت. تقریبا" در همان زمان و در همان کشور، مهندسین در شرکت موتور سازی آرگوس[۷]، بر روی یک نمونه بدون دریچه که از هوای فشرده استفاده می کرد، کار می کردند.

در این زمان شرایط برای کار و تحقیقات وسیعتر، بیش از گذشته فراهم شده بود. جهان برای یک جنگ بزرگ آماده می شد و ماشین های جنگی به سرعت در حال توسعه بودند. وزارت جنگ آلمان، طرح های اشمیت وآرگوس را باهم خریداری نمود که در نتیجه منجربه تولید اولین موتور جت گردید. این موتور، همانند موتور اشمیت، دریچه داشت و از سیستم تنفس طبیعی[۸] بهره می برد ولی مکانیزم عملکرد آن به طور کامل توسط شرکت آرگوس بهینه گردیده بود.

در حالیکه طرف های درگیر در جنگ دوم جهانی در سال ۱۹۴۴، همچنان در تلاش بودند تا اولین هواپیمای جنگی جت خود را وارد عرصه نبرد گردانند، موشک انتقام گیرنده شماره۱[۹]، که به اختصار V-1 نامیده می شد، راه خود را به سوی انگلستان باز کرده بود، در حالیکه یک کلاهک انفجاری ۱۸۷۰ پاوندی را باخود

٤- Power Pulses
٥- Paul Schmidt
٦- Detonation Engine
٧- Argus
٨- Natural Aspiration
٩- Vergeltungswaffe 1

حمل می کرد. موشک V-1، هواپیمای بدون سرنشین فیسلر[۱۰] بود که بوسیله موتور پالس جت آرگوس، به پرواز در می آمد. درشکل (۱-۱) می توانید نمونه ای از این موشک ها را بر روی سکوی پرتاب و لحظاتی قبل از پرتاب به سمت هدف ملاحظه نمایید.



شکل(۱-۱) موشک V-1 بر روی سکوی پرتاب[12]

سادگی بیش از حد، هزینه های بسیار پایین و برتری های اثبات شده پالس جت، متفقین را بر آن داشت تا چیزی شبیه به این موشک را در اختیار داشته باشند. برای هر کسی بسیار عجیب به نظر می رسید که ابزاری ساده مانند موتور پالس جت، بتواند چنین قدرتی را در اختیار یک ماشین پرنده قرار دهد.

۱۰ - Feiseler

نمونه هایی از موشک توسط نیروهای متفقین به تصرف در آمد و با انجام مطالعات دقیق، کپی برداری و ساخته شد.

به زودی مشخص شد که موتور پالس جت دارای معایب و محدودیت هایی نیز هست ولی برتری های موتور هنوز آن را جذاب می کرد و ایده های زیادی را برای توسعه موتور شکل می داد. به تدریج کاربری های متنوعی برای موتور تعریف می شد. کمپانی موتور سازی فورد[۱۱] یک خط مونتاژ ویژه به منظور تولید کپی هایی از موتور آرگوس بنا نهاد. با پایان یافتن جنگ، برخی از این پروژه های تحقیقاتی اهمیت خود را از دست دادند ولی به زودی و با روشن شدن آتش جنگ سرد، تقاضا برای تولید نمونه های بهتر افزایش یافت.

متاسفانه، پیشرفت در این حوزه، به کندی صورت می گرفت به گونه ای که در اواسط دهه ۱۹۵۰ و بعد از حدود یک دهه از شروع تلاشهای گسترده تحقیقاتی، آنچه در اختیار مهندسین قرار داشت، به لحاظ کیفیت و عملکرد، بهتر از نمونه های دوران جنگ آلمانها نبود. در عوض، پیشرفت در طراحی موتورهای توربوجت در بازه زمانی مشابه، شگفت آور بود. در این زمان، هواپیماهای جنگنده شرکت کننده در جنگ کره[۱۲]، از نیروی رانش موتور های جت بهره می بردند و بمب افکن های استراتژیک با پیشرانه توربوجت، قادر به حمل کلاهک های هسته ای بودند و هواپیماهای مسافربری مجهز به پیشرانه توربوجت، با حمل مسافر از قاره ای به قاره دیگر، ابزاری بسیار پردرآمد در اختیار خطوط هوایی قرار داده بودند.

کاملا" واضح بود که موتورهای توربین گاز[۱۳]، پیشرانه های آینده خواهند بود. در حالی که ویژگی های پالس جت، هنوز برای مهندسین جذاب و تحریک کننده بود ولی حقیقت قابل انکار نبود. در طول دهه های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ ، اغلب محققین پالس جت، به تدریج تلاشهایشان پیرامون موتور پالس جت را رها کردند و به تحقیقات دیگری روی آوردند. در اوایل دهه ۱۹۷۰، بار دیگر جذابیت های موتور پالس جت به علت گسترش

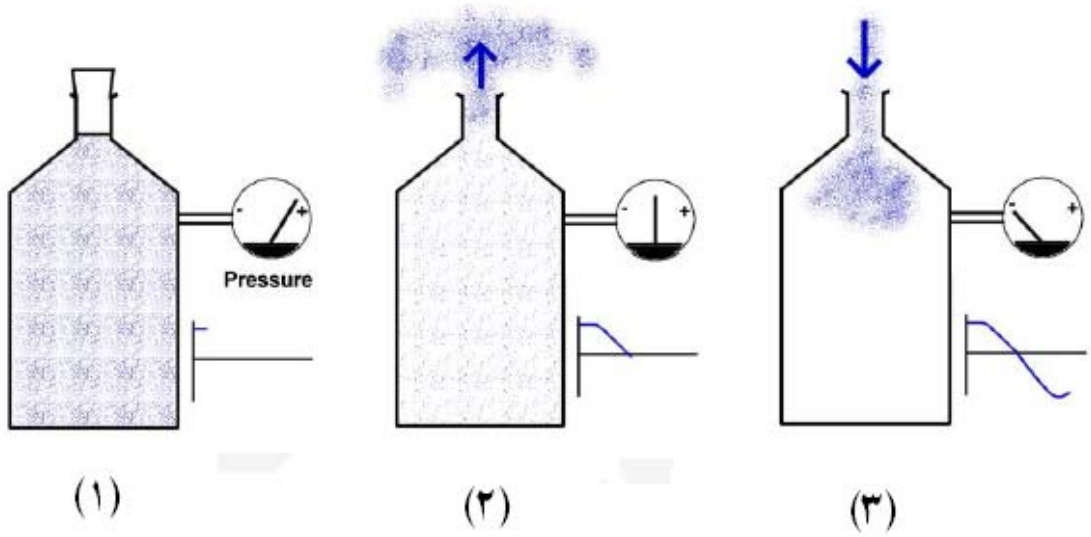
۱۱- Ford Motor Company
۱۲- Korean War
۱۳- Gas Turbine Engines

کاربرد هواپیماهای بدون سرنشین، تجدید حیات یافت. هواپیماهای بدون سرنشین، به یک پیشرانه کوچک، سبک و کارآمد نیاز داشتند که این خصوصیات در موتور پالس جت وجود داشت.

۱-۲- اثر کادناسی[۱۴]

نخستین اصل اساسی حاکم بر عملکرد موتور پالس جت بر این واقعیت استوار است که گازها تراکم پذیر هستند و تمایل دارند مانند یک فنر عمل کنند . این خاصیت فنرگونه[۱۵] به جهت ورود مخلوط تازه سوخت و هوا به درون موتور و خروج گازهای داغ حاصل از احتراق از موتور، مساله ای تعیین کننده است و اثر کادناسی نام دارد . برای درک بهتر سازوکار اثر کادناسی، یک مخزن آب بندی شده را در نظر بگیرید که با یک گاز متراکم شده مانند هوا پر شده است(شکل(۱-۲)-۱). مخزن مجهز به یک فشار سنج می باشد. اگر چوب پنبه قرار گرفته در سرمخزن را به طور ناگهانی برداریم، خروج سریع هوا از درون مخزن منجر به کاهش سریع فشار درون مخزن خواهد شد تا به فشار محیط برسد(شکل(۱-۲)-۲). نکته جالب در اینجاست که حتی زمانی که فشار درون مخزن با فشار محیط برابر می شود، باز هم خروج هوا از مخزن ادامه یافته و فشار مخزن به زیر فشار اتمسفر کاهش می یابد(شکل(۱-۲)-۳). به این ترتیب یک جریان برگشتی به درون مخزن شکل می گیرد و عقربه فشار سنج، در مدت زمان کوتاهی، چندین بار حول نقطه تعادل فشار محیط جابجا می شود. این خاصیت هوا اثر کادناسی نام دارد که در اثر خاصیت فنر گونه و الاستیسیته هوا به وجود می آید .

۱۴- Kadenacy Effect
۱۵- Springiness



شکل(۱-۲) اثر کادناسی در هوای متراکم درون مخزن [8]

۱-۳- طبقه بندی موتورهای پالس جت

موتورهای پالس جت به دو گروه کلی شامل موتورهای دارای دریچه[۱۶] و موتورهای فاقد دریچه[۱۷] تقسیم بندی می شوند. در هر دو نوع از این موتورها، از احتراق رزونانسی[۱۸] و مهار محصولات احتراقی در حال انبساط برای تشکیل یک جت خروجی ضربه ای استفاده می شود که منجر به شکل گیری نیروی رانشی به صورت متناوب می گردد. در ادامه، به بررسی جزئی تر هریک از این دو گروه خواهیم پرداخت.

۱۶ - Valved Pulsejet Engine
۱۷ - Valveless Pulsejet Engine
۱۸ - Resonance Combustion

۱-۳-۱- موتورهای دارای دریچه

موتور پالس جت دریچه دار، همانگونه که از نام آن پیداست، دارای یک دریچه مکانیکی در مدخل ورودی هوا به محفظه احتراق موتور می باشد که جریان هوای ورودی به موتور و یا خروجی از موتور را کنترل می کند. این بدان معنی است که موتور دریچه دار دارای یک قطعه مکانیکی متحرک است که به شدت تحت استهلاک قرار دارد. همچنین وجود چنین دریچه ای، پیچیدگی های مکانیکی بالاتری را به همراه خواهد داشت ولی در عین حال منافعی را نیز به همراه دارد.

موتورهای پالس جت دریچه دار، بیشتر مشابه موتورهای کاربراتوری دو مرحله ای[۱۹] عمل می کنند. موتور شامل یک محفظه احتراق و یک لوله خروجی[۲۰]، بدون وجود پیستون ، می باشد. هوا از طریق مقطع ورودی جریان می یابد که در نتیجه، با کاهش فشار در این ناحیه، منجر به مکش سوخت به درون محفظه احتراق می گردد بدون آنکه از پمپ سوخت استفاده شود. با گذر سوخت از ورودی موتور، سوخت تبخیر شده و از مقطع دریچه عبور می کند و وارد محفظه احتراق می گردد.

با رسیدن مخلوط سوخت و هوا به درون محفظه احتراق، مخلوط محترق شده و فشار افزایش می یابد که باعث بسته شدن دریچه ورودی می گردد. محصولات احتراق، با سرعت بالا از خروجی موتور خارج می گردند. اینرسی گازهای خروجی و خاصیت الاستیسیته گاز، یک خلاء نسبی در محفظه احتراق ایجاد می کند . دریچه باز شده و مجددا" هوا و سوخت وارد محفظه احتراق شده و فرآیند تکرار می شود .

---

۱۹ - Two Stroke Engine

۲۰ - Tailpipe

۱-۳-۱-۱- منافع موتور دریچه دار

مزیت های نوع دارای دریچه در مقایسه با نمونه های فاقد دریچه شامل موارد ذیل می باشد :

۱- نسبت قدرت به وزن بالاتر

۲- پیچیدگی کمتر به هنگام استفاده در هواپیماهای بدون سرنشین و عدم نیاز به سیتم پمپ سوخت در هواپیما

۱-۳-۱-۲- معایب موتور دریچه دار

موتور های دریچه دار در مقایسه با نمونه های بدون دریچه، دارای این نقاط ضعف می باشند :

۱- موتور سخت تر روشن می شود.

۲- عمر دریچه ها پایین است.

۳- ساخت موتور دشوار تر است.

۱-۳-۱-۳- سیکل کاری موتور پالس جت دریچه دار

یکی از خصوصیات بارز موتورهای پالس جت، صدای بسیار وحشتناک آنها است (با قدرت بالای ۱۲۰ دسی بل) ، که در اثر رویداد چند صد باره احتراق در یک ثانیه ایجاد می شود. امواج صوتی، نقش عمده ای را در عملکرد موتور پالس جت ایفا می کنند به گونه ای که آشنایی کامل با نحوه عملکرد موتور پالس جت، در گرو شناخت صوت شناسی[۲۱] حاکم بر سیکل کاری موتور می باشد. یک دیاگرام موج در شکل (۱-۳) نشان داده شده است که امواج اصلی در موتور پالس جت را توصیف می کند . مختصات مقاطع ورودی و خروجی موتور، به ترتیب، 0 و L می باشد. محور افقی می تواند به عنوان یک زمان بدون بعد در نظر گرفته شود .

۲۱- Acoustics