د کابل پوهنتون دطبیعي علومو علمي ـــ څېړنیزه مجله
مجـــله علـــمی- تحقیقی علـــوم طبیعی پوهنتون کابل
Journal of Natural Sciences – Kabul University
e-ISSN:3078-6665 P-ISSN:3078-5561

تغییر یک انجن احتراق داخلی به انجن هوای فشرده که با هوای فشرده یا گاز فعالیت می‌نماید

پوهنمل ساربان مختار[۱]، پوهنیار حمایت الله مجیدی[۲]، پوهنیار میلاد احمد عبدالله[۳]

[۱]دیپارتمنت انجنیری میخانیک، پوهنځی انجنیری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان
[۲،۳] دیپارتمنت انجنیری برق و الکترونیک، پوهنځی انجنیری، پوهنتون کابل، کابل، افغانستان
ایمیل: sarban.780@ku.edu.af

چکیده

آلودگی محیط زیست در شهرهای بزرگ به‌طور عمده به دلیل افزایش تعداد وسایل نقلیه با سوخت‌های فسیلی، به سرعت در حال افزایش است. در حال حاضر، گزینه‌های مختلفی در سطح جهانی در حال مطالعه هستند. یکی از این راه‌حل‌های جایگزین می‌تواند وسیله نقلیه‌ای با انجن هوای فشرده باشد. مطالعه حاضر بر روی تبدیل یک انجن احتراق داخلی به یک انجن هوای فشرده تمرکز دارد. به دلیل سادگی، یک انجن احتراق داخلی با یک سلندر دو ستروک طراحی شده است تا به انجن هوای فشرده تبدیل شود. سلندر انجن به‌گونه‌ای طراحی شده که کیم‌شافت موجود با مجموعه‌ای از کیم‌شافت‌های کنار و والوهای ورودی و خروجی هوا جایگزین گردد. پس از اعمال این تغییرات در قسمت بالای سلندر، انجن برای زمان‌بندی آن‌ها آزمایش می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی محیط زیست؛ انجن یک سلندر دوستروک؛ انجن هوای فشرده؛ سوخت فوسیلی؛ والو؛ دریچه هوای ورودی

Changing an Internal Combustion Engine to a Compressed Air Engine That Operates with Compressed Air or Gas

Sarban Mukhtar[1], Himayatullah Majidi [2], Milad Ahmad Abdullah[3]

[1]Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Kabul University, Kabul, Afghanistan
[2,3]Electrical and Electronics Engineering department, Faculty of Engineering, Kabul University, Kabul, Afghanistan
Email: sarban.780@ku.edu.af

Abstract

Environmental pollution in large cities is rapidly increasing due to the rising number of fossil fuel vehicles. Many alternative options are currently being studied worldwide. One alternative solution could be a vehicle with a compressed air engine. The current study focuses on converting an internal combustion engine to a compressed air engine. Due to its simplicity, a single-cylinder, two-stroke internal combustion engine has been designed to operate with compressed air. The engine's cylinder head is designed to replace the existing camshaft with flank cams and intake-exhaust air valves. With these changes, the engine is tested for their timing. The conversion of a spark-ignition (SI) engine to a compressed air engine presents a promising alternative to traditional fossil fuel-powered engines. This study investigates the modifications required to adapt a four-stroke SI engine using compressed air or gas. Key modifications include changes to the camshaft and valve timings to accommodate the different operational dynamics of compressed air.

Keywords: Compressed Air Engine; Environmental Pollution; Fossil Fuel; Intake Air Passage; Two-Stroke Single-Cylinder Engines; Valve

ارجاع: مختار، س.، مجیدی، ح. & ،.عبدالله، م.ا. (۲۰۲٤). تغییر یک انجن احتراق داخلی به انجن هوای فشرده که با هوای فشرده یا گاز فعالیت می‌نماید. *مجله علمی- تحقیقی علوم طبیعی پوهنتون کابل*،۷(۳)، ۶۳-۷۹
https://doi.org/10.62810/jns.v7i3.56

مقدمه

انجن هوای فشرده یک محرک پنوماتیکی (انجن هوای فشرده) است که با گسترش هوای فشرده و تبدیل انرژی پوتانشیل به حرکت، کار مفیدی ایجاد می‌کند. محرک پنوماتیک وسیله‌یی است که انرژی را به حرکت تبدیل می‌کند(Adaileh & AlQdah, 2022). این حرکت می‌تواند حرکت دورانی یا خطی باشد که بستگی به نوع محرک دارد(Amry et al., 2022). مواد سوخت انجن هوای فشرده[1] در یک مخزن با فشار بالا در حدود ۳۰ میگاپاسکال ذخیره شده توسط هوای فشرده تأمین می‌شود (Changoluisa & Zapata, 2023; Chinglenthoiba, Balaji, & Abbas, 2016; Chinglenthoiba et al). تفاوت انجن هوای فشرده با انجن احتراق داخلی (IC engine) در این است که به عوض مخلوط کردن سوخت با هوا و سوزاندن آن برای حرکت پستون گازهای انبساط داغ، هوای فشرده از انبساط هوای فشرده‌ی قبلی برای به حرکت درآوردن سلندرهای خود استفاده می‌کنند(Chinglenthoiba, Balaji, Abbas, et al., 2016). هدف از این تحقیق کاهش مصرف سوخت‌های فوسیلی و بهره‌برداری بهتر از منابع طبیعی است(DIDIK, 2010). با استفاده از هوای فشرده به عنوان منبع انرژی، می‌توان وابستگی به سوخت‌های فوسیلی را کاهش داد و به حفظ محیط زیست کمک کرد(He et al., 2010; Huang et al., 2009; Kumar et al). بررسی پایداری و تأثیرات محیط‌زیستی استفاده از انجن هوای فشرده در مقایسه با انجن‌های احتراق داخلی این شامل تحلیل اثرات آلودگی و انتشار گازهای گلخانه‌یی می‌شود(Kutt et al., 2020). بزرگ‌ترین مزیت وسیله‌ی نقلیه هوای فشرده عبارت است از عدم عملیه سوزاندن و عدم تخلیه گازهای زائد به محیط اطراف است(Marques et al., 2020; Papson et al., 2010; Parashar et al., 2014). انجن هوای فشرده به عنوان یک وسیله‌ی نقلیه حفاظت از محیط زیست سبز با آلودگی نزدیک به صفر در شهرهای بزرگ گفت. با پالیسی صرفه‌جویی در انرژی و حفاظت از محیط زیست، مطالعات در مورد موترهایی با انجن هوا بیشتر و بیشتر افزون‌تر می‌شود (Parashar et al., 2014; Parker, 2002; Reddy, 2020).

اخیراً تحقیقات داخلی و خارجی نشان‌دهنده‌ی دست‌آوردهای قابل توجهی در این عرصه می‌باشد(Rezkallah et al., 2020). پوهنتون ژجیانگ هفی پوهنتون فناوری چین[2] تجارب فراوانی در تجزیه و تحلیل تئوری و آزمون تجربی در مورد انجن‌های با هوای فشرده برای کار با هوا یا گاز را انجام

[1] Compressed Air Engine

[2] University and Zhejiang Hefei University of Technology of China

داده اند(Saxena et al., 2014). شرکت[3] یا (MDI) در فرانسه در مورد طراحی، ساخت و کاربرد موترها با انجن هوا فشرده تحقیقات نموده اند(Schechter, 1999; Shen & Hwang, 2009). موترهای انجن‌های هوای فشرده از نوع سلندر، نوع پره‌یی، نوع چرخشی و غیره هستند و انجن‌های نوع سلندر در حال حاضر به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد(Shi et al., 2023; Taras et al., 2022). در حال حاضر سیستم قدرت انجن نوع سلندر دارای معایبی از جمله ساختار پیچیده، صوت بلند و موثریت پایین است. بنابراین، توسعه و بهینه‌سازی سیستم قدرت انجن، نقطه‌ی کلیدی در عرصه تخنیک موترها با انجن هوای فشرده می‌باشد(Tuirán Villalba et al., 2021). در مطالعه حاضر، بر تبدیل یک انجن دو ضربه‌یی یک سلندر احتراق داخلی به یک انجن هوای فشرده با حداقل تغییر ممکن، در طراحی موجود در نظر گرفته شده است و این طراحی، بر اساس یک اصل، کار نسبتاً ساده است. هوای فشرده منبع انرژی است که در یک سلندر با فشار قوی ذخیره می‌شود. اساساً این سلندر توسط کمپریسور دوباره پر می‌شود؛ اما در حال حاضر هوای فشرده مستقیماً از کمپریسور با فشار ۷ بار تأمین می‌شود. هنگامی‌که پستون در نقطه مرکزی بالایی[4] قرار دارد، کیم شافت ورودی به میله دنبال‌کننده‌ی ورودی اجازه می‌دهد تا دروازه ورودی را باز کند و اجازه دهد هوای فشرده وارد محفظه‌ی هوا شود(Wang et al., 2017; Wang et al., 2022). در این حالت دریچه‌ی آگزاست توسط دنبال‌کننده‌ی مربوطه که توسط کیم شافت آگزاست کنترول شده بسته می‌شود. هوا بافشار از مسیر ورودی به محفظه وارد شده و یک قوه به سمت پایین روی پستون ایجاد کرده که در این حالت پستون شروع به حرکت به سمت پایین می‌کند. بعد از فشار دادن پیستون به سمت پایین، هوا به سمت مجرای دیگر محفظه منعکس می‌شود و در همین حال کیم شافت آگزاست، دریچه آگزاست را باز می‌کند تا هوا را با استفاده از میله دنبال‌کننده خارج کند(Wei Guo, 2011; Xie et al., 2023; Yejian et al., 2012). قبل از اینکه پستون به نقطه مرکزی پایانی[5] برسد، کیم شافت ورودی باید با کمک دنبال‌کننده‌ی ورودی، دریچه ورودی را ببندد. برای اینکه پیستون پس از رسیدن به (BDC) حرکتی رو به بالا داشته باشد، به منبع انرژی اضافی نیاز است. بنابراین، حرکت رفت و برگشتی پیستون تحت تأثیر استفاده از فلایویل نصب شده بر روی کرنک شافت عمل می‌کند(Zhang et al., 2023). همچنان قابلیت ذخیره انرژی اضافی که در فلایویل[6] وجود دارد، برای تأمین انرژی برق استفاده می‌شود(Zhang et al., 2022).

[3] International display company
[4] Top Dead Center
[5] Bottom dead center
[6] flywheel

انتقال قوه از کرنک شافت[۷] به کیم شافت مستقیماً توسط میکانیزم چرخ زنجیره‌یی انجام می‌شود. میکانیزم چرخش کیم شافت با نصب یک شافت بر روی دو نگهدارنده بال بیرینگ[۸] انجام می‌شود. علاوتاً دو میله پیرو بر روی سپرنگ‌های جداگانه‌یی‌که در بالای محفظه‌ی هوا قرار گرفته اند، نصب شده است. بازگشت قوه‌ی انجام شده توسط سپرنگ به دنبال‌کننده اجازه می‌دهد، زمانی‌که موقعیت کیم شافت در تغییرموقعیت صفر است، به موقعیت اولیه خود برگردد. برای اطمینان از جریان یک طرفه‌ی هوای فشار قوی از کمپریسور به محفظه‌ی هوا از والو یک طرفه استفاده شده است(Zhu et al., 2018).

روش تحقیق

درین تحقیق سعی صورت گرفته است تا تغیرات لازم برای تبدیل انجن احتراق داخلی به انجن با هوای فشرده بسیار ساده، کم‌هزینه، مؤثر و عملی باشد. برای نایل شدن به این هدف مراجل تبدیل ذیلاً شرح گردیده است.

طراحی ساختمان

در تحقیق حاضر، برای تغییر به طرح جدید یا انجن هوای فشرده، از انجن موتور سایکل استفاده شده است. درین راستا چندین مرحله‌ی تغییر ساختاری نیاز است که در حقیقت بالای انجن موجوده‌ی احتراق داخلی انجام شده و انجن را برای کارکردن با هوای فشرده تبدیل نماید که قرار آتی به آن می‌پردازیم.

محفظه‌ی استوانه‌یی گسترده

یک محفظه استوانه‌یی ساخته شده از فولاد نرم با پوشش فشاری در قسمت فوقانی سلندر انجن جای‌گزین شده است. برای پلگ جرقه در مطابقت با قطر بیرونی محفظه استوانه‌یی مجرایی در نظرگرفته وحفر شده است. سلندرها دارای دو سوراخ (با قطر ۱۵ میلی متر) برای عملکرد دریچه‌های ورودی و خروجی هستند. در فاصله ۶۰ میلی متری از بالای سلندر، دو سوراخ ۱۰ میلی متری به منظور دریچه‌های ورودی و اگزاست ایجاد شده است.

[7] crank shaft
[8] ball bearing

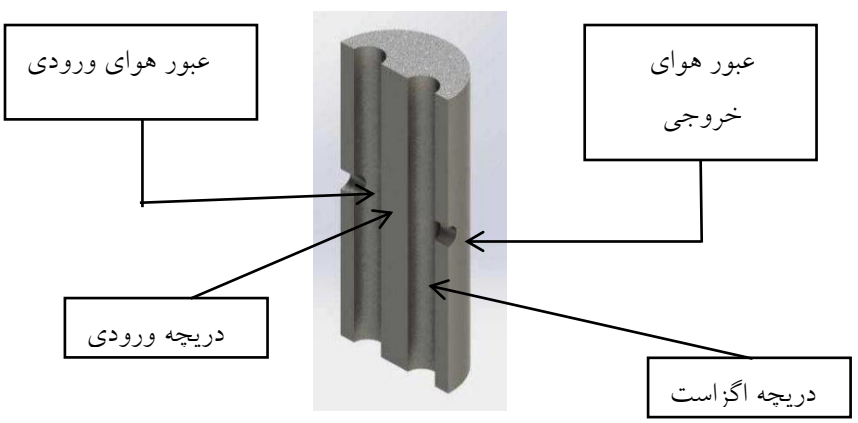
شکل۱: محفظه استوانهیی

محفظه ورودی مسیر خروج هوا فشرده

درطرح اولیه انجنهای احتراق داخلی پطرولی ایجاد گذرگاه ورودی با محفظهی هوای بایپاس که مسیر خروجی آن همواره باز نگهداشته میشد، باعث ابهام در عملکرد میگردید. این بار بهخاطر جلوگیری از پیچیدگی در طرح و دیزاین دو گذرگاه جداگانهی محفظهی هوا، طراحی و ایجاد شده است. علاوتاً یک پارتیشن جامد در بین مسیرهای عبوری برای عملکرد مصئون در نظر گرفته شده است.

کیم شافت

کیم شافت یک جسم سخت بوده که به قطر ۱۰ میلی متر در نظر گرفته شده است. این شافت بر روی دو بال بیرنگ اتکا دارد که در محفظهی آنها قرار گرفته اند و از طریق زنجیر و چرخ به شافت خروجی انجن متصل میباشد.



شکل۲: نمای قطع از محفظهی استوانهیی

والوهای ورودی-آگزاست

اساساً دو شافت فولادی ملایم با سطوح مقاطع بوده که عملکرد هر دو والوِ دنبال‌کننده و کیم صورت هموار را ترکیب می‌نماید. سطح مقطع متغییر صورت هموار، روی یک سپرنگ قرار می‌گیرد و بقیه والو در داخل دریچه‌ی هوا معلق می‌ماند. کیم شافت‌ها به کمک پیچ کلید آلن محکم به شافت متصل می‌شوند.

شکل ۳: والو آگزاست ورودی

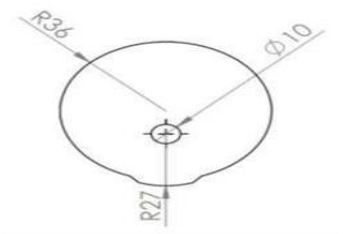
فلایویل

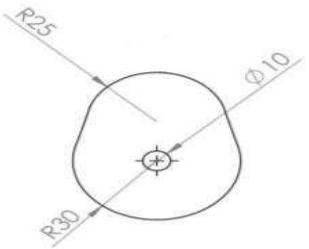
یک دیسک فولادی نرم به قطر ۱۵۰ میلی متر و ضخامت ۱۲ میلی متر در دستگاه خرادی بریده شده و به شافت خروجی اصلاح شده‌ی قبلی متصل شده است. این ابعاد از مشخصات انجن (تورک یا چرخش انجن به اندازه ۶۰ نیوتن متر) و برخی از فرضیات و بر اساس محدودیت‌هایی‌که در انجن متمرکز می‌باشد، به دست آمده است. علاوتاً یک کتله به ٦اندازه کیلوگرام به شکل فلایویل در نظر گرفته شده است.

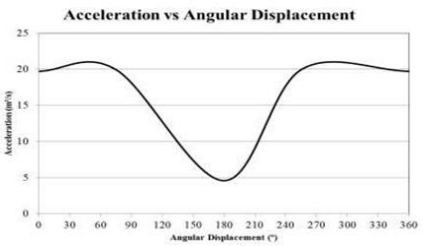
طرح کیم شافت

برای جایگزینی سلندر اصلی، سیت جدیدی از دو کیم کناری برای عملکرد دریچه‌های ورودی و خروجی انجن اصلاح شده طرح شده است. هر دو کیم آگزاست و ورودی در قسمت خط مرکزی میل کیم شافت متقارن بوده و کیم‌ها از فولادهای ملایم ساخته شده اند. این کیم‌ها از دیسک‌های استوانه‌یی به قطر ۹۰ میلی‌متر و به ضخامت ۴۰ میلی‌متر بر روی دستگاه میلینگ و ماشین خرادی بر اساس نقشه‌ی مقیاس کامل ارائه شده و برای به‌دست آوردن مشخصات کیم‌های خاص از محاسبات و مفروضات نظری استفاده شده می‌تواند. این کیم‌ها حرکت‌های معین خود را به اساس مشخصات کیم‌های فرضی که در واقعیت به شکل عملی نیز اجرا گردیده است، به دنبال‌کننده انتقال می‌دهند. پروفایل کیم شافت ورودی به گونه‌ی طرح شده است که حداکثر ۱۸ میلی متر صعود/نزول را به والو نشان بدهد در حالی

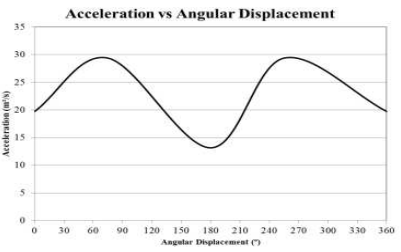
که برای کیم شافت اگزاست ۱۵ میلی متر پروفایل آن به والو را نشان می‌دهد. کیم شافت ورودی دارای زاویه صعودی ۴۰ درجه و زاویه نزولی ۳۲۰ درجه می‌باشد و علاوه برآن، کیم شافت اگزاست دارای زوایه صعودی ۱۵۰ درجه و زاویه نزولی ۲۱۰ درجه است.







شکل ۴: کیم ورودی



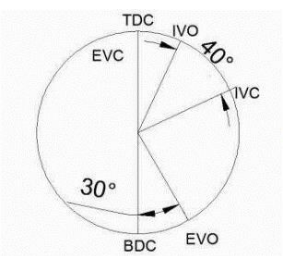
شکل ۵: کیم اگزاست

[illegible] حالت اول، کیم ورودی و اگزاست به ترتیب در هر دو طرف TDC و BDC در زاویه‌ی متقارن قرار می‌گیرند. کیم شافت ورودی بلندی به اندازه ۱۸ میلی متر بالابر را به دنبال‌کننده می‌دهد. هنگامی‌که پستون در (TDC)است، والو ورودی در شرایط کاملاً باز است و با شروع ورود هوای فشرده به داخل محفظه، والو باید دریچه ورودی به قطر۱۰میلی متر را قبل از رسیدن پستون به (BDC) ببندد. برای اطمینان از بسته شدن کامل دریچه ورودی ۱۰ میلی متری، به دنبال‌کننده‌ی ورودی ۱۸ میلی متر حرکت داده می‌شود. زمانی‌که کرنک شافت بعد از TDC در ۲۰ درجه قرار می‌گیرد، بسته شدن دریچه ورودی توسط والو شروع می‌شود و زمانی که کرنک شافت بعد از TDC روی زاویه ۴۵ درجه است، کاملاً بسته می‌شود. در این مدت دریچه‌ی ورودی کاملاً بسته می‌ماند و هیچ هوایی اجازه‌ی عبور از دریچه ورودی را ندارد. زمانی‌که کرنک به زاویه ۴۵ درجه قبل از TDC به داخل سلندر می‌رسد دریچه ورودی به بسته شدن آغاز می‌نماید و اجازه می‌دهد تا هوا به داخل سلندر عبور نماید و قبل از این‌که TDC به ۲۰ درجه نزدیک شود، به حداکثر شرایط باز شدن خود می‌رسد. هنگامی‌که سلندر در TDC است،

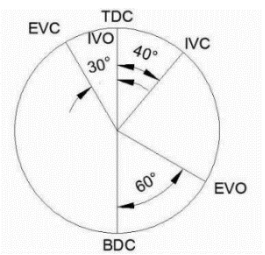
[9] Valve Timing

والو اگزاست در حالت کاملاً بسته می‌باشد و دریچه‌ی اگزاست تنها ۷۵ درجه پس از TDC شروع به باز کردن دریچه اگزاست می‌کند. برای چرخش ۲۱۰ درجه‌ی بعدی کرنک شافت، دریچه اگزاست در حالت کاملاً باز نگهداشته می‌شود و هوا اجازه خروج از محفظه را دریافت می‌کند. دنبال‌کننده اگزاست دارای تغییر موقعیت ۱۵ میلی متری بوده تا که بتواند دریچه خروجی به قطر ۱۰ میلی متر را کاملاً بسته سازد.

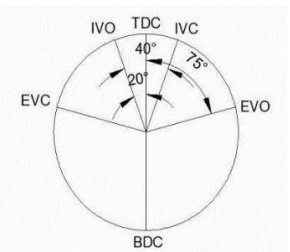
با ایجاد اصلاحات، و طرح جدید یک والو تایمنگ دوم، با آغاز و باز شدن والو ورودی در (TDC) در۲۵ درجه قبل از کاملاً باز شدن آن در (TDC) آزمایش شده است. کل مدت زمان باز شدن والوها در ۴۰ درجه چرخش کیم شافت ثابت می‌ماند. والو اگزاست در ٦۰ درجه قبل از(BDC) شروع به باز شدن می‌کند و بعد از ۳۰ درجه چرخش کیم شافت، قبل از این‌که پیستون به (TDC) برسد، بسته می‌شود. با اصلاح، والو تایمنگ سوم و با شروع و باز شدن والو ورودی در ۲۵ درجه قبل از (TDC) و کاملاً باز شدن آن در (TDC) آزمایش شده است. کل مدت زمان باز شدن والوها همان ۴۰ درجه چرخش کیم شافت باقی می‌ماند. والو اگزاست در ۳۰ درجه قبل از (BDC) شروع به باز شدن می‌کند و زمانی که پستون به(TDC) می‌رسد، بسته می‌شود.



شکل ۸: دیاگرام والو تایمنگ



شکل ۷: دیاگرام والو تایمنگ



شکل٦: دیاگرام والو تایمنگ

یافته‌ها

انجن مورد بررسی در این مطالعه با فشار هوای فشرده هفت بار آزمایش شده است. در اولین طرح از گراف والو تایمنگ، انجن با باز شدن خط گاز فشرده شروع به کار می‌کند؛ اما پس از یک دور کامل، حرکت انجن به تدریج کُند شده و در نهایت متوقف می‌شود. این ممکن است به دلیل این واقعیت رخ دهد که در ستروک برگشتی، والو ورودی قبل از (TDC) باز شود. در طرح والو تایمنگ دوم، انجن پس از شروع جریان هوای فشرده به داخل سلندر، شروع به فعالیت می‌کند؛ اما پس از چندین دور کامل، انجن دوباره کند شده و متوقف می‌شود. در این حالت، والو ورودی قبل از (TDC) شروع به باز شدن می‌کند. هنگامی‌که هوای فشرده شروع به جریان یافتن به داخل سلندر کرد، قبل از این‌که

پستون در حرکت برگشت به (TDC) برسد، هوای فشرده دوباره پستون را در حرکت برگشت به عقب هدایت می‌دهد. بنابراین، انجن دوباره کُند شده و باالاخره متوقف می‌شود. در طرح سوم والو تایمنگ، انجن با جریان هوای فشرده به داخل سلندر شروع به کار می‌کند. این بار انجن نیم ساعت کار می‌کند تا فشار هوای فشرده به زیر حد معینی کاهش یابد. سرعت دورانی انجن ۴۲۰ دور در دقیقه اندازه‌گیری شده است. بررسی و تغیر سلندر و پستون‌ها و سلندرها با هوای فشرده یکی از اولین مراحل تغیر انجن احتراق داخلی به هوای فشرده می‌باشد. سلندرها باید توانایی تحمل فشار بلند را داشته باشند و پیستون‌ها نیز باید با حداقل اصطکاک و افزایش کارایی حرکت کنند که قرار آتی به شرح آن پرداخته شده است:

کیم شافت

اصلاح در لوب‌های کیم شافت برای تطابق با زمان‌بندی جدید نیاز است. این تغییرات باید به گونه‌یی صورت گیرد که والوها به طور درست و کامل باز و بسته شوند تا بهترین کارایی و کارکرد را داشته باشند.

سیستم تزریق

سیستم تزریق سوخت در انجن احتراق داخلی باید به یک سیستم تزریق هوای فشرده تبدیل شود، این سیستم باید هوای فشرده را به طور دقیق و به موقع به سلندرها تزریق کرده بتواند.

سیستم سردکننده

هوای فشرده می‌تواند درجه حرارت بالا تولید کند، این حرارت در فعالیت انجن تأثیرات منفی ایجاد نموده می‌تواند و نباید باعث کندی فعالیت انجن گردد. لذا یک سیستم سردکننده‌ی مناسب باید طراحی شود تا از گرم شدن بیش از حد انجن جلوگیری کند.

لیکی‌ها و مقاومت در برابر فشار

تمامی‌اتصالات و بخش‌های مختلف انجن باید برای جلوگیری از سرایت هوا به بیرون و علاوتاً جهت افزایش مقاومت در برابر فشار بررسی و تقویت شوند.

مطالعات اقتصادی

تغییر و جای‌گزینی انجن‌های هوای فشرده در عوض انجن‌های احتراق داخلی نیازمند تحلیل دقیق اقتصادی است تا اطمینان حاصل گردد که این تغییرات در قدم نخست عملی، کارا، و مصئون بوده و متعاقباً اقتصادی و سازگار بامحیط زیست باشد. در این قسمت جهت بررسی بیشتر، جوانب مختلف اقتصادی این تغییرات را بررسی خواهیم کرد.

۱. هزینه‌های اولیه

تغییرات سخت‌افزاری: هزینه‌های مربوط به تغییرات سخت‌افزاری شامل طراحی و ساخت قطعات جدید؛ مانند سلندرها، پیستون‌ها و کیم شافت، و همچنین نصب این قطعات بر روی انجن موجود است. این هزینه‌ها می‌تواند بالا باشد و باید در مقایسه با مزایای آتی مورد ارزیابی قرار گیرد:

تجهیزات تأمین هوا: هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات لازم برای تأمین هوای فشرده مانند کمپریسورها، مخازن ذخیره‌سازی هوا، و پایپ‌کشی مرتبط.

سیستم کنترول و نظارت: پیاده‌سازی سیستم‌های کنترول و نظارت برای مدیریت فشار و جریان هوای فشرده و تضمین عملکرد بهینه انجن.

۲. هزینه‌های عملیاتی

هزینه پر کردن سلندرها: یکی از هزینه‌های عملیاتی مهم، هزینه پر کردن سلندرهای هوای فشرده است. بر اساس معلومات اولیه، به شکل مقایسوی هزینه پر کردن یک سلندر به طور اوسط یک حد بسیار کمتر هزینه‌ی سوخت انجن‌های احتراق داخلی رایج است.

۳. هزینه نگهداری

هزینه‌های نگهداری و تعمیرات دوره‌یی انجن هوای فشرده که به دلیل پیچیدگی کمتر در طرح و تطبیق این نوع انجن‌ها به مثابه‌ی انجن‌های احتراق داخلی باشد.

٤. هزینه‌های انرژی

هزینه‌های برق برای فشرده‌سازی هوا باید در نظر گرفته شود. این هزینه‌ها به طور مستقیم به میزان استفاده و موثر کمپریسورها بستگی دارد.

مزایای اقتصادی

کاهش هزینه‌های سوخت: یکی از بزرگ‌ترین مزایای انجن‌های هوای فشرده کاهش هزینه‌های سوخت است. در حالی که انجن‌های احتراق داخلی به سوخت‌های فوسیلی نیاز دارند، انجن‌های هوای فشرده تنها به هوای فشرده نیاز دارند که هزینه بسیار کمتری دارد.

کاهش هزینه‌های نگهداری: به دلیل ساختار ساده‌تر و عدم نیاز به قطعات متحرک متعدد، هزینه‌های نگهداری انجن‌های هوای فشرده کمتر است.

طول عمر بیشتر

انجن‌های هوای فشرده که در فعالیت خود احتراق داخلی ندارد و حرارت زیاد تولید نمی‌کند مدت زمان استهلاک اجزاء و قطعات آن طولانی بود و معمولاً عمر طولانی‌تری نسبت به انجن‌های احتراق داخلی دارند که این امر می‌تواند هزینه‌های کل طول عمر را کاهش دهد.

حفظ محیط زیست و صرفه‌جویی در انرژی

کاهش آلودگی: استفاده از انجن‌های هوای فشرده می‌تواند به طور قابل توجهی آلودگی هوا را کاهش دهد؛ زیرا هیچ گونه آلاینده‌یی منتشر نمی‌کنند. این مزیت می‌تواند هزینه‌های مرتبط با مقررات محیط‌زیستی و جریمه‌های مرتبط با آلودگی را کاهش دهد.

بهره‌وری انرژی: انجن‌های هوای فشرده می‌توانند در شرایط خاص بهره‌وری انرژی بیشتری داشته باشند، به ویژه در سیستم‌هایی که به بازیابی و استفاده مجدد از انرژی فشرده‌سازی توجه دارند.

هزینه تمامی‌تغییرات و اصلاحات مورد نیاز باید محاسبه شود. این شامل هزینه قطعات جدید، کار انجنیری و نصب می‌شود.

مزایا و معایب انجن‌های هوای فشرده

۱. مزایا

کاهش آلودگی هوا: انجن‌های هوای فشرده هیچ گونه آلاینده‌یی منتشر نمی‌کنند که یک مزیت بزرگ برای محیط زیست است.

کاهش هزینه‌های سوخت و هزینه‌های مربوط به هوای فشرده معمولاً کمتر از هزینه‌های سوخت‌های فوسیلی است.

سروصدای کمتر: انجن‌های هوای فشرده معمولاً سروصدای کمتری نسبت به انجن‌های احتراق داخلی دارند.

۲. معایب

زیرساخت‌های تأمین هوا: نیاز به زیرساخت‌های مناسب برای تأمین هوای فشرده که ممکن است هزینه‌های اولیه‌ی بالایی داشته باشد.

مسافت محدود: در مقایسه با سوخت‌های فوسیلی، هوای فشرده توانایی محدودی در تأمین انرژی برای مسافت‌های طولانی دارد.

بحث و مناقشه

در مطالعه اصلاحی حاضر، یک انجن دو ستروک یک سلندر احتراقی با سر سلندر و کیم شافت جدید دوباره مونتاژ شده درنظر گرفته شده است. در این مطالعه انجن با سه دیاگرام و زمان‌بندی متفاوت برای والو تایمنگ آزمایش شده است. برای دو زمان‌بندی ساده‌ی والو، انجن برای مدت طولانی کار نمی‌کرد. بنابراین، طرح والو تایمنگ را نمی‌توان برای انجن اصلاح شده استفاده کرد و با دیاگرام والو تایمنگ سوم دیاگرام والو تایمنگ بیشتر اصلاح شده است. این بار انجن فعالیت مناسب دارد فشار گاز را کاهش داده است و حداکثر دور انجن ۴۲۰ دور در دقیقه می‌باشد. در آینده می‌توان اصلاحات بیشتری انجام داد تا خود انجن بتواند کمپریسور را در حرکت بیاورد. این انجن همچنین می‌تواند با انجن‌های دیگر برای پشتیبانی به انجن اصلی متصل شود. گاز فشار بالای خروجی از انجن اولی می‌تواند به عنوان هوای ورودی برای انجن هوای فشرده استفاده شود. همچنین می‌توان فشار هوا را تا قسمت فوقانی ساختار انجن افزایش داد. این نوع انجن می‌تواند برای اهداف مختلف استفاده شود و همچنان تغییر از انجن‌های احتراق داخلی به انجن‌های هوای فشرده می‌تواند از لحاظ اقتصادی مزایای زیادی داشته باشد، به ویژه در کاهش هزینه‌های سوخت و نگهداری. با این حال، هزینه‌های اولیه برای تغییرات سخت‌افزاری و تجهیزات تأمین هوای فشرده باید به دقت مورد بررسی قرار گیرند. همچنین، تحلیل دقیق هزینه‌های عملیاتی و مزایای محیط‌زیستی می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر در مورد این تغییرات کمک کند. حمایت‌های دولتی و زیرساخت‌های مناسب نیز می‌توانند نقش مهمی در تحقق این تغییرات ایفا کنند. تبدیل انجن‌های احتراق داخلی به انجن‌های هوای فشرده، به عنوان یک راهکار مؤثر برای کاهش مصرف سوخت‌های فوسیلی و کاهش آلودگی هوا، مزایای قابل توجهی دارد. هزینه‌های کمتر پر کردن سلندر و کاهش اثرات محیط‌زیستی از دیگر مزایای این تغییر هستند. با این حال، چالش‌هایی؛ مانند نیاز به توسعه فناوری، زیرساخت‌های جدید و مؤثریت پایین‌تر نسبت به انجن‌های احتراق داخلی، وجود دارد. با ادامه این تحقیق و توسعه می‌توان از پوتانشیل‌های این فناوری بهره‌برداری بیشتری کرد و وابستگی به سوخت‌های فوسیلی را کاهش داد.

نتیجه‌گیری

انجن‌های هوای فشرده تنها به هوای فشرده نیاز دارند که هزینه بسیار کمتری دارد، در حالی که انجن‌های احتراق داخلی به سوخت‌های فسیلی نیاز دارند. یکی از بزرگ‌ترین مزایای انجن‌های هوای فشرده کاهش هزینه‌های سوخت است. علاوه بر این، به دلیل ساختار ساده‌تر و عدم نیاز به قطعات متحرک متعدد، هزینه‌های نگهداری کمتری دارند. انجن‌های هوای فشرده چون در فعالیت خود از احتراق

داخلی استفاده نمی‌کنند و حرارت زیادی تولید نمی‌کنند، مدت زمان استهلاک اجزاء و قطعات آن‌ها طولانی‌تر است و معمولاً عمر طولانی‌تری نسبت به انجن‌های احتراق داخلی دارند. این ویژگی می‌تواند هزینه‌های کل طول عمر را کاهش دهد. استفاده از این نوع انجن‌ها می‌تواند به طور قابل توجهی آلودگی هوا را کاهش دهد، زیرا هیچ‌گونه آلاینده‌ای منتشر نمی‌کنند. این مزیت می‌تواند هزینه‌های مرتبط با مقررات محیط‌زیستی و جریمه‌های مرتبط با آلودگی را نیز کاهش دهد. انجن‌های هوای فشرده نیاز به زیرساخت‌های مناسبی برای تأمین هوای فشرده دارند. بررسی مؤثریت و عمر مفیده انجن هوای فشرده در مقایسه با انجن احتراق داخلی نشان‌دهنده‌ی آن است که انجن‌های هوای فشرده عمر مفیده‌ی بیشتری داشته و نگهداری کمتری نیاز دارند.

پیشنهادات برای آینده

تحقیق و توسعه: سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای بهبود تکنالوژی‌های انجن هوای فشرده و افزایش مؤثریت آن‌ها.

زیرساخت‌های تأمین هوا: توسعه زیرساخت‌های تأمین هوای فشرده برای افزایش دسترسی و کاهش هزینه‌ها.

آموزش و فرهنگ‌سازی: آموزش و فرهنگ‌سازی در جامعه برای آشنایی با مزایای انجن‌های هوای فشرده و تشویق استفاده از آن‌ها.

حمایت‌های دولتی: دریافت حمایت‌های دولتی برای توسعه و پیاده‌سازی انجن‌های هوای فشرده به عنوان جای‌گزین پاک‌تر و ارزان‌تر برای انجن‌های احتراق داخلی.

انجن‌های هوای فشرده به دلیل عدم نیاز به سوخت‌های فوسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌یی، گزینه مناسبی برای جای‌گزینی انجن‌های احتراق داخلی هستند. برای دستیابی به عملکرد بهینه این انجن‌ها، چند نکته مهم باید مد نظر قرار گیرد:

زمان‌بندی دقیق والوها: همان‌طور که در مطالعه‌ی اصلاحی مشاهده شد، انتخاب صحیح و دقیق زمان‌بندی والو تایمنگ بسیار اهمیت دارد. زمان‌بندی نادرست می‌تواند باعث کاهش عملکرد و دوام انجن شود.

طراحی بهینه سلندر و کیم شافت: تغییرات در طراحی سلندر و کیم شافت باید با دقت کامل انجام شود تا بتواند فشار هوای فشرده را به طور مؤثر استفاده کند.

کاهش اصطکاک و بهینه‌سازی اجزا: کاهش اصطکاک در اجزای متحرک انجن می‌تواند به افزایش کارایی و کاهش مصرف انرژی کمک کند. استفاده از مواد با اصطکاک کمتر و طراحی بهینه‌ی اجزا می‌تواند بهبود عملکرد را تضمین کند.

استفاده از سیستم‌های کنترولی پیشرفته: بهره‌گیری از سیستم‌های کنترولی مدرن و پیشرفته می‌تواند به بهینه‌سازی عملکرد انجن در شرایط مختلف کمک کند. این سیستم‌ها می‌توانند به تنظیم دقیق زمان‌بندی و کنترول جریان هوا کمک کنند. انجام مطالعات و آزمایش‌های مداوم برای بررسی و بهبود عملکرد انجن‌های هوای فشرده ضروری است. این مطالعات می‌تواند به شناسایی نقاط ضعف و فرصت‌های بهبود کمک کند. با رعایت این نکات، انجن‌های هوای فشرده می‌تواند به عنوان یک جای‌گزین مؤثر و کارآمد برای انجن‌های احتراق داخلی مورد استفاده قرار گیرند و به کاهش وابستگی به سوخت‌های فوسیلی کمک کنند.

منابع

Adaileh, W. M., & AlQdah, K. S. (2022). Potential of Utilizing Compressed Air as Energy Sources for Single Cylinder Reciprocating Engine. *International Journal*, *7*(1).

Amry, Y., Elbouchikhi, E., Le Gall, F., Ghogho, M., & El Hani, S. (2022). Electric vehicle traction drives and charging station power electronics: current status and challenges. *Energies*, *15*(16), 6037.

Changoluisa, L. F., & Zapata, M. (2023). Design and Implementation of Wind-Powered Charging System to Improve Electric Motorcycle Autonomy. *International Conference on Computational Science and Its Applications*.

Chinglenthoiba, C., Balaji, V., & Abbas, B. (2016). Fabrication of Compressed Air Vehicle. *International Journal of Pollution and Noise Control*, *1*(2), 30-35.

Chinglenthoiba, C., Balaji, V., Abbas, B., & Kumar, A. M. Modification of Compressed Air Technology in Vehicles: A.

Chinglenthoiba, C., Balaji, V., Abbas, B., & Kumar, A. M. (2016). System design and mechanism of a compressed air engine. *International Journal of Mechanical Dynamics & Analysis*, *1*(2), 45-49.

DIDIK, F. (2010). History and directory of electric cars from 1834-1987. *Recuperado em novembro de*.

He, W., Wu, Y., Ma, C., & Ma, G. (2010). Performance study on three-stage power system of compressed air vehicle based on single-screw expander. *Science China Technological Sciences*, *53*, 2299-2303.

Huang, K. D., Quang, K. V., & Tseng, K.-T. (2009). Study of recycling exhaust gas energy of hybrid pneumatic power system with CFD. *Energy Conversion and Management*, *50*(5), 1271-1278.

Kumar, P., Singh, A. K., & Singh, H. Paper on Experimental Analysis and Modification in Design of Air Driven Engine.

Kutt, F., Michna, M., & Kostro, G. (2020). Non-Salient Brushless Synchronous Generator Main Exciter Design for More Electric Aircraft. *Energies*, *13*(11), 2696.

Marques, A. d. S., Carvalho, M., Ochoa, Á. A., Souza, R. J., & Santos, C. A. d. (2020). Exergoeconomic assessment of a compact electricity-cooling cogeneration unit. *Energies*, *13*(20), 5417.

Papson, A., Creutzig, F., & Schipper, L. (2010). Compressed air vehicles: Drive-cycle analysis of vehicle performance, environmental impacts, and economic costs. *Transportation research record*, *2191*(1), 67-74.

Parashar, N., Ali, S. M., Chauhan, S., & Saini, R. (2014). Design and analysis of compressed air engine. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, *3*(6).

Parker, A. A. (2002). *The power assisted bicycle: a green vehicle to reduce greenhouse gas emissions and air pollution*. Proceedings of the 25th Australasian Transportation Research Forum.

Reddy, P. S. (2020). Transformation of Existing SI Engine to Work with Pressurized Air.

Rezkallah, M., Singh, S., Chandra, A., Singh, B., & Ibrahim, H. (2020). Off-grid system configurations for coordinated control of renewable energy sources. *Energies*, *13*(18), 4950.

Saxena, B., Srivastava, A. K., & Srivastava, A. (2014). Bike that Runs on Compressed Air (let's move from black oil past to a green air future…). *International Journal of Scientific and Research Publications*, *4*(8), 1-4.

Schechter, M. M. (1999). *New cycles for automobile engines* (0148-7191).

Shen, Y.-T., & Hwang, Y.-R. (2009). Design and implementation of an air-powered motorcycles. *Applied Energy*, *86*(7-8), 1105-1110.

Shi, J., Zhu, Y., Feng, Y., Yang, J., & Xia, C. (2023). A prompt decarbonization pathway for shipping: green hydrogen, ammonia, and methanol production and utilization in marine engines. *Atmosphere*, *14*(3), 584.

Taras, P., Nilifard, R., Zhu, Z.-Q., & Azar, Z. (2022). Cooling techniques in direct-drive generators for wind power application. *Energies*, *15*(16), 5986.

Tuirán Villalba, R., Maury Ramírez, H., & Águila Estrada, H. (2021). Classification of design methodologies to minimize vibrations in gears and bearings in the 21st century: a review. *Machines*, *9*(10), 212.

Wang, J., Lu, K., Ma, L., Wang, J., Dooner, M., Miao, S.,…Wang, D. (2017). Overview of compressed air energy storage and technology development. *Energies*, *10*(7), 991.

Wang, M., Wang, J., Li, Y., Li, Q., Li, P., Luo, L.,…Sun, Y. (2022). Low-temperature pretreatment of biomass for enhancing biogas production: A Review. *Fermentation*, *8*(10), 562.

Wei Guo, K. (2011). Green nanotechnology of trends in future energy. *Recent patents on nanotechnology*, *5*(2), 76-88.

Xie, D., Zhou, H., Zhou, L., & Yu, C. W. (2023). Analysis of application status and development prospect of environmental chambers: A review. *Indoor and Built Environment*, *32*(2), 305-322.

Yejian, Q., Chengji, Z., Jian, T., & Hongming, X. (2012). Optimisation of the Design Parameters of a Compressed Air Engine Based on Numerical Simulation. *HKIE Transactions*, *19*(2), 24-30.

Zhang, Y., Cao, M., Li, R., Chen, X., Dong, H., & Liu, X. (2023). Explosive Characteristics and Kinetic Mechanism of Methane–Air Mixtures under High-Temperature Conditions. *ACS omega*, *8*(4), 4251-4260.

Zhang, Y., Wang, B., Ning, Y., Xue, H., & Lei, X. (2022). Study on Health Monitoring and Fatigue Life Prediction of Aircraft Structures. *Materials*, *15*(23), 8606.

Zhu, X., Chikangaise, P., Shi, W., Chen, W.-H., & Yuan, S. (2018). Review of intelligent sprinkler irrigation technologies for remote autonomous system. *International Journal of Agricultural & Biological Engineering*, *11*(1).