



تأثیر فناوری غیرفعال سازی استوانه بر مصرف سوخت و آلاینده‌های دود موتور چهار استوانه‌ای اشتعال جرقه‌ای

بهروز مشهدی^۱، اردلان ملکی^{۲*}

^۱دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، b_mashhadi@iust.ac.ir

^۲دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران، ardalan.malekii@gmail.com

*نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۹۳۹۱۳۹۰۴۸۶

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۱۹ مرداد ۱۳۹۳

پذیرش: ۲۹ مهر ۱۳۹۳

کلیدواژه‌ها:

غیرفعال سازی استوانه

مصرف سوخت

آلاینده‌ها

نرم افزار GT-POWER

موتور اشتعال جرقه‌ای

یکی از فناوری‌هایی که در سالین اخیر برای بهبود دو مشخصه مصرف سوخت و آلودگی دود موتور به صورت همزمان معرفی شده است، فناوری غیرفعال سازی استوانه است. با استفاده از این فناوری، در مواقعی که نیاز به تمام گشتاور خروجی نباشد، تعدادی از استوانه‌ها غیرفعال شده است و به این ترتیب مصرف سوخت کاهش می‌یابد و آلاینده‌های زیست‌محیطی کمتری وارد هوا می‌شود. در این تحقیق تأثیر این فناوری بر موتوری چهار استوانه‌ای اشتعال جرقه‌ای بررسی شده است. به همین منظور ابتدا تمام اجزاء موتور مذکور در محیط نرم افزار GT-POWER شبیه سازی و با استفاده از نتایج تجربی صحت‌گذاری شده است. سپس با اعمال فناوری غیرفعال سازی استوانه به الگو، تأثیرات آن بر مصرف سوخت و دود موتور بررسی می‌شود. نتایج نشان می‌دهند استفاده از این فناوری منجر به کاهش مصرف سوخت و بهبود تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌شود.

تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.



۱- مقدمه

افزایش قیمت جهانی سوخت و همچنین پدیده گرم شدن کره زمین در اثر تولید گازهای گلخانه‌ای، شرکت‌های بزرگ خودروسازی دنیا را بر آن داشت تا با استفاده از فناوری‌های نوین بازده احتراق را افزایش و نرخ تولید آلاینده‌های زیست‌محیطی از دود موتور را کاهش دهند. در ایران نیز به دلیل افزایش قیمت سوخت، تمایل به خرید خودروهای کم‌مصرف افزایش یافته و آلودگی روزافزون شهرهای بزرگ، به خصوص تهران، باعث افزایش نگرانی‌ها شده است.

محبوب‌ترین بحث امروز دنیای خودرو، ارائه راهکار مناسب برای کاهش مصرف سوخت، کاهش تولید گاز گلخانه‌ای CO₂ و توقف تولید گازهای سمی و در نتیجه بهتر کردن کیفیت هوا است. موتورهای چهار استوانه‌اشغال جرقه‌ای سهم مهمی در خودروهای تولیدی و مورد استفاده در ایران و جهان دارند. در سال‌های اخیر برای کاهش مصرف سوخت این موتورها راهکارهای متنوعی ارائه شده است که هر کدام نوعی مؤثر بوده‌اند. یکی از این راهکارها استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه است که در مواقعی که نیاز به تمامی استوانه‌ها نیست، تعدادی از آنها را خاموش می‌کند تا مصرف سوخت کاهش یابد.

غیرفعال‌سازی استوانه در حالت عملکردی بار جزئی، مصرف سوخت و آلودگی‌های تولیدی موتور احتراق داخلی را کاهش می‌دهد. هر قدر که موتور با درجه‌گاز بازتری کار کند، اتلافات تلمبه‌ای کمتر می‌شود. در حالتی که درجه‌گاز به صورت جزئی باز باشد، موتور برای تنفس از مجرای هوایی که قسمتی از آن مسدود شده است انرژی بیشتری تلف می‌کند. در حالت‌های رانندگی سبک روزمره تنها حدود ۳۰ درصد از بیشینه توان موتور استفاده می‌شود. در این حالت درجه‌گاز تقریباً بسته است و موتور قسمتی از انرژی را صرف مکش هوا از این درجه‌گاز تقریباً بسته می‌کند. این انرژی تلف شده باعث افزایش تلفات تلمبه‌ای و در نتیجه کاهش بازده می‌شود.

در حالت بار جزئی موتور نیاز به مکش هوای بسیاری دارد و برای مکش این مقدار هوا فشار استوانه در نقطه مکث بالایی کاهش می‌یابد. فشار ضعیف داخل استوانه با بازده پایین موتور مترادف است. کاربرد غیرفعال‌سازی استوانه بدین صورت است که تعداد کمتری استوانه هوا را از چندراهه ورودی می‌گیرند و فشار آن را افزایش می‌دهند. برخلاف عملکرد معمول که در آن حتی وقتی نیاز به حداکثر توان نباشد سوخت به صورت پیوسته برای هر استوانه تزریق و محترق می‌شود، با خاموش کردن تعدادی از استوانه‌ها سوختی که تزریق می‌شود کاهش می‌یابد. لذا با استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه، به دو دلیل مصرف سوخت کاهش می‌یابد:

۱. کاهش تلفات تلمبه‌ای

۲. کاهش تزریق سوخت

در کنار مزایای اشاره‌شده، استفاده از این فناوری محدودیت‌هایی دارد. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های این فناوری بروز صدا، ارتعاش و ناهنجاری^۱ (NVH) زیاد در برخی شرایط کارکردی است که دلیل آن توقف احتراق در استوانه‌های غیرفعال و در نتیجه نوسانات گشتاور با بسامد کمتر و در عین حال با مقدار بزرگتر است. از دیگر محدودیت‌های این فناوری افزایش احتمال کوبش در استوانه‌های فعال است که به دلیل افزایش فشار میانگین مؤثر ترمزی حادث می‌شود. افزایش تنش‌های حرارتی ناشی از تفاوت دمای استوانه‌های خاموش و استوانه‌های فعال محدودیت دیگری است که با خاموشی نوبتی استوانه‌ها می‌توان از آن صرف‌نظر کرد.

برای غیرفعال‌سازی یک استوانه باید تغییراتی در سامانه درجه‌گاز^۲ و واحد مدیریت موتور^۳ داده شود تا این تغییرات در عملکرد آن استوانه حاصل شود:

۱. بسته شدن درجه‌های تنفس و دود

۲. توقف تزریق سوخت

۳. توقف افروزش

تاریخچه استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه در موتور برای تنظیم گشتاور خروجی آن به اختراعات اواخر قرن نوزدهم میلادی برمی‌گردد که در موتورهای تک‌استوانه قابل حمل استفاده شد. در سال ۱۹۸۱ تولید انبوه خودرو با فناوری غیرفعال‌سازی را شرکت کادیلاک و با نام جابجایی تنظیم شده یا ۷۸-۶-۴ V8 آغاز کرد که در آن درجه‌های تنفس و دود به وسیله اسبک بی‌حرکت^۴ که با سلننویید تنظیم می‌شد به حالت غیرفعال درآمد [۱]. شرکت میتسوبیسی موتور ۱٫۴ لیتری چهار استوانه با جابجایی متغیر به نام اورین-ام‌دی^۵ را ارائه کرد که در آن درجه‌های تنفس و دود در استوانه‌های ۱ و ۴ به وسیله اسبک روغنی غیرفعال می‌شد [۲]. میتسوبیسی کاهش مصرف سوخت را در چرخه رانندگی ژاپنی ۲۰٪ و در چرخه رانندگی EPA ۱۱٪ اعلام کرد. در سال ۲۰۰۴ دایملر کرایسلر فناوری غیرفعال‌سازی استوانه را بر موتور ۵٫۷ لیتری اعمال کرد که در آن گشاینده‌های درجه‌گاز به صورت روغنی غیرفعال شده بودند و ترتیب احتراق از ۲-۷-۵-۶-۳-۴-۱-۸-۲ به ۳-۵-۸-۲ تغییر می‌کرد [۳]. شرکت جنرال-موتورز همین فناوری را همراه با فناوری سامانه متغیر درجه‌ها بر موتور ۳٫۹ لیتری OHV60° V6 اعمال کرد که در آن مجموع استوانه‌های سمت راست (استوانه‌های ۵-۳-۱) دارای میل بادامک غیرفعال بود که نتیجه آن ۵٫۵٪ کاهش مصرف سوخت در شهر و ۷٫۵٪ در بزرگراه‌ها بود [۴]. شرکت هوندا مدیریت متغیر استوانه را معرفی کرد که روی موتور ۶ استوانه اعمال شد. چند سال بعد همین

1 Noise, vibration & harshness

2 Valve-train

3 ECU

4 Lost motion rocker

5 Orion-MD

شبیه‌سازی یک بعدی کردند. ویلکاتس^{۱۱} و همکاران [۱۸] راه‌حل جدیدی برای طراحی اجزای سامانه غیرفعال‌سازی استوانه ارائه کردند که ارتعاشات، صدا و ناهنجاری و همچنین مصرف سوخت را بهبود می‌بخشید. زامیت^{۱۲} و همکاران [۱۹] تأثیر فناوری غیرفعال‌سازی استوانه بر موتوری دیزل چهار استوانه را بررسی کردند. در این تحقیق تأثیر اعمال فناوری غیرفعال‌سازی استوانه بر کاهش مصرف سوخت ویژه بررسی شد. همچنین سایر مزایای اعمال این فناوری که شامل کاهش آلودگی دود موتور می‌شود، نیز بررسی شد. گام اول برای شبیه‌سازی و سنجش مقدار مفید بودن اعمال هر فناوری به موتور پایه ارائه الگوی مناسب از آن موتور است. در این تحقیق تمامی اجزای موتور مذکور در محیط نرم‌افزار GT-POWER شبیه‌سازی شده و الگوی اولیه‌ای از آن به دست آمد. برای انطباق نتایج حاصل از شبیه‌سازی و خروجی موتور در آزمایش تجربی فرایند صحنه‌گذاری برای الگو انجام شد. این فرایند روشی مبتنی بر آزمون و خطا است. پس از صحنه‌گذاری، تغییرات لازم برای غیرفعال‌سازی استوانه‌ها به الگوی موتور پایه اعمال شد. غیرفعال‌سازی در دو مرحله اعمال و بررسی شد:

۱. خاموشی یک استوانه

۲. خاموشی دو استوانه

نتایج حاصل از هر مرحله گزارش و مزایا و معایب هر کدام مقایسه شده است.

۲- الگوی موتور پایه در محیط نرم‌افزار GT-POWER

برای شبیه‌سازی موتوری در فضای نرم‌افزار GT-POWER، دو نوع گسسته‌سازی صورت می‌گیرد:

۱. کل موتور به اجزای مشخص تقسیم می‌شود.

۲. اجزای موتور خود به حجم قسمت‌های کوچک‌تری تقسیم می‌شوند.

اجزای موتور در قسمت اول گسسته‌سازی عبارتند از: استوانه‌ها، موتور، دریچه‌ها، لوله‌های مستقیم، لوله‌های خمیده، افشانه، هوای مکش، دود موتور، دریچه گاز، انباره، واکنش‌گر و پرخوران (در صورت وجود عینی در موتور). در قسمت دوم گسسته‌سازی هر حجم پایش به حجم پایشی دیگر یا به دیواره محدود می‌شود. در هر حجم پایش خواص عددی (اسکالر) مانند دما، فشار و چگالی ثابت فرض می‌شوند. با انتخاب بهینه متغیر طول گسسته‌سازی در هر قطعه پاسخ‌ها بهتر می‌شوند. طول گسسته‌سازی، طول هر حجم پایش از قطعه‌ای است که بررسی می‌گیرد. شایان‌ذکر است که این متغیر با توجه به گام زمانی محدود می‌شود. معادلات پیوستگی، تکانه و انرژی به‌صورت همزمان حل می‌شوند و مقادیر گزارش‌شده در سطح جریان مقادیر

شرکت با اعمال تغییراتی بر فناوری گذشته موتور ۳،۵ لیتری i-VTEC را ارائه کرد که در آن قابلیت عملکرد ۴ و ۳ استوانه‌ای فراهم شده بود. در حالت ۴ استوانه، یک استوانه از هر طرف و در حالت ۳ استوانه، یک طرف غیرفعال بود. ساز و کار غیرفعال‌سازی به وسیله روغن پرفشار که با شیر ماسوره‌ای پایش می‌شود به اسبک اعمال می‌شد. نتیجه اعمال این فناوری کاهش مصرف سوخت ۱۰٪ در حالت ۴ استوانه و ۶٪ در حالت ۳ استوانه برای چرخه رانندگی بزرگراه EPA بود [۵]. اخیراً شرکت مرسدس بنز فناوری مدیریت استوانه را با نام AMG برای تبدیل موتور ۵،۵ لیتری ۸ استوانه به ۴ استوانه در مواقع نیاز معرفی کرده است [۶]. شرکت آئودی فناوری غیرفعال‌سازی را با نام سامانه گشودگی آئودی بر روی موتور ۸ استوانه S8 اعمال کرد که در آن غیرفعال‌سازی به وسیله بادامکی با زائده متغیر صورت می‌پذیرد [۷]. شرکت ولکس واگن فناوری مدیریت فعال استوانه (ACT) را بر موتور ۱،۴ لیتری ۴ استوانه TSI با پرخوران و تزریق مستقیم اعمال کرد [۸].

علاوه بر تاریخچه صنعتی ذکر شده، پژوهش‌های علمی متعددی نیز درباره این فناوری انجام شده است. لئون و پوزار^۱ [۹] وابستگی کاهش مصرف سوخت ناشی از غیرفعال‌سازی استوانه را به کاربرد خودرو و قیود عملکردی آن بخصوص ارتعاشات، صدا و ناهنجاری بررسی کردند. تایلر^۲ و همکاران [۱۰] با نصب آونگ معکوس بر روی میل‌لنگ، ارتعاشات ناشی از غیرفعال‌سازی استوانه را کاهش دادند. وینود^۳ [۱۱] با اعمال تغییراتی در ساختار میل‌لنگ، بازده مصرف سوخت را برای موتور تحت غیرفعال‌سازی استوانه افزایش داد. پاندر^۴ [۱۲] تأثیر اعمال این فناوری را روی موتورهای خودروهای هندی مقایسه کرد. وندان^۵ و همکاران [۱۳] با بهبود عملکرد پیش‌گر، کاهش مصرف سوخت ناشی از اعمال غیرفعال‌سازی را برای موتوری چهار استوانه بهینه کردند. کوروترسکیو^۶ و همکاران [۱۴] مزایای اعمال این فناوری را بر موتوری چهار استوانه بررسی کردند. تفاوت روغن کاری مناسب استوانه‌های غیرفعال و استوانه‌های فعال را ژنگما^۷ ژنگما^۸ [۱۵] بررسی کرد. بورتی^۸ و اسکالکو^۹ [۱۶] ساز و کار جدیدی جدیدی برای جداسازی جابجایی میل‌لنگ و استوانه‌ها پیشنهاد کردند که باعث کاهش تلفات اصطکاکی می‌شود. تاوارس^{۱۰} و همکاران [۱۷] عملکرد غیرفعال‌سازی استوانه را روی قوه محرکه دورگه روغنی

1 Leone and Pozar

2 Tyler

3 Vinodh

4 Pundir

5 Vendan

6 Croiterescu

7 Zheng Ma

8 Boretti

9 Scalco

10 Tavares

11 Wilcutts

12 Zammit

غربالگری متغیرهای مجهول به معنای انتخاب تعدادی از آنها به عنوان متغیرهای اصلی صحنه‌گذاری است. معیار انتخاب این متغیرها مقدار تأثیری است که هر یک بر عملکرد موتور می‌گذارند. به همین منظور روی آنها تحلیل حساسیت صورت می‌گیرد. برای هر یک از متغیرها یک مقدار مبنا انتخاب شده و مقدار تغییرات عملکرد موتور تحت تغییرات در حول نقطه مبنای هر متغیر مشاهده می‌شود. متغیرهایی که بیشترین تأثیر را بر عملکرد موتور داشته باشد غربال می‌شوند. مقدار مبنای انتخاب شده می‌تواند مقدار تقریبی اختصاص داده شده در الگوی اولیه موتور باشد. شایان ذکر است که برای تحلیل حساسیت یک متغیر، باید مقدار سایر متغیرها ثابت بماند.

پس از غربال‌گری متغیرها، سه متغیر دمای مخلوط سوخت و هوای ورودی به استوانه، ضریب انتقال حرارت موتور و تغییرات دمای چندراهه از میان متغیرهای دیگر به مرحله آزمون و خطا وارد شدند. در این مرحله با حدس اولیه مناسب و تغییر این سه متغیر در دامنه معمول موتوری احتراق داخلی چهار استوانه اشتعال جرقه‌ای و استفاده از نتایج هر تکرار در تکرار بعد، الگویی مناسب برای موتور پایه به دست می‌آید. پس از چندین مرحله آزمون و خطا برای هر دور موتور در بازه ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ دور بر دقیقه با گام ۵۰۰ دور بر دقیقه الگوی صحنه‌گذاری شده‌ای به دست می‌آید. نتایج حاصل از عملکرد الگوی صحنه‌گذاری شده موتور پایه در دو نمودار شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده است که مقایسه به ترتیب تغییرات گشتاور خروجی و مصرف سوخت ویژه بر حسب دور موتور نتایج تجربی و الگو می‌باشند.

همانطور که پیش‌بینی می‌شد، عملکرد الگوی صحنه‌گذاری شده تفاوت‌هایی نسبت به نتایج تجربی حاصل از آزمون‌های عملکرد موتور دارد. بخشی از این تفاوت‌ها ناشی از خطای نرم‌افزار شبیه‌سازی است و برخی دیگر به دلیل نامعینی‌هایی است که در تعیین برخی از متغیرهای موتور وجود دارد. پس از برآورد خطاهای الگوی، میانگین خطای گشتاور الگو ۲٫۳۶٪، میانگین خطای توان ۴٫۲۴٪ و میانگین خطای مصرف سوخت ویژه آن ۱٫۰۱٪ است. همانطور که در نمودارهای ارائه شده مشخص است، بخش بزرگی از خطای الگو در دوره‌های تند موتور اتفاق می‌افتد. دلیل این خطای نسبتاً بزرگ در دوره‌های تند را می‌توان عدم دقت شبیه‌سازی برخی از پدیده‌های سیالاتی مانند جریان بازگشتی و اثر ضربه قوچ دانست. هدف این تحقیق بررسی تأثیر غیرفعال‌سازی استوانه بر این موتور است و دامنه معمول غیرفعال‌سازی در دور کند تا متوسط است و در این دامنه مقدار خطای الگو بسیار کم است. لذا با استفاده از الگوی به دست آمده می‌توان نتایج حاصل از اعمال فناوری مورد نظر را بر موتور پایه به کاربرد عملی تعمیم داد.

متوسط است. خواص برداری با توجه به شرایط مرزی اعمال‌شده محاسبه می‌شوند. نرم‌افزار GT-POWER از دینامیک گاز یک‌بعدی برای شبیه‌سازی جریان و انرژی در قطعات استفاده می‌کند. هرکدام از این قطعات با استفاده از یک رابط به هم متصل شده و مقدار برخی خواص اولیه آن‌ها توسط کاربر مشخص می‌شود. در این نرم‌افزار با استفاده از تحلیل جرم و انرژی هر قطعه و انتقال گرما و کار بین آن‌ها عملکرد موتور ارزیابی می‌شود.

شبیه‌سازی یک‌بعدی جریان پاسخ حل عددی معادلات بقای جرم و بقای تکانه است. شیوه عددی به کار گرفته شده صریح است. در شیوه صریح خواص هر تکرار با استفاده از مقدار آن خواص در تکرار قبل به دست می‌آید. گام اول برای شبیه‌سازی موتوری احتراق داخلی در محیط نرم‌افزار GT-POWER اطلاع از مقدار متغیرهای هندسی - چپشی موتوری مذکور است. با استفاده از این متغیرها اطلاعات لازم در قسمت‌های مختلف موتور در محیط نرم‌افزار نگاشته می‌شود. اطلاعات فنی موتور پایه در جدول ۱ ارائه شده است. در کنار این مشخصات بعضی از متغیرهای موتور قابل محاسبه نیستند و یا تعیین مقدار آنها سخت و پرهزینه است. لذا مقادیر این متغیرها یا به صورت تقریبی و یا در حالت پیش‌فرض نرم‌افزار در نظر گرفته می‌شود، تا الگوی اولیه به دست آید. تعیین تقریبی این متغیرها باعث بروز خطا در شبیه‌سازی می‌شود. به همین دلیل پس از شبیه‌سازی اولیه، نیاز به صحنه‌گذاری وجود دارد. برای صحنه‌گذاری الگو گام‌های زیر به ترتیب به کار گرفته شده است:

۱- تعیین متغیرهای مجهول ۲- غربالگری^۱ متغیرهای مجهول

۳- آغاز فرآیند آزمون و خطا ۴- برآورد مقدار خطا

در این تحقیق متغیرهای مجهول عبارتند از: دمای استوانه در نواحی مختلف، دمای مخلوط سوخت و هوای ورودی به استوانه، تغییرات دمای چندراهه، لقی دریچه‌ها، ضریب اصطکاک چندراهه ورودی، دمای مسیر خروج دود و ضریب انتقال حرارت موتور.

جدول ۱: مشخصات هندسی موتور پایه

مشخصه	مقدار	واحد
تعداد استوانه	۴	-
حجم موتور	۱۶۴۶	cc
قطر استوانه	۷۸٫۶	mm
طول مسیر استوانه	۸۵	mm
نسبت طول مسیر به قطر	۱٫۰۸	-
تعداد دریچه	۱۶	-
نسبت تراکم	۱۱٫۲	-
طول دسته سمبه	۱۳۳٫۵	mm
ارتفاع لقی نقطه مکث بالا	۰٫۸	mm

¹ Screening

مختلف استوانه باز نمی‌شوند. در کاربرد عملی، نوع غیرفعال‌سازی دریاچه‌ها وابسته به نوع سامانه دریاچه مورد استفاده است ولی در شبیه‌سازی در محیط نرم‌افزار و در الگوی موتور پایه دریاچه‌ها فارغ از سامانه دریاچه الگو می‌شوند. برای هر دریاچه با توجه به اطلاعات موجود، مقدار گشودگی آن بر حسب زاویه بادامک به نرم‌افزار داده می‌شود. برای غیرفعال کردن دریاچه‌ها کافی است که مقدار گشودگی آن را در هر زاویه بادامک برابر صفر قرار داد.

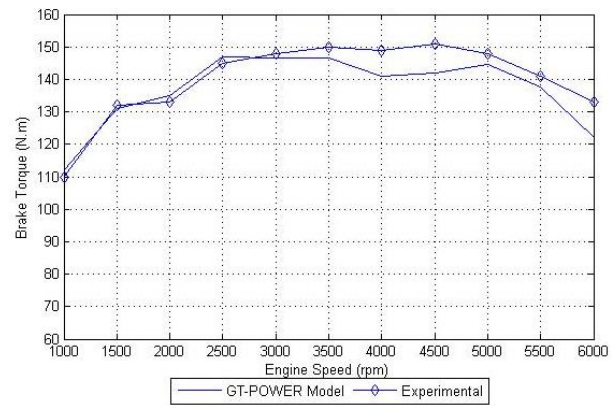
توقف تزریق سوخت در عمل با طراحی و نصب هدایتگرهایی بر افشانه امکان‌پذیر است. برای شبیه‌سازی توقف تزریق سوخت در محیط نرم‌افزار GT-POWER می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. نرم‌افزار برای توقف تزریق سوخت برای موتورگردانی از رقت (FAR) استفاده می‌کند. بدین گونه که در حالتی که توقف تزریق سوخت مورد نظر است صفر در نظر گرفته می‌شود. برای وارد کردن اطلاعات نسبت سوخت به هوا راه‌های مختلفی وجود دارد که بهترین آن‌ها تخصیص تابع (دو یا سه متغیره) و یا استفاده از جدول مناسب است.

از طرفی وضعیت اولیه استوانه در هنگام بسته شدن دریاچه‌ها حائز اهمیت است. در عمل غیرفعال‌سازی استوانه معمولاً یا بعد از مکش یا قبل از خروج دود اتفاق می‌افتد. این بدان معناست که گازهایی که داخل استوانه غیرفعال شده محبوس شده‌اند هوای خالص یا گازهای باقیمانده از احتراق اند. برای تعیین این مورد در الگو نیاز به در نظر گرفتن یک راهکار برای غیرفعال‌سازی استوانه احساس می‌شود. اگر غیرفعال‌سازی بعد از مکش صورت گیرد باعث می‌شود که دما و فشار به دما و فشار محیط نزدیک باشد. فشار انتهایی مرحله تراکم بالطبع کمتر خواهد بود. اثرات نشت گاز^۱ و انتقال حرارت دیواره استوانه سرانجام فشار و دمای آن را هم‌اندازه می‌کند. لذا در این تحقیق غیرفعال‌سازی قبل از خروج دود انجام می‌پذیرد و در تنظیمات استوانه ترکیب و دما و فشار گاز محبوس، گازهای ناشی از احتراق (دود) فرض می‌شود.

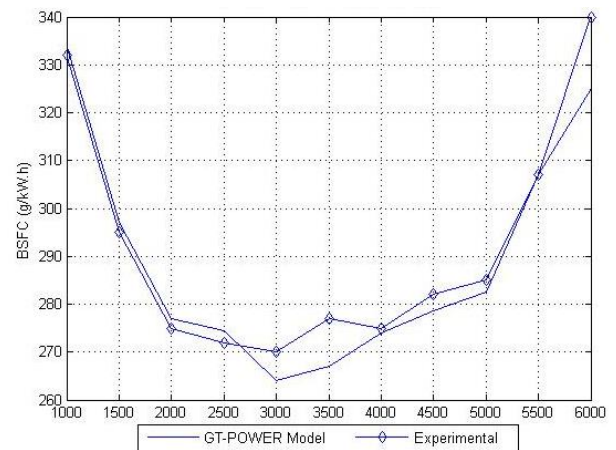
در این تحقیق دو نوع غیرفعال‌سازی بر موتور پایه چهار استوانه اعمال می‌شود:

۱. خاموشی یک استوانه و تبدیل موتور پایه به موتوری سه استوانه
۲. خاموشی دو استوانه و تبدیل موتور پایه به موتوری دو استوانه

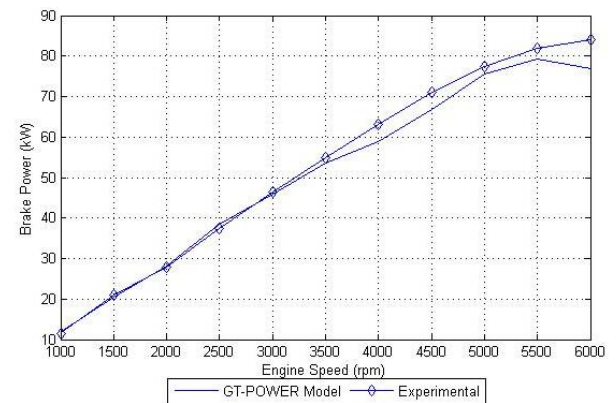
در هر دو حالت نتایج به دست آمده از غیرفعال‌سازی با نتایج به دست آمده از شبیه‌سازی موتور پایه مقایسه می‌شود. این مقایسه پیرامون سه مشخصه گشتاور خروجی، مصرف سوخت ویژه و آلایندگی خواهد بود.



شکل ۱: مقایسه گشتاور خروجی الگو و نتایج تجربی



شکل ۲: مقایسه مصرف سوخت ویژه الگو و نتایج تجربی



شکل ۳: مقایسه توان ترمزی الگو و نتایج تجربی

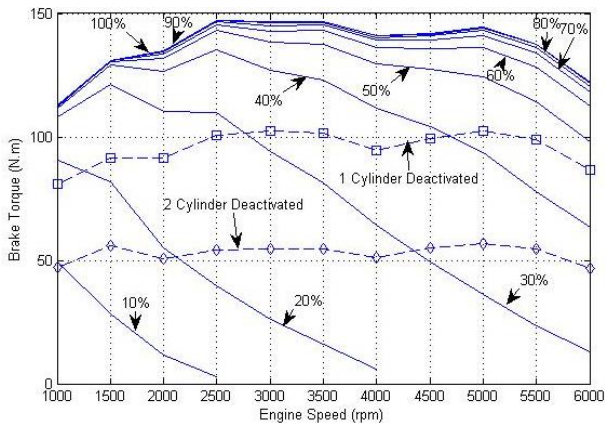
۳- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی موتور پایه

همانطور که بیان شد، برای غیرفعال‌سازی یک استوانه باید تغییراتی در اجزای مربوط به آن ایجاد شود. برای اعمال این تغییرات به الگوی موتور پایه در محیط نرم‌افزار GT-POWER راهکارهایی پیشنهاد شده است. غیرفعال‌سازی دریاچه‌ها بدین صورت است که دریاچه‌های ورودی و دود در حالت بسته قرار می‌گیرند و با تغییر چرخه‌های

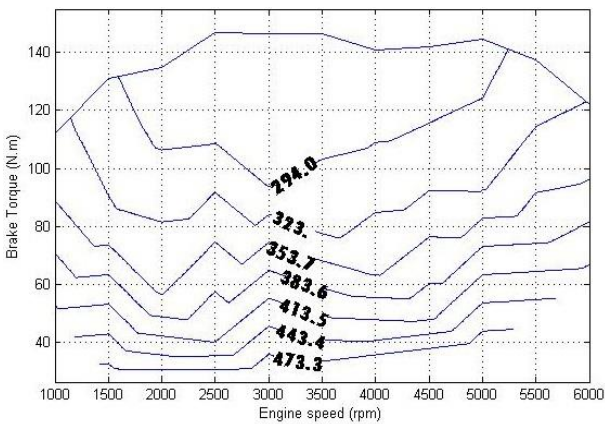
¹ Blow-by

۳-۳- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه بر آلاینده‌ها

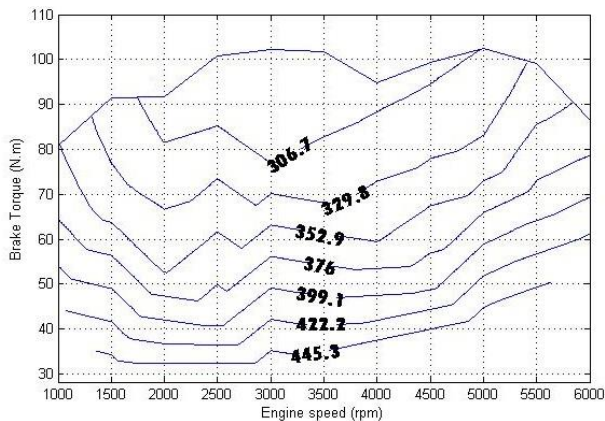
در شبیه‌سازی صورت گرفته در این تحقیق، چهار نوع آلاینده که بیشترین سهم را در آلودگی‌های زیست‌محیطی دارند، انتخاب شد و تغییرات آنها با اعمال فناوری غیرفعال‌سازی استوانه بررسی شد. این چهار آلاینده عبارتند از: اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، کربن دی‌اکسید (CO_2)، کربن مونواکسید (CO) و هیدروکربن‌ها (HC).



شکل ۴: مقایسه گشتاور خروجی موتور در سه حالت عملکرد عادی، با یک استوانه خاموش و با دو استوانه خاموش با دریچه گاز کاملاً باز



شکل ۵: نمودارهای مصرف سوخت ویژه موتور پایه



شکل ۶: منحنی‌های مصرف سوخت ویژه موتور با یک استوانه خاموش

۳-۱- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی گشتاور خروجی

در شکل ۴ گشتاور خروجی موتور در سه حالت عملکرد عادی، با یک استوانه خاموش دریچه گاز کاملاً باز و با دو استوانه خاموش دریچه گاز کاملاً باز ملاحظه می‌شود. گشتاور خروجی با یک استوانه خاموش به صورت میانگین ۷۰٪ و گشتاور خروجی با دو استوانه خاموش به صورت میانگین ۳۹٪ گشتاور موتور پایه در حالت تمام بار است.

یکی از محدودیت‌های فناوری غیرفعال‌سازی استوانه، گشتاور خروجی موتور پس از غیرفعال‌سازی است. با غیرفعال کردن هر استوانه درصدی از گشتاور کل در حالت عادی کاسته می‌شود. با غیرفعال کردن تعداد بیشتر استوانه گشتاور خروجی مقدار بسیار کمی خواهد داشت که دامنه استفاده از این فناوری را بسیار محدود می‌کند و کاربردی نخواهد داشت.

۳-۲- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی مصرف سوخت ویژه

در شکل‌های ۵-۷ نمودارهای مصرف سوخت ویژه و بهره موتور در حالت‌های عملکرد عادی، با یک استوانه خاموش و با دو استوانه خاموش ارائه شده است. برای بررسی کاربردی‌تر تغییرات مصرف سوخت ویژه باید این مشخصه را در حالت‌های استوانه خاموش با همان مقدار در توان مشابه (دور موتور و گشتاور یکسان) در عملکرد عادی مقایسه کرد. در جداول ۲ و ۳ نتایج مقایسه مذکور بترتیب برای حالت‌های یک استوانه و دو استوانه خاموش ارائه شده است. شایان ذکر است به دلیل اینکه مقدار گشتاور موتور با دو استوانه خاموش در دورهای ۵۵۰۰ و ۶۰۰۰ دور در دقیقه بسیار کم است، این دورها در محدوده نمودارهای عملکرد عادی جا نداشت و از جدول ۳ حذف شدند.

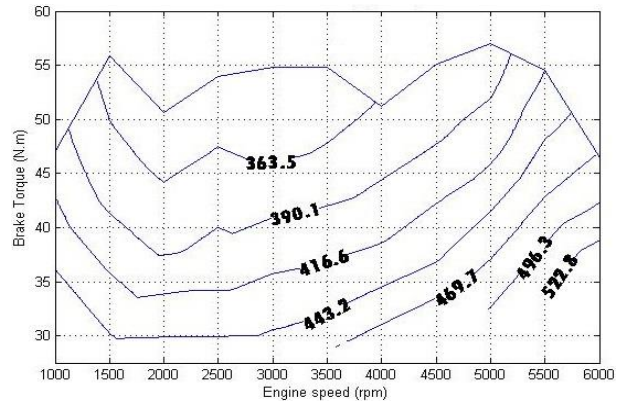
در شکل‌ها و نمودارها ملاحظه می‌شود که در هر دو حالت با استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه مصرف سوخت کاهش می‌یابد. با غیرفعال‌سازی یک استوانه مقدار کاهش به صورت میانگین ۳،۳٪ است و با غیرفعال کردن استوانه دوم این مقدار به ۱۱،۲٪ افزایش می‌یابد.

دلیل کاهش مصرف سوخت، تزریق سوخت کمتر به تعداد استوانه‌های کمتر و همچنین کاملاً باز بودن دریچه گاز است. کاملاً باز بودن دریچه گاز در حالت‌هایی که استوانه غیرفعال است باعث می‌شود که اتلافات تلمبه‌ای کاهش یابد و همچنین فشار داخل استوانه‌های فعال را بیشتر و بازده موتور را افزایش می‌دهد. با توجه به دلایل بیان شده، با افزایش تعداد استوانه‌های غیرفعال شده تزریق سوخت کاهش بیشتری خواهد داشت و استوانه‌های فعال در فشار بیشتری کار می‌کنند.

شایان ذکر است که مقدار آلاینده‌های تولیدی در توان یکسان (دورموتور و گشتاور مشابه) در حالت‌های مختلف بررسی شده است.

۳-۳-۱- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی تولید هیدروکربن‌ها (HC)

در جدول‌های ۴ و ۵ هیدروکربن تولیدی ترمزی ویژه (BSHC) در حالت‌های استوانه خاموش با توان مشابه در عملکرد عادی مقایسه شده است. با اعمال غیرفعال‌سازی استوانه به موتور تولید هیدروکربن‌ها کاهش یافته است.



شکل ۷: منحنی های مصرف سوخت ویژه موتور با دو استوانه خاموش

جدول ۴: مقایسه هیدروکربن تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با یک استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	HC تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	HC تولیدی با یک استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش HC تولیدی (%)
۱۰۰۰	۸۰٫۸	۰٫۶۹	۰٫۶۶	۴٫۳
۱۵۰۰	۹۱٫۵	۰٫۶۱	۰٫۵۹	۳٫۳
۲۰۰۰	۹۱٫۶	۰٫۶۰	۰٫۵۷	۵٫۰
۲۵۰۰	۱۰۰٫۷	۰٫۵۹	۰٫۵۶	۵٫۱
۳۰۰۰	۱۰۲٫۳	۰٫۵۵	۰٫۵۴	۱٫۸
۳۵۰۰	۱۰۱٫۷	۰٫۵۷	۰٫۵۵	۳٫۵
۴۰۰۰	۹۴٫۷	۰٫۶۳	۰٫۵۸	۷٫۹
۴۵۰۰	۹۹٫۴	۰٫۶۱	۰٫۵۸	۴٫۹
۵۰۰۰	۱۰۲٫۵	۰٫۶۱	۰٫۵۹	۳٫۳
۵۵۰۰	۹۹٫۰	۰٫۶۷	۰٫۶۵	۳٫۰
۶۰۰۰	۸۶٫۵	۰٫۷۱	۰٫۷۰	۱٫۴

جدول ۲: مقایسه مصرف سوخت ویژه موتور در دو حالت عادی و با یک استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	مصرف سوخت ویژه در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	مصرف سوخت ویژه با یک استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش مصرف سوخت ویژه (%)
۱۰۰۰	۸۰٫۸	۳۷۰٫۵	۳۵۴٫۳	۴٫۴
۱۵۰۰	۹۱٫۵	۳۲۳٫۶	۳۱۵٫۲	۲٫۶
۲۰۰۰	۹۱٫۶	۳۱۱٫۸	۲۹۷٫۷	۴٫۵
۲۵۰۰	۱۰۰٫۷	۳۰۸٫۳	۲۹۴٫۰	۴٫۶
۳۰۰۰	۱۰۲٫۳	۲۸۸٫۲	۲۸۳٫۵	۱٫۶
۳۵۰۰	۱۰۱٫۷	۲۹۶٫۳	۲۸۸	۲٫۸
۴۰۰۰	۹۴٫۷	۳۱۱٫۶	۳۰۰٫۳	۳٫۶
۴۵۰۰	۹۹٫۴	۳۱۲٫۵	۳۰۲٫۲	۳٫۳
۵۰۰۰	۱۰۲٫۵	۳۱۳٫۴	۳۰۶٫۹	۲٫۱
۵۵۰۰	۹۹٫۰	۳۴۴٫۰	۳۳۴٫۵	۲٫۹
۶۰۰۰	۸۶٫۵	۳۷۴٫۵	۳۶۱٫۶	۳٫۵

جدول ۵: مقایسه هیدروکربن تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	HC تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	HC تولیدی با دو استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش HC تولیدی (%)
۱۰۰۰	۴۷٫۰	۰٫۸۰	۰٫۷۵	۶٫۲
۱۵۰۰	۵۵٫۹	۰٫۷۷	۰٫۶۶	۱۴٫۳
۲۰۰۰	۵۱٫۵	۰٫۷۰	۰٫۶۶	۵٫۷
۲۵۰۰	۵۰٫۶	۰٫۷۳	۰٫۶۶	۹٫۶
۳۰۰۰	۵۴٫۰	۰٫۷۷	۰٫۶۴	۱۶٫۹
۳۵۰۰	۵۴٫۸	۰٫۷۷	۰٫۶۶	۱۴٫۳
۴۰۰۰	۵۴٫۸	۰٫۶۷	۰٫۶۰	۱۰٫۴
۴۵۰۰	۵۵٫۱	۰٫۷۵	۰٫۷۰	۶٫۷
۵۰۰۰	۵۷٫۰	۰٫۸۷	۰٫۷۲	۶٫۵

جدول ۳: مقایسه مصرف سوخت ویژه موتور در دو حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	مصرف سوخت ویژه در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	مصرف سوخت ویژه با دو استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش مصرف سوخت ویژه (%)
۱۰۰۰	۴۷٫۰	۴۳۵٫۶	۴۰۳٫۰	۷٫۴
۱۵۰۰	۵۵٫۹	۴۰۷٫۸	۳۵۰٫۸	۱۴٫۰
۲۰۰۰	۵۱٫۵	۳۷۲٫۷	۳۴۷٫۲	۶٫۸
۲۵۰۰	۵۰٫۶	۳۹۶٫۵	۳۴۵٫۴	۱۲٫۹
۳۰۰۰	۵۴٫۰	۴۱۹٫۶	۳۳۶	۲۰٫۰
۳۵۰۰	۵۴٫۸	۳۹۷٫۸	۳۴۴	۱۳٫۵
۴۰۰۰	۵۴٫۸	۳۸۶٫۷	۳۶۵٫۹	۵٫۴
۴۵۰۰	۵۵٫۱	۳۹۳٫۴	۳۶۶٫۴	۶٫۹
۵۰۰۰	۵۷٫۰	۴۳۳٫۵	۳۷۳٫۸	۱۳٫۸

جدول ۷: مقایسه کربن دی‌اکسید تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	CO ₂ تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)		کاهش CO ₂ تولیدی (%)
		CO ₂ تولیدی با دو استوانه خاموش (g/kW.h)	CO ₂ تولیدی با حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	
۱۰۰۰	۴۷,۰	۹۳۴	۸۳۳	۱۰,۸
۱۵۰۰	۵۵,۹	۸۷۰	۷۲۵	۱۶,۶
۲۰۰۰	۵۱,۵	۹۳۹	۸۶۹	۷,۵
۲۵۰۰	۵۰,۶	۸۷۰	۷۵۸	۱۲,۹
۳۰۰۰	۵۴,۰	۹۹۹	۸۱۲	۱۸,۷
۳۵۰۰	۵۴,۸	۸۸۹	۷۸۵	۱۴,۷
۴۰۰۰	۵۴,۸	۹۱۸	۸۳۵	۹,۰
۴۵۰۰	۵۵,۱	۹۰۹	۸۳۴	۸,۲
۵۰۰۰	۵۷,۰	۱۰۱۰	۸۴۷	۱۶,۱

جدول ۸: مقایسه کربن مونواکسید تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با یک استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	CO تولیدی با حالت عملکرد عادی (g/kW.h)		کاهش CO تولیدی (%)
		CO تولیدی با یک استوانه خاموش (g/kW.h)	CO تولیدی با حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	
۱۰۰۰	۸۰,۸	۲۴۸	۲۴۳	۲,۰
۱۵۰۰	۹۱,۵	۲۲۵	۲۱۶	۴,۰
۲۰۰۰	۹۱,۶	۱۲۹	۱۲۲	۵,۴
۲۵۰۰	۱۰۰,۷	۱۸۹	۱۷۸	۵,۸
۳۰۰۰	۱۰۲,۳	۱۳۴	۱۳۲	۱,۵
۳۵۰۰	۱۰۱,۷	۱۶۳	۱۵۸	۳,۰
۴۰۰۰	۹۴,۷	۱۷۲	۱۶۵	۴,۱
۴۵۰۰	۹۹,۴	۱۷۵	۱۶۷	۴,۶
۵۰۰۰	۱۰۲,۵	۱۷۷	۱۷۲	۲,۸
۵۵۰۰	۹۹,۰	۲۳۹	۲۳۲	۳,۰
۶۰۰۰	۸۶,۵	۲۵۸	۲۵۱	۲,۷

به دلیل کاهش تزریق سوخت و افزایش فشار استوانه‌های فعال تولید کربن مونواکسید کاهش می‌یابد. کاهش کربن مونواکسید تولیدی به صورت میانگین در حالت یک استوانه خاموش ۳,۵۳٪ و در حالت دو استوانه خاموش ۱۵,۰۲٪ است.

۳-۳-۴- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی تولید اکسیدهای نیتروژن (NO_x)

در جدول‌های ۱۰ و ۱۱ اکسیدهای نیتروژن تولیدی ترمزی ویژه (BSNO_x) در حالت‌های استوانه خاموش با توان مشابه (دور موتور و گشتاور یکسان) در عملکرد عادی مقایسه شده است. با اعمال

دلیل این کاهش، کاهش تزریق سوخت و در نتیجه کاهش گازهای نسوخته است. همچنین افزایش فشار استوانه‌های فعال باعث کاهش تولید هیدروکربن می‌شود. کاهش هیدروکربن تولیدی به صورت میانگین در حالت یک استوانه خاموش ۳,۹۵٪ و در حالت دو استوانه خاموش ۱۰,۰۷٪ است.

۳-۳-۲- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی تولید کربن دی‌اکسید (CO₂)

در جدول‌های ۶ و ۷ کربن دی‌اکسید تولیدی ترمزی ویژه (BSCO₂) در حالت‌های استوانه خاموش با همان مقدار در توان مشابه (دور موتور و گشتاور یکسان) در عملکرد عادی مقایسه شده است. با اعمال غیرفعال‌سازی استوانه به موتور تولید کربن دی‌اکسید کاهش یافته است. دلیل این کاهش، کاهش تزریق سوخت به استوانه‌هاست. کاهش کربن دی‌اکسید تولیدی به صورت میانگین در حالت یک استوانه خاموش ۴,۵۲٪ و در حالت دو استوانه خاموش ۱۲,۷۲٪ است.

۳-۳-۳- بررسی تأثیر استفاده از فناوری غیرفعال‌سازی استوانه روی تولید کربن مونواکسید (CO)

در جدول‌های ۸ و ۹ هیدروکربن تولیدی ترمزی ویژه (BSCO) در حالت‌های استوانه خاموش با همان مقدار در توان مشابه (دور موتور و گشتاور یکسان) در عملکرد عادی مقایسه شده است. با اعمال غیرفعال‌سازی استوانه به موتور تولید کربن مونواکسید کاهش یافته است.

جدول ۹: مقایسه کربن دی‌اکسید تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با یک استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	CO ₂ تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)		کاهش CO ₂ تولیدی (%)
		CO ₂ تولیدی با یک استوانه خاموش (g/kW.h)	CO ₂ تولیدی با حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	
۱۰۰۰	۸۰,۸	۷۶۹	۷۳۲	۴,۸
۱۵۰۰	۹۱,۵	۶۸۴	۶۵۲	۴,۷
۲۰۰۰	۹۱,۶	۷۸۴	۷۴۵	۵,۰
۲۵۰۰	۱۰۰,۷	۷۱۰	۶۴۵	۹,۱
۳۰۰۰	۱۰۲,۳	۷۰۵	۶۸۴	۳,۰
۳۵۰۰	۱۰۱,۷	۶۷۸	۶۵۷	۳,۱
۴۰۰۰	۹۴,۷	۷۱۹	۶۸۵	۴,۷
۴۵۰۰	۹۹,۴	۷۲۱	۶۸۸	۴,۶
۵۰۰۰	۱۰۲,۵	۷۲۵	۶۹۶	۴,۰
۵۵۰۰	۹۹,۰	۷۱۵	۶۸۸	۳,۸
۶۰۰۰	۸۶,۵	۷۶۵	۷۴۳	۲,۹

جدول ۱۱: مقایسه اکسیدهای نیتروژن تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	NO _x تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	NO _x تولیدی با دو استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش NO _x تولیدی (%)
۱۰۰۰	۴۷,۰	۳,۱	۲,۸	۹,۷
۱۵۰۰	۵۵,۹	۵,۸	۵,۵	۵,۱
۲۰۰۰	۵۱,۵	۸,۵	۸,۰	۵,۸
۲۵۰۰	۵۰,۶	۱۱,۸	۱۱,۳	۴,۲
۳۰۰۰	۵۴,۰	۱۲,۴	۱۲,۰	۳,۲
۳۵۰۰	۵۴,۸	۱۶,۷	۱۵,۸	۵,۳
۴۰۰۰	۵۴,۸	۱۷,۶	۱۷,۰	۳,۴
۴۵۰۰	۵۵,۱	۲۱,۰	۱۹,۶	۳,۰
۵۰۰۰	۵۷,۰	۲۳,۰	۲۱,۹	۴,۷

۴- نتیجه گیری

در این تحقیق تأثیر فناوری غیرفعال سازی استوانه بر موتور استوانه اشتعال جرقه ای بررسی شد. به همین منظور ابتدا تمام اجزای موتور مذکور در محیط نرم افزار GT-POWER شبیه سازی و با استفاده از نتایج تجربی صحت گذاری شد. سپس با اعمال فناوری غیرفعال سازی استوانه به الگو، تأثیرات آن بر مصرف سوخت و دود موتور بررسی شد. پس از شبیه سازی این نتایج حاصل شد:

- برای غیرفعال سازی استوانه در موتور پایه می توان یک یا دو استوانه را خاموش کرد. غیرفعال سازی نیمی از استوانه ها مزایای بیشتری برای موتور مذکور دارد، ولی به دلیل کاهش زیاد گشتاور خروجی در این حالت دامنه استفاده از آن محدودتر است.
- فناوری غیرفعال سازی استوانه به دلیل کاهش تزریق سوخت و کاهش تلفات تلمبه ای باعث کاهش مصرف سوخت می شود. این کاهش مصرف سوخت ویژه برای موتور مورد مطالعه با یک استوانه خاموش ۳,۳٪ و با دو استوانه خاموش ۲,۱۱٪ نسبت به عملکرد عادی آن است.
- فناوری غیرفعال سازی استوانه به دلیل افزایش فشار در استوانه های فعال و تزریق سوخت کمتر باعث کاهش تولید آلاینده های زیست محیطی می شود. در موتور مورد مطالعه کاهش آلاینده های هیدروکربن ها، کربن دی اکسید، کربن مونواکسید و اکسیدهای نیتروژن با یک استوانه خاموش ۳ تا ۵ درصد و با دو استوانه خاموش ۱۰ تا ۱۵ درصد است.

غیرفعال سازی استوانه به موتور تولید اکسیدهای نیتروژن کاهش یافته است. دلیل این کاهش، کاهش تزریق سوخت به استوانه هاست. کاهش اکسیدهای نیتروژن تولیدی به صورت میانگین در حالت یک استوانه خاموش ۴,۰۲٪ و در حالت دو استوانه خاموش ۴,۹۳٪ است.

جدول ۹: مقایسه کربن مونواکسید تولیدی ترمزی ویژه موتور در دو حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	CO تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	CO تولیدی با دو استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش CO تولیدی (%)
۱۰۰۰	۴۷,۰	۲۹۸	۲۷۶	۷,۴
۱۵۰۰	۵۵,۹	۲۸۹	۲۴۱	۱۶,۶
۲۰۰۰	۵۱,۵	۱۵۵	۱۴۲	۸,۴
۲۵۰۰	۵۰,۶	۲۳۶	۲۰۹	۱۱,۴
۳۰۰۰	۵۴,۰	۱۹۳	۱۵۶	۱۹,۴
۳۵۰۰	۵۴,۸	۲۳۴	۱۸۹	۱۹,۲
۴۰۰۰	۵۴,۸	۲۵۱	۲۰۱	۲۰,۰
۴۵۰۰	۵۵,۱	۲۳۳	۲۰۳	۱۲,۹
۵۰۰۰	۵۷,۰	۲۶۱	۲۰۹	۱۹,۹

جدول ۱۰: مقایسه اکسیدهای نیتروژن تولیدی ترمزی ویژه موتور در یک حالت عادی و با دو استوانه خاموش

دور موتور (rpm)	گشتاور (N.m)	NO _x تولیدی در حالت عملکرد عادی (g/kW.h)	NO _x تولیدی با یک استوانه خاموش (g/kW.h)	کاهش NO _x تولیدی (%)
۱۰۰۰	۸۰,۸	۲,۷	۲,۵	۷,۴
۱۵۰۰	۹۱,۵	۶,۱	۵,۹	۳,۳
۲۰۰۰	۹۱,۶	۷,۴	۷,۰	۵,۶
۲۵۰۰	۱۰۰,۷	۹,۶	۹,۴	۲,۱
۳۰۰۰	۱۰۲,۳	۱۰,۷	۱۰,۴	۲,۸
۳۵۰۰	۱۰۱,۷	۱۲,۹	۱۲,۳	۴,۶
۴۰۰۰	۹۴,۷	۱۵,۳	۱۴,۹	۲,۶
۴۵۰۰	۹۹,۴	۱۶,۵	۱۶,۰	۳,۰
۵۰۰۰	۱۰۲,۵	۱۹,۴	۱۸,۶	۴,۱
۵۵۰۰	۹۹,۰	۱۹,۹	۱۹,۱	۴,۰
۶۰۰۰	۸۶,۵	۲۱,۳	۲۰,۳	۴,۸

- [11] B. Vinodh, Technology for cylinder deactivation, SAE International, Paper No. 2005-01-0077, 2005
- [12] B.P. Pundir, Fuel economy of Indian passenger vehicles - Status of technology and potential FE improvements, Greenpeace India Society, India, 2008
- [13] S.P. Vendan, T. Sathish, S. Sathishkumar, Reduction of fuel consumption in multi-cylinder engine by cylinder deactivation technique, Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara, Vol. 4, No. 3, pp. 15-20, 2009
- [14] V. Croiterescu, A. Macic, M. Oprean, A. Cristian, Simulation of a spark ignition engine with cylinder deactivation, FISITA Conference, Hungary, 2010
- [15] Z. Ma, Oil transport analysis of a cylinder deactivation engine, SAE International, Paper No. 2010-01-1098, 2010
- [16] A. Boretti, J. Scalco, Piston and valve deactivation for improved part load performances of internal combustion engines, SAE International, Paper No. 2011-01-0368, 2011
- [17] F. Tavares, R. Johri, Z. Filipi, Simulation study of advanced variable displacement engine coupled to power-split hydraulic hybrid powertrain, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 133, No. 12, Paper No. 122803, 2011
- [18] M. Wilcutts, J. Switkes, M. Shost, A. Tripathi, Design and benefits of dynamic skip fire strategies for cylinder deactivated engines, SAE International, Paper No. 2013-01-0359, 2013
- [19] J.P. Zammit, M.J. McGhee, P.J. Shayler, I. Pegg, The influence of cylinder deactivation on the emissions and fuel economy of a four-cylinder direct-injection diesel engine, Energy, Vol. 79, pp. 100-110, 2014

References

- [1] Cadillac's revolutionary 3-in-1 V8, Popular Science, pp.121-122, 1980
- [2] T. Fukui, T. Nakagami, H. Endo, T. Katsumoto, Y. Danno, Mitsubishi Orion-MD-A new variable displacement engine, SAE International, Paper No. 831007, 1983
- [3] A. Falkowski, M. McElwee, M. Bonne, Design and development of the DaimlerChrysler 5.7 L HEMI® engine multi-displacement cylinder deactivation system, SAE International, Paper No. 2004-01-2106, 2004
- [4] M. Stabinsky, W. Albertson, J. Tuttle, D. Kehr, J. Westbrook, H. Karbstein, M. Kuhl, Active fuel management™ technology: Hardware development on a 2007 GM 3.9 L V-6 OHV SI engine, SAE International, Paper No. 2007-01-1292, 2007
- [5] M. Fujiwara, K. Kumagai, M. Segawa, R. Sato, Y. Tamura, Development of a 6-cylinder gasoline engine with new variable cylinder management technology, SAE International, Paper No. 2008-01-0610, 2008.
- [6] F. Eichler, J. Gindele, M. Hart, T. Ramsteiner, G. Thater, The new AMG 5.5 1 V8 naturally aspirated engine with cylinder shut-off, 20th Aachen Colloquium Automobile and Engine Technology, Germany, 2011
- [7] R. Huber, P. Klumpp, H. Ulbrich, Dynamic analysis of the Audi valve-lift system, SAE International, Paper No. 839-849, 2010
- [8] J. Hadler, H. Neusser, R. Szengel, H. Middendorf, The new TSI, 33rd International Vienna Motor Symposium, Austria, 2012
- [9] T.G. Leone, M. Pozar, Fuel economy benefit of cylinder deactivation sensitivity to vehicle application and operating constraints, SAE International, Paper No. 2001-01-3591, 2001
- [10] T.M. Nester, A.G. Haddow, S.W. Shaw, J.E. Brevick, B.J. Borowsky, Vibration reduction in a variable displacement engine using pendulum absorbers, SAE International, Paper No. 2003-01-1484, 2003



Influence of cylinder deactivation technology on fuel consumption and emissions of four-cylinder spark ignition engine

B. Mashhadi¹, A. Maleki^{2*}

¹School of Automotive Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, b_mashhadi@iust.ac.ir

²School of Automotive Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran, ardalan.malekii@gmail.com

*Corresponding Author, Phone Number: +98-939-1390486

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 10 August 2014

Accepted: 21 October 2014

Keywords:

Cylinder deactivation

Fuel consumption

Emissions

GT-POWER software

Spark ignition engine

ABSTRACT

Cylinder deactivation is one of recent technologies that reduce the fuel consumption and exhaust emissions. This technology deactivates some cylinders; when there is no need to their output torque. Increased fuel efficiency, decreased emissions from deactivated cylinders and better breathing capacity are results of deactivation. In this paper, a four-cylinder spark ignition (SI) engine has been chosen as a case study. First, all parts of the engine were modeled in the GT-POWER software and then, the model was validated. The second part of this study includes deactivating of cylinders. Results showed advantages in the fuel efficiency and exhaust emissions.

