

ارائه راهکارهایی جهت انطباق موتورسیکلت‌های تک سیلندر

با معیارهای آلاینده‌گی مورد قبول استاندارد زیست محیطی یورو ۳

سید محمود ابوالحسن علوی^۱، ناصر شفایی فلاح^۲

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مکانیک، مشهد، ایران

m_a_alavi2002@yahoo.com

چکیده

در این مقاله به بررسی و پیشنهاد راه حل‌های ارزان قیمت برای تطابق موتورسیکلت‌های دوچرخ با معیارهای آلاینده‌گی پذیرفته شده در استانداردهای زیست محیطی یورو ۲ (EURO II) و یورو ۳ (EURO III) پرداخته می‌شود. در ابتدا حدود مجاز آلاینده‌های خروجی در استانداردهای سه گانه یورو مورد بحث قرار گرفته و سپس چهار نمونه از موتورسیکلت‌های موجود در بازار ایران با معیارهای فوق مقایسه می‌شوند. این موتورسیکلت‌ها دارای قوای محرکه ساده و سطح تکنولوژی ارزان قیمتی بوده، و به عنوان نماینده حجم انبوهی از وسایل نقلیه سبک موجود در خیابان‌های کشور می‌باشند. نهایتاً به ارائه راهکارهای ممکن، برای انطباق با حدود پذیرفته شده در این آزمون مطابق با استاندارد ملی ایران به شماره ISIRI 6789 و معادل آن ECE R40 پرداخته شده است. برای برآورده شدن معیار آلاینده‌گی مطابق با یورو ۳ ترکیبی از راه حل‌های فوق برای این کلاس از موتورها پیشنهاد می‌شود که ارزیابی تئوری تاثیر هر یک از تکنولوژی‌های پیشنهادی بر روی عملکرد موتور و گازهای خروجی از آن بر مبنای پروژه‌های تحقیقاتی انجام شده طبق مراجع به عمل خواهد آمد. این کار باعث می‌شود تا بتوان بهترین ترکیب بهینه از راه حل‌های موجود را بدست آورد.

واژه‌های کلیدی: موتورسیکلت - آلاینده - استاندارد - یورو ۳

۱- مقدمه

با گذشت زمان معیارهای سختگیرانه تری برای آلاینده‌های خروجی از موتورسیکلت توسط دولت‌ها در سراسر دنیا تدوین و به اجرا گذاشته می‌شود. بدیهی است که هر معیار به اجرا گذاشته شده، تاثیر مستقیم خود را بر روی قیمت تمام شده این وسیله نقلیه دوچرخ خواهد داشت. اما تمامی بازارهای جهان آمادگی استفاده از سطوح بالای تکنولوژی به منظور برآورده ساختن این الزامات را ندارند. استفاده از تکنولوژی‌های بالاتر مانند مبدل‌های کاتالیستی، تامین هوای ثانویه یا حتی پاشش سوخت کنترل شده توسط سیستم الکترونیکی و مبدلهای کاتالیست سه راهه باعث افزایش قیمت تمام شده این وسیله نقلیه ارزان قیمت خواهد شد [1]. لذا پرسش اساسی این است که آیا قوای محرکه موتورسیکلت‌های کوچک تک سیلندر الزاماً بایستی از تجهیزات گران قیمت استفاده نمایند یا راه حلی برای استفاده از کاربراتورهای استاندارد به همراه راه حل‌های هوشمندانه اما ساده برای انطباق آن با معیارهای یورو ۳ وجود خواهد داشت؟ در دهه‌های اخیر افزایش ترافیک وسایل حمل و نقل تک سرنشین در سطح شهرها خصوصاً در مکان‌های پر رفت و آمد باعث استفاده روز افزون از موتورسیکلت‌ها شده است. به همین جهت تدوین مقررات الزام آور، برای تولید کنندگان وسایل نقلیه سبک توسط دولتها شده و لزوم استفاده از موتورهای مدرن و تکنولوژی‌های کاهش گازهای آلاینده را ناگزیر نموده است. با وجود اینکه در خودروها و موتورهای کلاس اول جهان، موتورهای پیشرفته‌ای که

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مکانیک، مشهد، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه مکانیک، مشهد، ایران

می‌تواند ترکیبات گازهای آلاینده خروجی، در حد استانداردهای فوق را رعایت کند بکار گرفته می‌شود [2]، اما موتور وسایل نقلیه سبک و ارزان قیمت، نیاز به استفاده از راه حل های ارزان قیمت تری خواهد داشت. با توجه به موارد فوق سعی شده است راه حل های ساده و کم هزینه کاهش آلاینده های خروجی از وسیله نقلیه در اینجا شرح داده شود.

به عنوان نخستین گام بایستی وضعیت حاضر موتورسیکلت های موجود در بازار را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. این مقاله کانون توجه خود را بر روی موتورسیکلت های با سطح تکنولوژی ارزان قیمت، که به عنوان نماینده حجم انبوهی از وسایل نقلیه سبک موجود در خیابان های کشور می‌باشند، متمرکز کرده است. قوای محرکه موتورسیکلت های انتخابی، دارای طراحی های ساده است. زیرا این موتورها توسط شرکت های مختلف و در کشورهای مختلف تحت لیسانس تولید می‌گردد که کیفیت آنها تقریباً در یک سطح است. در دومین گام، ارزیابی تئوری از تاثیر هر یک از تکنولوژی های پیشنهادی بر روی عملکرد موتور و گازهای خروجی از آن بر مبنای پروژه های تحقیقاتی انجام شده که در مراجع به آن اشاره شده به عمل خواهد آمد. این کار باعث می‌شود تا بتوان بهترین ترکیب بهینه از راه حل های موجود را بدست آورد. در موتور بهینه شده پیشنهادی، سه عامل قیمت تمام شده و سطح تکنولوژی بکار رفته شده و ساده گی طراحی موتور مدنظر قرار گرفته شده است. انجام آزمون برای موتورسیکلت های مختلف تحت شرایط یکسان، در بدست آوردن قضاوت عادلانه از وضعیت مقایسه ای آنها، بسیار دارای اهمیت می‌باشد. از این رو برای موتورسیکلت، کلاس ۱۲۵ سی سی انتخاب شده که بخش عمده ای از آلاینده های آن درسیکل بار کامل از آن خارج می‌شود. از سیکل آزمون ECE R40 استفاده شده است. در این سیکل حتی در فاز شتاب نیز نیازی به باز بودن ساسات نمی‌باشد. این آزمون مطابق با استاندارد ISIRI 6789 ایران می‌باشد [3].

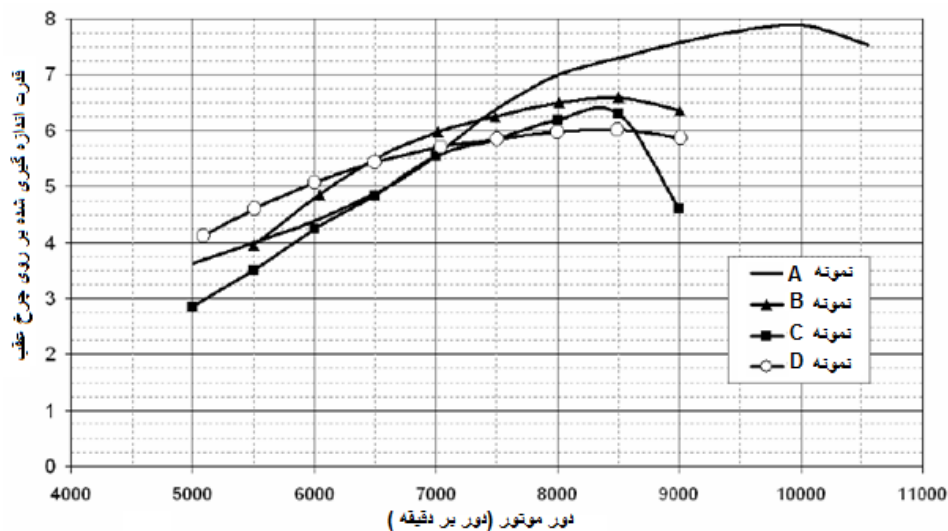
۲- اندازه گیری شرایط موجود موتورسیکلت منتخب

در این مقاله از چهار نمونه موتورسیکلت که همگی ساخت کشور چین می‌باشند استفاده شده است. تنها یک نمونه آن، از موتور با طراحی سوزوکی و سایر نمونه ها از طراحی و تکنولوژی هند استفاده نموده اند. با این وجود موتور با تکنولوژی سوزوکی مدل GS دارای قیمت به مراتب بالاتری می‌باشد. موتورهای انتخابی برای آزمون همگی دارای سیستم کاربراتوری می‌باشند. موتورسیکلت A و C دارای کاربراتور با فشار ثابت و موتورسیکلت B و D دارای کاربراتور با اسلایدر ساده می‌باشند. به منظور انجام آزمون بر روی موتورسیکلت های ارزان قیمت، تمامی موتورهای انتخاب شده دارای دو سوپاپ می‌باشند. نمونه A به صورت آب خنک بوده و سایر نمونه ها هوا خنک هستند. همینطور اشاره به این نکته می‌گردد که نمونه های A ، B و C مطابق با استاندارد یورو ۲ هستند. این سه موتورسیکلت دارای مبدل کاتالیستی بوده که در بخش سایلنسر اگزوز قرار داده شده است. اما موتورسیکلت نمونه D فاقد مبدل کاتالیستی است. مشخصات فنی نمونه های انتخابی به شرح جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱ - مشخصات فنی موتورهای نمونه انتخابی

VEHICLE	ENGINE SPECIFICATIONS	MIXTURE PREPARATION	EXHAUST SYSTEM	EMISSION STANDARD
A	BORE x STROKE: 58 x 47.2 mm	CARBURETOR 28 mm CONSTANT DEPRESSION	1 CATALYST SECONDARY AIR	EURO II
	COMPRESSION RATIO: 11.0 : 1			
	COOLING: LIQUID			
	VALVE TRAIN: 2 VALVE, OHC			
B	BORE x STROKE: 56.5 x 49.5 mm	CARBURETOR 22 mm SLIDER	1 CATALYST SECONDARY AIR	EURO II
	COMPRESSION RATIO: 9.5 : 1			
	COOLING: AIR			
	VALVE TRAIN: 2 VALVE			
C	BORE x STROKE: 54 x 54 mm	CARBURETOR 20 mm CONSTANT DEPRESSION	1 CATALYST SECONDARY AIR	EURO II
	COMPRESSION RATIO: 10 : 1			
	COOLING: AIR			
	VALVE TRAIN: 2 VALVE, OHC			
D	BORE x STROKE: 56.5 x 49.5 mm	CARBURETOR 22 mm SLIDER	NO CATALYST NO SECONDARY AIR	---
	COMPRESSION RATIO: 9.5 : 1			
	COOLING: AIR			
	VALVE TRAIN: 2 VALVE			

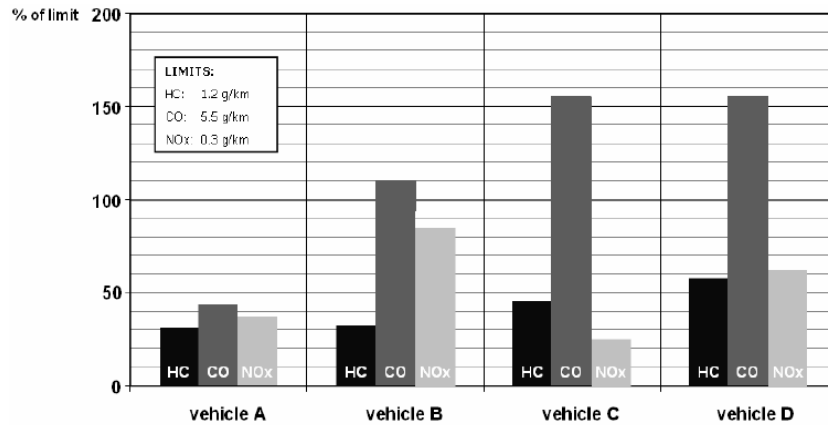
آزمون‌های فوق طبق استاندارد ISIRI 6789 ایران [3] انجام گرفته است. در شکل ۱ نمودار توان خالص موتورسیکلت‌های مذکور آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌کنید نمونه A که تنها نمونه آب خنک موجود می‌باشد دارای عملکرد بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها بوده و البته به وضوح مشاهده می‌شود که OHC به کار رفته، تاثیر چندانی بر روی عملکرد موتور به جای نگذاشته است. حداکثر سرعت موتورسیکلت‌های B، C و D به اندازه نمونه آب خنک بالا نیست [4].



شکل ۱- توان خالص قوای محرکه موتورسیکلت

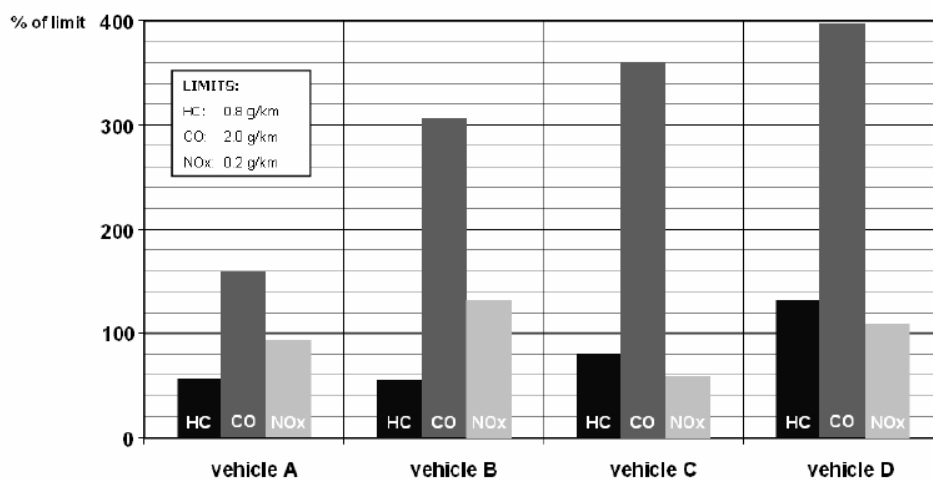
با بررسی ترکیبات گازهای آلاینده خروجی از آگروز موتور که در شکل ۲ نشان داده شده است [3]، به راحتی معلوم می‌گردد که حدود آلاینده‌گی از حد مجاز استاندارد یورو ۲ عبور نموده است و تنها موتورسیکلت نمونه A این الزامات را بطور کامل برآورده می‌سازد. منو اکسیدکربن تولیدی نمونه‌های B، C و D از حدود تعیین شده فراتر رفته است. همینطور با مقایسه میزان آلاینده‌گی ثبت شده در نمونه‌های C و D مشخص می‌شود که مبدل کاتالیستی نمونه C چندان کارایی نداشته است. از منظر

دیگر می‌توان دریافت که میزان صدور منواکسیدکربن در این نمونه‌ها به دلیل نیاز به اثر خنک‌کنندگی داخلی در محفظه احتراق بوده است. این خنک‌کنندگی توسط مخلوط غلیظ‌تر از حد احتراق کامل ایجاد شده که خود به افزایش مصرف سوخت



شکل ۲ - مقایسه تطابق ترکیبات گازهای خروجی از قوای محرکه با استاندارد یورو ۲

دامن می‌زند. چنانچه توجه تنها به نمونه B معطوف شود مشخص می‌گردد که بین میزان CO و NOx، نسبت معکوس برقرار است. این نمونه دارای مخلوط ورودی رقیق‌تر از C و D است. به عبارت دیگر با کاهش میزان CO به حد پذیرفته شده، میزان NOx موجود در گازهای خروجی به سرعت از حد مجاز فراتر خواهد رفت که دلیل آن نیز وجود اکسیژن اضافی و دمای احتراق بیشتر خواهد بود [5]. هدف از این مقاله ارائه راهکارهایی برای رسیدن به حدود استاندارد یورو ۳ می‌باشد. اما با تطبیق میزان گازهای خروجی موتور این وسایل نقلیه با حدود پذیرفته شده استاندارد، توجه می‌شود که در تمام نمونه‌های فوق این مقدار از حد مجاز فراتر می‌باشد. فراموش نگردد که نمودارهای فوق از روی انجام آزمون بر روی بستر آزمون که شامل سیکل سرد موتور می‌باشد بدست آمده است. بدترین نتیجه در شکل ۳ مربوط به موتورسیکلت نمونه D می‌باشد به صورتیکه میزان منواکسیدکربن و اکسیدازت آن هردو از حد استاندارد یورو ۳ فراتر می‌باشد. لذا با توجه به نسبت معکوس موجود میان CO و NOx، امکان بهینه‌سازی آن توسط تنظیمات داخلی موتور میسر نمی‌باشد. هر چند که کاتالیزت بکار رفته در نمونه C تا حدودی از میزان ترکیبات اکسیدازت کاسته است اما سیستم هوای ثانویه بکار رفته در این موتور کافی به نظر نمی‌رسد [6].

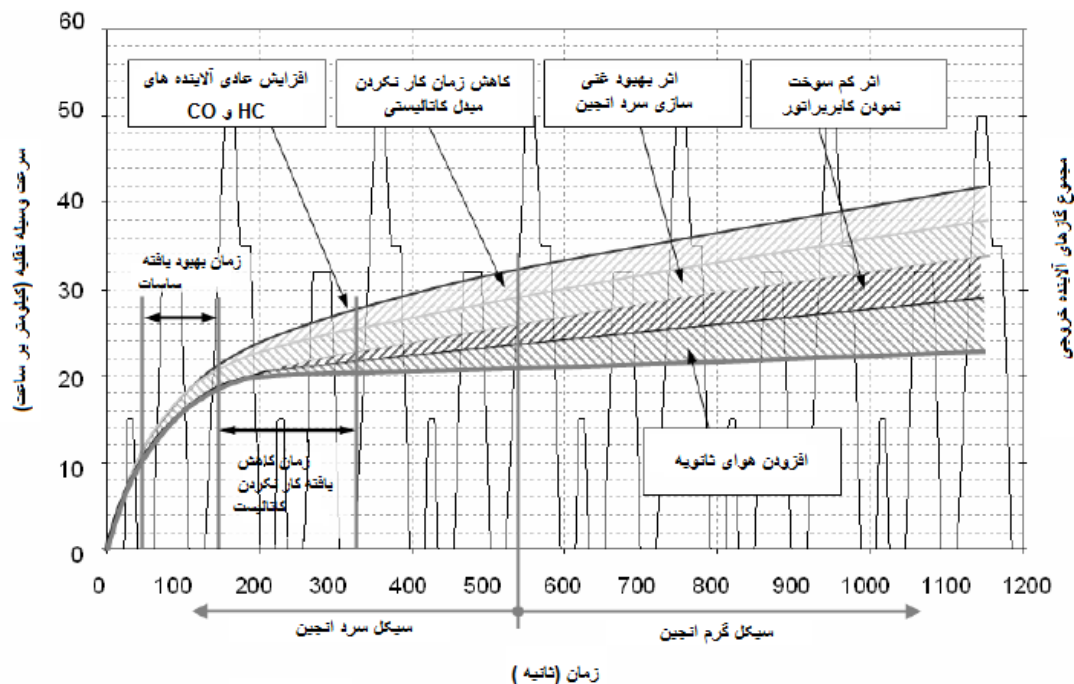


شکل ۳ - مقایسه تطابق ترکیبات گازهای خروجی از قوای محرکه با استاندارد یورو ۳

۳- روش های تئوری کاهش آلاینده‌گی

الف- نزدیک نمودن مبدل کاتالیستی به ورودی اگزوز

با توجه به اصرار بر استفاده از کاربراتورهای ارزان قیمت و نمودار تایمینگ جرعه ثابت در ازای دمای موتور در این مقاله، یک راه حل ممکن، حرکت دادن مکان قرارگیری مبدل کاتالیستی از ساینلر به طرف سیلندر در قسمت لوله اگزوز است [7]. در صورت یافتن مکان صحیح قرارگیری مبدل، افت توان خروجی موتور بسیار زیاد نخواهد بود. می‌توان تاثیر این تغییر را در شکل ۴ که دیگرام میزان منواکسیدکربن به گرم در کیلومتر پیموده شده نسبت به زمان سیکل است، به راحتی مشاهده نمود. در این حالت شیب تند نمودار میزان منواکسیدکربن در فاز سرد سیکل کاری موتور کوتاه خواهد شد که دلیل آن شروع سریعتر اثر بخشی مبدل کاتالیستی خواهد بود. همینطور واضح می‌باشد که با مبدل کاتالیستی یکسان از نظر سایز و قیمت، نمودار بدست آمده در سیکل گرم موتور تغییری نخواهد کرد، که توسط منحنی موازی با منحنی اولیه نشان داده شده است. بر مبنای ملاحظات تئوری این انتظار وجود دارد که میزان HC و CO کاهش یابد و البته تاثیر کمی بر میزان NOx داشته باشد.



شکل ۴ - تاثیر عوامل مختلف بر گازهای خروجی موتور بر روی سیکل ECE R40 به صورت تئوری

ب-تنظیم کاربراتور برای سوخت رسانی رقیق تر

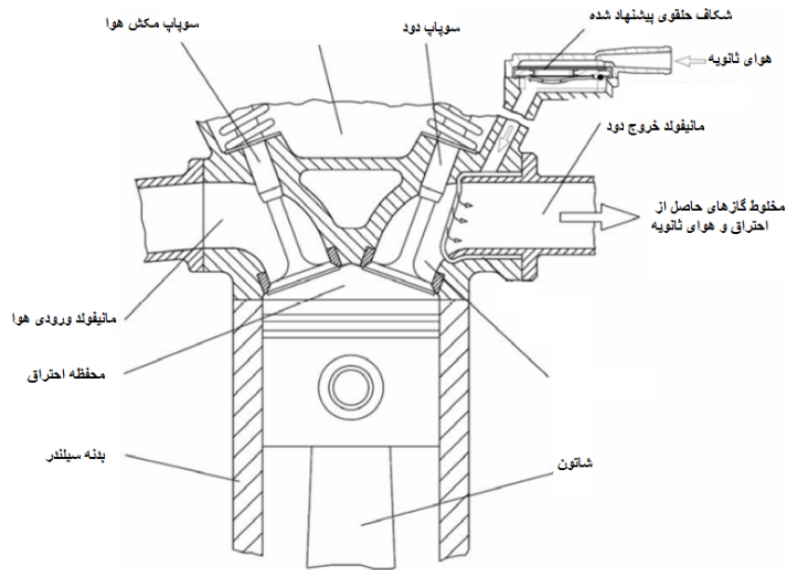
تنظیم کاربراتور برای سوخت رسانی رقیق تر اغلب تاثیر زیادی بر BMEP 'brake mean effective pressure' خروجی موتور خواهد گذاشت. مخصوصا در موتورهای با سیستم هوا خنک، حداکثر قدرت خروجی در مخلوط غلیظ با نسبت اکی والان $\lambda=0.85$ اتفاق می‌افتد که کمتر از آن به دلیل افزایش دما در سیلندر، سرسیلندر و قطعات موتور استفاده نمی‌شود. اما با افزایش میزان تا $\lambda=1$ می‌توان میزان HC و CO را کاهش داد. هر چند اعمال چنین تغییراتی منجر به افزایش میزان اکسیدهای ازت در گازهای خروجی خواهد شد. بنابراین نحوه تنظیم کاربراتور می‌بایست بر مبنای ملاحظات بهینه سازی مجموع ترکیبات گازهای خروجی از موتور باشد. تاثیر این تغییرات را می‌توان در شکل ۴ مشاهده نمود.

ج-بهبود غنی سازی در راه اندازی سرد

با آنالیز میزان گازهای خروجی از آزمون های انجام شده بر روی موتورسیکلتها می توان دریافت که غنی سازی در راه اندازی سرد موتور زمان زیادی را در سیکل آزمون به خود اختصاص داده است [8]. پتانسیل بالایی در کاهش زمان استفاده از ساسات توسط بکار بردن چوک کنترل شونده الکتریکی بر مبنای دمای موتور وجود دارد. مفهوم این عبارت این است که، منحنی میزان HC و CO در فاز سرد کارکرد موتور می تواند مسطح تر گردد. البته بایستی اذغان داشت که انجام چنین عملی تا حدودی باعث افزایش میزان ترکیبات اکسید ازت در گازهای خروجی موتور پس از راه اندازی سرد می شود. روش کاهش مشابه می تواند کاهش جت ساسات به حداقل ممکن باشد.

د- بهبود در تزریق هوای اضافه

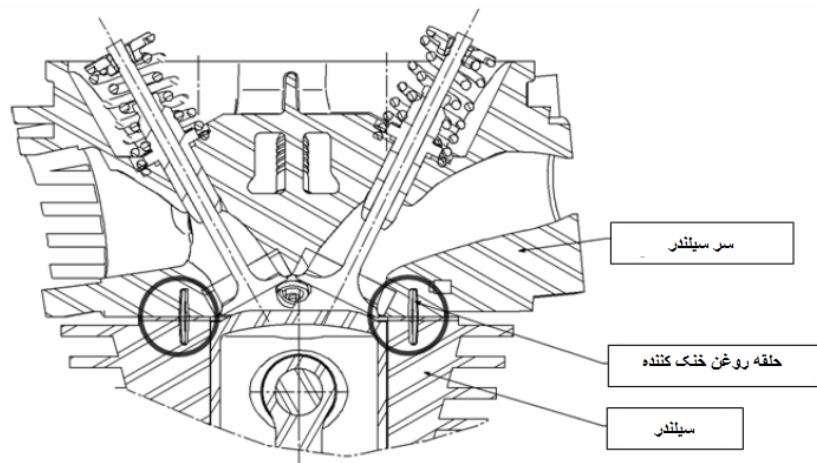
همانطور که اشاره شده بود نمونه های A ، B و C دارای سیستم هوای ثانویه می باشند، که هوای اضافی را به خروجی دود موتور وارد می کند. ایده اضافه نمودن هوای اضافی به خروجی دود در موتور از آنجا نشأت میگیرد که اکسیژن موجود در هوای اضافی، می تواند گازهای خروجی بسیار داغ را تا حدودی اکسیده نماید. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمون های به عمل آمده، می توان اینگونه نتیجه گیری نمود که سوراخ مکش هوای اضافی به اندازه لازم، برای ورود هوای کافی در تمام طول آزمون بزرگ نمی باشد. همچنین موج برگشتی سیستم اگزوز موتور تک سیلندر، ممکن است نسبت سوخت و هوا در محفظه احتراق را بر هم بزند. به دلیل این رزونانس ایجاد شده، مقدار مشخصی از هوای تازه به محفظه احتراق بر می گردد. این موضوع باعث سخت شدن تنظیمات کاربراتور شده که اغلب منجر به تنظیم کاربراتور با سوخت غنی تر از حالت کارکرد پایدار و مناسب موتور می شود. راه حل مناسبی برای بهبود منبع هوای ثانویه بهینه شده، در شکل ۵ نمایش داده شده است. این طرح پیشنهادی بهینه شده دارای تاثیرات زیر خواهد بود. نخست اینکه هوای ثانویه تحت تماس با سیستم اگزوز پیش گرم می شود. علاوه بر آن، انتقال حرارت از گازهای خروجی به سر سیلندر به واسطه نصب یک شکاف حول لوله اگزوز کاهش می یابد. موج کم فشاری که هوای ثانویه را به سیستم اگزوز هدایت می کند، سطح حلقوی بزرگتری را شامل می شود که موثرتر خواهد بود. این بهینه سازی انجام شده منجر به کارکرد سبک تر مبدل کاتالیستی به دلیل وجود مقدار اکسیژن اضافی قبل از کاتالیست می باشد. به دلیل وجود مخلوط هوا و سوخت رقیق تر در ساختمان کاتالیست، میزان اکسیدهای ازت نیز قاعداً تحت تاثیر قرار می گیرد. جدول ۲، اثر هر کدام از بهبودهای پیشنهاد شده را بر روی قدرت طبیعی موتور و همینطور افزایش قیمت تمام شده انجام این بهینه سازی را نشان می دهد. روشی که در این قسمت بحث شده است میزان هیدروکربن ها و منواکسیدکربن موجود در گازهای خروجی اگزوز را کاهش می دهد اما در مقابل میزان اکسیدهای ازت خروجی از سیستم اگزوز را افزایش خواهد داد. تاثیر تئوری میزان کاهش HC و CO خروجی در شکل ۴ نمایش داده شده است.



شکل ۵ - طرح ابتکاری برای ایجاد شکاف ورود هوای ثانویه

ه- بهبود بازده خنک شوندگی موتور

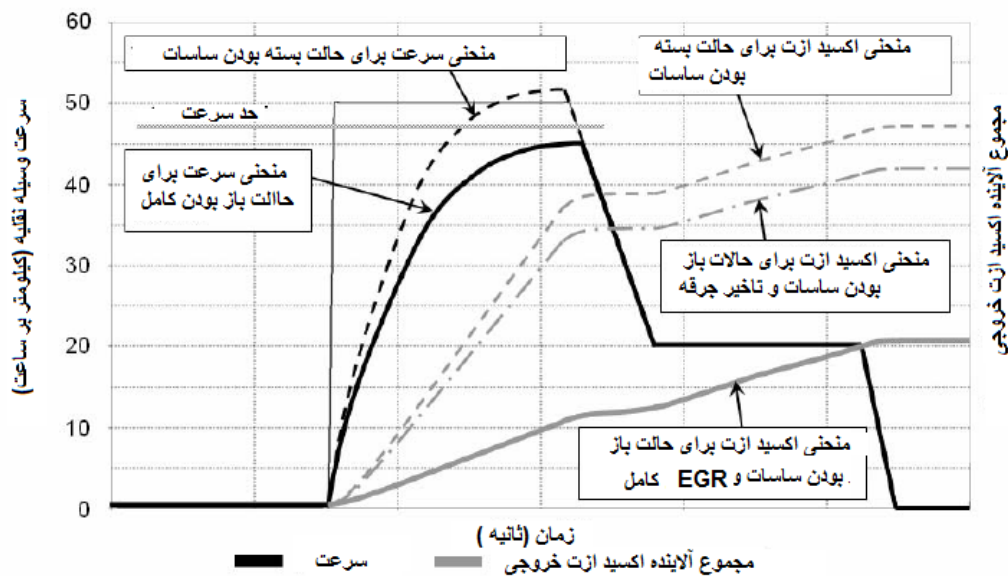
تمامی راه حل های به نظر رسیده برای کاهش آلاینده های موجود در محصولات احتراق در موتور چهار زمانه تک سیلندر تاثیر منفی بر BMEP موتور خواهد داشت. بدیهی است که بازار موتورسیکلت پذیرای طرح جدیدی از قوای محرکه که دارای عملکرد ضعیفتر از موتورهای موجود باشد را نخواهد داشت. به منظور جبران چنین اثری در موتورهای هوا خنک، یک راه حل ساده افزایش بازده خنک شوندگی موتورها می باشد. یکی از راه حل های ممکن در شکل ۶ نمایش داده شده است که طرحی هوشمندانه به نظر رسیده و توسط تغییر قالب مجرای روغنی که بتواند محفظه احتراق را کاملاً احاطه کند ساخته می شود. این حلقه، روغن روان کننده که به سمت سیلندر می آید را در خود هدایت می کند. طرح به این صورت باید باشد که قبل از اینکه روغن برای هدف کاری مورد استفاده قرار گیرد برای یک مرتبه به دور محفظه احتراق هدایت گردد. خنک شوندگی که با این حالت ایجاد می شود تاثیر کمی بر کاهش تولید اکسیدهای ازت می گذارد.



شکل ۶ - راه حل خنک کردن توسط روغن

و- برگشت گاز خروجی (EGR) در بارگذاری کامل جهت اعمال محدودیت حد سرعت

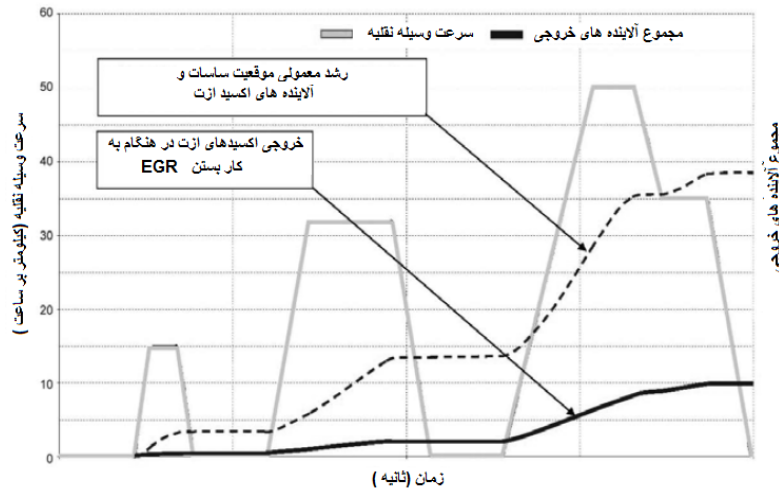
برای موتورسیکلت‌های با حجم ۵۰ سی سی، کاهش قابل ملاحظه میزان اکسیدهای ازت به واسطه وجود ۵ تا ۱۰ درصد EGR در عملکرد با بارگذاری کامل موتور قابل استحصال است [9]. هر چند که این موضوع تاثیر زیادی بر نمودار قدرت BMEP خواهد گذاشت. با این وجود، این سطح از EGR 'exhaust gas recirculation' برای موتورسیکلت‌هایی که حدود سرعت آن تا ۴۵ کیلومتر بر ساعت می‌باشد قابل قبول است (شکل ۷). امروزه تعیین حد سرعت توسط افزایش آوانس جرچه ایجاد می‌شود که منجر به ایجاد آلایندگی‌های زیاد، مصرف سوخت بیشتر و بالا رفتن دمای موتور در بارگذاری کامل موتور می‌گردد. ایجاد حد سرعت در این موتورها توسط EGR نسبت به افزایش زمان آوانس جرچه تاثیر شگرفتی بر میزان اکسیدهای ازت تولیدی موتور و به ارزان ترین حالت ممکن دارد. این روش تاثیر کمی بر میزان هیدروکربن‌ها و منواکسیدکربن تولیدی نیز خواهد داشت.



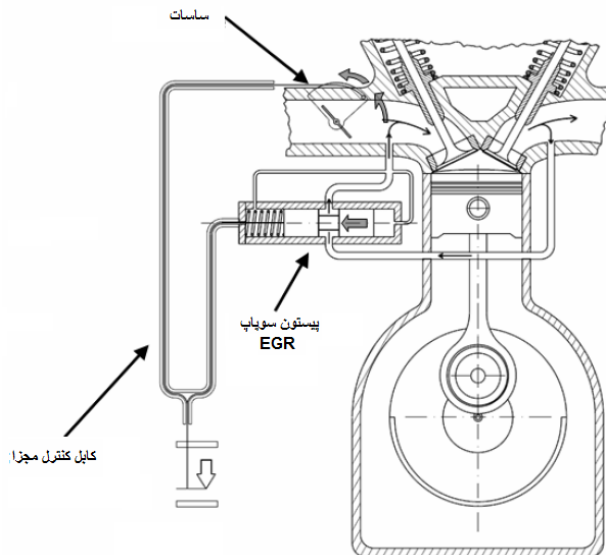
شکل ۷ - تاثیر EGR با بارگذاری کامل بر روی میزان NOx اعمال شده بر روی سیکل آزمون ECE R47

ز - EGR بر حسب میزان بارگذاری

برای وسایل نقلیه دوچرخه، که با موتورهای بزرگتر به حرکت در می‌آیند مانند موتورهای ۱۲۵ سی سی مورد بحث، استفاده از EGR وابسته به میزان بارگذاری، می‌تواند مشکل تولید NOx را برطرف نماید. با بررسی رشد تولید اکسیدهای ازت در دیاگرام شکل ۸ که خط چین‌ها موتور بدون EGR را نشان می‌دهد به وضوح مشخص می‌گردد که بیشتر NOx تولیدی در فاز شتاب سیکل آزمون تولید می‌شود. با توجه به این حقیقت که هر سه فاز شتاب سیکل آزمون بایستی دارای وضعیت ساسات یکسانی باشند، به راحتی می‌توان دریافت که به کار بردن سوپاپ EGR که دقیقاً هنگام فاز شتاب باز می‌شود، می‌تواند تاثیر قابل قبولی داشته باشد. این منحنی به صورت خط پیوست بر روی دیاگرام شکل ۸ نمایش داده شده است. این روش تاثیری بر روی خروجی خالص موتور نخواهد داشت. زیرا کابل کنترلی که در اینجا پیشنهاد شده است درجه EGR را مسدود خواهد نمود. این طرح بسیار شبیه به نمونه الکترونیکی استفاده شده در EGR ماشین‌های سواری است. برآیند کار به این صورت خواهد بود که در معابر شهری که میزان آلایندگی منجر به مشکلات می‌شود، EGR فعال بوده و در بزرگ راه‌ها و معابر بین شهری، بهترین عملکرد موتور از نظر قدرت به واسطه عدم فعال بودن EGR قابل استحصال است [10]. یک راه حل ساده و ابتکاری برای ایجاد EGR بر حسب میزان بارگذاری در شکل ۹ نشان داده شده است.



شکل ۸ - تاثیر EGR وابسته به بازگزاری بر میزان NOx تولید در گازهای خروجی از آگزوز بر روی سیکل آزمون ECE R40



شکل ۹ - راه حل ساده و ابتکاری برای ایجاد EGR بر حسب میزان بارگذاری

۴ - نتیجه گیری

به دلیل تفاوت انجام آزمون بر روی موتورسیکلت‌های با حجم ۱۲۵ سی سی نسبت به موتورهای گازی که طبق سیکل آزمون ECE R40 انجام می‌شود، در این آزمون آلاینده‌های خروجی جمع آوری شده و به طور جداگانه مورد آنالیز قرار می‌گیرند. همانطور که در شکل ۱ نشان داده شد میزان CO، HC و NOx در سطحی پایین تر از حدود مجاز معیار آلاینده‌گی یورو ۲ می‌باشند. از طرفی با اندازه‌گیری‌های به عمل آمده، این موتورها در سیکل سرد نیز، حدود استاندارد یورو ۳ را برآورده می‌سازند. جدول ۲ اثر به کار بردن تکنولوژی‌های شرح داده شده بر میزان گازهای خروجی از آگزوز و هزینه تحمیل کننده بر قیمت آن را نشان می‌دهد. برای برآورده شدن معیار آلاینده‌گی مطابق با یورو ۳ ترکیبی از راه حل‌های زیر برای این کلاس از موتورها پیشنهاد می‌شود.

- EGR وابسته به بارگذاری موتور برای کاهش NOx
- بهبود سیستم هوای ثانویه برای کاهش HC و CO

- بهبود غنی سازی در راه اندازی سرد و نزدیک کردن کاتالیست به موتور برای کاهش آلاینده‌گی ها در سیکل سرد
آزمون

به دلیل اینکه در این موتورسیکلت‌ها، برای هر کدام از آلاینده‌ها حد مجاز جداگانه ای تدوین شده است لزوم استفاده از روشهای فرآوری گازهای خروجی از موتور پس از احتراق احساس می‌شود که بایستی به گونه ای باشد که هر کدام از آلاینده‌ها را به صورت همزمان تحت تاثیر قرار بدهد. بنا براین بکار بردن کاتالیست که بین موتور و سایلنسر در دهانه‌ها قرار داده شده است و ترکیب آن با سیستم هوای ثانویه که حداکثر جریان ممکن را تولید می‌کند و همینطور استفاده از سیستم EGR که در سیکل شتاب عمل می‌کند و با حرکت کابل ساسات کنترل می‌گردد، پیشنهاد می‌شود. کاهش میزان اکسیدهای ازت در حالت باز بودن کامل ساسات مورد نیاز نمی‌باشد. زیرا میزان قدرت مورد نیاز در سیکل ECE R40 تنها بخشی از قدرت ممکن خروجی موتور ۱۲۵ در حالت باز بودن کامل ساسات را طلب می‌کند. بنا بر این تاثیری بر قدرت در بارگذاری کامل و حداکثر سرعت در طول آزمون را نخواهد داشت. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که حدود در نظر گرفته شده در معیار آلاینده‌گی پذیرفته شده یورو ۳ را می‌توان با بکار بردن تکنولوژی‌های ساده مورد عمل قرار داد.

جدول ۲ - اثر به کار بردن تکنولوژی‌های شرح داده شده بر میزان گازهای خروجی از آگزوز و هزینه تحمیل کننده بر قیمت آن

	بهبود به عمل آمده	تأثیر				قیمت
		قدرت	گازهای آلاینده خروجی			
کاربراتور	نزدیک کردن کاتالیست به خروجی دود انجین	↓	↓	↓	↓	-
	تنظیم رقیق تر کاربراتور	↓	↓	↓	↑	-
	بهبود غنی سازی در راه اندازی سرد انجین	-	↓	↓	↑	-
	هوای ثانویه	-	↓	↓	↑	+
	بهبود بازده خنک شونده انجین	↑	-	-	-	+
	EGR در بارگذاری کامل	↓	-	-	↓	+
	بهینه سازی EGR وابسته به بارگذاری	-	-	-	↓	+

مراجع

- 1- Korman, M., "Test bench analysis and tomographic combustion analysis of a small capacity four-stroke scooter", Graz University of Technology, Diploma Thesis, 2001.
- 2- Hirz, M., "Concept layout and development of a crankcase supercharged spark ignition four stroke engine", Graz University of Technology, Doctoral Thesis, 2005.
- ۳- استاندارد ملی ایران به شماره "ISIRI 6789" موتور سیکلت‌ها - گازهای آلاینده خروجی از قوای محرکه - روشهای اندازه گیری "
- ۴- استاندارد ملی ایران به شماره "ISIRI6701" موتورسیکلتها-اندازه گیری حداکثر سرعت "
- 5- Basshuysen, R. V., and Schäfer, F., *Internal Combustion Engine*, Handbook, ISBN: 0-7680-1139-X
- 6- Blair, G. P., *Design and Simulation of Four-Stroke engines*, SAE International, ISBN 0-7680-0440-3
- 7- Nagel, T., Maus, W., and Breuer, J., *Development of Increased Test Conditions for Close-coupled Catalyst Applications*, SAE 962079.
- 8- Korman, M., Hirz, M., Eichseder, H., and Irchberger, R., "Flow and Engine Test Bench Development of Crankcase Supercharged Four Stroke Engine with Oil Separating System", SAE Paper No. 32-0002, 2004.
- 9- Hirz, M., Korman, M., Eichseder, H., and Irchberger, R., "Potential of the 50cc two wheeler motor vehicle class in respect of future exhaust emission targets", SAE Paper No. 32-0050, 2004.
- 10- Nagel, T., et al, "A New Approach of Accelerated Life Testing for Metallic Catalytic Converters", SAE 01-0595, 2004.



چهارمین کنفرانس سوخت و احتراق ایران

کاشان - دانشگاه کاشان - بهمن ماه ۱۳۹۰

