یادداشت پژوهشی

کاربرد مخلوط اتانول/ گازوییل با افزودنی مناسب به عنوان سوخت موتورهای دیزل

یداله پیرزاده*[۱]، مهرداد معینی‌شاد[۱]، مرضیه شکرریز[۲]، علی‌یار کاظمی‌فر[۱]، بیژن پوریمین[۱] و احمد روشنی[۳]

۱- پژوهشکده توسعه و بهینه‌سازی فناوری‌های انرژی، پردیس پژوهش و توسعه فناوری‌های انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه صنعت نفت

۲-پژوهشکده علوم و فناوری‌های شیمیایی، پردیس پژوهش و توسعه صنایع پائین دستی نفت، پژوهشگاه صنعت نفت

۳- پژوهشکده محیط زیست و بیوتکنولوژی، پردیس توسعه فناوری‌های انرژی و محیط زیست، پژوهشگاه صنعت نفت

تاریخ دریافت: ۹۲/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۱۶

چکیده

آلاینده‌های منتشره از اگزوز موتورهای دیزلی یکی از منابع مهم آلودگی محیط زیست در شهرها می‌باشد. برای کاهش آلایندگی این موتورها روش‌های گوناگونی وجود دارد که کاربرد اتانول به عنوان سوخت جایگزین تجدیدپذیر اکسیژنه یکی از این روش‌ها می‌باشد. تهیه مستقیم مخلوط اتانول و گازوییل به دلیل مشکلات اختلاط امکان‌پذیر نیست. در این تحقیق با استفاده از مواد افزودنی سازگار با محیط زیست و قابل تهیه در داخل کشور، مخلوط ۱۰٪ حجمی اتانول در گازوییل به‌صورت شفاف و پایدار تهیه شد و با انجام آزمون‌های موتوری میزان انتشار دود و عملکرد موتور با این سوخت مخلوط مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج، بیان‌گر کاهش دود به میزان ۳۶/۶٪ و افت توان به مقدار ۷/۵٪ بود. در ضمن این فرمولاسیون تاثیر منفی بر قطعات فلزی و پلیمری سیستم سوخت رسانی موتور نداشت .

کلمات کلیدی: مواد افزودنی، مخلوط اتانول و گازوییل، موتور دیزل، مصرف سوخت و آلایندگی

مقدمه

موتورهای دیزلی علی‌رغم راندمان حرارتی بالا و مصرف سوخت و انتشار گازهای گلخانه‌ای کمتر نسبت به موتورهای بنزینی، به دلیل ویژگی‌های احتراق نفوذی و مصرف هوای کمتر، میزان زیادی ذرات معلق و دود تولید می‌کنند و به علت دمای بالای محفظه احتراق، NOx زیادتری منتشر می‌نمایند. اثرات سوء زیست محیطی ناشی از استفاده گسترده از موتورهای دیزلی، تدوین استانداردهای سخت‌گیرانه برای محدوده مجاز آلاینده‌های منتشره از خودروهای دیزلی را ضروری ساخته است [۱].

در سال‌های اخیر استفاده از الکل، به عنوان سوخت موتورهای درون‌سوز به تنهایی و یا به‌صورت ترکیب با سایر سوخت‌ها به دلیل مزایای زیست محیطی و اقتصادی درازمدت نسبت به سوخت‌های فسیلی، بیشترین توجه را به خود جلب نموده است. متانول و اتانول برای این منظور مناسب هستند و می‌توان این الکل‌ها را به گاز طبیعی تبدیل نمود.

*مسؤول مکاتبات

آدرس الکترونیکی pirzadehy@ripi.ir

Archive of SID

www.SID.ir

در این میان اتانول اهمیت بیشتری دارد و به عنوان یک سوخت تجدیدپذیر به آسانی از مواد آلی همچون دانه‌های گیاهی و یا چغندر قند به دست می‌آید. در برزیل اتانول را از نیشکر و در ایالات متحده از ذرت به دست می‌آورند [۲].

مخلوط اتانول- دیزل [1] یک سوخت جایگزین مناسب با احتراق پاک‌تر نسبت به گازوییل معمولی می‌باشد [۳]. اتانول یک ترکیب اکسیژنه سازگار با سوخت دیزل است ولی به راحتی با آن مخلوط نمی‌شود. در محیط‌های گرم، اتانول بدون آب با سوخت دیزل مخلوط می‌شود، ولی در دمای کمتر از ۱۰ °C، اتانول و گازوییل از هم جدا می‌شوند. این مشکل را به سه روش می توان برطرف نمود که عبارتند از:الف) استفاده از امولسیفایرهایی که بتوانند قطرات کوچک اتانول را درون سوخت دیزل معلق نگه دارند و ب) تهیه مخلوط همگن به وسیله افزودن یک کمک حلال [2] به منظور ایجاد سازگاری بین پیوندهای ملکولی آنها. معمولا امولسیون سازی در مراحل اختلاط به حرارت نیاز دارد ولی با استفاده از کمک حلال‌ها به راحتی با تکان خوردن مخلوط می‌شوند و ج) میکرو امولسیون‌ها مخلوطی از اتانول آبدار، سوخت دیزل و ماده فعال سطحی [3] تجاری بسیار ریز و شفاف هستند. این مخلوط بسرعت و با تکان اندک تشکیل می‌شود. [۴ و ۵].

اتانول حاوی ۳۵٪ اکسیژن است که می‌تواند در کاهش دود، ذرات معلق، اکسیدهای ازت و منوکسید کربن منتشره از موتورهای دیزلی موثر باشد [۶]. هدف از این تحقیق ارزیابی عملکرد سوخت مخلوط پایدار و شفاف گازوییل/اتانول به کمک مواد افزودنی در موتور دیزل می‌باشد.

در حال حاضر به دلیل پیشرفت در زمینه مواد افزودنی، تجاری شدن E-Diesel امکان‌پذیر شده است. بر اساس تحقیقات شرکت انرژی پاک و ماده افزودنی (puranol) با اختلاط تلاطمی به اتانول اجازه اختلاط شفاف را می‌دهد. طبق ادعای این شرکت، براساس آزمایشات میدانی و آزمایشگاهی ذرات معلق(PM)، منوکسید کربن و اکسیدهای ازت نسبت به گازوییل معمولی به ترتیب حدود ۴۱٪، ۲۷٪ و ۵٪ کاهش داشته است [۳]. تحقیقاتی در دانمارک بر روی یک دستگاه کامیون اسکانیا با ۱۰٪ اتانول در گازوییل نشان داد که ذرات معلق، منوکسید کربن و اکسیدهای ازت نسبت به گازوییل معمولی به‌ترتیب ۳۱٪، ۲۹٪ و ۵٪ کاهش پیدا کرده است. مصرف سوخت حدود ۲,۲٪ افزایش یافته و حداکثر توان موتور تقریبا ۷٪ کاهش داشت [۶].

فرمولاسیون سوخت

از بین سوخت‌های مخلوط فرموله شده با اتانول تجاری ۹۶٪ و گازوییل معمولی، فرمولاسیونی که در دمای پایین کاملا شفاف و پایدار بود و مشخصات لازم برای استفاده در موتور را داشت، به شرح ترکیب وزنی ذیل انتخاب شد:

گازوییل معمولی	۸۰±۲٪
اتانول	۱۰٪
مواد افزودنی	۱۰±۲٪

این فرمولاسیون حاوی مواد افزودنی، علاوه بر پایدار بودن در مدت زمان طولانی، با استفاده از مواد اولیه در دسترس و سازگار با محیط زیست تهیه شده است. برای بررسی اندازه قطرات سوخت نانو امولسیون از دستگاه زتا پتانسیل استفاده گردید و قطر قطرات در حدود ۲/۵ nm به دست آمد. مشخصات فیزیکی شیمیایی سوخت فرموله شده مخلوط دیزل/ اتانول و دیزل تجاری (پایه) در جدول ۱ ارائه شده است. برای بررسی تکرارپذیری فرمولاسیون، نمونه مورد آزمایش دوبار تهیه شد. نقطه اشتعال یکی از خواص سوخت است که از نظر ایمنی اهمیت زیادی دارد. در مخلوط اتانول/دیزل نقطه اشتعال در محدوده دمای محیط قرار می‌گیرد که باید هنگام ذخیره‌سازی و استفاده در باک خودرو مورد توجه قرار گیرد [۷].

1. E-diesel
2. Co- solvent
3. Co- surfactant

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱- مقایسه مشخصات سوخت دیزل تجاری با مخلوط دیزل/ اتانول ۱۰٪

مشخصات	دیزل تجاری	دیزل/ اتانول	روش آزمایش
دانسیته در ۱۵/۶ °C (g/cm^3)	۰/۸۲۹	۰/۸۴۰۴	ASTM-D452
ویسکوزیته سینماتیک در ۳۷ /۷ °C (mm^2/s)	۳/۲۴	۳/۳۳۱	ASTM-D445
گوگرد (٪)	۰/۷۳	۰/۵۳	ASTM-D2622
نقطه ریزش (°C)	-۳	-۵	ASTM-D97
نقطه اشتعال (°C)	۶۲	۱۸	ASTM-D93
باقی‌مانده کربن (٪)	۰/۱۲۳	۰/۰۲۳	ASTM-D524
خوردگی نوار مس (۳ ساعت در ۱۰۰ °C)	1a	1b	ASTM-D130
ارزش حرارتی خالص (MJ/kg)	۴۵/۳۷۵	۴۱/۹۷۵	ASTM-D340
اندیس ستان	۵۸	۵۳	ASTM-D976
تقطیر در ۷۶۰ mmHg			ASTM-D86
نقطه جوش ابتدایی (IBP) (°C)	۱۵۸/۳	۷۷/۶	
۱۰٪ حجمی تقطیر شده (°C)	۱۹۵/۲	۱۰۴/۵	
۵۰٪ حجمی تقطیر شده (°C)	۲۹۱/۳	۲۸۵/۱	
۹۰٪ حجمی تقطیر شده (°C)	۳۵۳/۸	۳۶۴/۴	
نقطه جوش انتهایی (FBP) (°C)	۳۸۲/۶	۳۶۴/۴	

نتایج و بحث

عدد ستان پایین اتانول موجب افت عدد ستان مخلوط اتانول/ دیزل می‌شود. افزودن هر ۱۰٪ حجمی اتانول به گازوییل پایه موجب ۷/۱ واحد کاهش در ستان سوخت می‌شود [۸]. در مخلوط اتانول/ گازوییل مورد آزمایش نیز این کاهش قابل مشاهده است، ولی بالا بودن شاخص ستان گازوییل پایه باعث گردیده تا شاخص ستان مخلوط در محدود مورد قبول قرارگیرد.

بررسی نتایج آزمایش عملکرد موتور

نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی موتور دیزل بنز OM314 نشان داد، استفاده از سوخت حاوی نانو امولسیون گازوییل/ اتانول ۱۰٪ در مقایسه با گازوییل معمولی (پایه)، بر مشخصه‌های عملکرد موتور مؤثر است که این تأثیر در خصوص توان، گشتاور و دود خروجی از اگزوز بسیار مشهود است. جدول۲ میزان این تغییرات را به تفکیک مشخصه‌های مورد آزمایش نشان می‌دهد. آزمایشات عملکرد موتور با مخلوط گازوییل/ اتانول و گازوییل معمولی سه بار تکرار گردید تا ضمن افزایش دقت، داده‌ها از نظر تکرارپذیری و فاصله اطمینان، مورد بررسی قرار گیرند.

تأثیر سوخت مخلوط گازوییل/اتانول بر توان موتور

شکل ۱ تاثیر سوخت‌های نانوامولسیون گازوییل/ اتانول و گازوییل معمولی (پایه) را در سرعت‌های مختلف و در شرایط تمام بار بر توان موتور نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان گفت استفاده از این سوخت موجب افت توان موتور شده است.

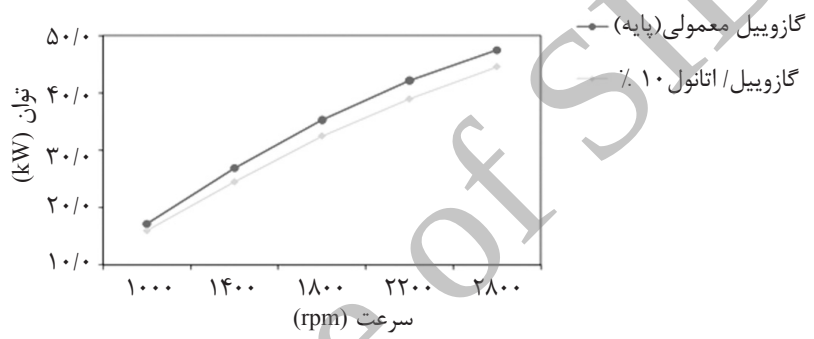
طبق اطلاعات جدول ۲ با این سوخت، به طور میانگین توان موتور در شرایط تمام بار نسبت به گازوییل‌معمولی(پایه)، ۷/۵٪ کاهش یافته است. با توجه به اینکه توان خروجی از موتورهای احتراق داخلی با حاصل ضرب گشتاور خروجی از موتور سرعت دورانی آن متناسب است (P= K.T.N)، در یک دور ثابت، توان خروجی تابعی از بار یا گشتاور موتور می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- میزان تغییرات عملکرد موتور دیزل بنز OM314 در حالت تمام بار با سوخت نانو امولسیون گازوییل/ اتانول ۱۰٪ در مقایسه با سوخت گازوییل معمولی

ردیف	پارامترها / سرعت(rpm)	۱۰۰۰	۱۴۰۰	۱۸۰۰	۲۲۰۰	۲۸۰۰	میانگین
		(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)	(٪)
۱	توان	-۷	-۸/۹	-۷/۹	-۷/۶	-۶/۱	-۷/۵
۲	مصرف ویژه سوخت	+۶/۶	+۹/۱	-۴/۸	-۶/۹	+۵/۹	+۶/۷
۳	دود	-۲۹/۶	-۳۶	-۳۸/۹	-۳۷/۵	-۴۱	-۳۶/۶
۴	راندمان حرارتی	+۱/۳	-۰/۳	+۲	+۱/۷	+۱/۱	+۱/۲
علامت منفی به معنای کاهش می‌باشد							



شکل۱- تغییرات توان موتور با گازوییل معمولی در مقایسه با مخلوط گازوییل/ اتانول ۱۰٪

تغییرات گشتاور موتور دیزل بنز OM314 با سوخت نانوامولسیون گازوییل/اتانول در مقایسه با گازوییل معمولی (پایه) مشابه توان موتور کاهش نشان می‌دهد.

تأثیر سوخت مخلوط گازوییل/اتانول برمصرف سوخت موتور

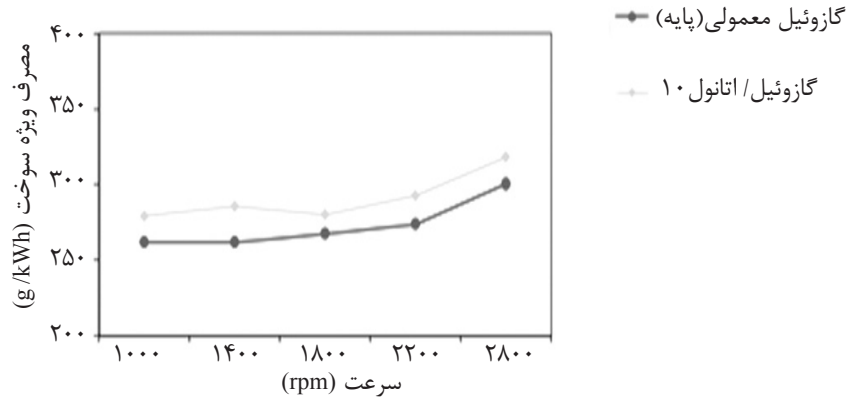
شکل ۲ تغییرات مصرف ویژه سوخت موتور دیزل OM314 را در حالت تمام‌بار نشان می‌دهد. با مشاهده این شکل می‌توان دریافت که مصرف ویژه سوخت موتور با مخلوط سوخت مورد آزمایش، نسبت به گازوییل معمولی (پایه) به طور میانگین ۶/۷٪ افزایش یافته است (جدول ۲). این میزان افزایش مصرف سوخت با توجه به افت ارزش حرارتی سوخت نانو امولسیون گازوییل/اتانول قابل پیش‌بینی می‌باشد.

تأثیر سوخت مخلوط گازوییل/اتانول بر دود خروجی از اگزوز موتور

برای بررسی کامل عملکرد موتور دیزل با سوخت نانوامولسیون گازوییل/اتانول ۱۰٪، دود سیاه خروجی از اگزوز اندازه‌گیری شد. دود سیاه خروجی از موتور دیزل در کنار قدرت و کارایی بالا از موارد مطرح این قبیل موتورهاست. مصرف هوا در موتورهای دیزل تقریبا ثابت است. با افزایش بار، میزان سوخت ورودی داخل سیلندرها افزایش می‌یابد و مقدار هوای موجود برای احتراق کامل سوخت کافی نمی‌باشد. به همین دلیل موتورهای دیزلی برای کار با نسبت هوا- سوخت وسیع طراحی شده‌اند. در شرایط خاص و به ویژه حالت پرباری، یک مخلوط غنی تشکیل شده و موجب احتراق ناقص و در نتیجه تولید دود زیاد می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۲- تغییرات مصرف ویژه سوخت موتور با سوخت گازوییل معمولی در مقایسه با سوخت گازوییل/ اتانول ۱۰٪

از نظر تئوری اکسیژن موجود در اتانول از تشکیل مخلوط (هوا/ سوخت) خیلی غنی در موتور جلوگیری نموده و موجب بهبود کیفیت احتراق می‌گردد. در نتیجه میزان انتشار دود و ذرات معلق کاهش می‌یابد. در نتیجه میزان دود، ذرات معلق و اکسیدهای ازت کاهش می‌یابد. در شکل ۳ روند تغییرات دود خروجی از اگزوز موتور دیزل بنز OM314 با سوخت مخلوط گازوییل/اتانول ۱۰٪ در مقایسه با گازوییل معمولی بر اساس میزان غلظت دود(کدر بودن دود) و برحسب واحد اندازه‌گیری بوش[1] رسم شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، این سوخت انتشار دود خروجی از اگزوز موتور را در قیاس با گازوییل معمولی کاهش داده است.

در جدول ۲ میزان کاهش دود خروجی از اگزوز موتور دیزل مورد آزمایش هنگام استفاده از سوخت مخلوط نسبت به گازوییل معمولی (پایه) ارائه شده است که بیان‌گر کاهش دود به میزان ۳۶/۶٪ می‌باشد.

تأثیر سوخت مخلوط گازوییل/ اتانول بر راندمان حرارتی موتور

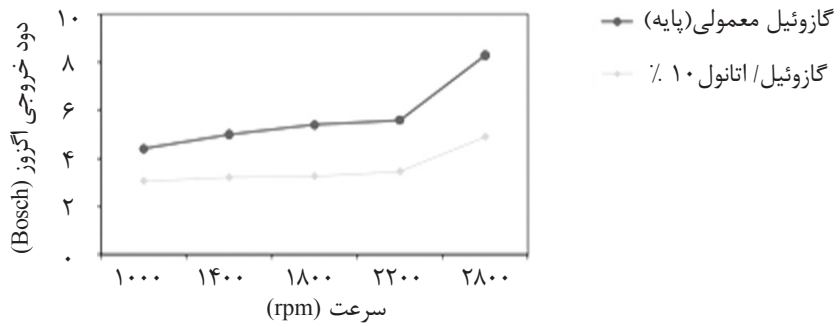
راندمان حرارتی ترمزی، میزان بهره‌دهی حرارت آزاد شده در فرآیند احتراق و تولید قدرت ترمزی را نشان می‌دهد که بستگی به توان خروجی موتور، دبی سوخت مصرفی و ارزش حرارتی آن دارد. به دلیل نقش مهم ترکیب سوخت بر راندمان حرارتی موتور، تأثیر ترکیب سوخت مورد آزمایش بر راندمان حرارتی موتور مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۴ تاثیر نانو امولسیون تهیه شده و گازوییل معمولی (پایه) را بر راندمان حرارتی موتور نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان گفت استفاده از سوخت مخلوط گازوییل/ اتانول۱۰٪ موجب بهبود راندمان حرارتی موتور در شرایط تمام بار نسبت به گازوییل معمولی شده است. با توجه به اطلاعات جدول ۲ میانگین راندمان حرارتی موتور با سوخت نانو امولسیون حدود ۱/۲٪ نسبت به گازوییل‌معمولی (پایه) افزایش نشان می‌دهد. با توجه به میزان افزایش راندمان حرارتی، اظهار نظر قطعی در مورد افزایش راندمان منوط به انجام آزمایشات بیشتر می‌باشد.

تأثیر سوخت مخلوط گازوییل/ اتانول بر قطعات سیستم سوخت‌رسانی موتور

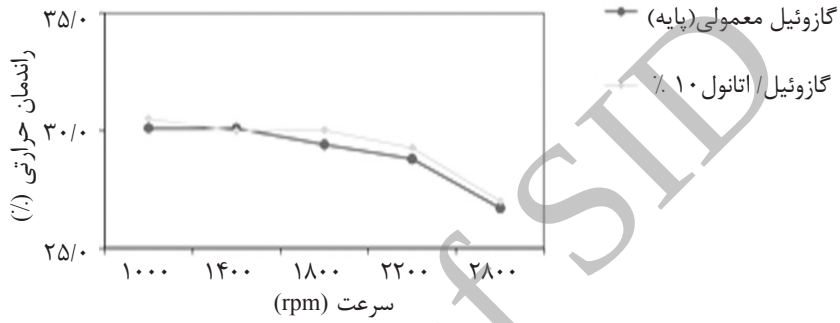
جنس قطعات پلیمری و فلزی مورد استفاده در سیستم سوخت‌رسانی موتور (فیلتر پمپ گازوییل، شیلنگ‌های سوخت، انژکتور، لوله‌های فلزی سوخت) با روش‌های استاندارد شناسایی و مواد مشابه تهیه گردید (نایلون۶، ABS ، فولاد ۱۰۲۳، ۱۰۱۸). برای ارزیابی مقاومت کششی، ازدیاد طول و وزن قطعات پلیمری از روش غوطه‌وری مطابق استاندارد ASTM D534 استفاده شد. میزان خوردگی قطعات فلزی طبق استاندارد ASTM G31 مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج آزمایشات نشان می‌دهد مخلوط گازوییل/ اتانول هیچ گونه تأثیر منفی بر قطعات ندارد.

1. Bosch

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳- تغییرات دود خروجی از موتور دیزل با گازوییل معمولی و سوخت گازوییل/اتانول ۱۰٪



شکل۴- منحنی تغییرات راندمان حرارتی موتور دیزل با گازوییل معمولی و سوخت مخلوط گازوییل/اتانول ۱۰٪

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایشات انجام شده برروی موتور دیزل بنز OM314 با سوخت‌های نانو امولسیون الکل و گازوییل در مقایسه با گازوییل معمولی(پایه) بدون تغییر در تنظم موتور به شرح ذیل می‌باشد:

۱- دود خروجی از اگزوز موتور حدود ۳۶/۶٪ کاهش می‌یابد.

۲- مصرف ویژه سوخت موتور با سوخت مخلوط الکل و گازوییل ۶/۷٪ افزایش می‌یابد.

۳- توان موتور حدود ۷/۵٪ افت می‌کند.

۴- راندمان حرارتی ترمزی موتور حدود ۱/۲٪ بهبود می‌یابد.

۵- سوخت مخلوط گازوییل/اتانول ۱۰٪ در مقایسه با گازوییل معمولی تأثیری منفی بر قطعات فلزی و پلیمری سیستم سوخت رسانی موتور ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب امتنان خود را از مدیریت پژوهش و فناوری شرکت ملی نفت ایران به جهت حمایت از تحقیقات منتهی به این نتایج اعلام می‌دارند.

مراجع

[1]. Keith Owen and Trevor Coley, *Automotive fuels reference book*, Second Edition, Society of Automotive Engineers, Inc., 1995, U.S.A.

[2]. Renewable Fuels Association, 2010 Ethanol Industry Outlook, *Climate of opportunity*, www.Ethanol RFA.org., Feb. 2010.

[3]. Ahmed I., Pure Energy Corporation, "*Oxygenated diesel: emission and performance characteristics of ethanol-diesel blends in CI engines*", SAE, Inc., 2001-01-2475, 2001.

Archive of SID
www.SID.ir

[4]. Alan C. Hansen, Zhang Q., and W. L. Lyne P., Department of agricultural and biological engineering, University of Illinois, "*Ethanol-diesel fuel blends – a review*", Bioresource Technology, Vol. 96, pp.277-285, 15 Jun. 2004.

[5]. L. McCormick R., and Parish R. *Technical barriers to the use of ethanol in diesel fuel* national renewable energy labratory, NREL/MP-540-32674 Nov. 2001.

[6]. Kim H., Choi B., Park S. and Kil Kim Y., *Engine performance and emission characteristics of CRDI diesel engine equiped with WCC and DOC using ethanol blebded diesel Fuel*, Automobile Reseach Center, Chonnam National University, Gwangju, pp. 500-757, Korea.

[7]. Walerand L. R., Venkatesh S. and Unnasch S., *Safety and performance assessment of ethanol/diesel blends(E-Diesel)*, TIAXLLC, Cupertino, California,NREL/SR-540-34817,Sept. 2003.

[8]. Millan C., Chacartegui, Emilio Gonzales Lopez J., *Blending Ethanol in Diesel*, Final repot for Lot 3b of Bioscopes project, Ecofys, Abengoa Bioenergy, O_2 Diesel, May 2007.

Archive of SID

www.SID.ir