

بررسی عملکرد گازوییل نانوامولسیون در انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در مقایسه با سوخت پایه

تاریخ دریافت مقاله: ۸۹/۷/۱۱ ؛ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۱۰/۲۵

پژوهش نفت

سال بیست و دوم
شماره ۶۹
صفحه ۴۲-۵۲ ۱۳۹۱

علی اصغر خلیلی*، مرضیه شکرریز، یداله پیرزاده، فروزان حاجی علی اکبری، علی یارکازمی فر و

سهراب تقی پور

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده شیمی پتروشیمی

Khaliliaa@ripi.ir

شد. همچنین حضور آب و مواد افزودنی در این سوخت‌ها باعث کاهش ارزش حرارتی سوخت گردید که با وجود بهبود کیفیت احتراق در اثر پدیده میکروانفجار و افزایش بازده حرارتی ۳-۴/۸٪، باعث افت قدرت موتور در حدود ۱۳/۶-۴/۵٪ شد.

واژه‌های کلیدی: سوخت‌های امولسیونی دیزلی، هیدروکربن‌های امولسیونی، سوخت‌های پاک

مقدمه

خودروهای دیزلی از نظر مصرف سوخت، انتشار آلاینده‌ها و گشتاور، نسبت به موتورهای بنزینی برتری دارند به همین دلیل استفاده از موتورهای دیزلی در خودروهای سواری هم اکنون در اروپا با اقبال عمومی مواجه شده است. به طوری که آمار استفاده از این موتورها از ۵٪ در سال ۱۹۸۰ به حدود ۴۰٪ در سال‌های اخیر رسیده است. به دلیل مزایای اقتصادی سوخت‌های دیزلی، تلاش‌های پژوهشی زیادی در زمینه کنترل و انتشار آلاینده‌های زیست محیطی حاصل از احتراق این نوع موتور در حال انجام است [۱].

چکیده

حضور ذرات بسیار ریز آب به صورت نانوامولسیون در سوخت‌های دیزلی به هنگام احتراق در موتور باعث پدیده میکروانفجار می‌شود که با وقوع این فرایند، اکسیژن بیشتری در اختیار سوخت قرار گرفته و باعث بهسوزی آن می‌شود. در این کار پژوهشی، فرمولاسیون گازوییل نانوامولسیونی با استفاده از بسته مواد فعال سطحی از قبیل اسیدهای چرب و نمک آنها، استر اسیدهای چرب، اسیدهای چرب اتوکسیله و مخلوط آنها به همراه کمک حلال‌های خطی از جمله الکل‌های سبک نظیر بوتانول، هگزانول و غیره در حضور ۵-۱۵٪ آب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به دست آمده از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که سوخت‌های نانوامولسیونی طی مدت زمان طولانی به طور کامل شفاف بوده و با عدم ته‌نشینی و دو فاز شدن، پایدار باقی ماندند. پس از آزمایش‌های انجام شده در موتور دیزلی OM314 از نظر آلاینده‌های زیست محیطی منتشر شده از آگزوز، مصرف سوخت و عملکرد موتور در مقایسه با سوخت پایه (گازوییل معمولی) مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که حضور ۵-۱۵٪ آب در این سوخت‌ها، باعث کاهش انتشار اکسیدهای نیتروژن تا حد ۱۲/۹-۰/۴۴٪، دوده ۴۳/۹-۱۷/۳۵٪، هیدروکربن‌های نسوخته ۶-۰/۸۲٪ و بهبود بازده حرارتی و خاصیت روانکاری در موتور دیزل

پراکنده بسیار ریز آب با قطر نانومتری در سوخت می‌باشند که به کمک مواد فعال سطحی در آن پخش گردیده‌اند. بدین ترتیب این ذرات با جداره سیلندر موتور در تماس مستقیم نبوده و از مشکلات خوردگی تا حدی کاسته می‌شود. تبخیر قطرات آب در محفظه احتراق موتورهای دیزلی باعث پدیده میکروانفجار می‌شود. با افزایش غلظت اکسیژن، راندمان سوخت افزایش یافته و باعث بهسوزی در سوخت می‌گردد [۲۴-۲۷].

کاهش آلاینده‌های زیست محیطی از مزایای عمده استفاده از سوخت‌های نانو امولسیون دیزلی می‌باشد. مزیت این سوخت‌ها نسبت به سوخت‌های امولسیون در این است که طی مدت زمان انبارداری، آب از آن جدا نمی‌گردد و پخش ذرات بسیار ریز آب در سوخت توسط مواد فعال سطحی و یا پراکنده سازها با کاهش کشش سطحی بین فازهای هیدروکربنی و آب به حدود صفر می‌رسد.

در صورتی که کشش سطحی بین فازهای هیدروکربنی و آب مثبت باشد، ماکروامولسیون ناپایدار تشکیل می‌گردد. کاهش کشش سطحی بین فازهای هیدروکربنی و آب از طریق افزایش یک یا چند ماده فعال سطحی که بین دو فاز تجمع می‌نماید، امکان‌پذیر است. به طور عام، مواد فعال سطحی که به تنهایی در فاز آبی و یا هیدروکربنی حل شوند، عامل کاهنده در کشش سطحی و تشکیل نانو امولسیون نمی‌باشند. مهم‌ترین عامل در تشکیل یک نانو امولسیون پایدار، تعادل بین فازهای آبی و هیدروکربنی^۲ است. نانو ذرات بسیار ریز آب که در سیستم پیوسته هیدروکربنی قرار می‌گیرد، حاصل امتزاج دو ماده فعال سطحی است که یکی از آنها در فاز آبی و دیگری در فاز هیدروکربنی قابل حل می‌باشد. با ترکیب مواد فعال سطحی مورد استفاده، کشش سطحی تا حد صفر کاهش می‌یابد و بدین ترتیب نانو امولسیون آب در هیدروکربن تشکیل می‌شود.

در این تحقیق، با استفاده از غلظت‌های مختلف مواد فعال سطحی و کمک حلال‌های خطی با زنجیره کوتاه در مجاورت درصد‌های مختلف آب، سوخت نانو امولسیونی

اکسیدهای نیتروژن (NOx)، دوده و ذرات معلق (PM) از آلاینده‌های اصلی خروجی از آگروز موتورهای دیزلی هستند که این آلاینده‌ها اثرات مخرب زیست محیطی به همراه دارند و کاهش انتشار آنها باعث سالم‌سازی هوای شهرهای بزرگ خواهد شد.

با پیشرفت فناوری و ساخت موتورهای جدید دیزلی و ارتقاء کیفیت آنها، انتشار آلاینده‌های زیست محیطی در اروپا از سال ۲۰۰۵ تحت استاندارد Euro4 و Euro5 قرار گرفته است. یکی از روش‌های امید بخش، امکان استفاده از سوخت‌های امولسیونی دیزلی است که از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه است. افزودن آب به گازوییل با هدف بهبود فرایند سوخت و کاهش دمای محفظه احتراق انجام می‌پذیرد که به دنبال آن آلاینده‌های خروجی از آگروز به ویژه اکسیدهای نیتروژن، دوده و ذرات معلق کاهش می‌یابد. در این نوع سوخت‌ها، اندازه قطر ذرات آب یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تعیین کننده و از ویژگی‌های بسیار مهم در امر احتراق سوخت می‌باشد.

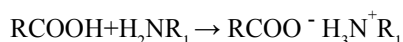
طی جنگ جهانی دوم در رابطه با اصلاح سوخت تحقیقات گسترده‌ای صورت گرفت که موفقیت چندانی در پی نداشت، ولی منجر به افزودن آب به بنزین شد. در سال ۱۹۹۴ میلادی فیزیک دان آمریکایی "رادلف گانرمن" اعلام کرد که سوخت شیری رنگ او که مخلوطی از آب، نفت و بنزین است آلودگی را کاملاً از بین می‌برد و در عین حال بازدهی سوخت را بیش از ۳۰٪ افزایش می‌دهد [۲]. نانو امولسیون‌ها، طبقه‌بندی جدیدی از امولسیون‌ها با قطر ذراتی در محدوده نانومتر می‌باشند که به این امولسیون‌ها نانو امولسیون، مینی امولسیون و یا امولسیون‌های بی‌نهایت ریز گفته می‌شود. هنگامی که قطر قطرات در محدوده ۲۰۰-۵۰ نانومتر باشد، یک محلول شفاف و زمانی که قطر قطرات بالای ۵۰۰ نانومتر باشد، محلول شیری رنگ می‌گردد [۳-۲۳].

جذابیت نانو امولسیون‌ها از نظر تئوری و عملی در خواص و مشخصات از جمله اندازه قطر ذرات بسیار کوچک، پایداری سینتیکی و شفافیت آنها است که دارای کاربردهای مختلف در زمینه‌های پلیمری، بهداشتی و آرایشی می‌باشد سوخت‌های دیزلی با پایه نانو امولسیونی شامل قطرات

1. Rudolph Gunnerman

2. HLB=Hydrophilic Liphophilic Balance

آب گریز در محیط واکنش باقی می ماند.



با افزایش و اختلاط گازوییل و آب به همراه کمک حلال، طی مدت زمان کوتاهی ذرات آب به صورت قطرات نانو درون فاز پیوسته گازوییل پراکنده شده و نانو امولسیون سوخت گازوییل به صورت شفاف و پایدار تشکیل می شود. سوخت های نانو امولسیون دیزلی با درصد های متفاوت آب و مواد فعال سطحی متفاوت فرموله شده و از نظر کارکرد، پایداری و قابلیت استفاده در موتور، مورد بررسی قرار گرفتند. در این سری از آزمایشات از بسته مواد فعال سطحی شامل اجزای چربی دوست دارای $\text{HLB} = 1/3$ و بخش آب دوست دارای $\text{HLB} = 18$ به منظور دستیابی به تعادل آب دوستی و آب گریزی $\text{HLB} = 9/5$ استفاده شد، تا سوخت نانو امولسیونی شفاف و پایدار حاصل گردد. با بهینه سازی آزمایشات مقدماتی و رسیدن به تعادل آب دوستی و آب گریزی ذکر شده، فرمولاسیون سه نمونه از گازوییل نانو امولسیونی شفاف و پایدار با درصد حجمی ترکیبات مختلف در جدول ۱ آورده شده است [۲۹].

نتایج و بحث

خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه های فرموله شده با سوخت پایه مقایسه گردید که نتایج حاصل از ارزیابی آزمایشات در جدول شماره ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از آزمایشات ذکر شده در جدول ۲ نشان می دهد که فرمولاسیون های تهیه شده در مقایسه با گازوییل معمولی از نظر خواص فیزیکی - شیمیایی در گستره قابل قبولی بوده و قدرت رانش بهتری از خود نشان دادند و برای استفاده در موتور دیزل مشکل خاصی نداشتند.

شفاف و پایدار فرموله گردید و سپس در موتور دیزلی OM314 از نظر آلاینده های زیست محیطی با سوخت گازوییل معمولی مورد مقایسه قرار گرفت.

بخش تجربی

فرمولاسیون سوخت های نانو امولسیونی

ترکیب سوخت های نانو امولسیونی عبارتند از:

- ۱- سوخت دیزلی (گازوییل معمولی)
 - ۲- آب در محدوده ۱۵-۵%
 - ۳- مواد فعال سطحی که معمولاً از اسیدهای چرب و نمک آنها و یا استرهای اسید چرب انتخاب گردیده اند.
 - ۴- کمک حلال های خطی سبک از جمله الکل های خطی بوتانول، هگزانول و سایر الکل ها
 - ۵- یک خنثی کننده جهت تشکیل نمک اسیدهای چرب مانند آمونیاک و یا منو اتانول آمین
- با استفاده از اسیدهای چرب به عنوان عامل چربی دوست و نمک خنثی آنها به عنوان عامل آب دوست به همراه کمک حلال از الکل های خطی سبک مانند بوتانول و هگزانول با حضور ۱۵-۵% آب و تنظیم تعادل آب دوستی و آب گریزی در گستره های ۹-۹/۵، محلول شفاف و پایدار نانو امولسیون تشکیل می شود [۲۸].

به طور معمول از نسبت وزنی ۱:۱ و یا بیشتر مواد فعال سطحی به آب، برای تشکیل نانو امولسیون کاملاً شفاف و پایدار طی مدت زمان طولانی، استفاده می شود. اسید چرب به همراه منو اتانول آمین در یک راکتور مجهز به همزن توربینی با دور متغیر ریخته شد. با تنظیم دور همزن و خنثی سازی بخشی از اسید، یک فاز آب دوست (نمک اسید چرب) تشکیل می گردد و بخشی از آن به عنوان فاز

جدول ۱- درصد ترکیب حجمی فرمولاسیون سوخت های گازوییل نانو امولسیونی

نمونه	گازوییل (سوخت پایه) %	آب %	مواد افزودنی به گازوییل اسید چرب و نمک آن % (بسته ماده افزودنی)	کمک حلال %
۱	۶۸	۱۵	۱۵	هگزانول تجارتي ۲%
۲	۷۴	۱۰	۹	بوتانول تجارتي ۷%
۳	۸۷	۵	۵	بوتانول تجارتي ۳%

جدول ۲- خواص فیزیکی- شیمیایی سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون

خواص سوخت	گازوییل پایه	نمونه گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۵% آب دیونیزه	نمونه گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۰% آب دیونیزه	نمونه گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۵% آب دیونیزه	روش آزمایش
دانسیته در ۲۲ °C (g/ml)	۰/۸۳۳۷	۰/۸۴۷۷	۰/۸۶۶۴	۰/۸۷۷۹	ASTM D ۴۰۵۲
ترکیب درصد وزنی					
کربن	۸۴/۹	۷۹/۸	۷۴/۷	۷۰/۴	ASTM D ۵۲۹۱
هیدروژن	۱۳/۴	۱۳/۱	۱۳/۰	۱۲/۸	ASTM D ۵۲۹۱
اکسیژن	<۰/۵	۳/۲	۸/۱	۱۱/۱	Elementalan
گوگرد	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۴۶	۰/۴۴	ASTM D ۲۶۲۲
نیترژن	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۶	ASTM D ۵۲۹۱
نقطه ابری شدن °C	-۲	-۲	-۲	-۴	ASTM D ۲۵۰۰
نقطه ریزش °C	-۶	-۶	-۶	-۶	ASTM D ۹۷
شاخص ستان	۵۵	۴۹	-	-	ASTM D ۹۷۶
گرانروی - cSt (۴۰ °C)	۳/۲۱	۴/۶۸	۷/۲	۹/۹۴	ASTM D ۴۴۵
خوردگی پس از ۳ ساعت در دمای ۱۰۰ °C	۱b	۱b	۱b	۱b	ASTM D ۱۳۰
ارزش حرارتی (MJ/kg)	۴۵/۳۳	۴۲/۳۵	۳۹/۱۴	۳۶/۵۵	ASTM D ۲۴۰
درصد وزنی آب (%)	۰/۱۰	۵/۸۷	۱۱/۴۵	۱۶/۶۵	ASTM D ۱۵۳۳
روان کنندگی mμ	۳۷۴	۱۸۱	۲۲۵	۲۴۹	ASTM D ۶۰۷۹
تقطیر در ۷۶۰ mmHg	۱۶۲/۷	۱۶۰/۰	-	-	ASTM D ۸۶
نقطه جوش اولیه °C (IBP)	۳۷۳/۶	۳۵۸/۵	-	-	
نقطه جوش نهایی °C (FBP)					
باقی مانده کربن (% wt)	۰/۰۴۱	۰/۰۳۳	<۰/۰۱۰	<۰/۰۱۰	ASTM D ۵۲۴
متوسط قطر ذرات سوخت‌های نانو امولسیونی (nm)	---	۱۴/۹۰	۱۶/۰۰	۲/۱۳	DLS

کاهش ارزش حرارتی سوخت و عدد ستان و در نتیجه افت قدرت موتور می‌شود. کاهش عدد ستان با استفاده از مواد افزودنی قابل جبران است و کاهش ارزش حرارتی به دلیل وجود آب در سوخت می‌باشد.

قطر ذرات آب در نمونه‌ها با استفاده از روش DLS^۱ و با دستگاه Zeta Sizer (ساخت شرکت انگلیسی Malven با

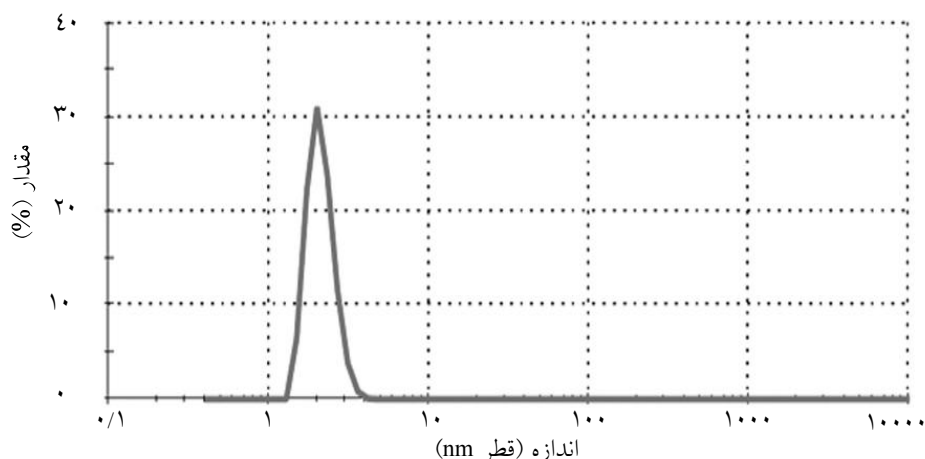
از مزیت‌های این فرمولاسیون‌ها می‌توان به بهبود خواص روانکاری و گرانروی اشاره نمود که از استهلاك قطعات متحرک پمپ انژکتور جلوگیری می‌کند. طبق استاندارد، میزان روانکاری سوخت‌ها نباید بیشتر از ۴۶۰ میکرومتر باشد که در این نمونه‌ها میزان روانکاری سوخت کمتر از این مقدار می‌باشد. از طرف دیگر افزایش آب، باعث

تا آلاینده‌های منتشر شده از اگزوز موتور به ویژه اکسیدهای نیتروژن، دوده و ذرات معلق کاهش یابد [۳۰-۳۴]. سوخت دیزل مورد استفاده در این پروژه، گازوییل معمولی ارایه شده در جایگاه‌های سوخت رسانی شهری است که با حدود ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ حجمی آب دیونیزه مطابق فرمولاسیون‌های جدول ۱ ترکیب شده است. برای ارزیابی این نمونه‌ها و مقایسه آن با سوخت پایه، ابتدا آزمایش آلایندگی و مصرف سوخت با یک دستگاه ECER49-13Mode بر روی دینامومتر طبق سیکل OM314 انجام شد. سپس تأثیر آن بر عملکرد موتور مورد ارزیابی قرار گرفت. اثرگذاری نمونه‌های تهیه شده بر میزان گازهای آلاینده خروجی اگزوز موتور نسبت به سوخت پایه (گازوییل معمولی) در شکل ۲ ارائه شده است.

طول موج لیزر آرگون (۶۳۳ nm) اندازه‌گیری شد. شکل ۱ مربوط به اندازه‌گیری قطر ذرات آب در نمونه گازوییل نانو امولسیون حاوی ۱۵٪ آب با اندازه متوسط ۲/۱۳ nm است که به صورت غیر پیوسته در فاز پیوسته گازوییل پراکنده شده است. نمونه سوخت‌های نانوامولسیونی فرموله شده در دمای محیط برای مدت زمان طولانی (حدود دو سال) مورد ارزیابی قرار گرفتند که با گذشت زمان با پراکندگی قطرات نانو امولسیونی آب در گازوییل به صورت یک فاز شفاف و پایدار باقی ماندند.

بررسی آلاینده‌های منتشره از اگزوز موتور دیزل

اصولاً افزودن آب به گازوییل با هدف تأثیر در بهبود فرایند سوختن گازوییل و کاهش دمای محفظه احتراق انجام می‌شود



شکل ۱- اندازه‌گیری قطر ذرات آب در سوخت نانوامولسیونی گازوییل حاوی ۱۵٪ آب دیونیزه



شکل ۲- مقایسه درصد میانگین آلاینده‌های سوخت گازوییل نانو امولسیونی خروجی از اگزوز دیزل OM314 نسبت به سوخت پایه

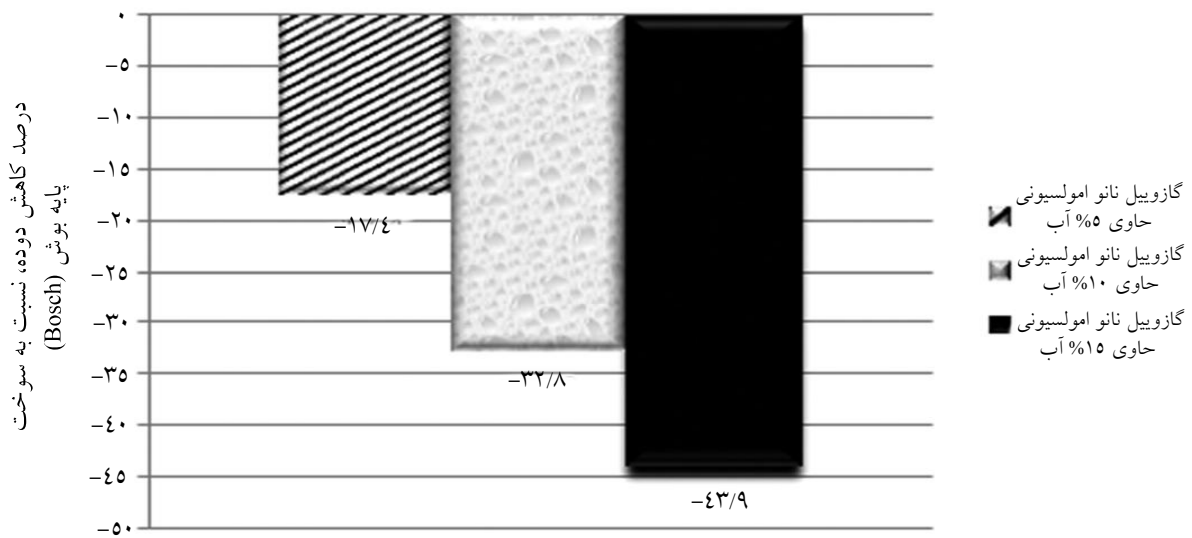
بررسی عملکرد موتور دیزل (توان، گشتاور و مصرف ویژه سوخت)

در این مرحله با مقایسه سوخت گازوییل معمولی و سوخت‌های نانو امولسیون‌ی طی آزمایش‌های موتوری، پارامترهای عملکرد موتور نظیر توان، گشتاور، مصرف ویژه سوخت و بازده حرارتی اندازه‌گیری شدند. در زمان آزمایش، سوخت‌های نانو امولسیون‌ی فرموله شده پایدار خوبی داشته و مشکل خاصی از نظر رانش موتور ایجاد نکردند.

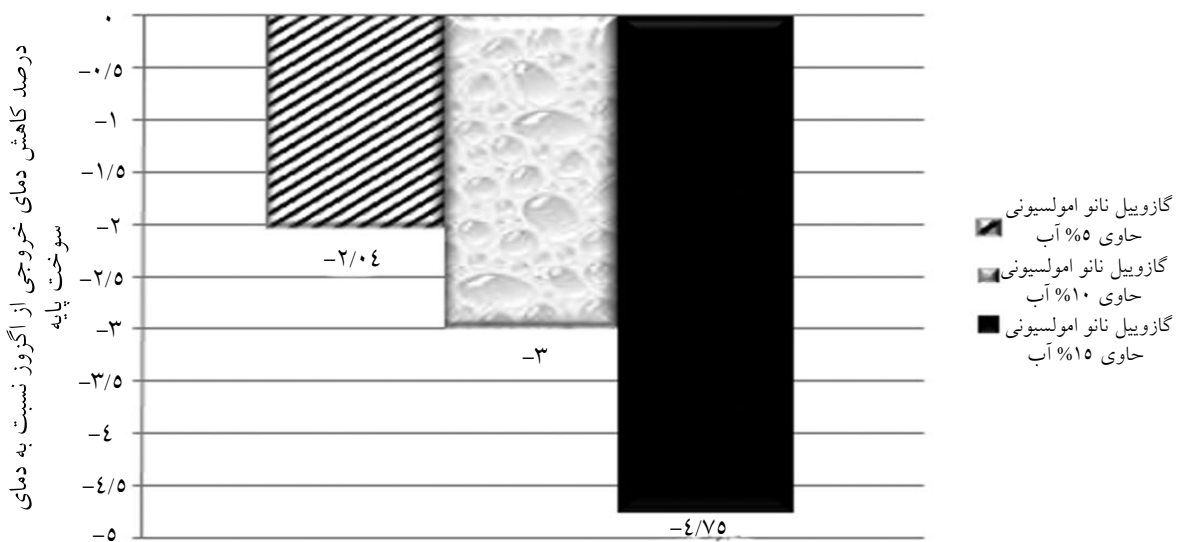
به‌منظور بررسی تأثیر نمونه سوخت‌های فرموله شده

سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون‌ی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ به ترتیب باعث کاهش دوده در خروجی آگزوز موتور دیزل OM314 نسبت به سوخت پایه به میزان ۱۷/۴٪، ۳۲/۸٪ و ۴۳/۹٪ گردید (شکل ۳).

درصد کاهش دمای خروجی از آگزوز برای سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون‌ی در مقایسه با سوخت پایه در شکل ۴ رسم شده است. نتایج به دست آمده از آزمایش‌های بالا نشان می‌دهد که افزایش آب به فرمولاسیون گازوییل در کاهش اکسیدهای نیتروژن، دوده و همچنین دمای آگزوز موثر است.



شکل ۳- مقایسه میانگین درصد کاهش دوده خروجی از آگزوز سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون‌ی نسبت به سوخت پایه



شکل ۴- مقایسه میانگین درصد کاهش دمای سوخت‌های نانو امولسیون‌ی گازوییل خروجی از آگزوز موتور نسبت به سوخت پایه

چون ترکیب سوخت نقش مهمی در ارزش حرارتی آن دارد در نتیجه تأثیر مستقیم بر راندمان حرارتی موتور خواهد داشت.

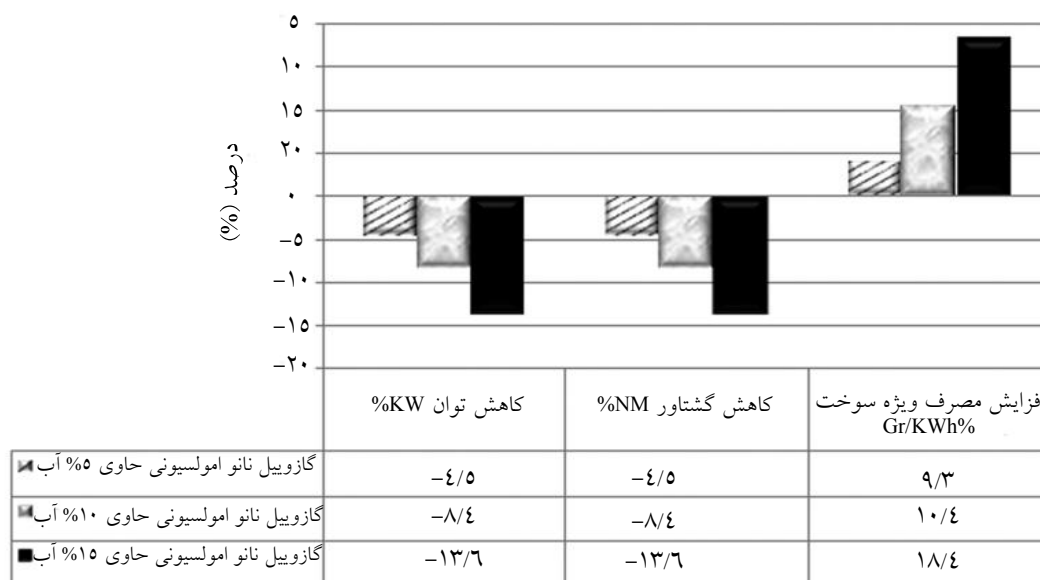
نتایج حاصل از تغییرات بازده حرارتی موتور دیزل OM314 با سوخت‌های نانو امولسیون در مقایسه با سوخت پایه در شکل ۶ رسم شده است.

نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد که سوخت‌های نانو امولسیون حاوی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ آب در مقایسه با سوخت پایه، باعث کاهش انتشار اکسیدهای نیتروژن به میزان ۰/۴٪، ۵/۳٪ و ۱۲/۹٪ شده است که این کاهش برای سوخت نانو امولسیون حاوی ۵٪ آب، در حد خطای آزمایشات می‌باشد.

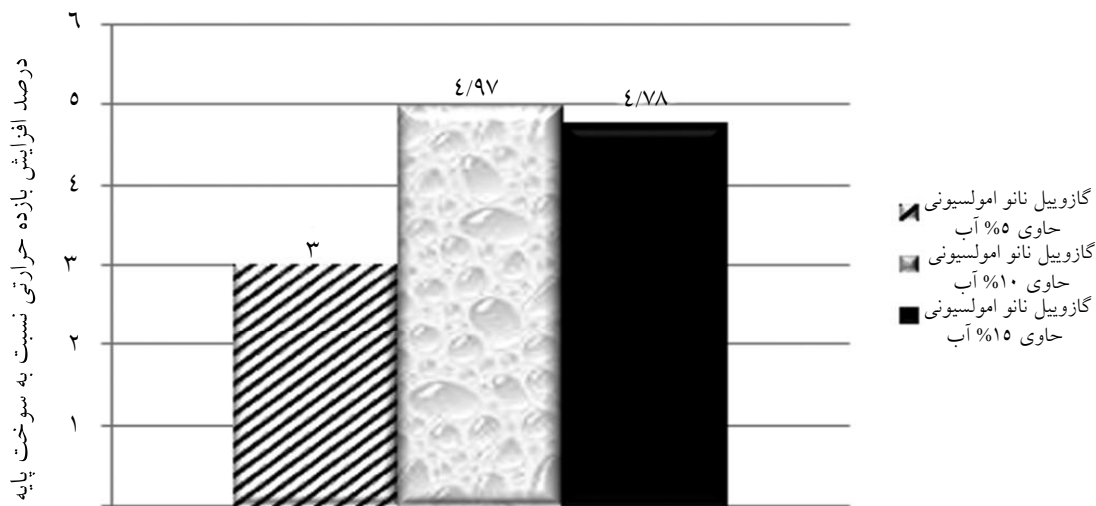
بر عملکرد موتور، آزمایش‌هایی با سه نمونه سوخت گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ آب در مقایسه با سوخت پایه انجام شد و نتایج حاصل مطابق شکل ۵ با یکدیگر مقایسه گردید.

بررسی تأثیر سوخت‌های نانو امولسیونی بر بازده حرارتی موتور دیزل

بازده حرارتی ترمزی، میزان بهره‌دهی حرارت آزاد شده در فرایند احتراق و تولید قدرت ترمزی را نشان می‌دهد که بستگی به توان خروجی موتور، آهنگ دبی سوخت مصرفی و ارزش حرارتی آن دارد.



شکل ۵- مقایسه درصد میانگین عملکرد موتور دیزل با سوخت‌های نانو امولسیونی نسبت به سوخت پایه در حالت تمام بار



شکل ۶- مقایسه میانگین درصد افزایش بازده حرارتی سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی نسبت به سوخت پایه

و مواد افزودنی موجب افت گشتاور شده است. مصرف ویژه سوخت موتور در محدوده دور ۱۶۰۰ rpm تا ۱۸۰۰ rpm با نمونه‌های گازوییل نانو امولسیون حاوی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ آب نسبت به سوخت پایه، به ترتیب افزایشی حدود ۳/۹٪، ۱۰/۴٪ و ۱۸/۴٪ را نشان داده است (حداقل مصرف سوخت). سوخت پایه (گازوییل معمولی) با ۲۶۱/۷ g/kwh کمترین مصرف و گازوییل نانو امولسیون حاوی ۱۵٪ آب با میزان ۳۰۳/۶ g/kwh بیشترین مصرف سوخت را داشته است. همان گونه که قبلاً ذکر شد افزایش آب، ارزش حرارتی سوخت، دمای محفظه احتراق در موتورهای دیزلی و همچنین درصد وزنی کربن و هیدروژن سوخت‌های نانو امولسیون را کاهش می‌دهد (جدول ۲). بدین ترتیب افزایش مصرف سوخت توجیه‌پذیر می‌باشد.

با توجه به شکل ۶ می‌توان گفت که استفاده از سوخت‌های نانو امولسیون تأثیر قابل توجهی بر بازده حرارتی موتور در شرایط تمام بار داشته و موجب بهبود آن شده است. متوسط افزایش بازده حرارتی موتور دیزل با سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون حاوی ۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪ آب نسبت به گازوییل معمولی به ترتیب ۳٪، ۴/۹٪ و ۴/۷٪ می‌باشد. از مزیت‌های سوخت‌های گازوییل نانو امولسیون، عدم تأثیر منفی آن بر قطعات موتور می‌باشد. ولی با آزمایشات انجام شده تأثیر جزیی بر روی قطعات پلیمری و فلزی سیستم سوخت‌رسانی موتور دیزل OM314 مشاهده شد که نیاز به بررسی بیشتر خواص فیزیکی و مکانیکی و استفاده از مواد بازدارنده خوردگی می‌باشد.

لازم به ذکر است شرکت سوخت امولسیون سنگاپور از نقش آفرینان برتر در زمینه انرژی سبز، به تازگی اولین کارخانه دیزل نانو امولسیون سوخت پاک را در سطح آسیا افتتاح کرده است [۳۸].

برخی از مزایای گازوییل نانو امولسیون تولیدی شرکت مذکور عبارتند از ارتقای ۹٪ کارایی سوخت، کاهش ۸۰٪ دوده، کاهش ۲۰٪ گرمای آگزوز، کاهش چشمگیر تعمیرات موتور طی زمان و بهبود در کیفیت هوا.

گازوییل نانو امولسیون فرموله شده ضمن در برداشتن مزیت‌های ذکر شده سوخت کشور سنگاپور، از دانش فنی

هیدروکربن‌های نسوخته نیز با سوخت‌های نانو امولسیون حاوی ۱۰٪ و ۱۵٪ آب، کاهش در حدود ۳/۸٪ و ۶٪ را نشان می‌دهد، درحالی‌که سوخت نانو امولسیون با ۵٪ آب تغییر چندانی در آلایندگی‌های خروجی از آگزوز نداشته است.

افزایش آب همراه سوخت‌های نانو امولسیون باعث کاهش دمای محفظه احتراق موتورهای دیزلی می‌گردد. کاهش دما موجب افزایش نسبی در انتشار منواکسیدکربن نسبت به سوخت پایه می‌شود که با استفاده از کاتالیزورهای اکسیدکننده می‌توان سطح انتشار آن را کاهش داد.

بر اساس داده‌های ارائه شده در شکل ۳، استفاده از سوخت‌های نانو امولسیون با ۱۵٪، ۱۰٪ و ۵٪ آب به ترتیب باعث کاهش ۴۳/۹٪، ۳۲/۸٪ و ۱۷/۴٪ دوده خروجی از آگزوز موتور دیزل نسبت به سوخت پایه می‌شود.

در شکل ۴ مقایسه میانگین درصد کاهش دمای سوخت‌های نانو امولسیون گازوییل خروجی از آگزوز موتور نسبت به سوخت پایه نشان داده شده است که با افزایش میزان آب دمای آن کاهش یافته است. محصولات حاصل از احتراق و دمای آگزوز تابع بار و سرعت موتور هستند ولی با توجه به تئوری و نتایج حاصل از ارزیابی آزمایشات، انتشار NO_x تابعی از درجه حرارت آگزوز می‌باشد [۳۵-۳۷].

نتایج به دست آمده از بررسی عملکرد موتور دیزل با سوخت نانو امولسیون نسبت به سوخت پایه در حالت تمام بار در (شکل ۵) نشان داده شده است. اصولاً توان موتور تا حد بسیار زیادی به نحوه طراحی آن بستگی دارد و وجود اختلاف اندک در ارزش حرارتی سوخت‌ها، نیاز موتور را برآورده می‌سازد و تأثیری در توان آن ایجاد نمی‌نماید. ولی در سوخت‌های نانو امولسیون با افزایش آب و مواد افزودنی، ارزش حرارتی به میزان قابل توجهی کاهش یافته (جدول ۲) که علی‌رغم بهبود کیفیت در اثر پدیده میکرو انفجار و افزایش بازده، موجب افت قدرت موتور شده است.

با توجه به رابطه توان و گشتاور موتور ($P=kt$)، تغییرات گشتاور نیز مشابه تغییرات توان می‌باشد و افزایش زیاد آب

- نمونه‌های گازوییل نانوامولسیون فرموله شده دردمای محیط به مدت دو سال مورد ارزیابی قرار گرفتند و طی این مدت به صورت کاملاً شفاف و با عدم ته‌نشینی و دو فاز شدن به صورت پایدار باقی ماندند.

- نتایج به‌دست آمده از آزمایشات نشان می‌دهد که فرمولاسیون‌های تهیه شده با میزان آب بیشتر، در کاهش اکسیدهای نیتروژن، دوده و دمای آگزوز مؤثرتر بوده است. کاربرد سوخت نانوامولسیون حاوی ۱۵% آب در موتور دیزلی باعث کاهش همزمان اکسیدهای نیتروژن، هیدرو کربن‌های نسوخته و دوده به ترتیب به میزان ۱۲/۹%، ۶% و ۴۳/۹% گردیده است.

- از دیگر مزایای کاربرد سوخت‌های نانو امولسیون گازوییل در موتورهای دیزلی، می‌توان به بهبود راندمان حرارتی موتور، کاهش دمای خروجی از آگزوز و خاصیت روانکاری سوخت اشاره نمود.

سوخت‌های نانو امولسیون با ایجاد پدیده میکرو انفجار در موتورهای دیزلی، باعث بهسوزی سوخت شده و در نتیجه راندمان حرارتی موتور افزایش می‌یابد. میزان بهره‌دهی حرارت آزاد شده در فرایند احتراق و تولید قدرت ترمزی بستگی به توان خروجی موتور، آهنگ دبی سوخت مصرفی و ارزش حرارتی آن دارد. از دیگر مزایای این فرمولاسیون‌ها بهبود در خواص روانکاری و ویسکوزیته می‌باشد که از استهلاک قطعات متحرک پمپ انژکتور جلوگیری می‌نماید.

- به دلیل ماهیت آب و مواد افزودنی مورد استفاده در سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی، ارزش حرارتی این سوخت‌ها نسبت به سوخت پایه پایین‌تر می‌باشد و به این دلیل افزایش مصرف سوخت قابل پیش‌بینی است.

- با توجه به نتایج حاصل از آزمایشات انجام شده، سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۵-۱۰% آب گزینه مناسبی در موتورهای دیزلی درون احتراقی جهت کاهش آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشند.

بومی برخوردار بوده و اجزای بسته مواد افزودنی آن تولید داخلی می‌باشد که علاوه بر سازگاری با محیط زیست از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است.

به تازگی محققین مرکز تحقیقاتی نفت کشور مصر نانو امولسیون سوخت دیزلی را با مخلوط نمودن مواد فعال سطحی سوربیتان منو اولئات و سوربیتان تری اولئات ۲۰ مول اتوکسیله با استفاده از انرژی اختلاط‌پذیری بالا در حضور ۱۴-۵% آب تهیه نمودند که قطر ذرات آب پراکنده شده در سوخت بین ۱۹/۳ تا ۳۹ نانومتر گزارش شده است [۳۹].

مزیت گازوییل نانوامولسیونی فرموله شده نسبت به سوخت نانو امولسیونی تولیدی کشور مصر به شرح زیر می‌باشد:

- برخوردار از دانش فنی بومی و استفاده از مواد در دسترس تولید داخل که از نظر اقتصادی مقرون به صرفه بوده و به هنگام سوختن باعث افزایش آلاینده‌های زیست محیطی در این فرایند نمی‌شود.

- عدم نیاز به اختلاط‌پذیری با سرعت بالا در پراکندگی ذرات ریز آب در سوخت که فاکتور بسیار مهمی در افزایش مقیاس می‌باشد.

- تشکیل سوخت نانوامولسیونی با قطر متوسط ذرات آب ۲/۱۳ nm که در سوخت پراکنده گردیده‌اند لازم به ذکر است که هر چه قطر ذرات آب ریزتر باشد، محصول با شفافیت و پایداری بیشتری تشکیل می‌شود

نتیجه‌گیری

از داده‌های تجربی گزارش شده در این پروژه می‌توان نتیجه گرفت که سوخت گازوییل نانوامولسیونی دارای پتانسیل خوبی برای کاهش آلاینده‌های خروجی از موتور دیزل می‌باشد. نتایج آزمایشات انجام شده با سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی در مقایسه با سوخت پایه بر روی موتور OM314 به شرح زیر است:

مراجع

- [1] www.greencarcongress.com/2008/02/european-automo.html.
- [۲] مشعل، نشریه کارکنان صنعت نفت ایران، شماره ۳۴۱ (دوره جدید)، ۲ اردیبهشت ۱۳۸۶.
- [3] Andrews G.E., Bartle S.W., Pang S.W., Nnurein A.M. & Williams P.T., "*Proceedings of the international center for heat and mass transfer*", Sept. 1987, New York, NY, USA:, Hemisphere Pubi Corp, pp.613, 1989.
- [4] Lawson A., Vergreer E.C., Mitchell E.W., Dainty E.D., "*Heavy Duty Diesel Emission Control, a Review of tecnology*", Vol. 36, pp. 238, Montreal, Quebec, Canada CiM, 1986.
- [5] Jahania H. & Gollahalli S.R., "Characteristics of burning Jet A fuel and Jet A fuel-water emulsion sprays", *Combustion and Flame*, Vol. 37, pp. 145-154, 1980.
- [6] Gollahallia S.R., Nasrullaha M.K. & Bhashia J.H., "*Combustion and emission characteristics of burning sprays of a residual oil and its emulsions with water*", *Combustion and Flame*, Vol. 55, Issue 1, pp. 93- 103, January, 1984.
- [7] Hoar T.P. & Schulman J.H., "*Transparent water-in- oil dispersions; the oleaphatalic hydro-micelle*", *Nature*, London, United Kingdom, Vol. 152, pp.102-103, 1943.
- [8] Degiugio V., Corti M. (Eds), "*Micelles, Vesecles and Microemulsions*", *Physics of Amphiphilies Proceeding of the International School of Physics, Erico Fermi*, Vol. 90, pp. 888, 1985.
- [9] Friberg S.E. & Vesable R., In: P. Becher (ED), "*Microemulsions*", *Encyclopedia of Emulsion Technology*, Vol 1, pp. 287- 336, 1985.
- [10] Langevin D., "*Microemulsions- Interfacial Aspects*", *adv. Colloid Interface Sci.*, Vol. 34, pp. 583- 595, 1991.
- [11] Solans C. & Carcia- Celma M.J, "*Formation of water in oil (W/O)*", *Colloid Interface, Sci.*, Vol. 2, pp. 464- 471, 1997.
- [12] Kahlweit M., "*How to prepare microemulsions at prescribed temperature, Oil And Brine*", *J. Phys. Chem.*, Vol. 99, No. 4, pp. 1281-1284, 1995.
- [13] Talmon Y. & Prager S., "*The statistical ther modynamics of microemulsions II.*", *The interfacial region*, *J. Chem. Phys.*, Vol. 76, No. 3, pp. 1535- 1538, 1982.
- [14] Widom B., "*A model microemulsion*", *J. Chem. Phys.*, Vol. 81, No. 2, pp. 1030- 1046, 1984.
- [15] Safran S.A., Roux D., Cates ME. & Andelman D., "*Origin of middle phase microemulsions*", *phys, Rev. Lett.*, Vol. 5794, pp. 491-494, 1996.
- [16] Bourret M. & Scecheter R. M. (Eds), "*Microemulsions and related system*", *Marcel Dekker*, New York, 1988.
- [17] Fendier J.H., Luisi P.L. & Straub B.E., *Reverse Micelles*, *Plenum Press* , New York, 1984.
- [18] Langevin D., "*Technological relevance of microemulsions and reverse micells in a polar media*", in: *Proceedings of the Fourth European Science Founction Workshop on Reverse Micelles*, Vol. 4, pp. 287-303, 1984.
- [19] Lopez-Quintela M.A., *Use of microemulsions in the production of nanostructured materials, in industrial application of microemulsions*, *Marcel Dekker, Inc.*, New York, 1997.
- [20] Sagitani H., Friberg S. E. Macet Dekker & Lindman B., (Eds.), "*Organized Solutions*" , New York, pp.259- 271, 1992.
- [21] Sudol E.D., El- Aasser M.S. & Lovell P.A., "*Emission polymerization and emulsion polymer*", *Willey & Sons*, New York, pp. 699- 722, 1997.
- [22] Nakajima H., Solans C., Kunieda H. (Eds), "*Industrial Application of Microemulsions*" ,vol 66, *Marcel deikker*,

New York, pp.157-197, 1997.

[23] Forgiarini A., Esquena J., Conzalez C. & Solans C., "Formation of nano-emulsions By low-energy emulsification method at constant temperature", *Langmuir*, Vol. 17, No. 7, pp. 2076-2083, 2000.

[24] Hideo N. [JP], Miuki O.[JP] & Satoshi T. [JP], *Emulsified Composition*, US Patent: 5098606, 1992.

[25] Bidyut K., Moulik P., "Use and application of microemulsions", *J. Current Science*, Vol. 80, No. 8, 2001.

[26] Lin C.Y. & Wang K.H., "Comparison of fuel properties and emission characteristics of two- and three-phase emulsions prepared by ultrasonically vibrating and mechanically homogenizing emulsification methods", *J. Fuel*, Vol. 87, Issue 10-11, pp.2154-2161, 2008.

[27] Warrendale P.A., "Hsu Bd. International Congress and exposition", Detroit, SAE 860300, pp. 97, USA, 1986.

[28] McCoy F.C., Eckert G.W., *Process of preparing novel micro emulsions*, US Patent: 3876391, 1975.

[29] Rivas H., Gutierrez X., Gonzalez M.A., *Water IN Hydrocarbon Emulsion useful as Low Emission Fuel and Method for forming same*, US Patent: 7276093 B1, 2007.

[30] Tiarks F., Willert M., Landfester K. & Antonietti M., "The controlled generation of Nanosized structures in microemulsions", *Prog. Colloid Polym. Sci.*, Vol. 117, pp. 110-112, 2001.

[31] Porras M., Solans C., Gonzalez C. & Gutierrez J.M., "Propeties of water -in-oil (W/O) nano-emulsions prepared by a low -energy emulsification method", *Colloid and Surfaces A:Physicochemical and Engineering Aspect*, Vol. 324, pp. 181-188 , 2008.

[32] Lif A. & Holmberg K., "Water - in- diesel emulsions and related systems", *Advances in colloid and interface science*, Vol. 123-126, pp. 231-239, 2006.

[33] Peng L.C., Liu C.H., Kwan C.C. & Huang K.F., "Optimization of water in oil nanoemulsion by mixed surfactants", *Colloid and surfaces A:Physicochemical and Engineering Aspect*, Vol 370, Issue 1-3, pp. 136-142, 2010.

[34] Mason T.G, Wilking J.N., Meleson K., Chang C.B & Groves M., "Nanoemulsion: formation, Structure, and Physical Properties", *J. Phys.: Codens. Matter*, Vol. 18, pp. R635-R666, 2006.

[35] Chiesa M., Garg J., Kang Y.T. & Chen G., "Thermal Conductivity and viscosity of water in oil nanoemulsions", *Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 326, Issues 1-2, pp. 67- 72, 2008.

[36] Confield C.A., "Effect of Diesel-Water Emulsion Combustion on Diesel Engine NO_x Emissions", University of Florida, 1999.

[37] Owen K., Coley T., *Automotive Fuels Reference Book*, SAE, 1995.

[۳۸] روزنامه ایران، شماره ۴۴۴۹، ۸۸/۲/۱۲، صفحه ۵ (دانش).

[39] Al-Sabagh A.M., Emara M., Noor El-Din M.R., W.R. Aly, "Water in Diesel Nanoemulsions Prepared by High Energy: Emulsion Drop Size and Stability, And Emission Characteristics", *J. Surfactants and Detergents*, 2011.