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

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

علی‌اصغر خلیلی*، مرضیه شکرریز، یداله پیرزاده، فروزان حاجی‌علی‌اکبری، علی یارکاظمی‌فر و سهراب تقی‌پور

پژوهشگاه صنعت نفت، پژوهشکده شیمی پتروشیمی

Khaliliaa@ripi.ir

پژوهش نفت
سال بیست و دوم
شماره ۶۹
صفحه ۵۲-۴۲ ۱۳۹۱

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 نانو امولسیونی 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 ۱۵- ۵ % آب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌ها نشان می‌دهد که سوخت‌های نانو امولسیونی 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 اگزوز، مصرف سوخت و عملکرد موتور در مقایسه با سوخت پایه (گازوییل معمولی) مقایسه شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که حضور ۱۵- ۵% 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 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 حرارتی۴/۸-۳%، 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].

اکسیدهای نیتروژن (NOx)، دوده و ذرات معلق (PM) از آلاینده‌های اصلی خروجی از اگزوز 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 اگزوز 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 ۱۹۹٤ میلادی فیزیک دان آمریکایی "رادلف گانرمن"[1] 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. هنگامی‌که قطر قطرات در محدوده ۲۰۰-۵۰ نانومتر باشد، یک محلول شفاف و زمانی‌که 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 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 [۲٤-۲۷].

کاهش آلاینده‌های زیست محیطی از مزایای عمده استفاده از سوخت‌های نانو امولسیونی دیزلی می‌باشد. مزیت این سوخت‌ها نسبت به سوخت‌های امولسیونی 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 صورتی‌که 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[2] 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 نانوامولسیون 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

1. Rudolph Gunnerman
2. HLB=Hydrophilic Liphopilic Balance

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

بخش تجربی

فرمولاسیون سوخت‌های نانو امولسیونی

ترکیب سوخت‌های نانوامولسیونی 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 گردیده‌اند.

٤- کمک حلال‌های خطی سبک از جمله الکل‌های خطی بوتانول، هگزانول و سایر الکل‌ها

٥- 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 الکل‌های خطی سبک مانند بوتانول و هگزانول با حضور ۱۵-۵% آب و تنظیم تعادل آب دوستی و آب گریزی در گستره‌های ۹/۵-۹، محلول شفاف و پایدار نانو امولسیون تشکیل می‌شود [۲۸].

به‌طور 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 می‌شود. اسید چرب به همراه منو اتانول آمین در یک راکتور مجهز به همزن توربینی با دور متغیر ریخته شد. با تنظیم دور همزن و خنثی‌سازی بخشی از اسید، یک فاز آب دوست (نمک اسید چرب) تشکیل می‌گردد و بخشی از آن به عنوان فاز آب‌گریز در محیط واکنش باقی می‌ماند.

$$RCOOH+H_2NR_1 \rightarrow RCOO^- H_3N^+R_1$$

با افزایش و اختلاط گازوییل و آب به همراه کمک‌حلال، 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 می‌شود.

سوخت‌های نانو امولسیون دیزلی با درصدهای 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 HLB =۱/۳ و بخش آب دوست دارای HLB =۱۸ به منظور دست‌یابی به تعادل آب دوستی و آب‌گریزی HLB =۹/۵ استفاده شد، تا سوخت نانو امولسیونی شفاف و پایدار حاصل گردد. با بهینه‌سازی آزمایشات مقدماتی و رسیدن به تعادل آب‌دوستی و آب‌گریزی ذکر شده، فرمولاسیون سه نمونه از گازوییل نانوامولسیونی شفاف و پایدار با درصد حجمی ترکیبات مختلف در جدول ۱ آورده شده است [۲۹].

نتایج و بحث

خواص فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های 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 می‌دهد که فرمولاسیون‌های 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.

جدول ۱- درصد ترکیب حجمی فرمولاسیون سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی

نمونه	گازوییل (سوخت پایه) %	آب %	مواد افزودنی به گازوییل اسید چرب و نمک آن % (بسته ماده افزودنی)	کمک حلال %
۱	٦٨	۱۵	۱۵	هگزانول تجارتی ۲%
۲	٧٤	۱۰	۹	بوتانول تجارتی ۷%
۳	۸۷	۵	۵	بوتانول تجارتی ۳%

جدول ۲- خواص فیزیکی- شیمیایی سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی

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	۰/۸٤۷۷	۰/۸٦٦٤	۰/۸۷۷۹	ASTM D ٤۰۵۲
ترکیب درصد وزنی					
کربن	۸٤/۹	۷۹/۸	۷٤/۷	۷۰/٤	ASTM D ۵۲۹۱
هیدروژن	۱۳/٤	۱۳/۱	۱۳/۰	۱۲/۸	ASTM D ۵۲۹۱
اکسیژن	<۰/۵	۳/۲	۸/۱	۱۱/۱	Elementalan
گوگرد	۰/٦۸	۰/۵٤	۰/٤٦	۰/٤٤	ASTM D ۲٦۲۲
نیتروژن	۰/۳	۰/٤	۰/۵	۰/٦	ASTM D ۵۲۹۱
نقطه ابری شدن °C	-۲	-۲	-۲	-٤	ASTM D ۲۵۰۰
نقطه ریزش °C	-٦	-٦	-٦	-٦	ASTM D ۹۷
شاخص ستان	۵۵	٤۹	-	-	ASTM D ۹۷٦
گرانروی- cSt (٤۰ °C)	۳/۲۱	٤/٦۸	۷/۲	۹/۹٤	ASTM D ٤٤۵
خوردگی پس از ۳ ساعت در دمای ۱۰۰ °C	۱b	۱b	۱b	۱b	ASTM D ۱۳۰
ارزش حرارتی (MJ/kg)	٤۵/۳۳	٤۲/۳۵	۳۹/۱٤	۳٦/۵۵	ASTM D ۲٤۰
درصد وزنی آب (%)	۰/۱۰	۵/۸۷	۱۱/٤۵	۱٦/٦۵	ASTM D ۱۵۳۳
روان کنندگی mμ	۳۷٤	۱۸۱	۲۲۵	۲٤۹	ASTM D ٦۰۷۹
تقطیر در ۷٦۰ mmHg					ASTM D ۸٦
نقطه جوش اولیه (IBP) °C	۱٦۲/۷	۱٦۰/۰	-	-	
نقطه جوش نهایی (FBP) °C	۳۷۳/٦	۳۵۸/۵	-	-	
باقی‌مانده کربن (% wt)	۰/۰٤۱	۰/۰۳۳	<۰/۰۱۰	<۰/۰۱۰	ASTM D ۵۲٤
متوسط قطر ذرات سوخت‌های نانو امولسیونی (nm)	---	۱٤/۹۰	۱٦/۰۰	۲/۱۳	DLS

از مزیت‌های این فرمولاسیون‌ها می‌توان به بهبود خواص روانکاری و گرانروی اشاره نمود که از استهلاک قطعات متحرک پمپ انژکتور جلوگیری می‌کند. طبق استاندارد، میزان روانکاری سوخت‌ها نباید بیشتر از ٤٦۰ میکرومتر باشد که در این نمونه‌ها میزان روانکاوی سوخت کمتر از این مقدار می‌باشد. از طرف دیگر افزایش آب، باعث 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[1] و با دستگاه Zeta Sizer (ساخت شرکت انگلیسی Malven با

1. Dynamic Light Scattering

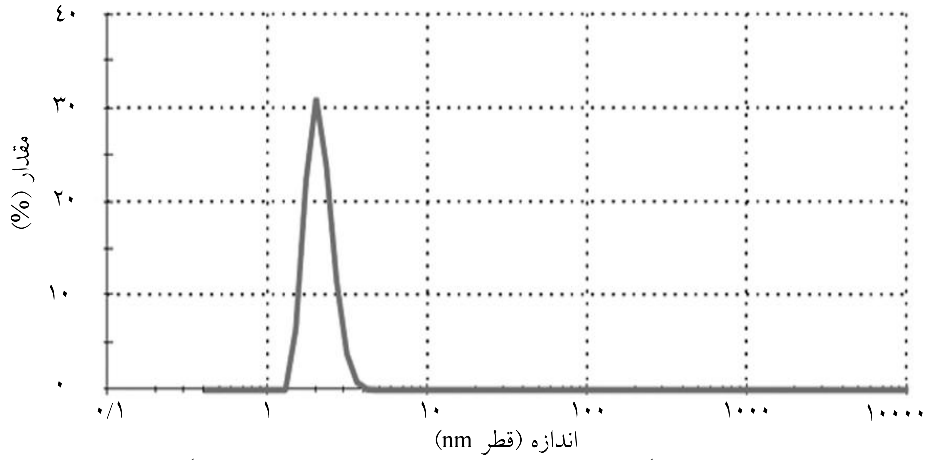
طول موج لیزر آرگون (۶۳۳ nm) اندازه‌گیری شد. شکل ۱ مربوط به اندازه‌گیری قطر ذرات آب در نمونه گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۵% آب با اندازه متوسط ۲/۱۳ nm است که به صورت غیر پیوسته در فاز پیوسته گازوییل پراکنده شده است. نمونه سوخت‌های نانوامولسیونی فرموله شده در دمای محیط برای مدت زمان طولانی (حدود دوسال) 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 تا آلاینده‌های منتشرشده از اگزوز موتور به ویژه اکسیدهای نیتروژن، دوده و ذرات معلق کاهش یابد [۳۰ -۳٤].

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 OM314 بر روی دینامومتر طبق سیکل ECER49-13Mode 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.



شکل ۱- اندازه‌گیری قطرذرات آب در سوخت نانوامولسیونی گازوییل حاوی ۱۵% آب دیونیزه

	منواکسید کربن	هیدروکربن‌های نسوخته	اکسیدهای نیتروژن
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۵% آب	-۰/۳	-۰/۸	-۰/٤
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۰% آب	۲/۵	-۳/۸	-۵/۳
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۵% آب	۷/۱	-٦	-۱۲/۹

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

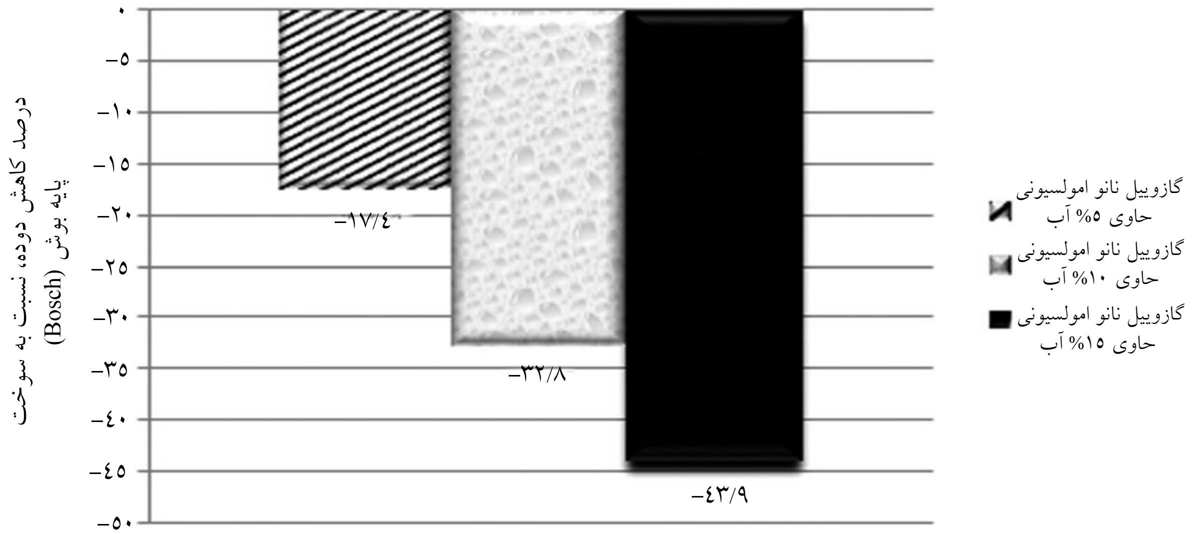
سوخت‌های گازوییل نانوامولسیونی ۵%، ۱۰% و ۱۵% به ترتیب باعث کاهش دوده در خروجی اگزوز موتور دیزل OM314 نسبت به سوخت پایه به میزان ۱۷/٤%، ۳۲/۸%، و ٤۳/۹% گردید (شکل ۳).

درصد کاهش دمای خروجی از اگزوز برای سوخت‌های گازوییل نانوامولسیونی در مقایسه با سوخت پایه در شکل ٤ 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 اگزوز موثر است.

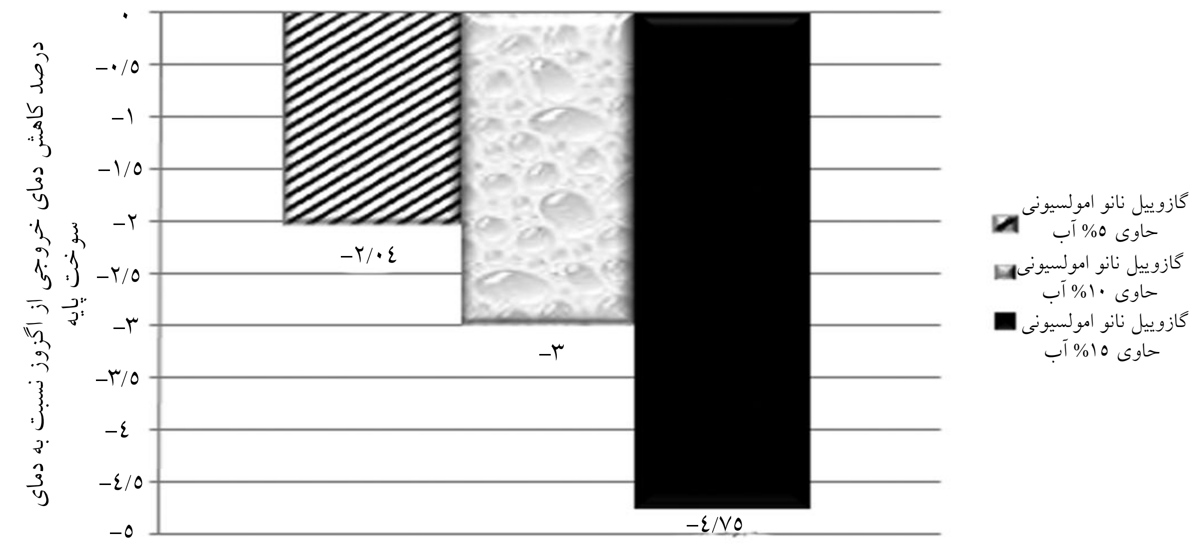
بررسی عملکرد موتور دیزل (توان، گشتاور و مصرف ویژه سوخت)

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 پایداری خوبی داشته و مشکل خاصی از نظر رانش موتور ایجاد نکردند.

به‌منظور بررسی تأثیر نمونه سوخت‌های فرموله شده



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



شکل ٤- مقایسه میانگین درصد کاهش دمای سوخت‌های نانو امولسیونی گازوییل خروجی از اگزوز موتور نسبت به سوخت پایه

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.

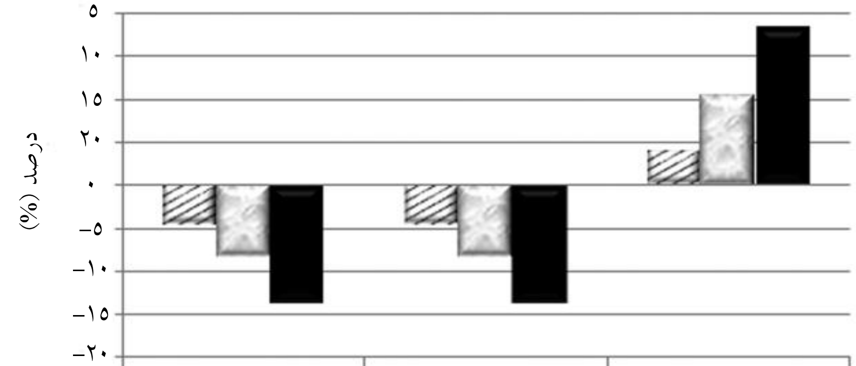
بررسی تأثیر سوخت‌های نانو امولسیونی بر بازده حرارتی موتور دیزل

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.

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

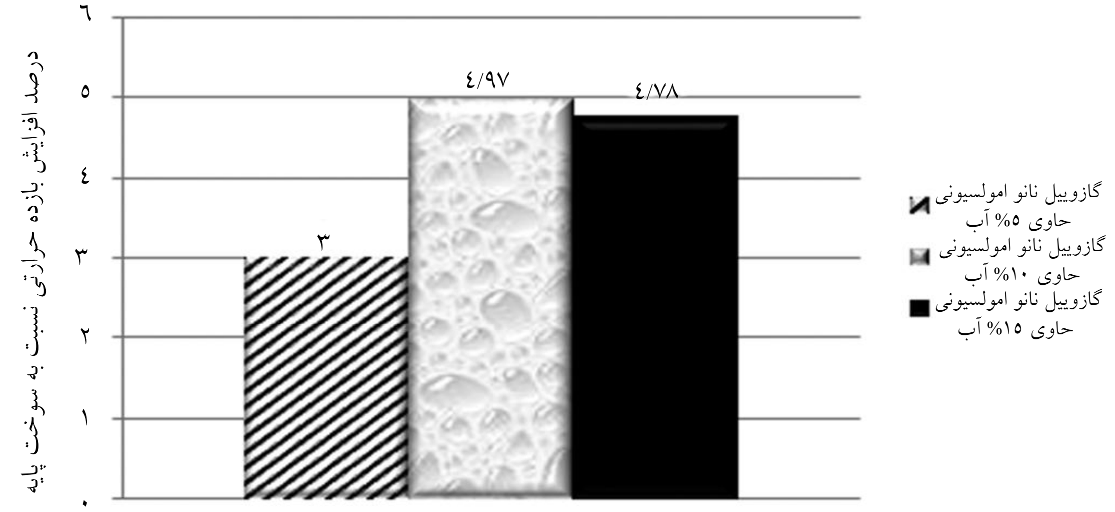
نتایج حاصل از تغییرات بازده حرارتی موتور دیزل OM314 با سوخت‌های نانو امولسیونی در مقایسه با سوخت پایه در شکل ٦ رسم شده است.

نتایج شکل۲ نشان می‌دهد که سوخت‌های نانوامولسیون حاوی ۵%،۱۰% و ۱۵% آب در مقایسه با سوخت پایه، باعث کاهش انتشار اکسیدهای نیتروژن به میزان ۰/٤%، ۵/۳% و ۱۲/۹% شده است که این کاهش برای سوخت نانو امولسیون حاوی ۵% آب، در حد خطای آزمایشات می‌باشد.



	افزایش مصرف ویژه سوخت Gr/KWh%	کاهش گشتاور NM%	کاهش توان KW%
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۵% آب	۹/۳	-٤/۵	-٤/۵
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۰% آب	۱۰/٤	-۸/٤	-۸/٤
گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۱۵% آب	۱۸/٤	-۱۳/٦	-۱۳/٦

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



شکل ٦- مقایسه میانگین درصد افزایش بازده حرارتی سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی نسبت به سوخت پایه

هیدروکربن‌های نسوخته نیز با سوخت‌های نانوامولسیونی حاوی۱۰% و ۱۵% آب، کاهشی در حدود ۳/۸% و ٦% را نشان می‌دهد، درحالی‌که سوخت نانوامولسیونی با ۵% آب تغییر چندانی در آلاینده‌های خروجی از اگزوز نداشته است.

افزایش آب همراه سوخت های نانو امولسیونی 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 اکسید کننده می‌توان سطح انتشار آن را کاهش داد.

بر اساس داده‌های ارایه شده در شکل ۳، استفاده از سوخت‌های نانو امولسیونی با ۱۵%، ۱۰% و ۵% آب به ترتیب باعث کاهش ٤۳/۹%، ۳۲/۸% و ۱۷/٤% دوده خروجی از اگزوز موتور دیزل نسبت به سوخت پایه می‌شود.

در شکل٤ مقایسه میانگین درصد کاهش دمای سوخت‌های نانوامولسیونی گازوییل خروجی از اگزوز 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 اگزوز تابع بار و سرعت موتور هستند ولی با توجه به تئوری و نتایج حاصل از ارزیابی آزمایشات، انتشار NO_x تابعی از درجه حرارت اگزوز می‌باشد [۳۵-۳۷].

نتایج به دست آمده از بررسی عملکرد موتور دیزل با سوخت نانو امولسیونی 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 امولسیونی 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 و مواد افزودنی موجب افت گشتاور شده است.

مصرف ویژه سوخت موتور در محدوده دور ۱٦۰۰ rpm تا ۱۸۰۰ rpm با نمونه‌های گازوییل نانو امولسیونی حاوی ۵%،۱۰% و۱۵% آب نسبت به سوخت پایه، به ترتیب افزایشی حدود ۳/۹%، ۱۰/٤% و ۱۸/٤% را نشان داده است (حداقل مصرف سوخت). سوخت پایه (گازوییل معمولی) با ۲٦۱/۷ g/kwh کمترین مصرف و گازوییل نانو امولسیون حاوی ۱۵% آب با میزان ۳۰۳/٦ 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 امولسیونی را کاهش می‌دهد (جدول ۲). بدین ترتیب افزایش مصرف سوخت توجیه‌پذیر می‌باشد.

با توجه به شکل ٦ می‌توان گفت که استفاده از سوخت‌های نانوامولسیونی 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 امولسیونی حاوی ۵%، ۱۰% و ۱۵% آب نسبت به گازوییل معمولی به ترتیب ۳%، ٤/۹% و ٤/۷% می‌باشد. از مزیت‌های سوخت‌های گازوییل نانو امولسیونی، 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 امولسیونی تولیدی شرکت مذکور عبارتند از ارتقای ۹% کارآیی سوخت، کاهش ۸۰% دوده، کاهش ۲۰ % گرمای اگزوز، کاهش چشمگیر تعمیرات موتور طی زمان و بهبود در کیفیت هوا.

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

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:

- برخورداری 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:

- نمونه‌های گازوییل نانوامولسیونی فرموله شده دردمای محیط به مدت دوسال 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 اگزوز مؤثرتر بوده است. کاربرد سوخت نانوامولسیونی حاوی ۱۵%آب در موتور دیزلی باعث کاهش همزمان اکسیدهای نیتروژن، هیدرو کربن‌های نسوخته و دوده به‌ترتیب به میزان ۱۲/۹%، ٦% و ٤۳/۹% گردیده است.
- از دیگر مزایای کاربرد سوخت‌های نانو امولسیون گازوییل در موتورهای دیزلی، می‌توان به بهبود راندمان حرارتی موتور، کاهش دمای خروجی از اگزوز و خاصیت روانکاری سوخت اشاره نمود.

سوخت‌های نانو امولسیونی 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.

مراجع

[1] www.greencarcongress.com/2008/02/european-automo.html.

[۲] مشعل، نشریه کارکنان صنعت نفت ایران، شماره۳٤۱ (دوره جدید)، ۲ اردیبهشت ۱۳۸٦.

[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 oleaophatalic hydro-micelle*", Nature, London, United Kingdom, Vol. 152, pp.102-103, 1943.

[8] Degiogio 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), "*Microemulsion*s", 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 Founcation 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], *Emulsfied 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 ٤٤٤٩، 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.