بهبود عملکرد موتور دیزل با کمک نانوذرات جامد به عنوان افزودنی به سوخت

عباس تقی پور[1,*]

[1] استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد دزفول، دانشگاه آزاداسلامی، دزفول، ایران

دریافت: تابستان ۹۸ پذیرش: پائیز ۹۸

چکیده

موتورهای دیزل یکی از اصلی ترین مصرف‌کننده‌های سوخت فسیلی محسوب می‌شوند و از عوامل مهم تولید آلودگی‌های صوتی و زیست‌محیطی به‌شمار می‌روند. دست‌یابی به سوخت‌های جایگزین و استفاده از افزودنی‌های مناسب جهت کاهش آلودگی هدفی است که اکثر پژوهشگران به دنبال آن می‌باشند. بیودیزل یکی از سوخت‌های زیستی است که تجدیدپذیر است و می‌تواند به‌عنوان سوخت جایگزین در موتورهای دیزل استفاده شود. نانوذرات جامد نیز به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی در مولکولهای ماده انرژی بالایی را ایجاد می‌کنند. در این پژوهش اثر سوخت بیودیزل و نانوذره‌ی اکسیدسریم در ترکیب با سوخت دیزل بر عملکرد و آلاینده‌های موتور دیزل تک‌سیلندر بررسی و با سوخت دیزل پایه مقایسه شد. در فاز اول آزمایش‌ها، به‌منظور پایداری ترکیب‌های سوخت آزمایش‌های متعددی انجام شد. نتایج نشان داد که استفاده از حمام آلتراسونیک می‌تواند مفید باشد. در فاز دوم، آزمایش‌های مربوطه بر روی موتور دیزل تک سیلندر چهارزمانه انجام شد. داده‌های موردنظر در سرعت‌های مختلف (۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰و ۲۶۰۰rpm) برای مخلوط‌های مختلف سوخت شامل بیودیزل در۳ سطح (B0,B5,B20) و ذرات نانو نیز در۳سطح (۱۵،۵و۲۵ppm) به‌دست آمد. نتایج نشان داد حضور سوخت اکسیژن دار بیودیزل و افزودن نانو ذرات به سوخت، انتقال حرارت به سوخت را افزایش داده و با تسریع سوختن، زمان تأخیر در اشتعال را کاهش می‌دهد. همچنین نانو ذرات، مکانسیم اشتعالی سوخت را بهبود بخشیده و سبب نفوذ بهتر جت سوخت به داخل هوای فشرده می‌گردد که باعث احتراق کامل‌تر و بهبود عملکرد موتور گردید.

* **عهده‌دار مکاتبات:** taghipoor@iaud.ac.ir

کلمات کلیدی: اکسید سریم، موتور اشتعال تراکمی، سوخت‌های زیستی، پارامترهای عملکردی، آلاینده‌های موتور.

۱- مقدمه

افزایش هشدارهای ناشی از اثرات زیان‌بار آلودگی هوا باعث به‌وجود آمدن اجبار در اجرای قوانین مبارزه با آلودگی هوا گردیده است. این امر باعث تشویق بسیاری از محققان برای بررسی راه‌های ممکن در استفاده از سوخت‌های جایگزین به جای نفت و مشتقات آن شده است. در بین سوخت‌های تجدیدپذیر، سوخت‌های به‌دست آمده از زیست توده مواد کشاورزی مورد توجه بسیاری از دانشمندان قرار گرفته است. تجدیدپذیری، انتشار آلاینده‌های کمتر و مزایای اقتصادی در مقایسه با سوخت‌های فسیلی، از جمله فواید این سوخت‌ها به‌شمار می‌رود. از میان موادی که به این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند، انواع الکل، بیودیزل و اتر از توانایی بالایی در کاهش آلاینده‌های اگزوز برخوردار هستند. بیودیزل که از روغن‌های گیاهی یا چربی‌های حیوانی تولید می‌شوند، زیست دوست هستند و می‌توانند به صورت خالص یا مخلوط با سوخت-های فسیلی در سامانه‌های حمل و نقل، گرمایش منازل، ساختمان‌ها و کارخانجات و همچنین در فرآیندهای صنعتی به کار روند. موضوع استفاده از سوخت‌های جایگزین در انواع موتورها، همراه با پیشرفت فن‌آوری مورد بحث بوده و به سرعت رو به گسترش است. با برداشت روز افزون از ذخایر نفتی جهان و افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان، پیش‌بینی می‌شود این ذخایر در چند دهه‌ی آینده به اتمام برسند. کاهش روزافزون منابع فسیلی و وجود آلاینده‌های زیست محیطی مرتبط با این سوخت‌ها، اهمیت و لزوم توجه به آن‌ها را بیش از پیش مشخص می‌نماید. مهم‌ترین خاصیت سوخت‌های گیاهی تجدیدپذیری و زیست دوستی آن‌ها می‌باشد که نگرانی ناشی از اتمام آن‌ها نیز وجود ندارد. هر کشوری با توجه به فراوانی محصول گیاهی در آن کشور می‌تواند اقدام به تولید سوخت از آن محصول نموده و بدین‌ترتیب بخشی از نیاز سوختی خود و یا کل آن‌را برطرف نماید. نانو تکنولوژی به معنی انجام مهندسی مواد در ابعاد اتمی-مولکولی و ساخت موادی با خواص کاملاً متفاوت درابعاد نانو است. خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی ماده تبدیل شده به ابعاد نانو نسبت به خواص آن در ابعاد ماکرویی کاملاً متفاوت است. نانو در مولکول‌های ماده انرژی بالایی را ایجاد می کند. سوخت نانو بیودیزل سوختی است که از ترکیب مکمل‌های ذرات نانو با سوخت‌های بیودیزل به نسبت‌های مختلف و مناسب به‌دست می‌آید و قابلیت احتراق و استفاده در موتورهای دیزلی را دارد[1].

اسکریبانو و همکارانش در سال ۲۰۰۸ طی پژوهش‌هایی دریافتند اضافه کردن سریم به سوخت دیزل باعث کاهش قابل‌توجه در مقدار، وزن، اندازه

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]

و درجه حرارت آلاینده‌های انتشاریافته از موتور دیزل می‌شود و اکسیداسیون را نیز به میزان قابل‌توجهی افزایش می‌دهد[2]. کارتیکیان و همکاران در سال ۲۰۱۴ اثر نانوذره جامد اکسید آلومینیوم (AL_2O_3) به‌عنوان ماده افزودنی به همراه ترکیب سوخت بیودیزل GSOME(متیل استردانه انگور) را بر روی عملکرد موتور اشتعال تراکمی بررسی کردند. بیودیزل از روغن هسته انگور به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه‌شده بود. ترکیب‌های سوخت (D80B20) شامل ۸۰٪ سوخت دیزل و ۲۰٪ بیودیزل، ترکیب سوخت $D80B20Al_20_350$ شامل (۸۰٪ سوخت دیزل + ۲۰٪ بیودیزل + ۵۰ppm نانو ذرات اکسید آلومینیوم) بود. موتور مورد آزمایش تک سیلندر، چهارزمانه، هوا خنک به روش تزریق مستقیم بود. آزمایش تحت بارهای مختلف در سرعت ثابت ۱۵۰۰ rpm انجام شد. نتایج آزمایش تفاوت معنی‌داری در میزان چگالی، ویسکوزیته سینماتیک، نقطه ریزش و عدد ستان درنتیجه اضافه کردن اکسید آلومینیوم در ترکیب نداشت. اکسید آلومینیوم در ترکیب سبب بهبود نقطه اشتعال در مقایسه با ترکیب D80B20 شد. ارزش حرارتی ترکیب سوخت با اکسید آلومینیوم نسبت به ترکیب سوخت D80B20 بالاتر بود. مقدار حرارت آزادشده، فشار گاز و مصرف سوخت ویژه ترمزی برای ترکیب‌های سوخت حاوی نانو ذرات جامد با افزایش میزان نانو کمتر شد. نتایج نشان دادند که دمای گاز خروجی ترکیبات حاوی نانوذره نسبت به سوخت پایه پایین‌تر است. با افزایش میزان نانو آلاینده‌های CO و HC به‌طور قابل‌توجهی کاهش پیدا کرد. آلاینده NOx و تیرگی دود در ترکیب‌های سوخت به همراه نانو ذره حداقل مقدار را داشت[3]. کارتیکیان و همکاران در سال ۲۰۱۶ تأثیر نانوذره جامد اکسیدسریم(CeO_2) بر روی پارامترهای عملکردی موتور و کاهش آلاینده‌های آن را در یک موتور اشتعال تراکمی بررسی کردند. در این پژوهش از موتور تک سیلندر، چهارزمانه، هوا خنک از نوع تزریق مستقیم استفاده شد. ترکیبات سوخت شامل B20 و $B20,CeO_2100$ بود. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش میزان نانوذره CeO_2 در ترکیب‌های سوخت ارزش حرارتی و نقطه اشتعال افزایش یافت. دمای گاز خروجی برای ترکیبات سوخت حاوی نانوذره کمتر از سوخت B20 بود و بهبود قابل‌توجهی در بازده حرارتی ترمزی ترکیبات حاوی نانوذره در مقایسه با سوخت B20 حاصل شد. مصرف سوخت ویژه ترمزی برای ترکیبات حاوی نانوذره در شرایط بار کامل در مقایسه با سوخت B20 کمتر بود و در مقایسه با سوخت B20، آلاینده‌هایی نظیر HC، CO، تیرگی دود و آلاینده NOx در ترکیبات حاوی نانوذره CeO_2 کاهش یافت[4]. رامش وهمکاران در سال ۲۰۱۶ تأثیر نانوذره آلومینا را به‌عنوان یک ماده افزودنی به همراه سوخت بیودیزل بر روی پارامترهای عملکردی، احتراق و آلاینده‌های موتور دیزل بررسی نمودند. بیودیزل مورداستفاده در این پژوهش از ضایعات و پسماند مرغ به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه‌شده بود. ترکیب سوخت شامل B20 به همراه mg/l ۳۰ آلومینا و سوخت پایه دیزل خالص و موتور مورداستفاده تک سیلندر چهارزمانه بود. نتایج این پژوهش نشان داد ترکیب‌های سوخت B20 حاوی نانوذره آلومینا و بدون نانوذره نسبت به سوخت دیزل خالص در شرایط بار کامل افزایش بازده حرارتی ترمزی را به همراه داشت. فشار سیلندر برای همه ترکیب‌های سوخت مشابه بود و تغییرات معنی‌داری نداشت. در شرایط بار کامل تغییرات میزان گرمای آزادشده تقریباً برای تمام ترکیب‌های سوخت یکسان بود. مقدار اکسیژن موجود در ترکیب سوخت B20 به همراه mg/l ۳۰ آلومینا به اختلاط ترکیب در مرحله پیش احتراق کمک می‌کند که این موضوع سبب احتراق کامل می‌شود. برای سوخت B20 در مقایسه با سوخت دیزل آلاینده HC و CO کاهش و NOx کمی افزایش یافت. کاربرد افزودنی نانوی آلومینا نه‌تنها سبب بهبود عملکرد مکانیکی موتور دیزل می‌شود، همچنین سبب کاهش میزان آلاینده‌های هیدروکربن‌های نسوخته (UBHC) و CO در گازهای خروجی اگزوز می‌شود. علت آن تأثیر نانو ذرات به‌عنوان یک کاتالیست در فرآیند احتراق است به‌خصوص در مقایسه با ترکیب بیودیزل – دیزل[5]. ساتیا مورسی وهمکاران در سال ۲۰۱۶ تأثیر نانوذره اکسید سریم به‌عنوان ماده افزودنی را بر روی عملکرد و آلاینده‌های موتور دیزل با استفاده از ترکیب سوخت بیودیزل و دیزل بررسی کردند. ترکیب سوخت شامل ۲۰٪ بیودیزل و ۸۰٪ دیزل بود. موتور مورد آزمایش نیز تک سیلندر، تزریق مستقیم و هوا خنک بود. نتایج آزمایش نشان داد مصرف سوخت ویژه و بازده حرارتی ترمزی با اضافه نمودن نانو ذرات در مقایسه با سوخت دیزل خالص افزایش داشت. اما میزان آلاینده‌های NOx، HC و CO به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با سوخت دیزل خالص کاهش یافت. همچنین نتایج نشان داد که فشار سیلندر و میزان حرارت آزادشده در ترکیب‌های سوخت حاوی نانو زیاد می‌شود[6].

۲- مواد و روشها

در این پژوهش تأثیر تلفیق سوخت دیزل، بیودیزل و ذرات نانو اکسید سریم بر روی میزان توان، گشتاور، مصرف سوخت ویژه و میزان آلاینده‌های موتور نسبت به سوخت پایه(دیزل خالص) بررسی شد. بدین منظور داده‌های مذکور مربوط به موتور تک سیلندر چهارزمانهCT159 با استفاده از ترکیبات مخلوط سوخت موردنظر اندازه‌گیری شد. مشخصات موتور فوق در جدول (۱) آمده است.

جدول۱: مشخصات فنی موتورCT159

مدل	Hatz 1B20-6
کارخانه سازنده	شرکت گونت آلمان
تعداد سیلندر	۱
کورس سیلندر	۶۲ mm
قطر سیلندر	۶۹mm
توان خروجی	approx. 1.5 kW
نسبت تراکم	21: 1
نوع سیستم خنک‌کاری	هوا خنک
نوع سیستم سوخت‌رسانی	تزریق مستقیم

این پژوهش از بخش‌های ذیل تشکیل شده‌است:

۱- مرحله‌ی پیش از داده‌گیری:

این مرحله، شامل بررسی پیشینه تحقیق، ترکیب سوخت دیزل،بیودیزل و ذرات نانو اکسید سریم با توجه به درصدهای در نظر گرفته‌شده و طرح‌ریزی مطلوب برای اندازه‌گیری داده‌ها در آزمایش‌ها می‌باشد. از مخلوط‌های مختلف سوخت در۱۰ سطح که شامل سوخت دیزل خالص، بیودیزل در۳ سطح (B0,B5,B20) و ذرات نانو نیز در۳سطح (۱۵،۵و۲۵ppm) در ۴سرعت دورانی موتور (۱۵۰۰ ، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰و ۲۶۰۰rpm) استفاده گردید. گازوییل مورداستفاده در این آزمون، گازوییل

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]

معمول (شماره ۲) و بیودیزل مورداستفاده از روغن پسماند به روش ترانس استریفیکاسیون تهیه‌شد که برخی از خواص مهم آن از قبیل گران‌روی سینماتیک، نقطه‌ی اشتعال، نقطه‌ی ابری شدن، نقطه‌ی ریزش، مقدار آب و رسوبات، مقدار گلیسیرین آزاد، و خوردگی مس اندازه‌گیری شده و نتایج آن مطابق با استاندارد ASTM D-6751 مطابقت داده‌شده است. در جدول(۲) برخی از خصوصیات مهم بیودیزل به همراه شماره‌ی استاندارد و حدود مجاز نشان داده‌شده است. نانو ذره انتخابی در این پژوهش نانوذره‌ی اکسید سریم به‌صورت ذرات کروی با خلوص ٪۹۹/۹۷ بود. مشخصات فنی نانوذره‌ی اکسید سریم در جدول (۳) ذکر شده است. شکل ۱نیز تصویر TEM نانوذره‌ی اکسید سریم مورداستفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد که دارای قطر میانگین ۳۰-۱۰ نانومتر می‌باشد. ترکیبات سوخت دیزل با بیودیزل به‌صورت حجمی و با نسبت‌های ارائه‌شده مطابق با جدول(۴) می‌باشد.

جدول۲: برخی از خصوصیات مهم بیودیزل به همراه شماره‌ی استاندارد و حدود مجاز آن[7]

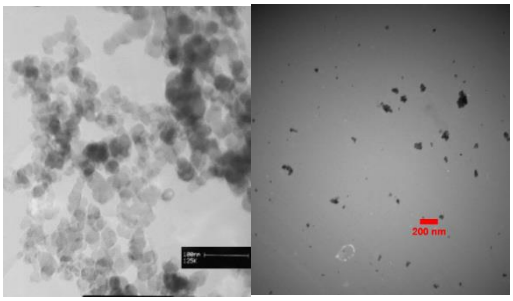
خصوصیت	شماره استاندارد	حدود مجاز	واحد
نقطه اشتعال	D-93	کمترین ۱۳۰	**^{0}C**
آب و رسوبات	D-2709	بیشترین ۰/۰۵	VOLUM ٪E
گرانروی سینماتیک ۴۰°C	D-445	۱/۹-۶	mm^2/s
خاکستر سولفاته	D-874	بیشترین ۰/۰۲	Wt.%
گوگرد	D-5453	بیشترین ۰/۰۵	Wt.%
خوردگی مس	D-130	بیشترین شماره ۳	------
عدد ستان	D-613	کمترین ۴۷	------
نقطه ابری شدن	D-97	تعیین نشده	**^{0}C**
عدد اسید	D-664	بیشترین ۰/۸	Mg KOH/g
گلیسیرین آزاد	D-6584	۰/۰۲	Wt.%
فسفر	D-4951	۰/۰۰۱	Wt.%

جدول ۳: مشخصات فنی نانوذره‌ی اکسید آهن[8]

مشخصات فنی	اکسید سریم(CeO_2)
اندازه قطر (نانومتر)	۳۰-۱۰
سطح ویژه(m^2 /gr)	۵۰-۳۰
شکل هندسی پودر	کروی
رنگ	زرد روشن
چگالی (gr/cm^3)	۱/۱-۰/۸

جدول ۴:ترکیبات سوخت دیزل و بیودیزل

درصد ذرات نانو(ppm)	ترکیب سوخت
۵	B0D100
۱۵	B0D100
۲۵	B0D100
۵	B5D95
۱۵	B5D95
۲۵	B5D95
۵	B20D80
۱۵	B20D80
۲۵	B20D80



شکل۱: تصویر TEM نانوذره‌ی اکسید سریم

لازم به ذکر است پس از تهیه‌ی ترکیب سوخت، به‌منظور همگن شدن ترکیب سوخت و نانو ذرات جامد، مخلوط سوخت به مدت ۲۰ دقیقه درون حمام آلتراسونیک قرار داده شد.

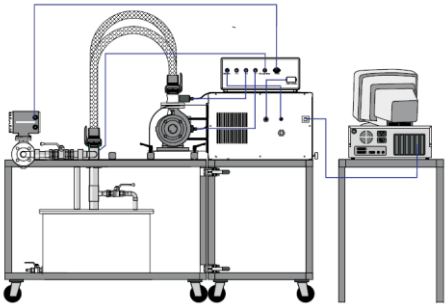
۲- داده گیری:

به‌منظور بررسی تأثیر ترکیب‌های مختلف سوخت دیزل، نانوذره‌ی اکسیدسریم و بیودیزل بر عملکرد و آلاینده‌های موتور دیزل کوچک از مجموعه آزمایشی CT159 ساخت کشور آلمان استفاده شد. مجموعه‌ی آزمایشی از سه بخش اصلی شامل CT159 برای نصب موتور دیزل تک سیلندر چهارزمانه (CT151) و واحد کنترل، دینامومتر به‌منظور کنترل سرعت موتور (HM365) و یک سیستم کامپیوتر جهت ثبت و ذخیره‌ی داده‌های اندازه‌گیری شده تشکیل‌شده است. شماتیکی از تجهیزات استفاده‌شده در این پژوهش در شکل(۲) و مجموعه CT159 در شکل (۳) نشان داده‌شده است. متغیرهای مستقل در این پژوهش شامل مخلوط‌های مختلف سوخت بیودیزل ٪(۲۰-۵-۰) و ذرات نانو PPm(۲۵-۱۵-۵) و پارامتر سرعت موتور (۱۵۰۰ ، ۲۰۰۰، ۲۴۰۰و ۲۶۰۰rpm) بود. پس از تنظیم مقادیر موردنظر پارامترهای مستقل (ورودی‌ها) از قبیل سرعت موتور و مخلوط‌های مختلف دیزل، بیودیزل و ذرات نانو روی موتور موردنظر آزمایش گردید و تأثیر این متغیرهای مستقل بر روی متغیرهای وابسته، یعنی میزان گشتاور موتور، توان موتور، مصرف سوخت ویژه ترمزی و آلاینده‌های موتور بررسی شد. برای اعمال بار به موتور از دینامومتر مدل HM365 ساخت شرکت گونت آلمان استفاده شد. سوخت‌های تهیه‌شده در مخزن مربوط به دستگاه ریخته شد و برای هر آزمایش موتور به مدت ۵ دقیقه در دور آرام کار کرد. همچنین قبل از انجام هر آزمایش سیستم سوخت‌رسانی و فیلترها تمیز و هواگیری شد. برای اعمال بار به موتور توسط دینامومتر، موتور زیر بار قرار گرفت. سپس با استفاده از پیچ تنظیم دور موتور تغییر داده شد. تنظیم دور موتور با دقت ±۵rpm انجام شد. مجموعه از طریق کابل رابط به سیستم کامپیوتر متصل شد و توسط نرم‌افزار مربوطه کلیه‌ی اطلاعات پس از پایدار شدن دور موتور ثبت شد. برای اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی موتور نیز از دستگاه آلاینده سنج پنج گاز ساخت شرکت Motor Scan ایتالیا استفاده شد (شکل۴). کلیه آزمایش‌ها در تمام حالات با سه تکرار انجام گرفت.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]

آزمایش‌ها در حالت ایستگاهی بر روی موتور انتخاب‌شده و با اعمال تیمارهای مختلف بر روی موتور تک سیلندر چهارزمانهCT159 صورت گرفت.



شکل ۲: شماتیکی از تجهیزات استفاده‌شده در پژوهش

شکل ۳ : مجموعه موردنظر شامل موتور ودینامومتر

شکل ۴: دستگاه اندازه‌گیری آلاینده‌های موتور

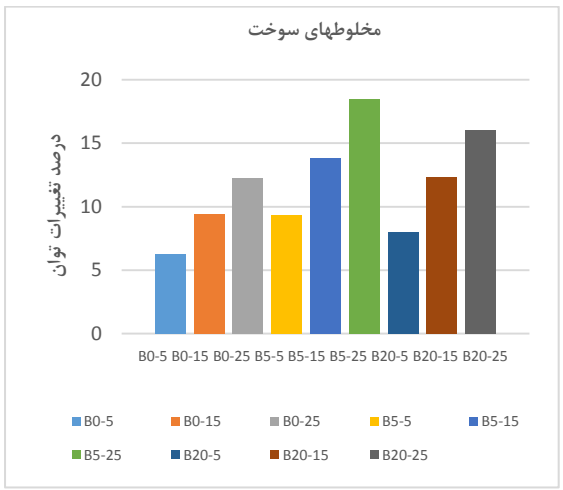
برای ترسیم نمودارهای عملکرد، نرم افزار EXCEL به کار برده شد. درپایان مقادیر افزایش/ کاهش توان، گشتاور، مصرف سوخت و مصرف سوخت ویژه نسبت به سوخت دیزل خالص به صورت درصد محاسبه - گردید ونمودارهای هیستوگرام با استفاده از نرم‌افزار Excel ترسیم وتحلیل بر روی این نمودارها صورت گرفت.

۳- نتایج و بحث

تأثیر ترکیب‌های مختلف سوخت دیزل، بیودیزل و نانو ذرات جامد بر میزان گشتاور، توان، مصرف سوخت ویژه و آلاینده‌های موتور تک سیلندر چهارزمانهCT159، بررسی شد. بدین منظور هر نمونه‌ی سوخت مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج حاصل نسبت به سوخت دیزل پایه مقایسه شد.

۳-۱ مقایسه توان و گشتاور ترکیب‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل پایه

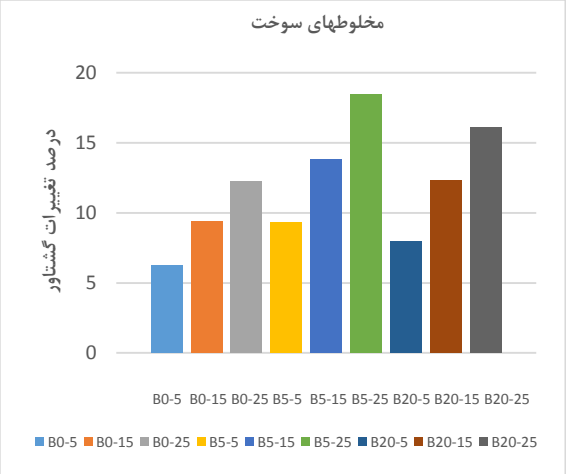
شکل های۵ و۶ درصد میزان تغییرات توان و گشتاور در هریک از ترکیبات را نسبت به سوخت دیزل نشان می‌دهد. درتمامی ترکیبات مقدار توان حاصل نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش داشت. درتمامی ترکیبات با کاهش دور و افزایش بار موتور مقدار توان حاصل نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش داشته است. در حالت کلی تا محدوده‌ی سرعت ۲۴۰۰ rpm توان مخلوط‌ها به تدریج افزایش یافت و در محدوده‌ی ۲۴۰۰تا ۲۶۰۰rpm توان مخلوط‌ها کاهش یا در برخی ترکیبات افزایش جزئی داشت. درمورد گشتاور نیز همین رفتار وجود دارد. با افزایش سرعت موتور در تمامی سوخت‌ها گشتاور به‌تدریج کاهش یافت. در این محدوده‌های سرعت، مخلوطB5D95-25 دارای بیشترین مقدار وسوختB0D100 کمترین مقداراست. با افزایش بیشتر سرعت تقریباً در تمامی مخلوط‌ها، گشتاور کاهش وثابت می‌ماند. علت تغییرات گشتاور موتور به طور عمده در اثر خوب پرشدن سیلندر در مرحله‌ی تنفس است. در سرعت‌های خیلی بالا زمان تنفس کمتر بوده و در نتیجه سیلندر به خوبی پر نمی‌شود. متعاقب آن، فشار تراکم و فشار احتراق کمتر شده ونیروهای اینرسی بخش‌های متحرک موتور افزایش یافته ودر نهایت گشتاور واقعی موتور کاهش می‌یابد.



شکل ۵:درصد تغییرات توان موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل – دیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

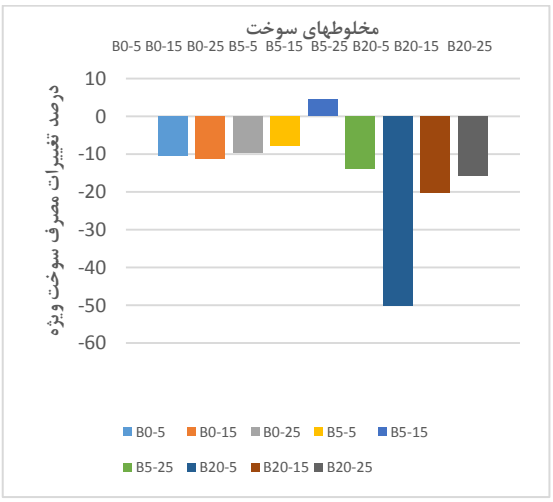
[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]



شکل ۶ :درصد تغییرات گشتاور موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۳-۲ مقایسه مصرف سوخت ویژه ترکیب‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل پایه

شکل ۷ میزان تغییرات مصرف سوخت ویژه‌ی موتور را در هریک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که ترکیب B20D80-5 بیشترین کاهش مصرف سوخت ویژه‌ی موتور را نسبت به سایر ترکیبات دارا می باشد. ترکیب B5D95-15 نیز کمترین کاهش مصرف سوخت ویژه را دارا می باشد. درمجموع نتیجه گرفته می-شود که ترکیب B5D95-25 نسبتاًدارای بیشترین مقدار افزایش توان و گشتاور بود در حالی‌که افزایش مصرف سوخت ویژه‌ی آن در حدود ۱/۴ درصد نسبت به سوخت دیزل خالص می‌باشد. در درصدهای بالاتر بیودیزل و ذرات نانو، ترکیب B20D80-5 به دلیل دارا بودن مصرف سوخت ویژه پایین و توان وگشتاور نسبتاً خوب، مناسب می‌باشد.



شکل ۷:درصد تغییرات مصرف سوخت ویژه موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۳-۳ ارزیابی آلاینده‌های موتور

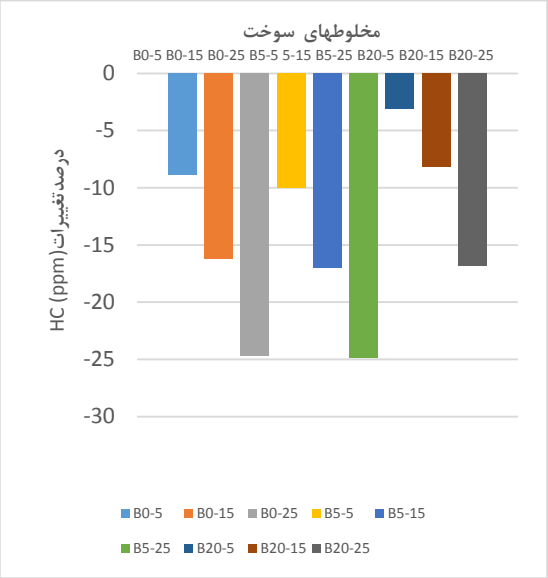
۳-۳-۱ هیدروکربن‌های نسوخته(HC)

تولید آلاینده‌های هیدروکربن به دلیل احتراق ناقص است. به طور کلی این آلاینده‌ها به طراحی موتور، ساختار سوخت، دمای احتراق و اکسیژن موجود در سوخت بستگی دارد. هنگامیکه آلاینده‌های هیدروکربنی وارد اتمسفر می‌شوند، بدبو و آزاردهنده هستند، برخی از آنها سرطان‌زا می-باشند. ازجمله دلایل ایجاد آلاینده‌های HC می‌توان به نسبت هوا به سوخت غیر استوکیومتریک اشاره نمود. مقدار آلاینده‌ی HC به شدت تابع نسبت هوا به سوخت (AF) است. در یک مخلوط با سوخت غنی، اکسیژن کافی برای واکنش با تمام کربن وجود ندارد که منجر به مقادیر زیاد HC و CO در محصولات خروجی می‌گردد. این موضوع به‌ویژه در هنگام راه‌اندازی موتورکه مخلوط هوا و سوخت، عمداً بسیار غنی می‌شود، صدق می‌کند.این موضوع به میزان کمتری در طی شتاب گرفتن سریع تحت بار نیز صادق است. اگر AF خیلی فقیر باشد، احتراق ضعیف‌تری رخ می‌دهد که مجدداً منجر به ایجاد آلاینده‌های HC می‌گردد. در این پژوهش در اکثر ترکیب‌ها میزان هیدروکربن خروجی از اگزوز نسبت به سوخت دیزل کاهش یافت. این موضوع می‌تواند به دلیل اکسیژن دار بودن سوخت بیودیزل و همچنین ذرات نانو اکسید سریم (Ceo2) باشد. البته در مواردی علیرغم وجود اکسیژن کافی میزان HC نسبت به سوخت دیزل بیشتر شده است. علت آن می‌تواند به این دلیل باشد که در برخی مواضع در محفظه‌ی احتراق، مخلوط به‌قدری فقیر است که به‌طور مناسب نمی‌سوزد و در سایر نواحی به‌قدری غنی است که اکسیژن کافی برای مصرف تمام سوخت وجود ندارد. با اختلاط کمتر از مقدار معمول یا بیش از مقدار معمول سوخت و هوا، احتراق کامل رخ نمی‌دهد. مخلوط هوا و سوخت در موتور CI، بسیار غیر همگن می‌باشد و بعلاوه سوخت در طی احتراق، هنوز در حال پاشیدن است. بنابر این در مواضع مختلف محفظه‌ی احتراق، نواحی بسیار غنی تا بسیار فقیر وجود دارند و جبهه‌های شعله بسیاری در یک زمان وجود خواهد داشت. در اختلاط کمتر از مقدار معمول، برخی ذرات سوخت در نواحی با سوخت غنی، هرگز اکسیژنی برای واکنش پیدا نمی‌کنند. در نواحی با سوخت فقیر، احتراق محدود می‌شود و مقداری از سوخت به‌علت رقیق‌بودن زیاد مخلوط نمی‌سوزد. در اختلاط بیش از مقدار معمول، برخی ذرات سوخت با گازی که قبلاً نسوخته است، مخلوط می‌شود و بنابراین به‌صورت کامل نخواهد سوخت. عامل دیگر ممکن است مربوط به نازل سوخت‌پاش باشد، نازل‌ها باید به نحوی ساخته شوند که هنگام توقف پاشش سوخت، از نازل چکه نکند. هرچند مقدار کمی از سوخت مایع نیز در نوک نازل محبوس خواهد شد (حجم حفره‌ای) و اندازه‌ی آن به طراحی نازل بستگی دارد. با بسته شدن نازل، دیگر فشاری برای راندن آن به داخل سیلندر وجود ندارد، این حجم سوخت به آرامی تبخیر می‌شود. مقداری از این سوخت تبخیر نمی‌شود مگر آنکه احتراق متوقف گردد، این موضوع باعث ورود ذرات HC بیشتری در گازهای خروجی می‌شود. شکل ۸ میزان تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته موتور را در هریک از ترکیبات نسبت به سوخت دیزل خالص نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشخص است تقریباً در تمامی ترکیبات میزان HC تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B5D95-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]

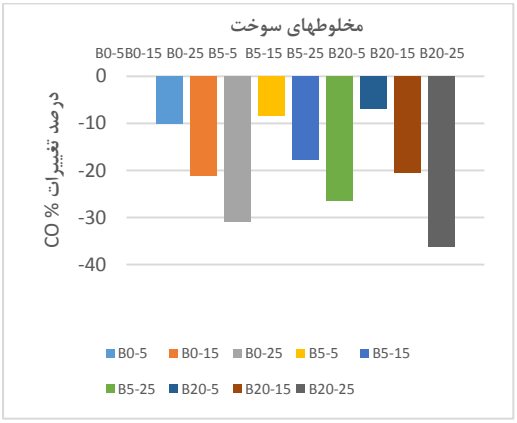
خالص داشته است. همان‌گونه که ذکر شد علت این موضوع اکسیژن دار بودن ترکیب سوخت می‌باشد که سبب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق وجود داشته باشد تا احتراق کامل‌تری صورت پذیرد.



شکل ۸:درصد تغییرات هیدروکربن‌های نسوخته موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۳-۳-۲ منواکسیدکربن(CO)

منواکسیدکربن گازی بی‌رنگ، بی‌بو و سمی است. این گاز هنگامی در موتور تولید می‌شود که موتور با نسبت هم‌ارزی سوخت غنی کار کند، هنگامی‌که اکسیژن کافی برای تبدیل تمام کربن به CO_2 وجود نداشته باشد، مقداری از سوخت نمی‌سوزد و مقداری کربن به‌صورت CO باقی می‌ماند. CO نه‌تنها به‌عنوان آلاینده‌ای نامطلوب در نظر گرفته می‌شود، بلکه باعث اتلاف انرژی شیمیایی، که نمی‌تواند به‌صورت کامل در موتور به‌کار گرفته شود، نیز می‌گردد. بیشترین مقدار CO هنگامی تولید می‌شود که موتور با مخلوط غنی کارکند و مواردی شامل راه‌اندازی موتور، یا شتاب گرفتن تحت بار را شامل می‌گردد. اختلاط ضعیف، نواحی محلی غنی و احتراق ناقص، مقداری CO ایجاد خواهدکرد. میزان CO براساس درصد حجمی (V%) و به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش آلاینده‌ها اندازه‌گیری گردید. همان‌گونه که در شکل (۹) مشاهده می‌گردد، مقدار منواکسید کربن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت دیزل-بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص کاهش یافته است. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش درصد بیودیزل و همچنین میزان ذرات نانو در مخلوط سوخت میزان کاهش CO نیز افزایش می‌یابد. دلیل کاهش CO، اکسیژن دار بودن سوخت بیودیزل و ذرات نانو(CeO_2) می‌باشد. اکسیژن‌دار بودن مخلوط سوخت موجب می‌شود اکسیژن بیشتری در محفظه‌ی احتراق حضور داشته و در نتیجه احتراق کامل‌تری صورت بگیرد. باتوجه به نتایج به‌دست آمده مشخص است تقریباً در تمامی ترکیبات میزان CO تولیدی نسبت به سوخت دیزل خالص کمتر است. در بین این ترکیبات مخلوط سوخت B20D80-25 بیشترین کاهش و مخلوط سوخت B20D80-5 کمترین کاهش را نسبت به سوخت دیزل خالص داشته است.



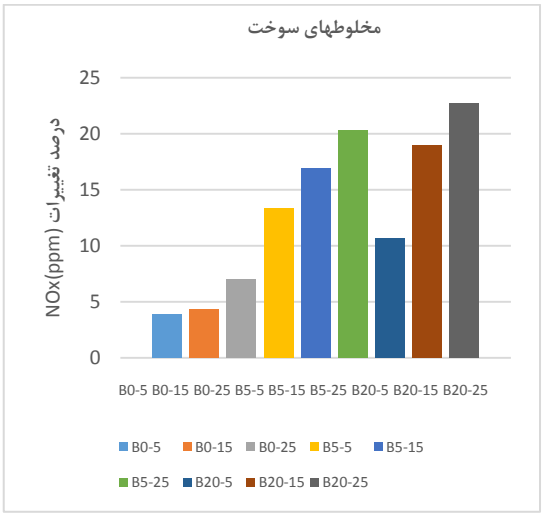
شکل ۹:درصد تغییرات منواکسیدکربن موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۳-۳-۳ اکسیدهای نیتروژن(NOx)

بخشی از گازهای خروجی موتور، اکسیدهای نیتروژن می‌باشد. بیشتر این مقدار، شامل اکسیدنیتروژن(NO) به همراه مقدار کمی دی‌اکسیدنیتروژن (NO_2) و مقادیر جزئی دیگری از سایر ترکیبات نیتروژن و اکسیژن می‌باشند. تمامی ترکیبات اکسیدهای نیتروژن، باهم به‌صورت NOx گروه‌بندی می‌شوند که درآن x نشان‌دهنده‌ی عدد مناسبی است. NOx آلاینده‌ی بسیار نامطلوبی می‌باشد. برای شکل‌گیری NO ، امکان چند واکنش وجود دارد که احتمالاً تمام آنها در طی فرآیند احتراق و بلافاصله بعد از آن رخ می‌دهند. به دلیل آنی نبودن واکنش‌های شیمیایی، تشکیل NOx علاوه بر دما به فشار، نسبت هوا به سوخت و زمان احتراق در داخل سیلندر بستگی دارد. مقدار NOx تولید شده، به موضع داخل محفظه‌ی احتراق نیز بستگی دارد. در موتورهای اشتعال تراکمی با محفظه‌های احتراق تقسیم‌شده و پاشش غیرمستقیم سوخت، عموماً دارای نسبت‌های تراکم بزرگتر و دماها و فشارهای بیشتری هستند، تمایل به تولید مقادیر بیشتر NOx در این موتورها وجود دارد. با توجه به شکل (۱۰) مقدار اکسیدهای نیتروژن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل افزایش یافته است. نتایج نشان داد مخلوط سوخت B20D80-25 نسبت به سایر ترکیبات افزایش بیشتری (۲۲/۷٪) در تولید اکسیدهای نیتروژن در مقایسه با سوخت دیزل خالص دارد. کمترین افزایش نیز مربوط به مخلوط سوخت B0D100-5 می‌باشد. دلیل افزایش NOx اکسیژن موجود در مخلوط‌های سوخت می‌باشد که هم سبب واکنش با نیتروژن و هم باعث افزایش دمای احتراق می‌شود که زمینه را برای تولید NOx فراهم می‌کند.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

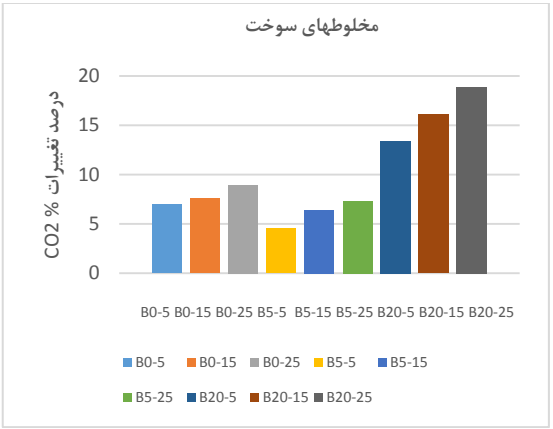
[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]



شکل ۱۰:درصد تغییرات اکسیدهای نیتروژن موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۳-۳-۴ دی‌اکسیدکربن ($C0_2$)

همان‌گونه که از شکل (۱۱) قابل مشاهده است، میزان CO_2 با استفاده از مخلوطهای سوخت دیزل- بیودیزل و ذرات نانو نسبت به سوخت دیزل خالص افزایش یافته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده مخلوطB20D80-25 بیشترین افزایش و مخلوط B5D95-5 کمترین افزایش تولید CO_2 را نسبت به سوخت دیزل خالص داشت. اکسیژن‌دار بودن مخلوطها نسبت به سوخت دیزل خالص سبب می‌شود احتراق کامل‌تری صورت گرفته و در نتیجه مقدار بیشتری از منواکسید کربن که حاصل از احتراق ناقص موتور است، به دی‌اکسیدکربن تبدیل شود. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش میزان بیودیزل و ذرات نانو به دلیل اکسیژن بیشتر میزان CO_2 خروجی از اگزوز افزایش یافته است.



شکل ۱۱:درصد تغییرات دی اکسیدکربن موتور بااستفاده از ترکیبات سوخت نانو بیودیزل ودیزل نسبت به سوخت دیزل خالص

۴-نتیجه گیری

در این پژوهش تأثیر تلفیق سوخت دیزل، بیودیزل و ذرات نانو اکسید سریم بر روی میزان گشتاور موتور، توان موتور ،مصرف سوخت ویژه ترمزی و آلاینده‌های خروجی اگزوز موتور بررسی شد. نتایج حاصل نشان داد با افزایش درصد بیودیزل و میزان نانو در ترکیب به علت افزایش اکسیژن در محفظه احتراق، احتراق به‌طور کامل‌تر صورت گرفت و توان تولیدی و گشتاور افزایش یافت. با افزایش بیشتر سرعت تقریباً در تمامی مخلوط‌ها، گشتاور کاهش وثابت می‌ماند. علت تغییرات گشتاور موتور به طور عمده در اثر خوب پرشدن سیلندر در مرحله‌ی تنفس است. در سرعت‌های خیلی بالا زمان تنفس کمتر بوده و در نتیجه سیلندر به خوبی پر نمی‌شود. متعاقب آن، فشار تراکم و فشار احتراق کمتر شده ونیروهای اینرسی بخش‌های متحرک موتور افزایش یافته ودر نهایت گشتاور واقعی موتور کاهش می‌یابد. با افزایش میزان بیودیزل و نانوذره در مخلوط‌های سوخت، مصرف سوخت ویژه کاهش یافت. علت این موضوع را می‌توان به حضور کاتالیست نانوذره آهن در کنار سوخت بیودیزل ربط داد که می‌تواند احتراق کامل و خوبی را به همراه داشته باشد. با افزایش میزان نانو و سوخت بیودیزل در ترکیب به علت افزایش اکسیژن در محفظه احتراق، احتراق به‌طور کامل‌تر صورت می‌گیرد و میزان منوکسیدکربن و هیدروکربن‌های نسوخته کاهش یافت. مقدار اکسیدهای نیتروژن تولیدی توسط مخلوط‌های سوخت نسبت به سوخت دیزل افزایش یافت. دلیل افزایش NOx اکسیژن موجود در مخلوط‌های سوخت می‌باشد که هم سبب واکنش با نیتروژن و هم باعث افزایش دمای احتراق می‌شود که زمینه را برای تولید NOx فراهم می‌کند. اکسیژن‌دار بودن مخلوط‌ها نسبت به سوخت دیزل خالص سبب می‌شود احتراق کامل‌تری صورت گرفته و در نتیجه مقدار بیشتری از منواکسید کربن که حاصل از احتراق ناقص موتور است، به دی‌اکسیدکربن تبدیل شود. بنابراین با افزایش میزان بیودیزل و ذرات نانو به دلیل اکسیژن بیشتر میزان CO_2 خروجی از اگزوز افزایش یافت. باتوجه به نتایج حاصل از تحقیق و یافته‌های محققان دیگر،کاربرد بیودیزل به عنوان سوخت زیستی و نانوذره‌ی اکسید سریم به صورت ترکیبی با گازوئیل تا حد زیادی می‌تواند سبب بهبود عملکرد موتور و کاهش آلاینده‌های موتور شود.

مراجع

[1] غفوری،م. (۱۳۸۹) بررسی تأثیرات ذرات نانو بر عملکرد سوخت زیستی بر مبنای روغن کلزای غیرخوراکی در موتور.پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد تاکستان.

[2] S.Escribano,F.Lopez, G. Amores, H. Martinez, P.Panizza, R. Buscac, study of a ceriazirconia-supported manganese oxide catalyst for combustion of diesel soot particles, A characteristic of Diesel engine. Available online at www.sciencedirect.com, (2008).

[3] S.Karthikeyan, A. Elango, S.M.Silaimani, A. Prathima, Role of Al_2O_3 nano additive in GSOBiodiesel on the working characteristics of a CI engine, Indian Journal of Chemical Technology Vol. 21, , pp. 285-289, (2014).

[4] S. Karthikeyan, A. Prathima, A. Elango, K. Sabariswaran, Environment Effect of CeO_2 nano additive on performance and emission reduction in a COME operated CI marine engine, Indian

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]

Journal of Geo-Marine Sciences Vol. 45(1), pp. 167-172 (2016).

[5] D.K. Ramesh, J.L. Dhananjaya Kumar, S.G. Hemanth Kumar, V. Namith, B.J. Parashuram, S. Sharath, Study on effects of Alumina nanoparticles as additive with Poultry litter biodiesel on Performance, Combustion and Emission, ELSEVIER, Available online at www.sciencedirect.com, PP. 1114–1120 (2018).

[6] R. Sathyiamoorthi, M. Puviyarasan, B. Bhuvanesh kumar, D. Breslin Joshua, EFFECT OF CeO2 NANO ADDITIVE ON Emission, ELSEVIER, Available online at www.sciencedirect.com, PP. 1114–1120 (2018).

[7]زنوزی، ع. (۱۳۸۶). ارزیابی عملکرد تراکتورMF-399 با استفاده از ترکیبات سوخت دیزل و بیودیزل". پایان نامه کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

[8] Technicall Data Sheet Shell Omalla S2 G220, Accessed on 12 February 2013; www.epc.shell.com.

[Downloaded from jeed.dezful.iau.ir on 2025-04-04]

[DOR: 20.1001.1.20089813.1398.6.4.3.9]