یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

کاربرد سوخت دیسترول در موتور دیزل

گل محمد خوب بخت[1*]

[1]استادیار، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران*(مسئول مکاتبات)؛ gol.m1360@yahoo.com

چکیده

افزایش قیمت نفت و نگرانی‌های زیست محیطی به علت گرم شدن جهان باعث گرایش به سمت تحقیق در مورد سوخت‌های تجدیدپذیر برای موتورهای دیزل گردیده است. اخیرا توجه زیادی به منظور توسعه سوخت‌های جایگزین برای رسیدن به استاندارد آلایندگی و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی معطوف گردیده است. به همین دلیل بیودیزل و اتانول به عنوان سوخت‌های جایگزین مهم که از منابع تجدیدپزیر بدست می‌آیند مورد توجه قرار گرفته‌اند. این سوخت‌ها میزان اکسیژن خوبی دارند بنابراین پتانسیل بسیار بالایی برای کاهش الایندگی دارند. دیسترول یک اصطلاح جدید است که ترکیبی از سوخت دیزل فسیلی(D) ، مشتقات متیل استر حاصل از روغن های گیاهی به نام بیودیزل (B) و اتانول (E) مشتق شده از گیاه است. اختلاط دیزل – اتانول – بیودیزل به عنوان یک سوخت جایگزین و به منظور کاهش نشر آلاینده‌ها در موتورهای دیزل مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از این اختلاط می‌تواند به‌طور معنی‌داری میزان انتشار CO، تمام هیدروکربن‌ها و ذرات ریز را کاهش دهد. در این مطالعه به بررسی تاثیر ترکیبات مختلف این سه نوع سوخت بر روی خصوصیات عملکردی و آلایندگی موتور پرداخته شده است.

کلمات کلیدی: دیزل، بیودیزل، اتانول، آلایندگی، عملکرد.

Application of Disterol fuel in diesel engine

Golmohammad Khoobbakht[1*]

[1]Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran
*(Corresponding Author), gol.m1360@yahoo.com

Abstract

The increasing petroleum price and environmental concern due to global warming has developed the thrust in search of renewable fuels for diesel engines. Recently, much attention has been paid to the development of alternative fuels in order to meet the emission standards and to reduce the dependency on fossil fuel. Especially, biodiesel and ethanol have been considered as major alternative fuels, as they are derived from renewable sources. These fuels are welleoxygenated and therefore have a great potential to reduce emissions . Diesterol is a new specific term which denotes a mixture of fossil diesel fuel (D), vegetable oil methyl ester called biodiesel (B) and plant derived ethanol (E). The use of this mixing can significantly reduce CO emissions, all hydrocarbons and fine particles. In this study, the effects of various combinations of these three types of fuel on the functional characteristics and engine emissions have been investigated.

Keywords: diesel, biodiesel, ethanol, emissions, performance.

۱-مقدمه

بحران جهانی انرژی، بسیاری از کشورها را به جستجو برای منابع انرژی تجدید پذیر واداشته است. محققان اخیرا جایگزینی سوخت‌های فسیلی را با سوخت‌های زیستی و به منظور کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی مورد توجه قرار داده‌اند. سوخت‌های زیستی موجب کاهش نشر گازهای گلخانه‌ای و واردات نفت می‌گردند. بیواتانول، بیودیزل و تا حدودی روغن‌های گیاهی خالص اخیرا به عنوان سوخت‌های زیستی مقبول و امید بخش مورد توجه قرار گرفته‌اند(Subbaiah *et al*., 2010). دو سوخت زیستی اکسیژن دار (بیودیزل و بیواتانول) به عنوان سوخت‌های جایگزین برای موتورهای دیزل مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (به‌خاطر تجدید پذیری و دوستدار محیط زیست بودن) .

تاثیر نشر حاصل از وسائط نقلیه بر روی هوا، در میان بقیه عوامل، به سوخت اختلاط یافته و فناوری به‌کار رفته در ساخت موتورها بستگی دارد. بنابراین به منظور کاهش آلایندگی حاصل از وسائط نقلیه نیاز به تغییر در سوخت اختلاط یافته و اصلاح فناوری به‌کار رفته در تولید موتورها می‌باشد (Shi *et al*., 2008). به‌طور کلی اصلاح موتورهای دیزل هدف اصلی می‌باشد به‌خاطر اینکه نه تنها آلودگی‌ها کاهش می‌یابند بلکه میزان مصرف سوخت نیز کاهش می‌یابد. به هر حال اثبات شده است که تغییر در سوخت اختلاط یافته یک راه حل موثرتر و سریع‌تر به منظور کاهش آلودگی می‌باشد. متغیرهایی که باید در انتخاب یک سوخت جایگزین برای موتورهای دیزل مورد توجه قرار گیرند عبارتند از: نشر گازهای خروجی، پایداری سوخت، قابلیت استفاده و توزیع سوخت و تاثیر آن بر روی دوام موتور(De Menezes *et al*., 2006 ; Pinto *et al*., 2005).

۲ – بیودیزل

بیودیزل یک سوخت دیزل اکسیژن‌دار می‌باشد که از روغن‌های گیاهی و چربی‌های حیوانی بوسیله تبدیل تری گلیسریدهای چرب به استرها در طی فرایند ترانس استریفیکاسیون[۱] تولید می‌شود. این سوخت خصوصیاتی شبیه سوخت دیزل فسیلی دارد، به‌طوری که می‌توان آن را جایگزین سوخت دیزل با کمی یا بدون تغییر در موتور به‌کار برد. بسیاری از مطالعات به وضوح به این نتیجه رسیدند که بیودیزل به طور قابل توجهی می‌تواند نشر PM[۲] و CO را کاهش دهد(Cardone *et al*., 2002 ; Wang *et al*., 2000 ; Sharp *et al*., 2000).

بیودیزل یک جایگزین مهم برای سوخت وسائط نقلیه می‌باشد که ویژگی‌های بسیار خوبی برای سوخت موتور دیزل دارد بنابراین در موتورهای تراکمی احتراقی می‌تواند به‌کار رود. روغن گیاهان و چربی حیوانات چنانچه به‌طور مستقیم به عنوان سوخت در موتورهای دیزل استفاده شود با دو مشکل فراریت پایین و ویسکوزیته بالا مواجه می‌شود(Boey *et al*., 2009). بیودیزل در حال حاضر به‌طور عمده از پنبه دانه، سویا، کلزا و روغن نخل تولید می‌شود. Demirbas (2008) اظهار کرد که ارزش گرمایی (HHVs) بیودیزل نسبتا بالا می‌باشد. ارزش گرمایی بیودیزل از ۳۹ تا MJ/kg ۴۱ می‌باشد که این کمی پایین‌تر از بنزین (۴۶MJ/kg) و گازوییل (۴۳MJ/kg) یا نفت خام (۴۲MJ/kg) می‌باشد اما بیشتر از زغال سنگ (۳۷-۳۲MJ/kg) می‌باشد.

Ejaz and Younis (2008) به این نتیجه رسیدند که تقریبا روغن تمام انواع گیاهان را می‌توان جایگزین سوخت دیزل کرد. هر چند که روغن کلزا و نخل مناسب‌ترین روغن‌های گیاهی هستند که برای سوخت دیزل می‌توان به‌کار برد. بیودیزل به عنوان یک سوخت پاک حاوی مواد سرطانزا نمی‌باشد و میزان سولفور آن کمتر از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. بیودیزل به علت تجزیه پذیری بالا و مشخصه روانسازی عالی آن، وقتی که در موتورهای انژکتوری به‌کار گرفته می‌شود یک سوخت عالی به‌حساب می‌آید. همچنین این سوخت تجدید پذیر می‌باشد و به علت شباهت خواص فیزیکی و شیمیایی آن به سوخت‌های فسیلی و پتانسیل و قابلیت کاربرد آن به عنوان سوخت، در آینده نزدیک جایگزین سوخت‌های فسیلی خواهد شد.

Demirbas (2008) گزارش کرد که، متیل استرها خصوصیت روغن کاری را در سوخت دیزل مخلوط شده اصلاح می‌کنند. بیودیزل فرسودگی موتورهای احتراق تراکمی را می‌کاهد. بیودیزل یک روان کننده خوب می‌باشد و در حدود ۶۶٪ بهتر از سوخت‌های فسیلی می‌باشد. بهبود پایداری اکسیداسیون برای جلوگیری از خراب شدن وقتی که برای مدتی ذخیره می‌شود مهم است. اخیرا بیودیزل با سوخت‌های فسیلی به نسبت ۲۰ (بیودیزل) به ۸۰ (سوخت نفتی) مخلوط می‌شود. بیودیزل همچنین در بسیاری از کشورها از جمله آمریکا، مالزی، اندونزی، برزیل، آلمان، فرانسه، ایتالیا و سایر کشورهای اروپایی بکار می‌رود (Sharma and Singh, 2009).

سوخت‌های بیودیزل با ویژگی‌هایی نظیر: عدد ستان، چگالی، گرانروی، نقطه ریزش و ابری، نقطه اشتعال، خوردگی مس، مقدار خاکستر، دامنه تقطیر، میزان سولفور، بقایای کربن، مقدار اسید، مقدار گلیسیرین‌های آزاد، مقدار کل گلیسیرین‌ها، ارزش گرمایی و غیره مشخص می‌شوند. میزان گرانروی روغن‌های گیاهی بعد از واکنش تبادل استری به سرعت کاهش پیدا می‌کند (Sharma and Singh, 2009).

---

[۱] Transesterification
[۲] particulate matter

خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت بیودیزل شبیه سوخت‌های فسیلی می‌باشد. Islam *et al,* (۲۰۰۴)گزارش کردند که گرانروی، ویژگی با ارزش سوخت‌های بیودیزل می‌باشد. با توجه به اینکه گرانروی تاثیر فوق العاده‌ای بر روی عملیات تجهیزات تزریق سوخت دارد، به‌خصوص در دماهای پایین که افزایش سیالیت سوخت احساس می‌شود. او همچنین اظهار داشت که گرانروی بالا منجر به ریز سازی ضعیف سوخت پاش می‌شود که بر روی دقت کار انژکتورهای سوخت تاثیر می‌گذارد.

۲-۱- کاربرد سوخت بیودیزل در موتورهای دیزل

Bettis *et al* (1982) در مورد استفاده از روغن‌های آفتاب‌گردان، گل رنگ و کلزا به عنوان سوخت مایع مطالعاتی انجام دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که توان خروجی موتورهای تراکمی از این سوخت‌ها همانند سوخت‌های دیزلی می‌باشد. اما با مشکل شدید پایداری دراز مدت که منجر به تقطیر تخریبی می‌شد مواجه شدند. مقایسه بین بیودیزل حاصل از روغن آفتاب‌گردان و سوخت‌های دیزلی در حالت‌های تمام بار، بارکم و سرعت‌های مختلف موتور، در یک موتور ۲/۵ کیلو وات توسط Kapilan *et al,* (2009) انجام گرفت. آنها به این نتیجه رسیدند که استفاده از بیودیزل در موتور دیزل، کاهش ناچیزی از توان ترمزی و افزایش ناچیز مصرف سوخت را به دنبال دارد. به هر حال ویژگی روان سازی بیودیزل بهتر از دیزل می‌باشد که به افزایش عمر موتور کمک می‌کند. همچنین نشر گازهای خروجی بیودیزل به علت وجود اکسیژن در ساختار مولکولی بیودیزل، کمتر از سوخت دیزل می‌باشد. به علاوه سوخت بیودیزل دوستدار محیط زیست است زیرا بیودیزل SO_x تولید نمی‌کند و میزان نشر CO_2 را کاهش می‌دهد.

Agarwal and Das (2001) اختلاط مختلف روغن بزرک را با سوخت دیزل با سولفور بالا در یک موتور تک سیلندر دیزلی که در بخش کشاورزی بکار می‌رفت، آزمایش کردند. افزایش بازده گرمایی بویژه در بار پایین ثبت شد. از طرف دیگر Lin *et al,*(2006) کاهش بازده را در استفاده از بیودیزل روغن نخل ثبت کردند. این سوخت به‌صورت خالص و مخلوط ۲۰٪ در یک موتور انژکتوری غیر مستقیم به‌کار برده شد. همچنین نویسنده از افزایش در انرژی مصرفی خبر داد. Kapilan *et al,* (2009) از کاهش ۵ تا ۱۰٪ گشتاور و توان بویژه در حالت تمام بار خبر دادند. کاهش توان نزدیک به ۵٪ در سرعت پایین و ۱۰٪ در سرعت بالا بود.

استفاده از میلیون‌ها وسیله نقلیه در سرتاسر کره خاکی، بویژه در شهرهای بزرگ موجب نشر گازهایی می‌شود که محیط زیست را آلوده می‌کنند. این گازها به گازهای گلخانه‌ای شهرت دارند که موجب گرم شدن زمین می‌شوند. گازهای گلخانه‌ای مثل دی اکسید کربن، مونو اکسید کربن، اکسید نیتروژن و سولفور باعث آلودگی آب و هوا که نتیجه‌اش موجب خشکی و از بین رفتن محیط زندگی جانوران و گیاهان می‌شود. Demirbas (2009) گزارش کرد که سوخت‌های بیودیزل تجاری به‌طور معنی‌داری نشر گازها را ۸۳-۷۵ درصد نسبت به سوخت‌های فسیلی کاهش می‌دهند. در مقایسه با سوخت دیزل معمولی اکسیژن موجود در سوخت بیودیزل احتراق آن را بهبود می‌بخشد. بنابراین میزان ذرات ریز (PM)، مونو اکسید کربن (CO) و تمام هیدروکربن‌ها (THC) در موتور احتراق تراکمی کاهش می‌یابد در حالیکه اکسید نیتروژن (NOx) افزایش می‌یابد (Zheng *et al.*, 2008).

قبادیان و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی که بر روی یک موتور دیزل چهار زمانه دو سیلندر و با استفاده از شبکه عصبی انجام دادند به این نتیجه رسیدند که اختلاط سوخت دیزل خالص با متیل استر روغن‌های پسماند خوراکی عملکرد مناسبی بر روی موتور دارد و میزان نشر آلاینده‌ها را بهبود می‌بخشد. زنوزی و همکاران (۱۳۸۷) تغییر عملکرد موتور شش سیلندر پرکینز را در حالت تمام بار با استفاده از اختلاط سوخت بیودیزل حاصل از روغن پسماند و دیزل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با اضافه کردن بیودیزل به سوخت دیزل، به دلیل احتراق کامل، میزان توان و گشتاور موتور افزایش می‌یابد و با افزایش ۲۵ درصد بیودیزل به سوخت دیزل، عملکرد موتور بدون هیچ گونه تغییر و اصلاحی در اجزای آن بهبود می‌یابد.

نجفی و همکاران (۱۳۸۵) درصدهای مختلف اختلاط بیودیزل حاصل از روغن آفتاب‌گردان را بر روی یک موتور دیزل لیستر دوگانه سوز مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که انتشار آلاینده‌های CO، NO_X و UHC (هیدروکربن‌های نسوخته) در سوخت بیودیزل خالص به ترتیب ۶۷، ۸ و ۲ درصد نسبت به استفاده از سوخت گازوئیل خالص کاهش می‌یابد. همچنین با افزودن ۱۰ تا ۲۰ درصدی بیودیزل به گازوئیل خالص توان موتور تقریبا حفظ شد ولی انتشار آلاینده‌ها کاهش پیدا کرد.

۳- اتانول

اتانول یک سوخت قابل احتراق تجدید پذیر و پاک می‌باشد که به عنوان یک جایگزین خوب برای نفت در نظر گرفته شده است. (Bai *et al.*, 2008; Almeida and Silva, 2006) اگرچه انرژی معادل اتانول ۶۸ درصد پایین‌تر از سوخت‌های حاصل از نفت خام می‌باشد اما احتراق اتانول به دلیل دارا بودن اکسیژن پاکتر می‌باشد (Krylova *et al.*, 2008). بیواتانول به عنوان یک سوخت برای حمل و نقل استفاده می‌گردد که به دو طریق مهم می‌تواند به کاهش CO_2 کمک کند: با جانشین شدن بجای سوخت‌های فسیلی و بازسازی CO_2 زمانی که به عنوان سوخت سوزانده می‌شود. با استفاده از بیواتانول به جای سوخت‌های فسیلی از خطرات نشر آلایندگی سوخت‌های فسیلی اجتناب می‌شود و اجازه داده می‌شود که CO_2 موجود در سوخت‌های فسیلی به‌صورت ذخیره باقی بماند. سوختن اتانول بجای بنزین نشر کربن را تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهد (Lashinky and Schwartz,

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

2006). اتانول یک ترکیب اکسیژن دار است که به صورت مخلوط با سوخت دیزل بکار می‌رود. کاربرد اتانول در سوخت دیزل می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان انتشار ذرات معلق (PM) و گازهای سمی از قبیل CO و اکسید سولفور (SOx) را در مقایسه با سوخت دیزل فسیلی کاهش دهد (Ajiv *et al.*, 2000; Fernando and Hanna, 2004).

استفاده از اتانول به عنوان سوخت وسایل نقلیه سابقهٔ طولانی دارد. نمونه اولیه موتورهای احتراق داخلی در قرن نوزدهم و توسط SamuelMorey در سال ۱۸۲۶ و Nicholas Otto در ۱۸۷۶ ساخته شدند که قادر بودند از اتانول به عنوان سوخت استفاده کنند (Demirbas *et al.*, 2009). نخستین اتوموبیل توسط هنری فورد در سال ۱۸۹۶ ساخته شد و می‌توانست از اتانول خالص به عنوان سوخت استفاده کند. در سال ۱۹۰۸ مدل T فورد این قابلیت را داشت که هم می‌توانست از بنزین و هم از اتانول و یا اختلاط یافته از این دو را به عنوان سوخت بکار ببرد (Solomon *et al.*, 2007). استفاده از بیواتانول به عنوان سوخت در اتحادیه اروپا و آمریکا تا سال ۱۹۰۰ میلادی گسترش پیدا کرد. بعد از جنگ جهانی اول تقاضا برای اتانول کاهش پیدا کرد زیرا تولید آن بسیار گران‌تر از سوخت‌های فسیلی بود به هر حال اتانول هم به‌خاطر خاصیت ضدکوبشی (افزایش دهنده اکتان) و هم به‌خاطر امکان جایگزینی با سوخت‌های فسیلی محبوبیت خاصی نزد شرکت جنرال موتور و دوپونت[1]داشت (Demirbas *et al.*, 2009; Balat and Balat, 2009; Solomon *et al.*, 2007).

۳-۱- کاربرد اتانول در موتورهای دیزل

از قرن ۱۹ میلادی اتانول به عنوان سوخت در موتورهای دیزلی مورد استفاده قرار می‌گرفت. اتانول یک ترکیب اکسیژن دار کم هزینه و با میزان اکسیژن بالا (۳۴٪/۸) می‌باشد و به‌خاطر سهولت تولید، آن را می‌توان از زیست توده‌های مختلف مانند ذرت، نیشکر، چغندر قند جلبک دریایی و غیره تهیه کرد (Lapuerta *et al.*, 2007). اختلاط دیزل – اتانول نیاز به تغییرات کم و یا هیچ تغییری در موتورهای متداول می‌باشد. استفاده از اتانول در ترکیب با دیزل می‌تواند به‌طور معنی‌داری نشر گازهای سمی و ذرات ریز را در مقایسه با سوخت دیزل کاهش دهد. عملکرد بسیاری از موتورها با استفاده از سوخت‌های زیستی از قبیل اتانول به عنوان یک سوخت افزودنی مورد آزمون قرار گرفته است (Hansen *et al.*, 2005; Abu-Qudais *et al.*, 2000). روش‌های مختلفی به منظور استفاده از اتانول در یک موتور احتراق تراکمی توسعه یافته است (Ecklund *et al.*, 1984). به هر حال استفاده از مخلوط اتانول – دیزل همچنین با برخی محدودیت‌ها همراه است که شامل: روانکاری و گرانروی پایین، کاهش قابلیت اشتعال و عدد ستان، فراریت بالا و قابلیت اختلاط پایین (Hansen and Lyne, 2001; Satgé de Caro *et al.*, 2001: Li *et al.*, 2005) می‌باشد که ممکن است منجر به افزایش انتشار هیدروکربن‌های سوخته نشده گردد (Merritt *et al.*, 2005).

Ozer Can *et al.* (2004) در یک موتور چهار سیلندر دیزل – توربوشارژ دار پاشش مستقیم، تاثیر اضافه کردن اتانول به دیزل شماره دو را بر روی عملکرد و آلایندگی را در فشارهای مختلف پاشش و در حالت بار کامل مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که اضافه کردن اتانول به سوخت دیزل نشر مونو اکسید کربن (CO)، دود و دی اکسید سولفور (SO_2) را کاهش می‌دهد اما باعث افزایش اکسید نیتروژن (NOx) می‌گردد. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که افزایش فشار پاشش باعث کاهش CO و دود با کمی کاهش در توان می‌گردد.

سوخت‌های الکلی عدد ستان پایینی دارند بنابراین تحقیقات کمی بر روی کاربرد آنها در موتورهای دیزلی انجام گرفته است. به عنوان مثال اتانول دارای عدد ستان ۶ و متانول ۵ می‌باشد (Houghton-Alico, 1982). عدد ستان سوخت‌های دیزلی بین ۴۵ تا ۵۵ می‌باشد. سوخت‌های الکلی دارای زنجیره مستقیم را نمی‌توان در موتورهای دیزلی تغییر نیافته به‌کار برد. به هر حال امکان استفاده از مخلوط سوخت‌های الکل، استر و دیزل، در موتور دیزل وجود دارد (Ali *et al.*, 1995a).

Lapuerta *et al.* (2008 b) میزان انتشار آلاینده‌ها را در یک موتور دیزل مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که اختلاط دیزل و اتانول یک کاهش معنی‌داری از نشر ذرات ریز (PM) و یک افزایش غیر معنی‌دار از نشر سایر گازها (HC، CO، NO_X) دارد. احمد[2](۲۰۰۱) در تحقیقی میزان ۱۰ و ۱۵ درصد مخلوط اتانول و سوخت دیزل را در یک موتور احتراق تراکمی مورد استفاده قرار داد. او به این نتیجه رسید که میزان PM برای ۱۰ و ۱۵ درصد اختلاط اتانول- دیزل به ترتیب ۲۷ و ۴۱ درصد کاهش پیدا کرده و NO_X برای اختلاط ۱۰ و ۱۵ درصدی اتانول- دیزل ۴ و ۵ درصد افزایش یافت. علاوه بر این استفاده از اختلاط اتانول- دیزل برخی مضرات را هم بدنبال دارد زیرا مخلوط اتانول در دیزل غیر حلال می‌باشد و میزان نرمی (روانکاری) سوخت اختلاط یافته ضعیف می‌باشد. بیودیزل می‌تواند به عنوان یک افزودنی خوب برای ایجاد پایداری (تثبیت) اتانول در اختلاط دیزل بکار رود. به هر حال مشکل عمده سوخت اختلاط یافته اتانول با دیزل این است که اتانول در محدوده گسترده‌ای از دماها در دیزل قابل حل نمی‌باشد (Gerdes and Suppes, 2001). مطالعات نشان داده‌اند که بیودیزل را می‌توان به عنوان یک آمفیفایل[3](آب و چربی

---

[1] DuPont
[2] Ahmed
[3] amphiphile

دوست) برای پایداری اتانول در دیزل بکار برد و اختلاط سوخت دیزل – اتانول – بیودیزل می‌تواند به خوبی در دماهای زیر صفر پایدار باشد , (Fernando and Hanna, 2004; Makareviciene *et al*.2005).

۴- اختلاط سوخت بیودیزل و اتانول

تعدادی از مطالعات به این نتیجه رسیدند که اختلاط بیودیزل – اتانول به‌طور قابل توجهی میزان نشر CO و PM را کاهش و میزان نشر NO_X را در مقایسه با سوخت دیزل افزایش می‌دهد (Starr, 1997; Ali *et al*., 1995b; Durbin *et al*., 2000). سوخت اختلاط یافته از اتانول – متیل استر توسط علی[۱] و همکاران (۱۹۹۵a) در موتور دیزل مورد استفاده قرار گرفت و آنها گزارش کردند که عملکرد موتور با این نوع ترکیب همانند سوخت دیزل می‌باشد. اگر چه میزان مصرف ویژه سوخت[۲] حدود ۱۰ درصد افزایش پیدا کرد. آنها همچنین گزارش کردند که اختلاط اتانول با بیودیزل نتایجی همچون کاهش گرانروی و تبلور (کریستالی) را بدنبال داشت.

Aydin and Ilkilic (2010) در تحقیقی، تاثیر اضافه کردن اتانول به سوخت بیودیزل را بر روی عملکرد و آلایندگی یک موتور دیزل تک سیلندر- چهار زمانه – پاشش مستقیم در سرعت‌های مختلف و بار کامل مورد بررسی قرار دادند. سوخت‌های اختلاطی حاوی ۲۰٪ بیودیزل و ۸۰٪ دیزل (B20) - ۸۰٪ بیودیزل و ۲۰٪ اتانول (BE20) بود. در این تحقیق نشر CO در سوخت B20 و BE20 پایین‌تر از سوخت دیزل متداول بود و این را به‌خاطر غنی بودن اکسیژن حاصل از اتانول و بیودیزل دانستند. در سرعت‌های میانه (وسط) نشر CO پایین‌تر بود که می‌توانست به‌خاطر غنی بودن O_2 در محفظه احتراق و همچنین تلاطم کافی ایجاد شده بواسطه افزایش سرعت متوسط پیستون باشد. در صورتی‌که در سرعت‌های بالا به دلیل کافی نبودن زمان برای کامل شدن احتراق نشر CO افزایش پیدا کرد. بیشترین مقدار نشر NO_X (۱۲۹ ppm و ۱۰۲) در سرعت‌های ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ دور بر دقیقه و برای سوخت BE20 مشاهده شد.

Kass *et al.* در سال ۲۰۰۱ از کاهش ۲۰ و ۳۰ درصدی ذرات ریز به ترتیب برای ۱۰ و ۱۵ درصد حجمی اتانول گزارش کردند. در حالی‌که chen *et al* در سال ۲۰۰۷ به این نتیجه رسیدند که درصد حجمی ۱۰ و ۲۰ درصد اتانول، به ترتیب موجب کاهش ۲۵ و ۵۰ درصد ذرات ریز در اختلاط می‌گردد. Lu et al. (2004) همچنین به این نتیجه رسیدند که نشر NO_X در بارهای متوسط و پایین کاهش می‌یابد و به‌صورت جزئی در بارهای بالا افزایش می‌یابد. Rakopoulos et al. (2008 b) به بررسی عملکرد و آلایندگی حاصل از اختلاط سوخت دیزل با اختلاط ۵ و ۱۰ درصد اتانول در یک موتور شش سیلندر توربوشارژدار، پاشش مستقیم، موتور دیزل مرسدس بنز مینی بوس پرداختند. آزمایش‌ها در دو سرعت و سه بار مختلف انجام گرفت. غلظت دود به‌طور معنی‌داری با استفاده از سوخت‌های اتانول- دیزل نسبت به سوخت دیزل کاهش پیدا کرد.

Shudo *et al.* در سال ۲۰۰۷ تاثیر بیودیزل و اتانول را بر روی نشر دود و NO_X مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که به عقب انداختن زمان پاشش سوخت با افزایش سوخت‌های اختلاطی میزان گرمای آزاد شده را در طول مرحله احتراق پیش آمیخته افزایش می‌دهد و به این نتیجه رسیدند که کاهش دود را می‌توان به بهبود آهنگ احتراق پیش آمیخته نسبت داد. اختلاط الکل با بیودیزل می‌تواند چگالی و گرانروی سوخت پایه را کاهش دهد و منجر به ریزسازی بهتر و در نتیجه کاهش نشر pm می‌گردد.

Bhale *et al.* در سال ۲۰۰۹ گزارش کردند که نشر CO در موتور دیزل مورد آزمایش، وقتی‌که با بیودیزل Mahua مخلوط با اتانول کار می‌کند، کاهش می‌یابد در حالی‌که نشر HC افزایش می‌یابد. اما طبق گزارشی که در سال ۲۰۰۳ توسط Kumar و همکاران داده شد نشر HC با سوخت متانول پایین‌تر از روغن jatropha خالص بود. آنها دلیل این اختلاف را به بهبود ترکیب با هوا دانستند. نشر CO و HC مقیاسی برای کامل بودن احتراق می‌باشد. در احتراق بسیار خوب و کامل غلظت HC و CO در آلاینده‌های موتور پایین می‌باشد. از سوی دیگر بیودیزل و سوخت‌های اختلاط یافته میزان اکسیژن بالاتری از سوخت دیزل دارند که می‌تواند احتراق را بهبود بخشد و منجر به کاهش CO و HC می‌گردد. از طرف دیگر اتانول و متانول می‌توانند دمای گاز داخل سیلندر را کاهش دهند که می‌تواند منجر به افزایش نشر HC و CO گردد.

Hansen and Zhang (2003)عملکرد موتور دیزل کامینز[۳] را با سوخت ۱۵ درصد ED مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که توان موتور در حدود ۷ الی ۱۰ درصد کاهش می‌یابد و بازده گرمایی حدود ۲ الی ۳ درصد در سرعت مجاز افزایش می‌یابد. Kass et al. (2001)گشتاور خروجی همان مدل موتور را با دو مخلوط ۱۰ و ۱۵ درصد اتانول مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که توان موتور نزدیک به ۸ درصد برای هر دو نوع سوخت کاهش می‌یابد. Huang *et al* (2009) عملکرد موتور و نشر گازهای موتور دیزل را با استفاده از ۱۰، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد اتانول مخلوط با سوخت دیزل مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، نتایج نشان داد که بازده گرمایی ترمزی با افزایش میزان اتانول در سوخت‌های مخلوط شده کاهش می‌یابد. Rakopoulos *et al.* (2008b) به مطالعه تاثیر اختلاط اتانول با سوخت دیزل و با درصدهای ۵ و ۱۰ بر روی عملکرد و آلایندگی یک موتور دیزل توربوشارژدار پاشش مستقیم پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش میزان اتانول در سوخت اختلاط یافته مصرف ویژه

---

[۱] Ali
[۲] bsfc
[۳] Cummins

سوخت را افزایش و بازده گرمایی را کاهش می‌دهد.

۵- اختلاط سوخت‌های دیزل – بیودیزل – اتانول

بیودیزل به‌خاطر شباهتش با سوخت دیزل به‌طور عمده به‌کار برده می‌شود و اختلاط بیودیزل – دیزل را می‌توان در هر نسبتی به‌کار برد. بیودیزل اجازه اضافه کردن اتانول بیشتری به اختلاط می‌دهد و تحمل آب موجود در مخلوط را بهبود می‌بخشد و مخلوط را به‌حالت پایدار نگه می‌دارد، بنابراین می‌توان آن را به مدت طولانی ذخیره کرد. عدد ستان بالای بیودیزل، پایین بودن عدد ستان اتانول را جبران می‌کند، بنابراین احتراق موتور بهبود می‌یابد. به هر حال اضافه کردن بیودیزل میزان اکسیژن مخلوط را بالا می‌برد. همچنین بیودیزل خاصیت روان کنندگی دارد که برای موتور سودمند می‌باشد و از منابع انرژی تجدیدپذیر مانند روغن گیاهان و چربی حیوانات به‌دست می‌آید. همانند اتانول بیودیزل پتانسیل بالایی برای کاهش آلایندگی و به‌ویژه ذرات ریز دارد(Ribeiro *et al.*, 2007). مطالعات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از اختلاط دیزل – بیودیزل- اتانول می‌تواند به‌طور معنی‌داری میزان نشر CO، کلیه هیدروکربن‌ها (HC) و ذرات ریز را کاهش دهد (Shi *et al.*, 2005). اختلاط بیودیزل و بیواتانول با سوخت دیزل به‌طور معنی‌داری میزان نشر ذرات ریز (PM) را به‌خاطر اکسیژن موجود در سوخت‌های زیستی کاهش می‌دهد (Hansen *et al.*, 2005). رحیمی و همکاران (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که بیواتانول و متیل استر آفتاب‌گردان می‌تواند مشکل پایین بودن دما در اختلاط سوخت دیزل – بیودیزل – اتانول را به‌خاطر نقطه انجماد پایین بیواتانول و پایین بودن نقطه ریزش متیل استر آفتاب‌گردان بهبود بخشد. توان و گشتاور حاصل از سوخت دیزل– بیودیزل– اتانول و سوخت دیزل متداول، خیلی به هم نزدیک بودند. نشر CO و HC در مقایسه با سوخت دیزل متداول و حتی اختلاط دیزل- بیودیزل روند کاهشی داشت مطالعات بالا نشان داد که اختلاط سوخت دیزل – اتانول- بیودیزل میزان نشر CO، HC، PM و دود را کاهش می‌دهد در حالی‌که میزان نشر NO_X در مقایسه با سوخت دیزل افزایش پیدا می‌کند.

بیودیزل – اتانول – دیزل یک ترکیب جدید از اختلاط سوخت‌های زیستی تجدیدپذیر می‌باشد که ارزش انرژی برابر با سوخت‌های فسیلی دارد و دارای ویژگی‌های بسیار مطلوبی از نظر روغن‌کاری و دوستدار محیط زیست بودن می‌باشد. اختلاط بیودیزل و اتانول را می‌توان به عنوان یک عامل بهینه‌سازی اکسیژن برای سوخت‌های دیزلی پیشنهاد کرد (McCormick and Parish, 2001). Shi و همکاران (۲۰۰۵) و علی و همکاران (۱۹۹۵b)، به ترتیب چهار و دوازده ترکیب مختلف از بیودیزل، اتانول و دیزل را در یک موتور دیزل به منظور بررسی عملکرد و نشر آلاینده‌های موتور مورد آزمایش قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که ذرات ریز (PM)، تمام هیدروکربن‌ها (THC) و مونواکسیدکربن (CO) به طور قابل ملاحظه‌ای برای اختلاط بیودیزل – اتانول – دیزل در مقایسه با سوخت دیزل فسیلی کاهش پیدا کرده است.

Chen *et al.* (2007) گزارش کردند که با افزایش اتانول در سوخت مخلوط یافته استر- اتانول- دیزل، نشر دوده خشک در PM به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و نشر SOF[1] در PM نیز کاهش پیدا کرد (زمانی‌که درصد اتانول کمتر از ۲۰ درصد بود). آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که بیودیزل و اتانول قابلیت انحلال دارند و پتانسیل اتانول در کاهش میزان نشر NO_X یک مزیت به شمار می‌رفت. Ren *et al.* (2008) و Hansen *et al* (2006) نشان دادند که افت دمای احتراق به موجب افزایش گرمای تبخیر می‌تواند نشر NO_X را متوقف کند و به این نتیجه رسیدند که اتانول می‌تواند به عنوان یک عامل موثر در کاهش NO_X بکار رود.

محدودیت‌هایی در تحقیقاتی که بر روی کاربرد اختلاط اتانول- بیودیزل در موتورهای دیزلی انجام شده وجود دارد. Kumar و همکاران (۲۰۰۶) اتانول را با چربی حیوانات در یک موتور دیزل بکار بردند. آنها دریافتند که نشر NO_X کاهش می‌یابد. در حالی که نشر HC و CO در بار پایین موتور افزایش و در بار بالای موتور کاهش می‌یابد. Lebedevas *et al.* (2009) گزارش کردند که نشر CO و NO_X به ازای افزایش هر ده درصد اتانول مخلوط شده با متیل استر روغن کلزا، ۱۰ الی ۱۲ درصد کاهش می‌یابد. Bhale *et al.* (2009) عملکرد و نشر سوخت حاصل از اختلاط بیودیزل Mahua (نوعی درخت در هند) با اتانول را مورد مطالعه قرار دادند. آنها شاهد کاهش نشر CO و NO_X در اختلاط ۲۰ درصد سوخت و افزایش نشر HC بودند.

خوب بخت و همکاران (a ۲۰۱۶) در تحقیقی که بر روی آلایندگی یک موتور چهار سیلندر دیزل و با استفاده از ترکیب سوخت های دیزل – بیودیزل و اتانول انجام دادند به این نتیجه رسیدند که اختلاط‌های سوختی $D_{60}B_{32}E_8$ و $D_{56}B_{31}E_{13}$ مناسب‌ترین اختلاط‌ها به ترتیب برای کمینه کردن آلاینده CO و HC شناخته شدند. بجز درصدهای بالای اتانول و درصدهای پایین بیودیزل در بقیه اختلاط‌های سوختی انتشار آلاینده CO_2 بالاتر از سوخت دیزل می‌باشد و کمترین میزان انتشار این آلاینده برای سوخت اختلاط یافته $D_{72}B_0E_{28}$ اتفاق افتاد. با افزایش میزان غلظت سوخت‌های بیودیزل و اتانول میزان انتشار آلاینده NOx نسبت به سوخت دیزل افزایش پیدا کرد و کمترین میزان انتشار این آلاینده برای سوخت اختلاط یافته $D_{46}B_{36}E_{18}$ شناخته شد. Fer nando and Hanna (2004) تطابق نسبی سوخت اتانول، بیودیزل و دیزل را مورد بررسی قرار دادند. آنها گزارش کردند که سوخت اختلاط یافتهی اتانول- بیودیزل- دیزل در دمای زیر صفر پایدار می‌باشد و ویژگی‌هایی برابر یا بالاتر از سوخت دیزل

[1] Soluble Organic Fraction

معمولی دارد. با وجود اینکه اتانول به‌طور قابل ملاحظه‌ای ارزش انرژی پایین، عدد ستان و میزان روانکاری پایین‌تری نسبت به بیودیزل و یا دیزل معمولی دارد، ارزش گرمایی و عدد ستان مخلوط سوختی اتانول – بیودیزل – دیزل ثابت باقی می‌ماند (بدون کاهش معنی‌دار).

Barabás and Todorut (2009) خصوصیات کلیدی اختلاط سوخت های بیودیزل- دیزل- اتانول (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد اتانول و ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد بیودیزل) را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که این اختلاط‌ها چگالی و گرانروی مشابه و یا نزدیک به سوخت دیزل استاندارد را دارد. به طور کلی ترکیب حاوی ۵ درصد اتانول ویژگی‌های بسیار نزدیکی به سوخت دیزل داشت.

Shi *et al.* (2006) میزان نشر آلاینده‌های اختلاط حاوی ۵ درصد حجمی اتانول، ۲۰ درصد متیل سویا و ۷۵ درصد سوخت دیزل را روی یک کامیون دیزلی 4B مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان نشر PM به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و نشر NO_X دو تا ۱۴ درصد افزایش پیدا کرد. میزان کل هیدروکربن‌ها (THC) این ترکیب پایین‌تر از سوخت دیزل تحت شرایط عملیاتی بود. Jha et al. (2009) خصوصیات انتشار آلاینده‌های اختلاط سوخت دیزل – بیودیزل – اتانول را روی یک موتور دیزل کار کرده و دو موتور دیزل نو مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت اتانول انتشار NO_X در موتورهای نو به‌طور معنی‌داری کاهش یافت در صورتی‌که در موتور کار کرده و تحت همان شرایط NO_X افزایش یافت. میزان انتشار CO با افزایش درصد اتانول در هر دو نوع موتور نو و کار کرده افزایش پیدا کرد.

Qi *et al.* (2010) متانول را در ترکیب بیودیزل و دیزل، به منظور بررسی احتراق و نشر آلاینده‌ها در یک موتور دیزل بکار بردند. آنها به این نتیجه رسیدند که میزان نشر دود، HC ، NO_X و CO در اختلاط بیودیزل – دیزل – متانول در مقایسه با ترکیب بیودیزل – دیزل کاهش چشم‌گیری داشته است. رحیمی و همکاران در تحقیقی در سال ۲۰۰۹، به بررسی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی سوخت‌های حاصل از اختلاط دیزل با بیواتانول حاصل از بقایای سیب زمینی و متیل استر حاصل از آفتاب‌گردان پرداختند و عملکرد و آلایندگی این سوخت‌ها را بر روی یک موتور دیزل دو سیلندر (Ruggerini - RD270) هوا – خنک، در سرعت‌های مختلف و بار کامل مورد بررسی قرار دادند. آنها به این نتیجه رسیدند که اضافه کردن بیواتانول به سوخت دیزل به‌طور معنی‌داری میزان عدد ستان مخلوط را کاهش می‌دهد و عدد ستان دیسترول، عدد ستان مورد قبولی است، زیرا بیودیزل می‌تواند عدد ستان سوخت بیواتانول- دیزل را افزایش دهد. همچنین بیواتانول و متیل استر آفتاب‌گردان می‌توانند محدودیت ناشی از پایین بودن دما را به‌خاطر نقطه انجماد پایین بیواتانول و نقطه اشتعال پایین بیودیزل بهبود ببخشند. در نتیجه سوخت دیسترول برای آب و هوای سرد در مقایسه با سوخت دیزل بسیار مناسب‌تر می‌باشد. همچنین گرانروی سوخت دیسترول در محدوده استاندارد می‌باشد و اضافه کردن ۳٪ بیواتانول به سوخت دیزل و متیل استر آفتاب‌گردان نقطه اشتعال سوخت اختلاطی را بسیار پایین‌تر از حد استاندارد ASTM می‌کند که موجب بروز مشکلاتی در ذخیره و حمل و نقل این سوخت می‌گردد. نتایج دیگر این تحقیق نشان داد که میزان گوگرد سوخت دیسترول با افزایش اختلاط اکسیژن‌دار کاهش می‌یابد و توان و گشتاور تولیدی با استفاده از سوخت دیسترول و دیزل خیلی نزدیک به هم بود. در خصوص آلاینده‌ها نشر CO و HC سوخت دیسترول در مقایسه با سوخت دیزل کاهش پیدا کرد (حتی در مقایسه با اختلاط دیزل- بیودیزل).

خوب بخت و همکاران (b ۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی بازده اکسرژی و انرژی حاصل از اختلاط سوخت های دیزل – بیودیزل و اتانول پرداختند نتایج نشان داد که درصدهای پایین بیودیزل و اتانول تا حدودی بازده گرمایی و بازده اکسرژی بالاتری نسبت به سوخت دیزل دارند و با افزایش درصد این سوخت‌ها این دو مشخصه نیز کاهش پیدا می‌کند. مناسب‌ترین سوخت اختلاط یافته برای بیشینه کردن توان ترمزی، بازده گرمایی و بازده اکسرژی به ترتیب برای سوخت دیزل خالص، $D_{83}B_{12}E_5$ و $D_{80}B_{14}E_6$ به دست آمد.

Park *et al.* در تحقیقی که بر روی یک موتور دیزل چهار سیلندر و با استفاده از اختلاط‌های سوخت دیزل – بیودیزل – اتانول انجام دادند به این نتیجه رسیدند که اختلاط اتانول در سوخت باعث کاهش نشر NO_X، به دلیل پایین بودن ارزش گرمایی و بالا بودن گرمای نهان تبخیر اتانول می‌گردد. همچنین نشر HC با افزایش بار موتور کاهش یافت و میزان نشر HC در سوخت دیزل حاوی اتانول از سوخت دیزل متداول بالاتر بود. افزایش بار موتور باعث کاهش میزان CO می‌گردد. نشر CO همچنین با افزایش میزان اتانول در مخلوط افزایش یافت. اگرچه مخلوط‌های حاوی اتانول میزان مولکول‌های اکسیژن‌دار در محفظه احتراق را افزایش می‌دهد، گرمای نهان تبخیر بالای اتانول باعث پایین آمدن دمای محفظه احتراق می‌گردد. پایین بودن دمای محفظه احتراق از اکسیداسیون CO به CO_2 جلوگیری می‌کند (Park *et al.*, 2011).

Guarieiro *et al.* (2009) دریافتند که بازده احتراق سوخت دیزل می‌تواند بواسطه اکسیژن موجود در سوخت‌هایی از قبیل اتانول و بیودیزل حاصل از روغن‌های گیاهی افزایش یابد. در اختلاط‌های مختلف بر پایه سوخت‌های دیزل– اتانول، دیزل– اتانول– بیودیزل حاصل از روغن سویا، دیزل– اتانول– بیودیزل حاصل از روغن کرچک، دیزل– اتانول– بیودیزل پسماند، دیزل– اتانول– روغن سویا، دیزل– اتانول– روغن کرچک، هیچ تغییر معنی‌داری در میزان نشر CO وجود نداشت.

در تحقیق دیگری که توسط Cheenkachorn and Fungtammasan (2010) انجام گرفت اختلاط سوخت‌های دیزل (۸۴٪)، اتانول (۵٪) و بیودیزل (۱۱٪) در یک کامیون سبک کار و در مقایسه با سوخت دیزل مورد آزمایش قرار گرفت. آنها دریافتند که اختلاف معنی‌داری در نشر گازهای NOx و CO_2 در این دو نوع سوخت وجود ندارد، اما اختلاط دیزل– اتانول– بیودیزل میزان نشر CO و ذرات ریز را در مقایسه با سوخت دیزل کاهش

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

می‌دهد. همچنین اختلاف معنی‌داری در میزان مصرف سوخت این دو نوع سوخت وجود نداشت. در اکثر تحقیقات انجام گرفته در زمینه اختلاط سوخت‌ها بر پایه بیودیزل– اتانول– دیزل میزان نشر PM کاهش می‌یابد در حالی‌که نتایج مختلفی در مورد نشر NOx و CO وجود دارد. در حالی‌که بسیاری از مطالعات تغییرات معنی‌داری در میزان نشر CO نشان نمی‌دهد، بعضی از مطالعات یک افزایش و یا کاهش در نشر CO را نشان می‌دهند. همچنین نتایج متناقضی در مورد میزان نشر NOx وجود دارد چرا که بسیاری از مطالعات نشان از افزایش میزان نشر NOx دارند و در تحقیق دیگر نشان از کاهش NOx در یک موتور نو نسبت به موتور کارکرده وجود دارد.

۶- نتایج

با توجه به تحقیقات انجام شده از محققان مختلف در این تحقیق، در مورد کاربرد سوخت های زیستی در موتور دیزل نتایج ذیل حاصل شد.

- دو سوخت زیستی اکسیژن دار (بیودیزل و بیواتانول) به عنوان سوخت‌های جایگزین برای موتورهای دیزل مورد توجه زیادی قرار گرفته‌اند (به‌خاطر تجدید پذیری و دوستدار محیط زیست بودن) .
- تقریبا روغن تمام انواع گیاهان را می‌توان جایگزین سوخت دیزل کرد و خواص فیزیکی و شیمیایی سوخت بیودیزل شبیه سوخت‌های فسیلی می‌باشد.
- استفاده از بیودیزل در موتور دیزل، کاهش ناچیزی از توان ترمزی و افزایش ناچیز مصرف سوخت را به دنبال دارد و ویژگی روان‌سازی بیودیزل بهتر از دیزل می‌باشد که به افزایش عمر موتور کمک می کند
- در مقایسه با سوخت دیزل معمولی اکسیژن موجود در سوخت بیودیزل احتراق آن را بهبود می‌بخشد. بنابراین میزان ذرات ریز (PM)، مونو اکسید کربن (CO) و تمام هیدروکربن‌ها (THC) در موتور احتراق تراکمی کاهش می‌یابد در حالی‌که اکسید نیتروژن (NOx) افزایش می‌یابد.
- احتراق اتانول به دلیل دارا بودن اکسیژن دارای آلایندگی کمتری نسبت به سوخت دیزل می‌باشد. کاربرد اتانول در سوخت دیزل می‌تواند به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان انتشار ذرات معلق (PM) و گازهای سمی از قبیل CO و اکسید سولفور (SOx) را در مقایسه با سوخت دیزل فسیلی کاهش دهد.
- مشکل عمده سوخت اختلاط یافته اتانول با دیزل این است که اتانول در محدوده گسترده‌ای از دماها در دیزل قابل حل نمی‌باشد همچنین افزایش میزان اتانول در سوخت اختلاط یافته مصرف ویژه سوخت را افزایش و بازده گرمایی را کاهش می‌دهد.
- اختلاط سوخت دیزل – اتانول- بیودیزل میزان نشر CO، HC، PM و دود را کاهش می‌دهد در حالی‌که میزان نشر NOx در مقایسه با سوخت دیزل افزایش پیدا می کند همچنین سوخت اختلاط یافته اتانول- بیودیزل- دیزل در دمای زیر صفر پایدار می‌باشد.

۷- مراجع

Abu-Qudais, M., Haddad, O., & Qudaisat, M. (2000). The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions. *Energy Conversion and Management*, 40, 389–399.

Agarwal, A.K., & Das, L.M.(2001). Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *Transaction of the ASME Journal of Engineering for Gas Turbine and Power*, 123,440–7.

Ahmed, I.(2001). Oxygenated diesel: *emissions and performance characteristics of ethanol–diesel blends in CI engines*. SAE Tec Pap Ser, No. 2001-01-2475.

Ajiv, E.A., Singh, B., & Bhattacharya, T.K. (2000). Thermal balance of a single cylinder diesel engine operating on alternative fuels. *Energy Conversion and Management*, 41, 1533–1541.

Ali, Y., Eskridge, K.M., & Hanna, M.A.(1995a). Testing of alternative diesel fuel from tallow and soybean oil in cummins N14–410 diesel engine. *Bioresource Technology*, 53, 243–254.

Ali, Y., Hanna, M.A., & Borg, J.E.(1995b). Optimization of diesel, methyl tailowate and ethanol blend for reducing emissions from diesel engine. *Bioresource Technology*, 52, 237–243.

Almeida, E.L.F., & Silva, C.M.S. (2006). Formação de um mercado internacional de etanol e suas inter- relações com os mercados de petróleo e açúcar. XI Congresso Brasileiro de Energia, *Rio de Janeiro*, Brazil.

Aydin, H., & Ilkilic, C.(1010). Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine. *Applied Thermal Engineering* , 30, 1199–1204.

Bai, F.W., Anderson, W.A., & Moo-Young, M. (2008). Ethanol fermentation technologies from sugar and starch feedstocks. *Biotechnol Adv*, 26,89-105.

Balat, M., & Balat, H. (2009). Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Appl Energy*, 86,2273–82.

Barabas, I., & Todorut, A, I.(2009). Key fuel properties of biodieseledіesel fueleethanol blends. *SAE*, No 2009-01-1810.

Bettis, B.L., Peterson, C.O., Auld, D.L., Driscoll, D.J., & Peterson, E.D. (1982).Fuel characteristics of vegetable oil fromoil seed crops in the Pacific Northwest. *Agronomy of Journal*, 74,335–9.

Bhale, P.V., Deshpande, N.V., & Thombre, S.B.(2009). Improving the low temperature properties of biodiesel fuel. *Renew Energy*, 34,794–800.

Boey, P.L., Gaanty, P.M., & Shafida, A. (2009). Biodiesel from adsorbed waste oil on spent bleaching clay using CaO as a heterogeneous catalyst. *European Journal of Scientific Research*, 33(2),347–57 [ISSN 1450-216X]

Cardone, M., Prati, M.V., Rocco, V., Seggiani, M., Senatore, A., & Vitolo, S.(2002). Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: engine performance and regulated and unregulated exhaust emissions. *Environ- mental Science and Technology*, 36, 4656–4662.

Cheenkachorn, K., & Fungtammasan, B. (2010). *An investigation of diesel-ethanol-biodiesel blends for diesel engine*: Part 2 e Emission and engine performance of a light- duty truck. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects, 32,894-900.

Chen, H., Shi-Jin, S., & Jian-Xin, W.(2007). Study on combustion characteristics and PM emission of diesel engines using ester–ethanol–diesel blended fuels. *Proc Combust* Inst, 31,2981–9.

De Menezes, E.W., da Silva, R., Catalun ˜a, R., & Ortega, R.J.C.(2006). Effect of ethers and ether/ethanol additives on the physicochemical properties of diesel fuel and on engine tests. *Fuel* , 85, 815–822.

Demirbas, A. (2008) Biodiesel: *a realistic fuel alternative for diesel engines*. London: Springer.

Demirbas, A. (2009). Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy Conversion and Management*, 50,14–34.

Ecklund, E., Bechtold, R.L., Timbario, T.J., & Mc Callum, P.W. (1984). State of the art report on the use of alcohols in diesel engines, *SAE Transactions*, 840118, 1684–1702.

Ejaz, M.S., & Younis, J.(2008). A review of biodiesel as vehicular fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12,2484–94.

Fernando, S., & Hanna, M. (2004). Development of a novel biofuel blend using ethnaol–biodiesel–diesel miscroemulsions: EB–diesel. *Energy and Fuels*, 18, 1695–1703.

Gerdes, K.R., & Suppes, G.J.(2001). Miscibility of ethanol in diesel fuels. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 40,949–956.

Ghobadian, B., Rahimi, H., Nikbakht, A.M., Najafi, G., & Yusaf, T.F. (2009). Diesel engine per- formance and exhaust emission analysis using waste cooking biodiesel fuel with an artificial neural network. *Renew Energ*, 34,976–82.

Guarieiro, L.L.N., de Souza, A. F., Torres, E.A., & de Andrade, J.B. (2009). Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO_2, and NOx emitted by a diesel engine fuelled with diesel and ternary blends containing diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils. *Atmospheric Environment*, 43, 2754–2761.

Hansen, A.C., & Lyne, P.W.L. (2001). Ethanol–diesel blends: a step towards a bio-based fuel for diesel engines. *ASAE Paper*, 01–6048.

Hansen, A.C., & Zhang, Q.(2003). "*Engine durability evaluation with E-diesel*". Paper Number: 036033. In: An ASAE meeting presentation, Las Vegas, Nevada, USA, 27–30 July, p. 13.

Hansen, A.C., Gratton, M.R., & Yuan, W. (2006). Diesel engine performance and NOx emissions from oxygenated biofuels and blends with diesel fuel. *Trans Am Soc Agric Biol Eng*, 49,589–95.

Hansen, A.C., Zhang, Q., & Lyne, P.W.L.(2005). Ethanol–diesel fuel blends – a review, *Bioresource Technology*, 96, 277–285.

Houghton-Alico, D.(1982). Uses of alcohol fuels, in: Alcohol Fuels: *Policies*, *Production*, *and Potential*, vol. 80301, Westview Press Boulder, CO, pp. 118–125.

Huang, J., Wang, Y., Li, S.h., Roskilly, A.P., Yu, H., & Li, H. (2009). Experimental investigation on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with ethanol-diesel blends. *Applied Thermal Engineering* , 29, 2484-2490.

Islam, M.N., Islam, M.N., & Beg M.R.A. (2004). The fuel properties of pyrolysis liquid derived from urban solid wastes in Bangladesh. *Bioresource Technology*, 92, 181–6.

Jha, S.K., Fernando, S., Columbus, E., & Willcutt, H.(2009). A comparative study of exhaust emissions using dieselebiodieseleethanol blends in new and used engines. *Transactions of the ASABE*, 52(2), 375-81.

Kapilan, N., Ashok Babu, T.P., & Reddy, R.P.(2009). Technical aspects of biodiesel and its oxidation stability. International Journal of ChemTech Research CODEN (USA) IJCRGG, 1(2),278–82 [ISSN: 0974-4
290].

Kaplan, C., Arslan, R., & Surmen, A. (2006). Performance characteristics of sunflowermethyl sters as biodiesel. *Energy Source Part A*, 28,751–5.

Kass, M.D., Thomas, J.F., Storey, J.M., Domingo, N., Wade, J., & Kenreck, G. (2001). Emissions from a 5.9 liter diesel engine fueled with ethanol diesel blends. *SAE Technical Paper*, 01, 2018 (SP-1632).

Khoobbakht, G., Akram, A., Karimi, M., & Najafi, G. (2016 b) . Exergy and Energy Analysis of Combustion of Blended Levels of Biodiesel, Ethanol and Diesel Fuel in a DI Diesel Engine. Applied Thermal Engineering, 99, 720–729.

Khoobbakht, G., Najafi, G., Karimi, M., & Akram, A. (2016 a) . Optimization of operating factors and blended levels of diesel, biodiesel and ethanol fuels to minimize exhaust emissions of diesel engine using response surface methodology. *Applied Thermal Engineering*, 99 , 1006-1017.

Krylova, A.Y., Kozyukov, E.A., & Lapidus, A.L.(2008). Ethanol and diesel fuel from plant raw materials: a review. *Solid Fuel Chem*, 42,358–64.

Kumar, M.S, Kerihuel, A., Bellettre, J., & Tazerout, M. (2006). Ethanol animal fat emulsions as a diesel engine fuel – Part 2: engine test analysis. *Fuel*, 85:2646–52.

Kumar, M.S., Ramesh, A., & Nagalingam, B. (2003). An experimental comparison of methods to use methanol andJatrophaoil ina compression ignition engine. *Biomass Bioenerg*, 25, 309–18.

Lapuerta, M., Armas, O., & Garcyıa-Gontreras, R. (2007). Stability of diesel–bioethanol blends for use in diesel engines. *Fuel*, 86,1351–1357.

Lapuerta, M., Armas, O., & Rodríguez-Fernández, J.(2008a). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Prog Energy Combust Sci*, 34,198–223.

Lashinky, A., & Schwartz, N.D.(2006). How to beat the high cost of gasoline. Forever!; (available online) bhttp://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune _archive/2006/02/06/8367959/index.htm?cnn=yesN last visited 26 Feb 2010).

Lebedevas, S., Lebedeva, G., Makareviciene, V., Janulis, P., & Sendzikiene, E.(2009). Usage of fuel mixtures containing ethanol and rapeseed oil methyl esters in a diesel engine. *Energy Fuels*, 23,217–23.

Li, D., Zhen, H., Xing-cai, L., Wu-gao, Z., & Jian-guang, Y.(2005). Physico-chemical properties of ethanol–diesel blend fuel and its effect on performance and emissions of diesel engines. *Renewable Energy*, 30, 967–976.

Lu, X.C., Huang, Z., Zhang, W.G., & Li, D.G.(2004). The influence of additives on the performance and combustion characteristics of diesel engine. *Combustion Science and Technology*, 176, 1309–1329.

Makareviciene, V., Sendzikiene, E., & Janulis, P.(2005). Solubility of multi-component biodiesel fuel systems. *Bioresource Technology*, 96, 611–616.

McCormick, R.L., & Parish, R. (2001). Technical barriers to the use of ethanol in diesel fuel. *Milestone Report to NREL/MP*, 540-32674.

Najafi, B. (2006). Experimental study of combustion process and emission of dual burner engines using CNG and biodiesel fuels. *Doctoral dissertation, Tarbiat Modarres University*.

Ozkan, M., Ergenc, A.T., & Denız, O. (2005). Experimental performance analysis of biodiesel, traditional diesel and biodiesel with glycerine. Turkish Journal of *Engineering and Environmental Sciences*, 29,89–94.

Park, S.H., Youn, I.M., & Lee, C.S.(2011). Influence of ethanol blends on the combustion performance and exhaust emission characteristics of a four-cylinder diesel engine at various engine loads and injection timings. *Fuel*, 90, 748–755.

Pinto, A.C., Guarieiro, L.L.N., Rezende, M.J.C., Ribeiro, N.M., Torres, E.A., Lopes, W.A., Pereira, P.A.P., & de Andrade, J.B. (2005). Biodiesel: an overview. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16, 1313–1330.

Qi, D.H., Chen, H., Geng, L.M., Bian, Y.Z.H., & Ren, X.C.H.(2010). Performance and combustion characteristics of biodiesel–diesel–methanol blend fuelled engine. *Applied Energy*, 87, 1679–86.

Rahimi, H., Ghobadian, B., Yusaf, T., Najafi, G.h., & Khatamifar M.(2009). Diesterol: An environment-friendly IC engine fuel. *Renewable Ene*, 34, 335-342.

Rakopoulos, D.C., Rakopoulos, C.D., Kakaras, E.C., & Giakoumis, E.G. (2008b). Effects of ethanol–diesel fuel blends on the performance and exhaust emissions of heavy duty DI diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 49, 3155–3162.

Ren, Y., Huang, Z.H., Jiang, D.M., Li, W., Liu, B., & Wang, X.B.(2008). Effect of the addition of ethanol and cetane number improver on the combustion and emission characteristics of a compression ignition engine. Proc Inst Mech Eng Part D – *J Automob Eng*, 222,1077–87.

Ribeiro, N.M., Pinto, A.C., Quintella, C.M., Rocha, G.O., Teixeira, L.S.G., Guarieiro, L.L.N., Rangel, M.C., Oliveira, A.M., Torres, E.A., & Andrade, J.B.(2007). The role of additives for diesel and diesel blended (ethanol or biodiesel) fuels: a review. *Energy and Fuels*, 21:2433-2445.

SatgédeCaro, P., Moulongui, Z., Vaitilingom, G., & Berg, J.C.H.(2001). Interest of combining an additive with diesel–ethanol blends for use in diesel engines. *Fuel*, 80, 565–574.

Sharma, Y.C., & Singh, B.(2009). Development of biodiesel: current scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13,1646–51.

Sharp, C.A, Howell, S.A., & Jobe. J. (2000). The effect of biodiesel fuels on transient emissions from modern diesel engines, Part I. Regulated emissions and performance. *SAE Technical Paper*, 01-1967.

Shi, X., Yu, Y., He, H., Shuai, S., Dong, H., & Li, R.(2008). Combination of biodiesel– ethanol–diesel fuel and SCR catalyst assembly to reduce emissions from a heavy-duty diesel engine. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 177–182.

Shi, X., Yu, Y., He, H., Shuai, S., Wang, J., & Li, R. (2005). Emission characteristics using methyl soyate–ethanol–diesel fuel blends on a diesel engine. *Fuel*, 84, 1543–1549.

Shi, X.Y., Pang, X.B., Mu, Y.J., He, H., Shuai, S.J., & Wang, J.X. (2006). Emission reduction potential of using ethanol – biodiesel-diesel fuel blend on a heavy-duty diesel engine. *Atmospheric Environment*, 40,2567–74.

Shudo, T., Hiraga, K., & Ogawa, H.(2007). Mechanisms in reducing smoke and NOx from BDF combustion by ethanol blending and EGR. *SAE Tec Pap Ser*, No. 2007-01-0622.

Solomon, B.D., Barnes, J.R., Halvorsen, K.E. (2007). Grain and cellulosic ethanol: history, economics, and energy policy. *Biomass Bioenerg*, 31,416–25.

Starr, M.E.(1997). Influence on transient emissions at various injection timings, using cetane improvers, biodiesel, and low aromatic fuels. *SAE Technical, Paper*, 972904.

Stone, R.(1992). *Introduction to internal combustion engines*. 3rd ed. London: MacMillan.

Subbaiah, G.V., Gopal, K.R., & Hussain, S.A. (2010) .The Effect of Biodiesel and Bioethanol Blended Diesel Fuel on the Performance and Emission Characteristics of a Direct Injection Diesel Engine. *ranica Journal of Energy & Environment*, 1 (3), 211-221.

Wang, W.G., Lyons, D.W., Clark, N.N., Gautam, M., & Norton, P.M. (2000).Emissions from nine heavy trucks fueled by diesel

and biodiesel blend without engine modification. *Environ- mental Science and Technology*, 34, 933–939.

Zenouzi, A., Ghobadian, B., Tavakoli Hashjin, T., Feizolla nejad, M., & Baqerpour, H. (2008). Effect of fuel mixes of diesel and biodiesel from waste oils of edible oils in the performance of compression ignition engine (CI). *Fuel and combustion research journal*, 1, 44-37.

Zheng, M., Mulenga, M.C., Reader, G.T., Wang, M., Ting, D.S.K., & Tjong, J.(2008), Biodiesel engine performance and emissions in low temperature combustion. *Fuel*, 87,714-22.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران