

تجزیه و تحلیل رگرسیونی عملکرد یک موتور دیزل با سوخت بیودیزل و تغییر زمان پاشش سوخت

سجاد رستمی^{۱*}، برات قبادیان^۲، لطفاله سوادکوهی^۳ و رضا ابراهیمی^۴

چکیده

استفاده از بیودیزل در مقایسه با سوخت‌های فعلی باعث کاهش انتشار گازهای مؤثر گلخانه‌ای می‌شود. ویژگی‌های متفاوت بیودیزل با سوخت دیزل مرسوم تأثیراتی بر عملکرد موتور دارد. برای عملکرد بهینه یک موتور با هرکدام از این سوخت‌ها یا مخلوط‌های مختلف آن‌ها، لازم است که بعضی از شرایط کاری موتور تغییر داده شود. در این پژوهش، عملکرد یک موتور دیزل پاشش مستقیم با سوخت بیودیزل در زمان‌های پاشش ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه قبل از نقطه مرگ بالا بررسی شد. آزمایش‌ها در چهار دور مختلف موتور انجام شد. نتایج گشتاور، توان، دمای گازهای خروجی از اگزوز و مصرف ویژه سوخت ترمزی برای سوخت‌های B20، B40 و B100 در شرایط مختلف دور موتور و زمان پاشش یادداشت شده و به کمک روابط رگرسیونی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج پیش‌بینی شده با این روابط، همبستگی قابل قبولی ($R > 0.89$) با نتایج تجربی داشتند. نتایج نشان داد که جلو انداختن زمان پاشش گشتاور ترمزی، توان و بازده حرارتی را افزایش و دمای گازهای خروجی از اگزوز و مصرف ویژه سوخت ترمزی را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: سوخت بیودیزل، زمان پاشش سوخت، معادلات رگرسیونی، موتور دیزل.

ارجاع: رستمی س. قبادیان ب. سوادکوهی ل. و ابراهیمی ر. ۱۳۹۱. تجزیه و تحلیل رگرسیونی عملکرد یک موتور دیزل با سوخت بیودیزل و تغییر زمان پاشش سوخت. مجله پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۴۱(۱): ۴۸-۴۱.

۱- فارغ التحصیل دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس، استادیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- دانشیار مهندسی مکانیک، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده مکانیک.

۴- دانشیار گروه مهندسی مکانیک، دانشکده هوا فضا، دانشگاه خواجه نصیرالدین توسی.

* نویسنده مسئول: rostami.sajad@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۰۵

مقدمه

بیودیزل یک سوخت جایگزین برای موتورهای دیزل است. استفاده از بیودیزل در مقایسه با سوخت‌های فعلی باعث کاهش انتشار گازهای مؤثر گلخانه‌ای می‌شود. ویژگی‌های بیودیزل تا حدودی با سوخت دیزل که در حال حاضر به صورت گسترده استفاده می‌شود، متفاوت است. به عنوان مثال، نتایج پژوهش‌های انجام شده پیشین نشان می‌دهند که گرانی و کشش سطحی بیودیزل‌ها می‌تواند تا ۲۲٪ بیشتر از دیزل شماره ۲ (D2) شود. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که چگالی بیودیزل‌ها نسبت به چگالی دیزل شماره ۲ می‌تواند تا حدود ۶٪ بیشتر شود (اجیم و همکاران، ۲۰۰۷).

گرانروی بالای بیودیزل پودر شدن سوخت را کاهش داده و نفوذ فواره سوخت را افزایش می‌دهد. ترکیب گرانروی بالا و فراریت پایین بیودیزل باعث ایجاد مشکل در سیستم پاشش، استارت بد در هوای سرد، محترق نشدن، و افزایش تأخیر اشتعال می‌شود. ظرفیت اکسیژن بالای بیودیزل نسبت به دیزل باعث کاهش ارزش حرارتی شده و در نتیجه باعث کاهش معنی‌دار در توان و افزایش در مصرف ویژه سوخت می‌شود (موریلو و همکاران، ۲۰۰۷؛ رامادهاس و همکاران، ۲۰۰۶ و مونیوم و ون‌گرین، ۲۰۰۱).

در سال‌های اخیر مطالعات تجربی و محاسباتی زیادی بر روی بیودیزل انجام شده است. در پژوهشی، آلن و واتز (۲۰۰۰) نشان دادند که قطر متوسط ساوتر بعضی از بیودیزل‌ها در دمای ۴۰°C فقط به صورت تابعی از گرانی و کشش سطحی است. نتایج آزمایش‌های آن‌ها نشان داد که قطر متوسط ساوتر بیودیزل‌ها می‌تواند تا ۴۰٪ بزرگ‌تر از قطر متوسط ساوتر سوخت دیزل باشد (آلن و همکاران، ۲۰۰۰).

در پژوهشی میزان آلاینده‌های یک موتور دیزل پاشش غیرمستقیم هنگام استفاده از بیودیزل و مخلوط آن با دیزل خالص بررسی شد که نتایج این آزمایش‌ها نشان داد در مقایسه با سوخت دیزل، هنگام استفاده از بیودیزل میزان CO، HC و CO₂ به ترتیب به میزان ۵۷٪، ۴۳٪ و ۳٪ کاهش و مقدار NOx، ۱۴٪ درصد افزایش یافت. در همه دورهای موتور، شروع زمان پاشش بیودیزل زودتر و تأخیر اشتعال آن نسب به سوخت دیزل کوتاه‌تر بود (اوزسن و کاناک، ۲۰۱۰).

مونیوم و گرین (۲۰۰۱) اثر استفاده از سوخت بیودیزل را

بر عملکرد و آلاینده‌های یک موتور دیزل پاشش مستقیم بررسی کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که با عقب انداختن زمان پاشش به اندازه ۳ درجه، میزان NOx کاهش ولی میزان دود افزایش می‌یابد. نوافر و همکاران (۲۰۰۰) اثر جلو افتادن زمان پاشش بر عملکرد روغن تولید شده از شلغم روغنی در موتورهای دیزلی را بررسی کردند. در این مطالعه ابتدا زمان پاشش استاندارد موتور به میزان ۵/۵ درجه جلو کشیده شد. در این حالت، عملکرد موتور نامنظم شد. سپس زمان پاشش نسبت به حالت استاندارد ۳/۵ درجه جلو کشیده شد. در این شرایط، موتور نرم‌تر کار کرد. مقدار منوکسیدکربن و دی‌اکسیدکربن کاهش یافت و بازده گرمایی و بازده مکانیکی کاهش پیدا کردند. باری و همکاران (۲۰۰۴) اثر زمان پاشش را بر کاربرد روغن پسماند به عنوان سوخت موتور دیزل بررسی کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که ۴ درجه جلو انداختن زمان پاشش باعث بالا رفتن بازده موتور به میزان ۱/۶٪ برای روغن پسماند و ۱/۱٪ برای دیزل می‌شود. همچنین سطح انتشار CO به میزان ۹/۹٪ برای روغن پسماند و ۴۴/۹٪ برای دیزل کاهش و سطح انتشار NOx به میزان ۷۶/۶٪ برای روغن پسماند و ۹۱/۴٪ برای دیزل افزایش یافت.

پارلاک و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر زمان پاشش بر انتشار NOx و مصرف سوخت ویژه ترمزی (BSFC) را در یک موتور دیزل پاشش غیرمستقیم LHR با استفاده از سوخت دیزل مطالعه کردند. زمانی که موتور LHR با زمان پاشش ۳۸ درجه قبل از نقطه مرگ بالا (BTDC) که زمان بهینه برای موتور دیزل اصلی بود، کار می‌کرد، مشاهده شد که انتشار NOx در حدود ۱۵٪ افزایش یافت. هنگامی که زمان پاشش در موتور LHR به ۳۴ درجه عقب کشیده شد، کاهشی در حدود ۴۰٪ و ۶٪ به ترتیب برای انتشارات گازهای خروجی و مصرف سوخت ویژه ترمزی (BSFC) در مقایسه با حالت اصلی مشاهده شد. کگل (۲۰۰۶) یک پژوهش آزمایشگاهی برای تعیین زمان بهینه پاشش برای یک موتور دیزل با سوخت بیودیزل انجام داد. نتایج این پژوهش نشان داد، که اوج فشار سیلندر با عقب انداختن زمان پاشش کاهش می‌یابد. کیم و همکاران (۲۰۰۷) مطالعه‌ای بر روی ویژگی‌های فواره و احتراق در موتور HCCI بر اساس زمان‌ها و زوایای پاشش مختلف انجام دادند و نتیجه گرفتند که فشار مؤثر متوسط اندیکاتوری

موتور دیزل هنگام استفاده از سوخت بیودیزل و مخلوط‌های آن با سوخت دیزل با استفاده از روابط رگرسیونی تجزیه و تحلیل شد.

مواد و روش‌ها

بستر آزمون موتور مجهز به دینامومتر

در این پژوهش آزمایش‌های مختلفی بر روی یک موتور دیزل با استفاده از مخلوط‌های مختلف سوخت‌های بیودیزل و دیزل انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- جدول آزمایش‌ها

ردیف	متغیر	سطوح			
		۱	۲	۳	۴
۱	نوع سوخت	B0	B20	B40	B100
۲	زمان استاتیکی پاشش (BTDC)	۱۰	۱۵	۲۰	-
۳	دور موتور	۱۲۰۰	۱۶۰۰	۲۰۰۰	۲۴۰۰

موتور تحت آزمایش یک موتور چهار سیلندر دیزلی پاشش مستقیم است. مشخصات موتور در جدول ۲ ذکر شده است. این موتور مجهز به یک پمپ انژکتور ردیفی ساخت کارخانه بوش آلمان است. زمان پاشش استاتیکی پمپ در این موتور ۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالا بود.

جدول ۲- مشخصات موتور دیزل تحت آزمایش

کارخانه سازنده	ایدم تبریز- ایران
نوع موتور	چهار استوانه پاشش مستقیم
حجم جابجایی	۳/۷۸۰ L
نسبت تراکم	۱۷:۱
قطر سیلندر	۹۷ mm
سامانه پاشش سوخت	ردیفی
حداکثر توان	۶۳ kW در ۲۸۰۰ rpm
حداکثر گشتاور	۲۳۵ N.m در ۲۰۰۰ rpm
فشار پاشش استاندارد	۲۰۰ بار
زمان پاشش استاندارد	۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالا

از آنجایی که در این پژوهش هدف تغییر زمان پاشش سوخت به درون سیلندر و بررسی اثر آن بر عملکرد موتور بود، پس چرخ دنده پمپ انژکتور از محور آن جدا و از طریق یک صفحه واسط دوباره بر روی محور پمپ انژکتور نصب شد. روی صفحه واسط برای قرارگیری چرخ دنده پمپ انژکتور سوراخ‌های شعاعی مختلفی ایجاد شد. وجود این سوراخ‌های شعاعی باعث شد تا بتوان چرخ دنده را به

با پیشرفت زمان پاشش افزایش می‌یابد و زمانی که زمان پاشش به نقطه مرگ بالا نزدیک می‌شود، کوبش اتفاق می‌افتد. زانگ و بوهمن (۲۰۰۷) سطح انتشار NOx را در یک موتور دیزل با سوخت بیودیزل بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که در بارهای زیاد، انتشار NOx هنگام استفاده از بیودیزل نسبت به دیزل بیشتر است و با جلو افتادن زمان پاشش بیشتر هم می‌شود. عقب انداختن زمان پاشش در حالت تک پاششی اثر زیادی بر کاهش NOx داشت. پاشش پایلوت در حالت کم باری باعث کاهش NOx می‌شود. بناپورمات و همکاران (۲۰۰۸) بررسی آزمایشگاهی بر روی یک موتور دیزل در حالت دو سوختی با استفاده از گاز به عنوان سوخت کمکی و روغن هانگ و متیل استر آن به عنوان سوخت پاشیده شده، انجام دادند. نتایج نشان داد که در همه توان‌ها، در حالت دو سوختی، بازده گرمایی ترمزی کمتر و دمای گازهای خروجی بیشتر است. جلو انداختن زمان پاشش تا ۲۷ درجه قبل از نقطه مرگ بالا تا حدودی باعث افزایش بازده گرمایی ترمزی می‌شود. در یک پژوهش عملکرد موتور دیزل با استفاده از سوخت بیودیزل در زمان‌های اشتعال و نسبت‌های تراکم مختلف بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش نسبت تراکم و جلو کشیدن زمان پاشش بازده گرمایی ترمزی را افزایش می‌دهد (احمان و گادگ، ۲۰۰۸).

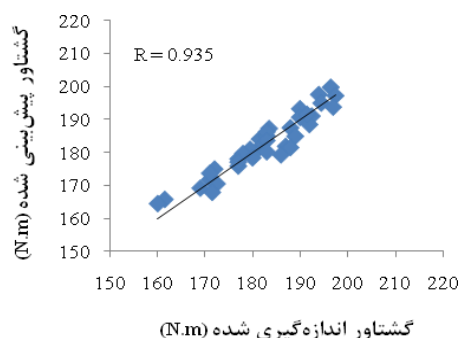
فانگ و لی (۲۰۰۹) اثرات زمان پاشش و نوع سوخت را بر ویژگی‌های احتراق و آلاینده‌های یک موتور دیزل بررسی کردند و نشان دادند که با عقب انداختن زمان پاشش می‌توان میزان NOx را کاهش داد.

سکویا و همکاران (۲۰۰۹) اثر زمان پاشش را بر احتراق بیودیزل در یک موتور دیزل بررسی کردند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که زمان شروع پاشش تأثیری بر استفاده از بیودیزل در موتور نداشت. طولانی شدن زمان پاشش باعث کاهش سطح انتشار NO و CO شده و تا حدودی مصرف سوخت را بالا برده و بازده گرمایی را پایین می‌آورد. اثر زمان پاشش بر عملکرد و آلاینده‌های موتور دیزل با بیودیزل کارانجا بررسی شد و نتایج نشان داد که اثر معنی‌دار زمان پاشش بر عملکرد نسبت به آلاینده‌های موتور کمتر بود. بهترین زمان پاشش با توجه به عملکرد و آلاینده‌ها ۲۴ درجه قبل از نقطه مرگ بالا بود (ماهشوار و همکاران، ۲۰۱۱).

در این پژوهش اثر زمان پاشش سوخت بر عملکرد یک

سوخت‌های B20، B40 و B100 در زمان پاشش ۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالا و برابر ۱۸۹/۴ نیوتن‌متر است. با عقب انداختن زمان پاشش به اندازه ۵ درجه نسبت به حالت استاندارد بیشینه گشتاور پیش‌بینی شده برای سوخت‌های ذکر شده کاهش می‌یابد. در زمان پاشش ۲۰ درجه قبل از نقطه مرگ بالا بیشینه گشتاور پیش‌بینی شده نسبت به حالت استاندارد افزایش یافته و مقدار آن برای سوخت‌های B20، B40 و B100 برابر ۱۹۷/۴ نیوتن‌متر پیش‌بینی شد. به طور کلی جلو انداختن زمان پاشش نسبت به زمان پاشش استاندارد موتور باعث افزایش گشتاور موتور شد. با عقب انداختن زمان پاشش، بر عکس حالت قبل گشتاور موتور نسبت به حالت زمان پاشش استاندارد موتور، کاهش یافت. با جلو انداختن زمان پاشش احتراق زودتر اتفاق افتاده و نرخ آزادسازی حرارت سریع‌تر افزایش می‌یابد و در نتیجه اوج فشار درون سیلندر به نقطه مرگ بالا نزدیک شده و فشار مؤثر بیشتری برای انجام کار ایجاد شده و گشتاور خروجی موتور افزایش می‌یابد (ونکاترامن و دوارادجان، ۲۰۱۰). از طرف دیگر با عقب انداختن زمان پاشش نسبت به حالت استاندارد باعث می‌شود که احتراق دیرتر اتفاق بیفتد. احتراق دیرتر باعث می‌شود که افزایش فشار زمانی اتفاق بیفتد که پیستون در حال پایین رفتن در مرحله قدرت است. در نتیجه اوج فشار کاهش یافته و از نقطه مرگ بالا دور می‌شود. این امر فشار مؤثر ناشی از احتراق را کاهش داده و در نتیجه باعث افت گشتاور موتور می‌شود.

در شکل ۲ مقادیر گشتاور اندازه‌گیری شده در آزمون‌های تجربی در زمان‌های پاشش مختلف، با مقادیر گشتاور پیش‌بینی شده توسط معادله ۱، مقایسه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، بین نتایج تجربی و نظری همبستگی قابل قبولی ($R=0.935$) وجود دارد.



شکل ۲- مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده گشتاور ترمزی موتور در فشارهای پاشش مختلف

اندازه مورد نظر نسبت به صفحه واسط چرخاند و آن را بر روی صفحه واسط نصب کرد. در این حالت محور پمپ انژکتور چند درجه با توجه به وضعیتی که در حالت استاندارد نسبت به میل‌لنگ داشت، چرخیده و زمان پاشش نسبت به زمان پاشش استاندارد تغییر داده می‌شد (شکل ۱). از یک ترموکوپل نیز برای اندازه‌گیری دمای گازهای خروجی از اگزوز استفاده شد. دینامومتر مورد استفاده در این پژوهش یک دینامومتر جریان گردابی ساخت شرکت شنک آلمان مدل W400 است.



شکل ۱- نحوه تغییر زمان پاشش بر روی پمپ انژکتور

سوخت بیودیزل

بیودیزل استفاده شده در این پژوهش متیل استر روغن گیاهی سویا است که در آزمایشگاه تولید بیودیزل دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تولید شد و سوخت دیزل استفاده شده، سوخت متداول در ایران (دیزل شماره ۲) است.

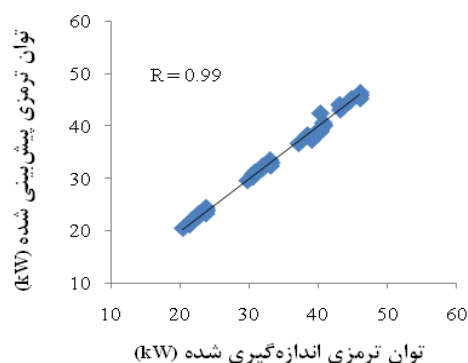
نتایج و بحث

اثر زمان پاشش بر گشتاور موتور

با استفاده از تجزیه و تحلیل رگرسیونی که بر روی داده‌های حاصل از اثر زمان پاشش سوخت بر روی گشتاور ترمزی موتور انجام شد، معادله ۱ برای به دست آوردن گشتاور ترمزی موتور تخمین زده شد.

$$T_b = -1312.21 - 0.13 \cdot N - 3.70 \cdot \log(B) + 223.14 \cdot \log(N) + 22.54 \cdot \log(IT) \quad (1)$$

در این معادله، T_b گشتاور موتور برحسب $N.m$ ، B کسر حجمی بیودیزل موجود در سوخت، N سرعت موتور به rpm و IT زمان پاشش استاتیکی سوخت نسبت به نقطه مرگ بالا برحسب درجه میل‌لنگ است. همان‌طور که در این معادله دیده می‌شود، ضریب جمله شامل زمان پاشش مثبت است. پس بر طبق این معادله جلو انداختن زمان پاشش باعث افزایش گشتاور ترمزی موتور می‌شود. نتایج حاصل از این معادله نشان داد که گشتاور بیشینه برای



شکل ۳- مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده توان ترمزی موتور در زمان‌های پاشش مختلف

اثر زمان پاشش بر مصرف ویژه سوخت ترمزی

معادله ۳ که با تجزیه و تحلیل رگرسیونی داده‌های خام حاصل از انجام آزمون‌های تجربی به دست آمده است را می‌توان برای پیش‌بینی اثر زمان پاشش سوخت، نوع سوخت و سرعت موتور بر مصرف ویژه سوخت استفاده کرد.

$$BSFC = 13.61 \cdot \log(B) + 52.66 \cdot \log(N) - 38.28 \cdot \log(IT) \quad (3)$$

در این معادله BSFC مصرف ویژه سوخت ترمزی موتور برحسب gr/kW.hr ، B کسر حجمی بیودیزل موجود در سوخت، N سرعت موتور به rpm و IT زمان پاشش استاتیکی سوخت نسبت به نقطه مرگ بالا بر حسب درجه میل‌لنگ است. همان‌طور که در معادله ۳ مشاهده می‌شود، ضریب جمله شامل زمان پاشش منفی و ضریب جمله شامل سرعت موتور مثبت است. پس بر طبق این معادله جلو انداختن زمان پاشش باعث کاهش مصرف ویژه سوخت و افزایش سرعت موتور باعث بالا رفتن آن می‌شود. دلیل این امر، افزایش گشتاور و توان موتور در اثر جلو انداختن زمان پاشش است. نوافر و همکاران (۲۰۰۰)، پژوهش مشابهی بر روی یک موتور دیزل پاشش مستقیم با روغن کلزا و در زمان‌های پاشش مختلف انجام دادند. نتایج پژوهش نشان داد که جلو انداختن زمان پاشش باعث افزایش مصرف ویژه سوخت می‌شود.

در شکل ۴ مقادیر مصرف ویژه سوخت ترمزی اندازه‌گیری شده در آزمون‌های تجربی با مقادیر مصرف ویژه سوخت پیش‌بینی شده به وسیله معادله ۳ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، نتایج تجربی و نظری تطابق خوبی با یکدیگر دارند.

اثر زمان پاشش بر توان ترمزی موتور

برای تخمین یک معادله برای محاسبه توان ترمزی موتور با استفاده از داده‌های تجربی موجود، تجزیه و تحلیل رگرسیونی بر روی داده‌های خام حاصل از آزمون‌های تجربی اثر زمان پاشش سوخت بر روی توان ترمزی موتور انجام شد. معادله زیر برای محاسبه توان ترمزی موتور تخمین زده شد.

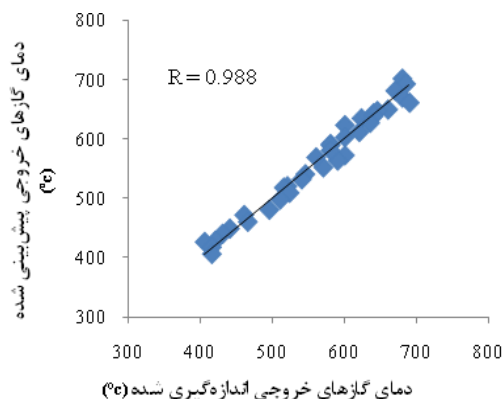
$$P_b = -215.40 - 0.72 \cdot \log(B) + 31.93 \cdot \log(N) + 4.06 \cdot \log(IT) \quad (2)$$

در این معادله، P_b توان موتور برحسب kW ، B کسر حجمی بیودیزل موجود در سوخت، N سرعت موتور به rpm و IT زمان پاشش استاتیکی سوخت نسبت به نقطه مرگ بالا برحسب درجه میل‌لنگ است. در این معادله ضریب جملات شامل زمان پاشش و سرعت موتور مثبت هستند. پس بر طبق این معادله جلو انداختن زمان پاشش و افزایش سرعت موتور باعث افزایش توان ترمزی موتور می‌شوند. چون با بالا رفتن سرعت موتور، توان آن افزایش پیدا می‌کند. نتایج به دست آمده از این معادله نشان می‌دهند که بیشینه توان ترمزی موتور در حالت استفاده از سوخت B20 و در زمان پاشش استاندارد موتور یعنی ۱۵ درجه قبل از نقطه مرگ بالا، برابر با ۴۴/۵۶ کیلووات بود.

با جلو انداختن زمان پاشش به اندازه ۵ درجه بیشینه توان به ۴۶/۹۷ کیلووات رسید. با عقب انداختن زمان پاشش بیشینه توان به ۴۳/۱۶ کیلووات رسید. نتایج حاصل از این معادله برای سوخت‌های B40 و B100، نشان داد که با جلو انداختن زمان پاشش سوخت، توان ترمزی موتور برای سوخت‌های ذکر شده افزایشی معادل ۳/۲٪ پیدا کرد. با عقب انداختن زمان پاشش به اندازه ۵ درجه، توان ترمزی موتور برای سوخت‌های B40 و B100، کاهش پیدا کرد.

در شکل ۳ مقادیر توان اندازه‌گیری شده در آزمون‌های تجربی با مقادیر توان پیش‌بینی شده به وسیله معادله ۲ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، نتایج تجربی و نظری تطابق خوبی با یکدیگر دارند.

در شکل ۵ مقادیر دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور اندازه‌گیری شده در آزمون‌های تجربی با مقادیر پیش‌بینی شده به وسیله معادله ۴ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، نتایج تجربی و نظری تطابق خوبی با یکدیگر دارند.



شکل ۵- مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور در زمان‌های پاشش مختلف

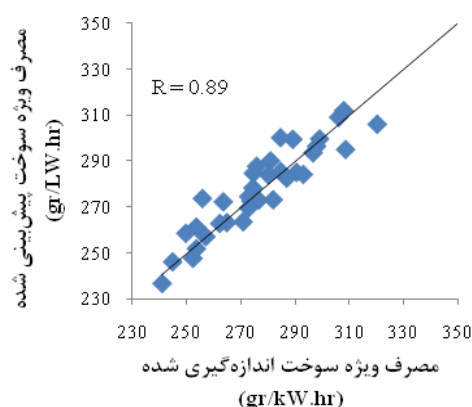
اثر زمان پاشش بر بازده حرارتی موتور

معادله ۵ که با تجزیه و تحلیل رگرسیونی داده‌های خام حاصل از انجام آزمون‌های تجربی به دست آمده است را می‌توان برای پیش‌بینی اثر زمان پاشش سوخت، نوع سوخت و سرعت موتور بر بازده حرارتی استفاده کرد.

$$\eta_{th} = 0.71 - 0.01 \cdot \log(B) - 0.07 \cdot \log(N) + 0.04 \cdot \log(IT) \quad (5)$$

در این معادله، η_{th} بیانگر بازده گرمایی موتور به درصد، B کسر حجمی بیودیزل موجود در سوخت، N سرعت موتور به rpm و IT زمان پاشش استاتیکی سوخت نسبت به نقطه مرگ بالا برحسب درجه میل‌لنگ است. همان‌طور که در معادله ۵ مشاهده می‌شود، ضریب جمله شامل زمان پاشش مثبت (۰/۰۴) و ضریب جمله شامل سرعت موتور منفی (۰/۰۷-) است. پس بر طبق این معادله جلو انداختن زمان پاشش باعث افزایش بازده گرمایی موتور شده و افزایش سرعت موتور باعث کاهش بازده گرمایی موتور می‌شود.

در شکل ۶ مقادیر بازده حرارتی موتور اندازه‌گیری شده با مقادیر بازده حرارتی موتور پیش‌بینی شده به وسیله معادله ۵ با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، نتایج تجربی و نظری تطابق خوبی با یکدیگر دارند.



شکل ۴- مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده مصرف ویژه سوخت موتور در زمان‌های پاشش مختلف

اثر زمان پاشش بر دمای گازهای خروجی

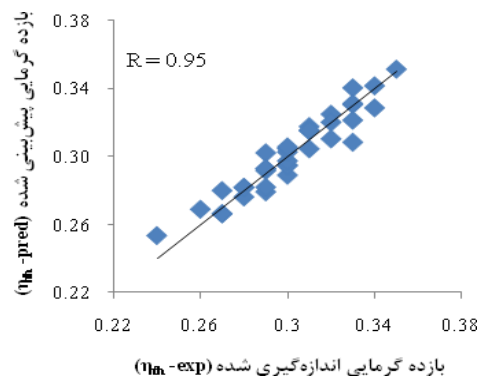
یکی از پارامترهایی که بیانگر چگونگی احتراق در یک موتور است، دمای گازهای خروجی از اگزوز آن است. با تجزیه و تحلیل رگرسیونی داده‌های خام حاصل از انجام آزمون‌های تجربی، با نرم‌افزار EViews5 معادله ۴ برای پیش‌بینی اثر زمان پاشش سوخت، نوع سوخت و سرعت موتور بر دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور تخمین زده شد.

$$T_{eg} = -1620.24 - 12.59 \cdot \log(B) + 318.98 \cdot \log(N) - (78.34 \cdot \log(IT)) \quad (4)$$

در این معادله، T_{eg} دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور برحسب درجه سلسیوس، B کسر حجمی بیودیزل موجود در سوخت، N سرعت موتور به rpm و IT زمان پاشش استاتیکی سوخت نسبت به نقطه مرگ بالا برحسب درجه میل‌لنگ است. همان‌طور که در معادله ۴ مشاهده می‌شود، ضریب جمله شامل زمان پاشش منفی و شامل سرعت موتور مثبت است. پس بر طبق این معادله جلو انداختن زمان پاشش دمای گازهای خروجی از اگزوز را کاهش و افزایش سرعت موتور باعث افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز موتور می‌شود. دلیل این امر این است که با جلو انداختن زمان پاشش، احتراق زودتر اتفاق افتاده و بیشتر انرژی سوخت در فاز اول احتراق آزاد می‌شود. پس، درصد بیشتری از انرژی سوخت به کار مفید تبدیل می‌شود. باری و همکاران (۲۰۰۴) در پژوهشی که بر روی یک موتور دیزل پاشش مستقیم از نوع تک سیلندر هوا خنک در دور ۳۶۰۰ rpm انجام داده بودند، نتایجی مشابه با پژوهش حاضر در مورد اثر جلو انداختن زمان پاشش بر دمای گازهای خروجی از اگزوز برای بیودیزل خالص به دست آوردند.

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر تجزیه و تحلیل رگرسیونی اثر زمان پاشش سوخت بر عملکرد یک موتور دیزل پاشش مستقیم در حالت استفاده از بیودیزل حاصل از روغن سویا (B20)، B40 و B100 بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با معادلات حاصل از تجزیه و تحلیل رگرسیونی داده‌های تجربی آزمون موتور، عملکرد موتور در حالت استفاده از سوخت بیودیزل و مخلوط‌های آن با سوخت دیزل را پیش‌بینی کرد. نتایج حاصل از روابط رگرسیونی برای سوخت‌های مورد پژوهش نشان داد که جلو انداختن زمان پاشش گشتاور ترمزی، توان و بازده حرارتی را افزایش و دمای گازهای خروجی از اگزوز و مصرف ویژه سوخت ترمزی را کاهش می‌دهد.



شکل ۶- مقایسه مقادیر تجربی و پیش‌بینی شده بازده حرارتی موتور در فشارهای پاشش مختلف

منابع

- Allen C. A. W. and Watts K. C. 2000. Comparative analysis of the atomization characteristics of fifteen biodiesel fuel types. Journal Name: Transactions of the ASAE. 43(2):207-211.
- Banapurmath N. R. Tewari P. G. and Hosmath R. S. 2008. Experimental investigations of a four-stroke single cylinder direct injection diesel engine operated on dual fuel mode with producer gas as induced fuel and honge oil and its methyl ester (home) as injected fuels. Renewable Energy. 33:2007-2018.
- Bari S. Yu C. W. and Lim T. H. 2004. Effect of fuel injection timing with waste cooking oil as a fuel in a direct injection diesel engine. Journal of Automobile Engineering. 218:93-104.
- Ejim C. E. Fleck B. A. and Amirfazli A. 2007. Analytical study for atomization of biodiesels and their blends in a typical injector: Surface tension and viscosity effects. Fuel. 86:1534-1544.
- Fang T. and Lee C. F. F. 2009. Bio-dieseleffects on combustion processes in an hsd diesel engine using advanced injection strategies. Proceedings of the Combustion Institute. 32:2785-2792.
- Kegl B. 2006. Experimental investigation of optimal timing of the diesel engine injection pump using biodiesel fuel. Energy & Fuels. 20:1460-1470.
- Kim H. Ryu J. and Lee K. 2007. A study on the characteristics of spray and combustion in a hcci engine according to various injection angles and timings. Journal of Mechanical Science and Technology. 21:133-140.
- Maheshwari N. Balaji C. and Ramesh A. 2011. A nonlinear regression based multi-objective optimization of parameters based on experimental data from an ic engine fueled with biodiesel blends. Biomass and Bioenergy. 35(5):2171-2183.
- Monyem A. and Van Gerpen J. H. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. Biomass and Bioenergy. 20:317-325.
- Murillo S. Míguez J. L. Porteiro J. Granada E. and Morán J. C. 2007. Performance and exhaust emissions in the use of biodiesel in outboard diesel engines. Fuel. 86:1765-1771.
- Nwafor O. M. I. Rice G. and Ogbonna A. I. 2000. Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines. Renewable Energy. 21:433-444.
- Ozsezen A. N. and Canakci M. 2010. The emission analysis of an idi diesel engine fueled with methyl ester of waste frying palm oil and its blends. Biomass and Bioenergy. 34:1870-1878.
- Monyem A. and Van Gerpen J. H. 2001. The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. Biomass and Bioenergy. 20:317-325.
- Murillo S. Míguez J. L. Porteiro J. Granada E. and Morán J. C. 2007. Performance and exhaust emissions in the use of biodiesel in outboard diesel engines. Fuel. 86:1765-1771.
- Nwafor O. M. I. Rice G. and Ogbonna A. I. 2000. Effect of advanced injection timing on the performance of rapeseed oil in diesel engines. Renewable Energy. 21:433-444.
- Ozsezen A. N. and Canakci M. 2010. The emission analysis of an idi diesel engine fueled with methyl ester of waste frying palm oil and its blends. Biomass and Bioenergy. 34:1870-1878.
- Ramadhass A. S. Jayaraj S. and Muralleedharan C. 2006. Theoretical modeling and experimental studies on biodiesel-fueled engine. Renewable Energy. 31:1813-1826.

18. Sequera A. J. Parthasarathy R. N. and Gollahalli S. R. 2009. Effect of fuel injection timing in the combustion of biofuels in a diesel engine. 7th International Energy Conversion Engineering Conference. 2-5 August. Colorado.
19. Venkatraman M. and Devaradjane G. 2010. Effect of compression ratio, injection timing and injection pressure on a di diesel engine for better performance and emission fueled with diesel biodiesel blends. International Joournal of Applied Engineering Research. 1:288-298.