بررسی تاثیر پارامتر های کاری یک موتوردیزل بر میزان کدری دود اگزوز(۴۶۳)

احمد عباس زاده[۱] ، برات قبادیان[۲]

چکیده

اخیراً بیشتر تلاش ها برای کا هش آلودگی در جهان برروی موتورهای دیزلی متمرکز شده است، موتورهای دیزل منبع اصلی توان در جهان به منظور استفاده در بخش های حمل ونقل و کشاورزی می باشند. آلودگی موتورهای دیزل دارای ترکیبات پیچیده ای است که این آلودگی ها شامل ترکیبات آلی و غیر آلی می باشند. این آلودگی ها به صورت فازگازی و ذرات ریز جامد درهوا منتشر می شوند. در میان آلاینده های حاصل از احتراق ناقص سوخت دیزل سهم ذرات حدود ۲۵ درصد از کل آلاینده ها می باشد. شناسایی و کنترل پارامترهای تاثیر گذار بر میزان آلودگی ها، به منظور پیدا کردن روش های کاهش مقدار آلودگی ناشی از دود اگزوز موتورها، حائز اهمیت می باشد. با استفاده از آزمایش فاکتوریل کامل با طرح پایه کاملا تصادفی، آزمایش ها در چهار سطح سرعت دورانی موتور: ۱۲۰۰rpm، ۱۳۵۰، ۱۵۰۰ و ۱۶۵۰ و چهار سطح بار موتور: ۵۵، ۷۰، ۸۵ و ۱۰۰٪ بار کامل و ۵ سطح زاویه پاشش سوخت:۲۲، ۲۷، ۳۲و btdc ° ۴۲ در سه تکرار اندازه گیری و تحلیل شدند. پارامترهای تأثیر گذار بر میزان کدری دود شناسایی و مورد بررسی قرار گرفت. بار، توان و زاویه پاشش سوخت btdc بالاتر بیشترین تاثیر را برروی کدری دود اگزوز داشتند. در بارهای پائین ۵۵٪ و ۷۰٪ در یک زاویه پاشش سوخت ثابت، افزایش سرعت موتور تاثیر قابل ملاحظه ای بر میزان کدری دود نداشته است.

کلیدواژه: موتورهای کوچک دیزلی پاشش مستقیم، کدری دود، پارامترهای کاری موتور، آلایندگی اگزوز

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس پست الکترونیک: abbaszadehahmad@yahoo.com
۲- دانشیار گروه مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه:

اخیرا بیشتر تلاش ها برای کاهش آلودگی در جهان بروی موتورهای دیزل متمرکز شده است. موتورهای دیزل قوای محرکه وسایل مخصوص کارهای سبک و سنگینی هستند که در بخش های حمل و نقل و کشاورزی استفاده می شوند. این موتورها انرژی مورد نیازخودرا از سوخت های ذخیره شده یعنی فرآورده های نفتی کسب می کنند. آلودگی موتورهای دیزل ترکیبات خیلی پیچیده ای هستند که این آلودگی ها شامل ترکیبات آلی و غیر آلی نظیر دی اکسید کربن CO_2، مونو اکسید کربن CO، دی اکسید سولفور SO_2، اکسیدهای ازت NO_x، هیدروکربن ها CH و ذرات ریز معلق در هوا SPM می باشند[۱].

در میان آلاینده های حاصل از احتراق ناقص سوخت دیزل، سهم ذرات حدود ۲۵ درصد از کل آلاینده ها می باشد[۲]. در ایران احتراق سوخت دیزل تقریبا ۸۰/۹ در صد از کل SPM تولیدی، ۴۷/۲ درصد از NO_x و ۳۶/۴ درصد از دی اکسید گوگرد را تولید می نماید[۱]. هنگامی که صحبت از کاهش آلایندگی موتور به میان می آید این مقوله اهمیت داشته و شامل همه موتورها می شود. با توجه به تاثیری که آلودگی در سلامت انسان و محیط زیست دارد، بنابراین می توان نتیجه گرفت که بحث آلودگی موتورهای دیزل استفاده شده در بخش کشاورزی نیز به دلیل استفاده تراکتور در شهر به منظور کارهای عمرانی و ساختمانی و همچنین استفاده بصورت موتور آب و دیزل ژنراتور در فضاهای بسته از اهمیت بالایی برخوردار است.

یکی از را ههای بیان آلودگی دود اگزوز بیان سطح کدری دود[1] می با شد. شاخص کدری دود در واقع مشخص کننده میزان غلظت دود می باشد. کدری دود نتیجه دود سیاه (ذرات دوده)، دود آبی (بخار هیدرو کربن) و دود سفید (بخار آب) می باشد[۳]. برای بیان میزان کدری دود از واحد Hsu^2 استفاده می شود که دامنه آن بین ۱۰۰- ۰ بیان شده است. روش دیگر بیان میزان کدری دود بر حسب در صد می باشد[۴].

کومار و سینگ[3] (۲۰۰۳) تاثیر EGR^4 (گردش دوباره دود اگزوز) و دمای اگزوز را بر میزان کدری دود اگزوز در یک موتور دیزل دو سیلندر، هوا خنک، پاشش مستقیم بررسی کردند و نتیجه گرفتند که کدری دود اگزوز با افزایش درصد EGR افزایش می یابد[۵]. هوسماس و موهانان[5] (۲۰۰۵)، آلودگی دود اگزوز ناشی از ترکیب های مختلف بیو دیزل کنجد و سوخت دیزل خالص را بروی یک موتور دیزل تک سیلندر، پاشش مستقیم بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش توان، میزان کدری دود برای دیزل و بیودیزل افزایش می یابد[۶].

با توجه به اهمیت کدری دود در آلایندگی موتور دیزل بویژه در مصارف بخش کشاورزی، در این مقاله به این موضوع پرداخته شده است.

مواد و روش ها :

برای بررسی پارامترهای کاری موتور و کدری دود اگزوز تعدادی نشانگر لازم است تا تخمین مناسبی از داده های موتور ارائه دهد. این نشانگر ها می بایست مستقیما پارامترهای رفتار بار، سرعت، زاویه پاشش استاتیکی سوخت[6] و توان موتور و کدری دود اگزوز را اندازه گیری کنند.

در این تحقیق موتور دیزل مدل Kirloskar، تک سیلندر، پاشش مستیم با سوخت گازوئیل، آب خنک با خصوصیات نسبت تراکم ۱ : ۱۶/۵، قطر پیستون ۸۰mm، با کورس ۱۱۰mm، حجم جابجایی L ۰/۵۵۳ ، سرعت اسمی rpm ۱۵۰۰، گشتاور N.M ۲۳ و توان ۳/۶۸ کیلووات برای آزمون انتخاب شد. علت عمده استفاده از این موتور کار گسترده آن بعنوان موتور تولید قابل حمل و نیز استفاده به عنوان موتور پمپ جهت پمپاژ آب در کشاورزی است. از طرف دیگر، این موتور در تقسیم بندی انواع موتورهای تولید توان ثابت در کلاس کوچک قرار می گیرد که نتایج حاصل از تحقیقات برروی آن را می توان به موتورهای کوچک دیزل پاشش مستقیم این نوع از موتورها تعمیم داد. موتور در یک اتاق استاندارد آزمون قرار گرفت شکل(۱)، تجهیزات و

---

1. Opacity
2. Hartridge Smoke Unit
3. Kumar and Sing
4. Exhaust gas recirculation
5. Hosmath and Mohanan
6. Static Injection Timing

ابزار اندازه گیری بر روی آن نصب شد و پارامترهای سرعت، گشتاور و بار اندازه گیری شدند. از دینامومتر برای بار گذاری و کنترل موتور استفاده شد.

به منظور اندازه گیری پاشش استاتیکی از روش ریزش[1] استفاده شده است. بدین منظور، موقعیت زاویه میل لنگ در زمانی که پاشش صورت می گیرد بوسیله یک نشانگر مشخص شده و درجه بندی زاویه میل لنگ بر روی لبه چرخ لنگر علامت گذاری شده است. زمان پاشش استاتیکی با تنظیم کردن تعداد واشرها در زیر فلنچی که برروی پمپ سوخت قرار دارد، تغییر داده شده است.

شکل۱: دستگاه کدری سنج نوع هارتریج MK-3

انواع روش های اندازه گیری کدری دود اگزوز عبارتند از :

- روش استاندارد ISO- 16183 : که در این روش ذرات جامد دود بوسیله سیستم رقیق سازی جزئی جریان دود اندازه گیری می شود البته در این روش باید یک رابطه مناسب بین نمونه رقیق شده و جریان خروجی از اگزوز وجود داشته باشد[۳].
- روش FSN[2] : این روش براساس عصاره گیری از حجم گازهای خروجی از اگزوز که از یک فیلتر کاغذی عبور می کند، بنا نهاده شده است[۳].
- روش ثقلی[1] : این روش نتها میزان حجم توده دوده را محاسبه می کند [۳].

[1]. Spill Method
[2]. Filter Smoke number

- روش UV : این روش براساس میزان جذب اشعه ماوراء بنفش عبوری از میان دود اگزوز عمل می کند.
- روش RSD [۲] : این روش بر اساس تصاویر لحظه ای که از دود خروجی از اگزوز گرفته می شود، بنا نهاده شده است[۷].
- روش هارتریج[۳]

در این تحقیق از یک دستگاه کدری سنج[۴] مدل هارتریج[۵] به منظور اندازه گیری کدری دود اگزوز استفاده شده است. این دستگاه میزان کدری دود را بوسیله روش فوتو الکتریک و حساسیت به غلظت دود اندازه گیری می کند. دود سنج شامل دو لوله با خواص ابعادی و نوری مشابه می باشد که اساس کاری آن بر پایه مقایسه می باشد و غلظت نمونه دود را با یک نمونه هوای پاک مقایسه می کند.

در این تحقیق پارامترهای کاری موتور: سرعت موتور، بار، توان و زاویه پاشش سوخت بود و آزمایش ها با آزمایش فاکتوریل کامل با طرح پایه کاملا تصادفی در ۳ تکرار انجام شد، که سطوح و تیمارهای آن به تفکیک در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: ماتریس آزمایش ها

	سطح				
پارامتر	۱	۲	۳	۴	۵
سرعت موتورrpm	۱۲۰۰	۱۳۵۰	۱۵۰۰	۱۶۵۰	–
گشتاور بار موتور ٪	۵۵	۷۰	۸۵	۱۰۰	–
زمان پاشش سوخت CA° btdc	۲۲	۲۷	۳۲	۳۷	**۴۲**

نتایج و بحث :

با تغییر پارامترهای کاری موتور سرعت، بار و زمان پاشش سوخت (با زاویه قبل از مرگ بالا نشان داده شده است)، اثر هر پارامتر با ثابت نگه داشتن دیگر پارامترها بر میزان کدری دود مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق به محققان در پیش بینی میزان دود اگزوز و طراحی بهینه موتور در جهت کاهش آلودگی کمک می کند.

یکی از پارامترهای تاثیر گذار بر میزان کدری دود، سرعت دورانی موتور می باشد. با ثابت نگه داشتن زاویه پاشش سوخت در پنج سطح ۲۲،۲۷،۳۲،۳۷ و۴۲ ° CA btdc و بار در چهار سطح ۵۵–۱۰۰٪ میزان کدری دود در سرعتهای مختلف مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش ها نشان داده است که با ثابت نگه داشتن بار در زمانهای پاشش مختلف، در سرعت های بالاتر از ۱۳۵۰rpm، میزان کدری دود افزایش می یابد اما در سرعت های پائین تر از۱۳۵۰ rpm کدری دود تقریبا روند ثابتی دارد. به طور نمونه رابطه بین کدری دود و سرعت در بار های ثابت و دو زاویه پاشش سوخت ۲۷° CA btdc و ۳۲° در شکل (۳و۲) نشان داده شده است.

با ثابت نگه داشتن زاویه پاشش سوخت، اثر بار در محدوده ۱۰۰– ۵۵٪ بر میزان کدریت دود در سرعتهای دورانی مختلف موتور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش ها در پنج سطح زاویه پاشش سوخت ۴۲°CA btdc -۲۲ و چهار سطح سرعت ۱۲۰۰،۱۳۵۰،۱۵۰۰و rpm ۱۶۵۰ اندازه گیری شده است. بررسی ها نشان داد که در بارهای ۵۵ – ۷۰٪ افزایش بار تاثیری بر میزان کدری دود ندارد و این در حالی است که در بار های بیشتر از ۵۵٪ تا حالت بار کامل ۱۰۰٪ ،با افزایش بار میزان کدری دود افزایش می یابد. ابطه بین کدری دود و بار موتور در سرعت ثابت و دو زاویه پاشش سوخت ۲۲°و۲۷° CA btdc در شکل (۴و۵) نشان داده شده است.

---

[1]. Gravimetric Method
[2]. Remote sensing
[3]. Hartridge
[4]. Smoke meter
[5]. MK-3 Hartridge U.k

با ثابت نگه داشتن بار، تاثیر توان بر میزان کدری دود در زاویه های پاشش مختلف مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشاتی کـه در چهار سطح بار ۱۰۰- ۵۵٪ و پنج سطح زاویه پاشش سوخت ۲۲ تا ۴۲ درجه میل لنگ انجام گرفت، نشان داد که افزایش توان در بارهای ۵۵ و ۷۰٪ تاثیر چندانی بر افزایش کدریت دود خروجی از اگزوز ندارد، بیشترین تاثیر توان در حالت بار کامـل اتفـاق افتـاده است.همچنین افزایش زاویه پاشش سوخت در بار های ۵۵ و ۷۰٪ بر میزان کدری دود تاثیری نـدارد امـا در بارهـای ۸۵ و ۱۰۰٪ تاثیر افزایش زاویه پاشش سوخت قابل ملاحظه می باشد. در حالت بار کامل و زاویه پاشش ۴۲ درجه در توان هـای بـالاتر میـزان کدری دود اگزوزکاهش یافته است. بطور نمونه رابطه بین کدری دود و توان در زاویه های پاشش متفاوت در دو بار ۵۵ ٪ و حالـت بار کامل در شکل های (۵) و (۶) نشان داده شده است.

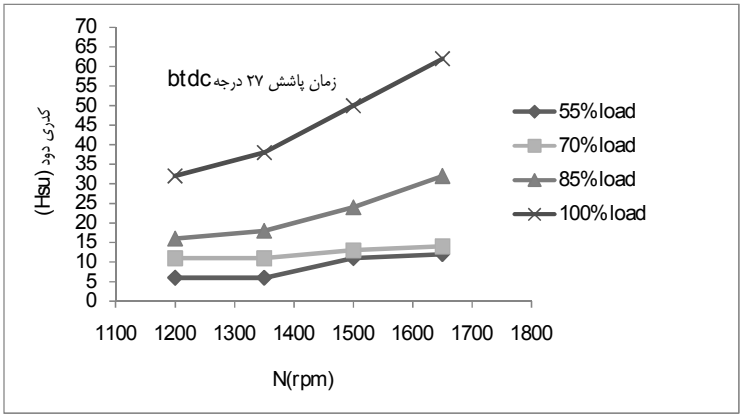
نتیجه گیری :

اثر هر پارامتر کاری موتور با ثابت نگه داشتن سایر پارامتر ها بر میزان کدری دود اگزوز مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل نشان داد که با کنترل پارامترهای کاری موتور، می توان میزان کدری دود اگزوز را کنترل نمود.

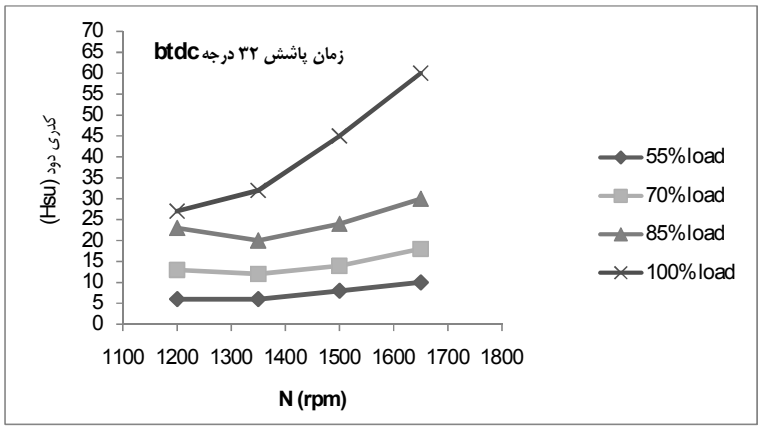
در یک بار ثابت موتور، افزایش سرعت موتور از ۱۲۰۰rpm تا ۱۳۵۰rpm تاثیر قابل ملاحظه ای بـر روی کـدری دود اگـزوز ندارد ولی در سرعت های با لاتر از ۱۳۵۰rpm همراه با افزایش سرعت، میزان کدری دود افزایش می یابد.

در دور موتور ثابت، در بارهای ۵۵ و ۷۰٪ تغییر زیادی در مقدار کدری دود اتفاق نمی افتد، در حالت بار کامل بیشترین میـزان کدری دود وجود دارد.افزایش توان در بار های ثابت به جز در حالت بار کامل (۱۰۰٪) تـاثیر قابـل ملاحظـه ای بـر روی افـزایش کدری ندارد.

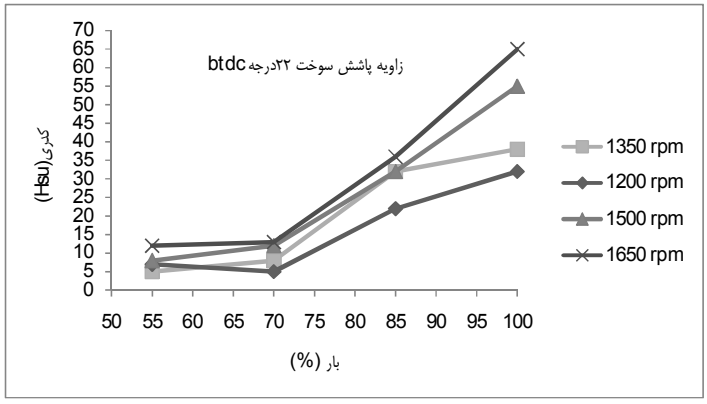
با توجه به نتایج بدست آمده در این تحقیق بیشترین میزان کدری دود اگزوز در بارها و سرعت های بالاتر موتور اتفاق می افتد و بطور کل با افزایش زاویه پاشش سوخت، مقدار کدری دود در اگزوز موتور افزایش می یابد.



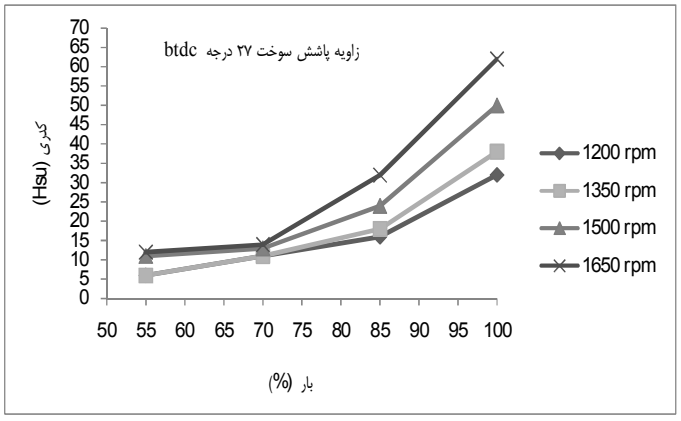
شکل۲: رابطه سرعت موتور با کدری دود در بارهای مختلف.



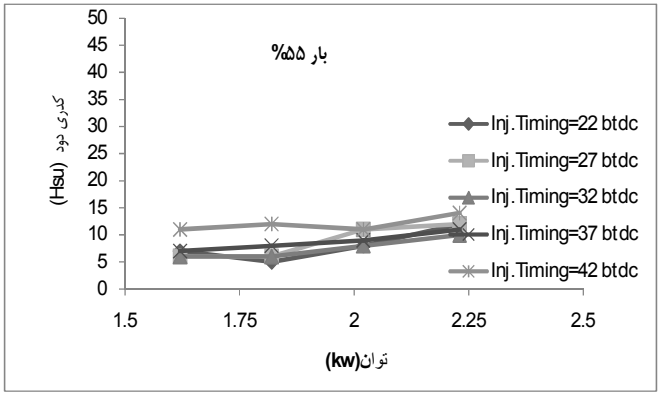
شکل۳. رابطه سرعت موتور با کدری دود در بارهای مختلف.



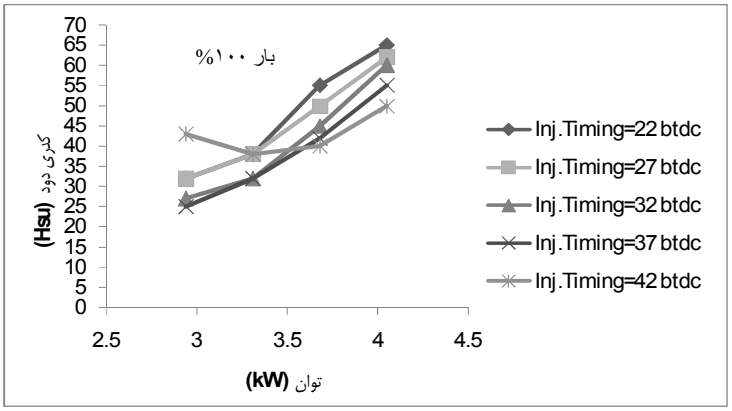
شکل۴: رابطه بار موتور با کدری دود در سرعت های مختلف.



شکل۵: رابطه بار موتور با کدری دود در سرعت های مختلف.



شکل۶:رابطه بین توان موتور با کدری دود در زاویه پاشش سوخت مختلف.



شکل۷:رابطه بین توان موتور با کدری دود در زاویه پاشش سوخت مختلف.

منابع :

۱- دانیاری،س، ۱۳۸۷، کتاب جامع حمل و نقل کشور، گرد آوری سازمان بهینه سازی مصرف سوخت، انتشارات مرکز اسناد انقلاب اسلامی

2- Kittelson,D.B.1990, Particulated Emisson from Diesel Engine: Influence of In-cylandef surface . ASAE paper No.90065

3- J. Arregle .2005, Prcedure for Engine transient cycle Emission testing in real time. Journal 0f Experimental Thermal and Fluid Science

4- Environmental Quality Act 1974.2000.

5- Avinash Kumar & Singh,2003, Effect of EGR on the exhaust gas temperature and exhaust Opacity in copmresstion ignition engine.Department of Mechanical Engineering, Indian Institue of Technology.

6- Hosmath & P.mohanan.2004, Evaluation of the performance and emission charactristice of A 4-stroke single cylinder direct injection Diesel engine fuelled with sesame methyl ester and diesel fuel Blends . Collage of Engineering and technology.

7- Donald Stedman and Esp RSD Engineering.2004, Remote Sensing Smoke Vs. Hartridge smoke Units.Univecity of devner.