نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹٤ - کرج

بررسی عملکرد چهار نوع مافلر در کاهش صدای موتور ژنراتور گاز سوز جهت استفاده در سیستم های CHP

زهرا قربانی[۱*]، سید رضا حسن بیگی بید گلی[۱]، برات قبادیان[۲]، فاطمه مرزبانی[۳]

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۳- دانشجوی کارشناسی گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

ایمیل مکاتبه کننده: z.ghorbani90@ut.ac.ir

چکیده

در این تحقیق تاثیر چهار نوع صدا خفه کن مختلف(انعکاسی، جذبی، U شکل و ترکیبی از انعکاسی و جذبی) را بر صدای منتشر شده از ژنراتور کوچک (۵۰۰۰ وات) با سوخت گاز طبیعی ارزیابی شده است. آزمایشات در ۵ شرایط مختلف بارگذاری (بار ۰٪، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪، ۱۰۰٪) انجام شد. نتایج نشان داد که صدا خفه کن نوع ترکیبی قابلیت تولید پایین ترین سطح فشار صدا ۸۷ db (A) را دارد، درحالیکه نوع جذبی با ۹۵ db(A)بالاترین فشار صدا را داشت. هیچ ارتباطی بین فشار صدای تولیدی از ژنراتور و بارگذاری آن وجود نداشت. مقادیر TL برای مافلر انعکاسی موجود نشان داد که مافلر انعکاسی می تواند در از بین بردن صدای ژنراتور مفید باشد. نتایج آزمایشات اشاره کرد بر اینکه صدا خفه کن نوع U شکل و ترکیبی پتانسیل اینکه به عنوان مافلر مناسب برای کاهش صدای ژنراتور گاز سوز(گاز طبیعی سوز) دز نظر گرفته شود را دارا می باشند.

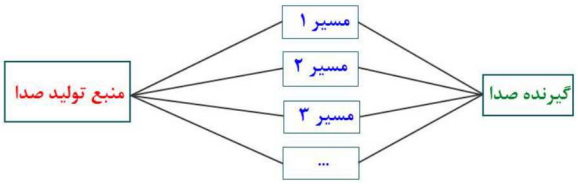
واژه های کلیدی: ژنراتور، گاز طبیعی، انتشار صوت، صدا خفه کن

۱- مقدمه

پس از افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳، کشور های پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مساله انرژی جدی تر بنگرند (مقدسی تفرشی،۱۳۸۷). طبق ارزشیابی های انجام شده ٦٥ درصد از انرژی مصرفی تا سال ۲۰۵۰ از نوع انرژی الکتریکی می باشد، روند سریع و رو به رشد تقاضای برق در ایران، برنامه ریزان انرژی را به سمت استفاده از تکنولوژی تولیدات پراکنده برق(DG) و نیز سیستم های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) سوق داده است (IEA, 2005). تولید پراکنده طبق تعریف عبارت است از تولید برق در محل مصرف یا در نزدیکی آن با استفاده از سیستمهای تولید برق نسبتاً کوچک که ظرفیت آنها معمولاً کمتر از ۲۵ مگاوات می‌باشد و به شبکه توزیع متصل می‌شوند. موتور ژنراتورها همواره یکی از مهمترین عناصر شبکه قدرت بوده و نقش کلیدی در تولید انرژی و کاربردهای خاص دیگر ایفاء کرده است. عیب اصلی این موتور ژنراتورها این است که آنها منبع اصلی آلودگی صوتی می باشند. یکی از آلوده کننده های مهم صوتی مرتبط به نوع انسان، صدای اگزوز در موتور احتراق داخلی است. لذا امروزه کاهش صدای اگزوز این موتورها یکی از مهمترین موضوعات است. به طور کلی سر و صدای ایجاده شده توسط اگزوز بدون استفاده از صدا خفه کن بین ۱۱۰ تا ۱۲۰ دسی بل در فاصله یک متری از دهانه خروجی می باشد. بیشترین المنت های استفاده شده برای کاهش صدای اگزوز صدا خفه کن های بازتابشی می باشند که در رنج وسیعی موجود می باشند (ASHRAE, 1991).

از آنجا که موتور ژنراتورهای گازسوز صدای بیشتری نسبت به توربین های گازی در فرکانس کم ایجاد می کنند، این مسئله در طراحی حفاظ صوتی آ نها باید لحاظ شود (بی نام، ۱۳۸۷).

در شکل.(۲) ارتباط بین منبع تولید و گیرنده صدا نشان داده شده است . همان‌گونه که از شکل پیداست، بهترین راه برای کنترل (و در صورت نیاز کاهش) صدا، کنترل آن در ابتدای مسیر است یعنی منبع تولید صدا. اولویت بعدی در فرآیند کنترل صدا، کنترل مسیرهای انتقال است که بعضاً موثرترین راه است. تعیین مسیرهای انتقال در اکثر موارد فقط از طریق آزمایش‌های دقیق امکان‌پذیر است (حسن بیگی بیدگلی، ۱۳۸۲و Harrison, 2004,).



شکل ۱: شماتیک ارتباط بین منبع تولید و گیرنده صدا [٥ و ٦].

به طور کلی سر و صدای ایجاده شده توسط اگزوز بدون استفاده از صدا خفه کن بین ۱۱۰ تا ۱۲۰ دسی بل در فاصله یک متری از دهانه خروجی می باشد. بیشترین المنت های استفاده شده برای کاهش صدای اگزوز صدا خفه کن های بازتابشی می باشند که در رنج وسیعی موجود می باشند(ASHRAE, 1991)]

کروکر طی تحقیقی که پیرامون شناسایی منابع صدا در ماشین‌های کشاورزی انجام داد ه است، صدای موتور و اگزوز ماشین‌های کشاورزی خودرو را اصلی‌ترین منابع تولید صدا گزارش داد (Crocker, 1972).

۲- مواد و روشها:

اجزای مورد نظر به شرح زیر می باشد.

۱ موتور ژنراتور
۲- دستگاه صداسنج و میکروفن
۳- کارت صدا
٤- نرم افزار
۵- کامپیوتر

موتور ژنراتورها همواره یکی از مهمترین عناصر شبکه قدرت بوده و نقش کلیدی در تولید انرژی و کاربردهای خاص دیگر ایفاء کرده است. موتورژنراتور استفاده شده مدل CC5000NG/LPG (شکل ۱) تهیه شده از شرکت گرین پاور با دو سوخت گاز طبیعی و گاز مایع راه اندازی می شود. که در این تحقیق از سوخت گاز طبیعی استفاده شد. این موتور تک فاز بوده و دارای ولتاژ AC، ۲۲۰ V و ولتاژ DC، ۱۲ V است. موتور هوا خنک تک سیلندر با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه بود.

شکل ۲: موتور ژنراتور استفاده شده در آزمایشات

تست ها در پنج حالت بی باری، ۲۵٪، ۵۰٪، ۷۵٪ و بار کامل انجام شد. نحوه بار دهی به موتور ژنراتور به این شکل بود که مدار الکتریکی از ۸ المنت ۵۰۰ واتی و دو عدد لامپ ۲۰۰ واتی و ۲ عدد ۱۰۰ واتی تشکیل شده بود. نحوه عمل به این شکل بود که با توجه به میزان توان مورد نیاز هر یک از المنت ها و یا لامپ ها با کلید اختصاصی تعبیه شده برای هر کدام وارد مدار می شدند. آزمایشات در هر سطح بار برای چهار نوع مافلر (انعکاسی، جذبی، ترکیبی و U شکل) انجام شد.

کلیه آزمایشات بر اساس استاندارد SAE., J1074 انجام شد. بر اساس این استاندارد بایستی تا فاصله ۳۰,٤ متر از مرکز موتور ژنراتور ساختمان، تپه و موانع انعکاسی بزرگ وجود نداشته باشد. و تا فاصله ۱۵ متری از موتور و میکروفن هم برف، علوفه و خاک شل و موانع جذبی اکوستیکی وجود نداشته باشد. سطح فشار صدا[1] (SPL) محیط حداقل ۱۰ دسی بل کمتر از موتور باشد. میکروفن بایستی در فاصله یک متری از کوچکترین مستطیلی که موتور را احاطه می‌کند، قرار گیرد. مشخصات تجهیزات اندازه گیری صدا در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱: تجهیزات مورد نیاز جهت اندازه گیری صدا

وسایل استفاده شده	حساسیت	محدوده اندازه گیری	دقت اندازه گیری
میکروفن پیزو الکتریک	۵۰ Mv/pa	۱۰-۲۰۰۰۰ Hz	
صدا سنج مدل HT 157- CLASS 1		۲۴-۱۴۰ db	۰/۱ Db
باد سنج AM- 4220		۹/۵-۳۵ m/s	۰/۱ m/s

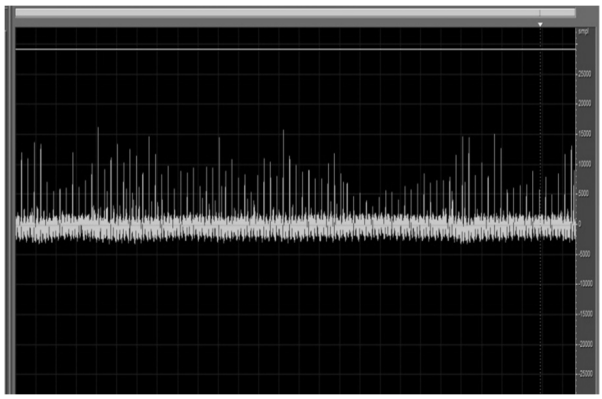
[1] Sound pressure level (SPL)

صدا سنج قبل و بعد از هر داده برداری با استفاده از دستگاه کالبراتور کالیبره شد. به منظور تبدیل صحیح سیگنال های آنالوگ به دیجیتال نرخ داده برداری حداقل می بایست دو برابر بیشترین فرکانس مطابق با معیار نایکویست باشد (Oppenheim, at.al.,)1995

از آنجا که محدوده صدای قابل شنیدن برای انسان بین ۲۰۰۰-۲۰ هرتز است، بنابراین نرخ داده برداری ٤۸۰۰۰ هرتز انتخاب شد.

۳- نتایج و بحث :

شکل ۳ صدای ژنراتور را در دامنه ی زمانی نشان می‌دهد که توسط نرم افزار Cool edite ضبط شده است.



شکل ۳: نمونه سیگنال صدا در حوزه زمان

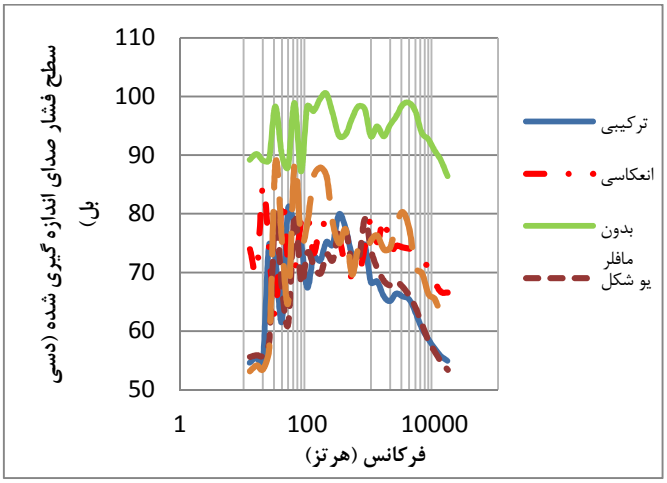
پس از تبدیل این سیگنال ها به دامنه ی فرکانس با استفاده از تبدیل فوریه سریع FTT مقایسه بین تفاوت صداهای ایجاد شده توسط صدا خفه کن ها صورت گرفت. میزان فشار صدای ایجاده شده توسط هر مافلر (انعکاسی، U شکل، جذبی، ترکیبی و بدون مافلر) و IL ایجاد شده توسط هر یک از آنها در جدول ۲ ارائه شده است. همین طور که در جدول مشخص شده است همه ی صدا خفه کن ها به طور قطع صدای ژنراتور را ضعیف کرده اند. صدا خفه کن جذبی کمترین IL را نشان داد. صدا خفه کن U شکل عملکرد خوبی در ضعیف کردن صدا داشت و سطح فشار صدای نزدیک به مدل ترکیبی که بالا ترین IL را داشت حاصل کرد. همانطور که در جدول مشخص است صدا خفه کن نوع جذبی عملکرد خوبی نداشته است.

جدول ۲: تاثیر مافلرهای تست شده بر روی میزان کاهش صدای اندازه گیری شده در فاصله یک متری از اگزوز

نوع مافلر استفاده شده	سطح فشار صدای اندازه گیری شده (دسی بل)	میزان کاهش صدای ایجاد شده (دسی بل)

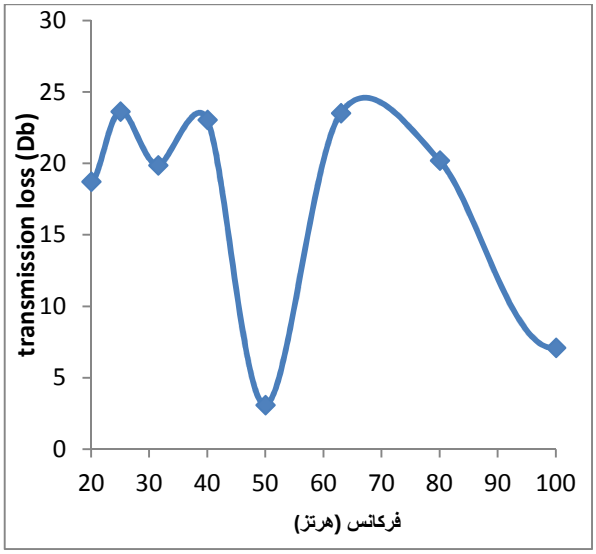
بدون مافلر ------	۱۱۱	
انعکاسی	۹۲	۱۹
شکل U	۸۸	۲۳
جذبی	۹۵	۱۶
ترکیبی	۸۷	۲۴

سطح فشار صدای (SPL) چهار مافلر تست شده در باند ۱/۳ اکتاو در بار ۱۰۰٪ در شکل ٤ نشان داده شده است، همانطور که در شکل مشخص است صدا خفه کن نوع جذبی SPL بالاتری را نسبت به بقیه صدا خفه کن ها ایجاد کرده است. SPL بالا در این نوع صدا خفه کن در فرکانس های پایین کاملاً مشهود است در حالیکه در فرکانس های بالا (۱۰۰۰ هرتز) چنین نیست. بنابراین می توان گفت صدا خفه کن های جذبی برای کاهش صدا در فرکانس های پایین مناسب نیستند. و بایستی از صدا خفه کن های نوع انعکاسی در این فرکانس ها استفاده نمود. جری و لیلی (۲۰۱۳) پس از انجام آزمایشات بر روی یک موتور دیزل ۲۰۰۰ کیلو وات ۱۸۰۰ دور به این نتیجه رسیدند که صدا خفه کن های بازتابشی بیشترین کاهش سر و صدا را در فرکانسهای پایین دارند، بیشترین کاهش در فرکانسهای ۱۲۵ و ۲۵۰ هرتز است در حالیکه صدا خفه کن های جذبی بیشترین کاهش صدا را در فرکانس ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ هرتز دارند. بنابراین بایستی از صدا خفه کن های نوع انعکاسی استفاده نمود.



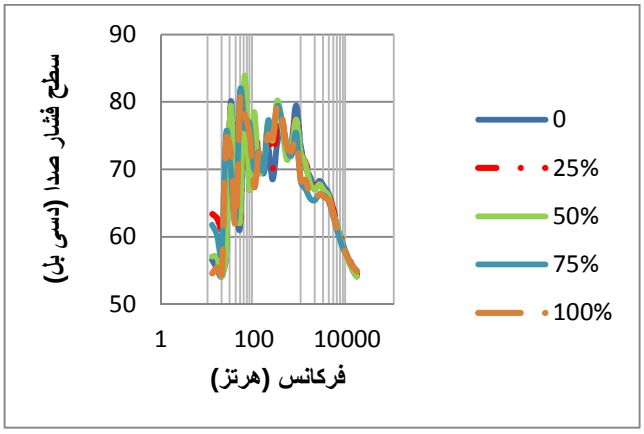
شکل ٤: سطح فشار صدای (SPL) چهار مافلر در باند ۱/۳ اکتاو در بار ۱۰۰٪

مقادیر Transmission loss مربوط به صدا خفه کن انعکاسی (صدا خفه کن موجود بر روی موتور ژنراتور)، در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهند که اولین پیک در 25Hz اتفاق افتاده است. از آن جایی که سرعت موتور ژنراتور 3000rpm است و موتور ٤زمانه می باشد. بر اساس محاسبات فرکانس احتراق برابر 25Hz است. بنابراین این صدا خفه کن می‌تواند در کاهش صدای موتور موتور مفید باشد.



شکل ۵: TL مربوط به صدا خفه کن انعکاسی

تاثیر بارگذاری ژنراتور در انتشار صدا مورد بررسی قرار گرفت اما هیچ رابطه ای بین بارگذاری آن و SPL منتشر شده وجود نداشت. شکل ٦ باند ۱/۳ اکتاو موتور ژنراتور همراه با مافلر انعکاسی را در موقعیت های بارگذاری مختلف نشان می‌دهد. دیده می‌شود که تفاوت قابل مشاهده ای در موقعیت های بارگذاری مختلف وجود ندارد.



شکل ٦: باند ۱/۳ اکتاو موتور ژنراتور همراه با مافلر انعکاسی را در موقعیت های بارگذاری مختلف

نتیجه گیری:

نتایج بیانگر این بود که از بین ٤ مافلر تست شده در این تحقیق کمترین صدا متعلق به مافلر ترکیبی (۸۷ دسی بل) در هر ٥ حالت بار دهی به موتور ژنراتور بود. این در حالی بود که مافلر انعکاسی موجود بر روی موتور ژنراتور بیشترین کاهش صدا را در فرکانس احتراق داشت که نشان دهنده مناسب بودن این مافلر بر روی دستگاه بود. در ٤ مافلر تست شده تغییرات بار تاثیری معنی داری بر روی صدای تولیدی از دستگاه نداشت.

منابع

۱. بی نام، ۱۳۸۷، توسعه تولید همزمان پراکنده در کشور، وزارت نیرو، معاونت امور برق و انرژی، دفتر بهبود تکنولوژی، تهران، ایران، پاییز
۲. حسن بیگی بیدگلی، س. ر. ۱۳۸۲، بررسی و تحلیل سر و صدای تراکتور دو چرخ. رساله دکتری. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تربیت مدرس. ۲۱٥ص،
۳. مقدسی تفرشی، س. م.، ۱۳۸۷، منابع تولید انرژی الکتریکی در قرن بیست و یکم"، انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

4. A. Oppenheim, V. A. Willsky, H. Nawab, 1995."Signals and Systems", 2nd. New York, USA: John Wiley and Sons.
5. ASHRAE Handbook, HVAC applications, Atlanta, 1991, GA pp. 4-7.
6. IEA."Energy Statistics Manual. 2005. International Energy Agency: OECD/IEA Publishing,.
7. M. Harrison, 2004. "Vehicle Refinement Controlling Noise and Vibration in Road Vehicles", SAE International press 1st edition. 358pp.
8. M.J. Crocker, 1972. "Noise sources, noise measurements and noise reduction", ASAE Paper.

Investigation the performance of five mufflers for noise attenuation of a gas generator for usage in CHP systems

Abstract

A detailed experimental study has been conducted to evaluate the effect of different mufflers (reactive, absorptive, U type and hybrid) on noise emission of power small generator fuelled with natural gas. The experiments were performed at five different generator loading conditions (0%, 25%, 50%, 75% and 100% load). An enclosure is installed around the generator using 12mm thick plywood. It is noted that hybrid muffler has the ability to produce the lowest intensity noise level (87 db(A)) while absorptive type with 95 db(A) had the highest noise emission. There was no relationship between generator noise emission and its loading. TL values for existing reactive muffler showed that it could be useful in attuning combustion noise of the generator. The comprehensive analysis of the experimental results suggested that U type and hybrid muffler had the potential to be considered as suitable mufflers to reduce the noise emission of generator powered by natural gas.

Key words: generator, natural gas, noise emission, muffler