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

بررسی اصول اولیه طراحی مافلر در موتورهای دیزل جهت کاهش صدای اگزوز تراکتور

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

همه موتورهای احتراق داخلی رفت و برگشتی پرسر و صدا هستند. برخی بیشتر و برخی کمتر. موتورهای ۲ زمانه و ٤ زمانه باقدرت اسب بخار و سرعت مشابه به دلیل فرآیند احتراق داخلی، طراحی و ساختار یکسان صدای تقریباً یکسان تولید می‌کنند. هرچند تفاوت درتوزیع فرکانسی آنها وجود دارد و فرکانس احتراقی موتور ۲ زمانه بالاتراست. با این وجود اگزوز موتورهای ۲ زمانه (بسته به ادوات مهارکننده) معمولاً کم سروصداتر ازموتور ٤ زمانه است. یکی از آلوده کننده های مهم صوتی مرتبط به انسان، صدای اگزوز در موتور احتراق داخلی است. لذا امروزه کاهش صدای اگزوز این موتورها یکی از مهمترین موضوعات است. بستن صدا خفه کن در لوله اگزوز موثرترین ابزار کاهش صداست. اما صدا خفه کن به ساخت و طراحی خاصی نیاز دارد که پارامتر های مختلف صدای تولید شده توسط موتور را در نظر می-گیرد. پیش بینی صداهای خروجی با فرکانس پایین در موتورهای بزرگ به دلیل تغییرات عملکردی و تاثیر لوله های ورودی (مکش هوا) وخروجی (اگزوز) مشکل است.

واژه‌های کلیدی: آلودگی صوتی، صدا خفه کن، توزیع فرکانسی، اگزوز

۱- مقدمه

پالس های منتشر شده از اگزوز منبع صدای موتور می باشد، زمانی که کورس انبساطی موتور نزدیک به آخر می رسد، سوپاپ تخلیه باز شده و فشار باقی مانده در سیلندر، گاز های خروجی را به صورت ضربه ای به سیستم خروجی تخلیه می‌کند. این ضربات ۰/۱ و ۰/٤ اتمسفر دامنه، و مدت ضربه بین ۲ و ۵ میلی ثانیه دارند. طیف فرکانس مستقیماً به مدت ضربه مرتبط می شود. فرکانس cut-off بین۲۰۰ و ۵۰۰ هرتز قرار می گیرد. عموماً موتور ها صدای ۱۰۰ تا ۱۳۰ دسی بل تولید می‌کنند که به اندازه و نوع موتور بستگی دارد. صدای اگزوز بارزترین صدا می باشد (Rahman, T) . به منظور کاهش این صدا، انواع مختلفی از صدا خفه کن ها استفاده می شوند. میزان کاهش صدای اگزوز به ساختمان و طرز عملکرد صدا خفه کن ها بستگی دارد. همانطور که از نام آن مشخص است هدف اصلی صدا خفه کن کاهش دادن یا خفه کردن صدایی است که توسط موتور احتراق داخلی ساطع می گردد. تکنولوژی صدا خفه کن در مدت بیشتر از صد سال گذشته تغییر نکرده است.

اگزوز در صدا خفه کن نوع انعکاسی از میان محفظه ها و در نوع جذبی به طور مستقیم از میان لوله های سوراخ شده ای که با ماده جاذب صدا پوشانده شده، عبور داده شده است (Marcel Dekker, 1982).

عملکرد سیستم اگزوز توسط فاکتور های مختلف ارزیابی شده است. مهمترین فاکتورها عبارتند از: فشار برگشتی و The insertion loss of system. فشار برگشتی بالا در سیستم اگزوز بر عملکرد موتور تاثیر می‌گذارد، یعنی کاهش دادن قدرت و افزایش دادن مصرف سوخت.

مشاهده شده که فشار برگشتی غیر خطی تغییر می‌کند و به وسیله هر معادله ای نمی‌تواند پیش بینی شود .همچنین مشاهده شده که مقدار فشار برگشتی برای قطرهای کوچک سوراخ روی لوله نسبت به سوراخ های بزرگتر بالاست حتی اگر تخلخل دو برابر شود. اما برای قطرهای بزرگتر، مقدار فشار برگشتی یکسان باقی می‌ماند حتی زمانی که تخلخل دو برابر شود. تغییر تخلخل مافلر تاثیر بر فشار برگشتی را بیان میکند. تغییر در قطر سوراخ ها تاثیر قابل ملاحظه ای دارد. تغییر زیاد در مقادیر فشار برگشتی وجود دارد حتی اگر قطر سوراخ اندکی تغییر کرده باشد. کاهش ناگهانی در مقادیر فشار برگشتی زمانی که تخلخل افزایش یافت ایجاد شد (Kalyankumar, 2010).

اوزدمیر و همکاران (۲۰۱۳) مافلر را به وسیله تغییر طول محفظه انبساطی تحلیل کردند. تا تاثیرات بر مشخصات جریان در یک مافلر انعکاسی سه محفظه انبساطی و سوراخ دار را بفهمند. مشخص شد که افزایش در کل طول محوری مافلر کاهش صدای بهتری را نتیجه می دهد. از آنجا که به یک مافلر کوچکتر جهت کاهش هزینه نیازمندیم، لذا تاثیر کوتاه کردن طول مافلر ارزیابی شد. مشاهده شده که ۳۰ درصد کاهش بر طول محفظه ی عقب هیچ تفاوتی بر مشخصات آکوستیکی نسبت به مافلر پایه ایجاد نمی کند (Özdemir,2013) . به منظور تولید جریان عبوری، قسمت های سوراخ دار لوله ورودی و خروجی در محفظه میانی قرار داده شدند.کاهش طول محفظه ی میانی از جریان عبوری جلوگیری می کند، بنابراین افت فشار بزرگتر در این مدل رخ می‌دهد.(Smith,).

۱-۱- نیازهای اساسی (بنیادین) صدا خفه کن

پنج معیار طراحی مختلف هنگام طراحی یک صدا خفه کن برای عملکرد و کاربرد خوب باید در نظر گرفته شود. این گونه الزامات تابعی از افت مناسب، فشار برگشتی، اندازه، پایداری و مقاومت، صدای مورد نظر، هزینه، وزن، شکل جمع و جور وسبک می باشد. این معیارها عبارتند: از آکوستیکی، آیرودینامیکی، مکانیکی، هندسی و اقتصادی و فشار برگشتی .(Sherekar, 2014)

ملاک آکوستیکی کاهش صدای حداقل را مشخص می کند در این حالت صدا خفه کن به تابعی از فرکانس نیاز دارد. پارامترهایی که عملکرد آکوستیکی یک مافلر را مشخص می کنند شامل: کاهش صدا[1]، insertion loss (IL)، تضعیف[2] و افت انتقال[3] می باشد(kumar, 2007) .

کاهش صدا تفاوت سطح فشار صدای عبوری از مافلر را می گویند. این پارامتر به راحتی قابل اندازه گیری است اما محاسبه کردن آن مشکل است. این پارامتر در طراحی مافلر قابل اعتماد نیست زیرا که به مافلر و Termination وابسته است.

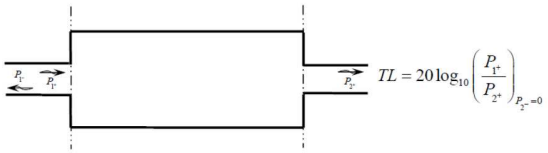
[1] Noise reduction (NR)

[2] Attenuation (ATT)

[3] Transmission loss (TL)

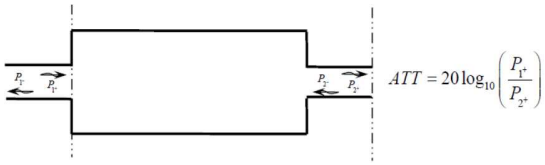
Insertion loss (IL)، اختلاف سطح فشار صدا در یک نقطه بیرون از سیستم، بدون و با استفاده از مافلر. این پارامتر فقط به مافلر بستگی ندارد بلکه نیاز به داشتن امپدانس (مشخصه های صوتی) منبع (موتور) و موانع (لوله اگزوز و دنباله لوله) دارد به همین دلیل پیش بینی آن مشکل و اندازه گیری آن راحت می باشد. این پارامتر مهمترین معیار عملکرد مافلر را توضیح می دهد.

افت انتقال تفاوت توان صدا بین موج صدا وارد شده به داخل مافلر و موج صدای انتقال یافته (خارج شده) زمانی که انعکاس در داخل مافلر وجود ندارد. این پارامتر فقط به مافلر وابسته است و مستقل از پارامترهای منبع است. از آنجا حذف انعکاس مشکل است لذا اندازه گیری این پارامتر مشکل و پیش بینی آن راحت است (شکل ۱).



شکل ۱: شماتیکی از Transmission loss

تفاوت توان صدای ورودی به مافلر و انتقال یافته از مافلر و دنباله آن است. این پارامتر به مافلر و دنباله آن بستگی دارد. بنابراین پیش بینی رفتار مافلر را بعد از نصب شدن داخل سیستم می کند. این پارامتر به اصلاح کردن طول مافلر کمک می کند (شکل ۲).



شکل ۲: شماتیکی از تضعیف

TL و IL زمانی با هم برابر است که صدا خفه کن انعکاس نداشته باشد (کلیه صداهای موجود در صدا خفه کن جذب شود بدون اثر خارجی یا .....).

انتخاب نهایی یک معیار ارزیابی بر اساس مصالحه بین دقت مورد انتظار در پیش بینی ها و منابع در دسترس (پول، فضا) انجام می گیرد. مثلاً امپدانس منبع مورد نظر برای پیش بینی IL را می توان به صورت تجربی تعیین کرد، اما هزینه بر و وقت گیر خواهد بود. در نتیجه طراحی صدا خفه کن بر اساس TL پیش بینی شده با درک کامل از تخمین های مرتبط صورت می گیرد. ارزیابی نهایی تنها با آزمایش میدانی واقعی مقدار IL تایید می شود. که بدان معناست که عملکرد یک صدا خفه کن انعکاسی را بدون انجام تست های عملی نمی توان تعیین کرد. در مقیاس های کوچک ارزش ریسک کردن وجود دارد چون می توان قسمت ناقص را با یک مدل جدید تعویض کرد اما برای کارهای بزرگ ریسک بیشتر است(Biswas and Mandal, 2013).

ملاک آیرودینامیکی افت فشار مجاز حداکثر را از میان صدا خفه کن در جریان جرم و دمای داده شده مشخص می‌کند. یک صدا خفه کن موثر، فشار صوتی منبع صدا را به حد نیاز کاهش می‌دهد. یک صدا خفه کن اتومبیل، صدای درون سیستم اگزوز که به وسیله موتور تولید شده را باید کاهش دهد. عملکرد صدا خفه کن یا توانایی کاهش شدت به طور کلی با افت مناسب یا افت انتقال مشخص می‌گردد.

ملاک مکانیکی موادی را مشخص می کند که صدا خفه کن از آن ها ساخته یا طراحی شده است. طوری که صدا خفه کن پایا باشد و به نگهداری کمتری نیاز داشته باشد. این امر خصوصاً در مورد خروج گازهای دمای بالا یا گاز های خورنده یا جریان گازی که توسط ذرات جامد در حالت تعلیق حمل می شود که ممکن است بر روی سطح داخلی دیوار صدا خفه کن رسوب کند و اثر آن را کاهش بدهد مهم است.

ملاک هندسی محدودیت و مقدار مجاز حداکثر را مشخص می کند. انتخاب نوع و اندازه مناسب صدا خفه کن بسیار حایز اهمیت است تا افت فشار و کارایی (عملکرد) آکوستیکی و دیگر ضوابط طراحی خاص را تضمین کند. انتخاب نوع صحیح صدا خفه کن اگزوز توسط نوع موتور، استفاده نهایی از موتور و میزان افت مورد نیاز تعیین می‌شود. فشار برگشتیهمچنین اندازه صدا خفه کن بایستی متناسب با سرعت گازهای خروجی و فشار برگشتی مورد نیاز انتخاب شود. فضای موجود تاثیر بزرگی بر سایز و بنابراین نوع صدا خفه کن که ممکن است استفاده شود، دارد.

صدا خفه کن می‌تواند از نظر هندسی طوری طراحی شود که کاهش مطلوب را داشته باشد اما محدودیت فضا می تواند آن را غیر قابل استفاده نماید.

ملاک اقتصادی در مرتبه فروش (بازار) است. یک صدا خفه کن باید به اندازه ممکن ارزان باشد در حالیکه قیمت اولیه طراحی باید به اندازه قیمت عملیاتی مهم در نظر گرفته شود. به طور کلی هرچه یک صدا خفه کن بزرگتر باشد، وزنش بیشتر می‌شود و هزینه تولیدش افزایش می‌یابد تقویت موثور یک صدا خفه کن، همیشه مربوط به طراحی بوده و هر چه یک صدا خفه کن بزرگتر باشد تقویت آن مشکل تر خواهد بود. سیستم پایه ای صدا خفه کن نه تنها باید وزن صدا خفه کن را تحمل کند، بلکه باید عایق لرزش هم باشد تا لرزش سیستم اگزوز به شاسی و سپس به کابین سرنشین ها منتقل نشود.

این عایق صدا (ایزوله ی صدا) معمولاً با استفاده از وارد کردن لاستیک سخت و براکت (قلاب) هایی که لرزش را از صدا خفه کن به شاسی تعدیل می‌کنند، به دست آمده است. بنابراین صدا خفه کن سبک مطلوب است.

فشار برگشتی فشار استاتیک اضافی توسط صدا خفه کن بر موتور از طریق محدودیت در جریان گازهای خروجی(اگزوز) می باشد. به عبارت دیگر متوسط فشار در لوله اگزوز حین کورس اگزوز را (خروج گاز) بعنوان متوسط فشار اگزوز و فشار اتمسفر را فشار محیط می نامند. تفاوت بین این دو فشار را به عنوان فشار برگشتی تعریف می کنند.

سوپاپ اگزوز چند درجه قبل از رسیدن پیستون به نقطه مرگ پایین باز در حین کورس انبساط باز و چند درجه بعد از رسیدن پیستون به نقطه مرگ بالا بسته می شود. لذا گازهای سوخته شده تنها طی یک سوم کل سیکل کاری می توانند از سیلند خارج شوند. لذا در دو سوم سیکل یک سر لوله اگزوز (سمت موتور) بسته است و سمت دیگر هم مافلر و مانعی به نام اتمسفر یا جو قرار دارد که با بالا و پایین رفتن متوسط فشار اگزوز، پالسی در اگزوز با فرکانس برابر با تعداد سیکلهای کامل در یک ثانیه ایجاد می شود (فرکانس احتراق) که به تعداد سیلندرهای موتور و ترتیب احتراق وابسته است. افزایش فشار برگشتی سیستم اگزوز توان خالص در دسترس کمتر روی میل لنگ و مصرف سوخت بیشتر را به دنبال دارد. مقدار کاهش توان به عوامل زیاد وابسته است اما به عنوان یک قانون کلی یک اینچ جیوه (۲۵/٤ میلی متر) فشار برگشتی یک درصد افت توان بیشینه را به همراه دارند.

معمولاً مافلرهایی که کاهش زیاد صدا را دارند مقدار فشار برگشتی بیشتری تولید می‌کنند. در صدا خفه کن نوع انعکاسی که صدا را به خوبی کاهش می دهند. گازهای خروجی با عبور کردن از مقاطع مختلف هندسی مقدار فشار برگشتی زیادی را تولید کرده که بازده خروجی موتور را کاهش می‌دهد.

لازم به ذکر است که فشار برگشتی باید حداقل نگه داشته شود تا از اتلاف توان جلوگیری کند.

۱-۲- انتخاب صدا خفه کن

به منظور انتخاب نوع صدا خفه کن مناسب، داشتن برخی از اطلاعات اصلی ضروری است تا ملاحظه شود چطور صدا خفه کن های صنعتی کار می کنند.

صدا خفه کن های صنعتی، (و صدا خفه کن ها در حالت کلی)، صدا را به وسیله دو روش بنیادی مختلف تقلیل می-دهند. در اولین روش، که تضعیف انعکاسی نامیده می شود، انرژی صوتی دوباره به سمت منبع صدا منعکس می شود. دومین روش، یعنی تضعیف جذبی، صدا را به وسیله تبدیل انرژی صوتی به مقادیر کوچک گرما کاهش می دهد.

سه نوع صدا خفه کن اصلی صنعتی وجود دارد که از روش ها ی ذکر شده در بالا برای تقلیل آسان صدا استفاده می کنند. صدا خفه کن های انعکاسی، صدا خفه کن های جذبی و هیبریدی که ترکیبی از هر دو آنها یا هر یک از آن‌ها به تنهایی به همراه تشدید کننده می باشد. انتخاب مناسب صدا خفه کن به وسیله تطبیق دادن مشخصات تقلیل صدا خفه کن به مشخصات صدای منبع صورت می‌گیرد منابع صدای صنعتی به طور عمده به سه دسته مختلف با مشخصات خاص تفکیک می شود.

اولین دسته منابعی اند که صدا را در فرکانس پایین تولید می کنند اما نوعاً افت های نسبی فشار بالا را می توانند تحمل کنند. موتورها، دمنده ها، کمپرسورهای رفت و برگشتی، کمپرسورهای دورانی از این منابع تولید صدا هستند.

تولید صدای فرکانس پایین خاصیت این ماشین هاست و نسبت فشار- حجمی دارند که می توان افت فشار سیستم را کاملاً نادیده گرفت. صدا خفه کن های محفظه ای[4] یا به عبارت دیگر انعکاسی برای این ماشین ها کاملاً مناسب هستند.

[4] chambered

دومین دسته از منابع صدا منابعی هستند که اساساً صدای با فرکانس بالا تولید می‌کنند و عملکردی بسیار حساس برای اتلاف فشار سیستم دارند.

این منابع تقریباً همیشه حرکت می‌کنند یا جریانی را با چرخاندن تیغه ها فشرده می کنند. و شامل فن های گریز از مرکز، کمپروسورها و توربین ها می باشند. بنا بر تعریف، این نوع تجهیزات با صدا خفه کن های جذب کننده برای دماهای پایین و بالا به بهترین نحو عمل می کنند.

میزان کاهش صدا به طراحی، ساخت و طرز کار مافلر ها بستگی دارد اگرماشینی بدون مافلر حرکت کند میزان صدا غیر قابل تحمل است. اکثر پیشرفت ها در فیلتر های آکوستیکی و مافلرهای اگزوز ظرف ٤ دهه اخیر حاصل شده است. از این رو طراحی خوب مافلر باید بهترین کاهش صدا را نتیجه بدهد و فشار برگشتی مطلوب را برای موتور ایجاد کند. فشار برگشتی، فشار استاتیک زیاد به وسیله مافلر روی موتور به واسطه محدودیت بر جریان گازهای خروجی اگزوزها اعمال شده است.Insertion loss به عنوان تفاوت قدرت آکوستیک متشعشع شده بدون و همراه مافلر مناسب تعریف شده است.

دو نوع کاربرد صنعتی عمده، خارج از دسته های ذکر شده در بالا قرار می گیرد و شامل یک ترکیب خاص از صدا خفه کن های جذبی و انعکاسی است. این نوع صدا خفه کن ها با ترکیب خاص در دمنده های سرعت بالا و تهویه های فشار بالابه کار می روند. هر دو منبع تولید صدا در فرکانس های پایین و بالا دارند و می توانند افت فشار متوسط را تحمل کنند.

به عنوان یک قاعده کلی، ماشین های جا به جایی مثبت یا جبران کننده نیاز به صدا خفه کن های انعکاسی دارند، و منابع گریز از مرکز از صدا خفه کن های جذبی باید استفاده کنند. برای بقیه منابع صدا، ترکیب صدا خفه کن‌های انعکاسی‌جذبی با طراحی مناسب قابل استفاده است.

۱-۳- انواع مافلرها بر اساس میزان کاهش صدا

شخص بر طبق نیاز به افت الحاقی و نیاز خاص می‌تواند انتخاب کند. روش انتخاب درجه مافلر در زیر توضیح داده شده است (Bell, 1982).

صنعتی/تجاری	IL=15 -25 dBA Body/Pipe= 2-2.5 Length/Pipe = 5- 6.5
مسکونی	IL = 20-30 dBA Body/Pipe= 2-2.5 Length/Pipe = 6- 10
درجه بحرانی	IL = 25-35 dBA Body/Pipe= 3 Length/Pipe = 8- 10
درجه فوق بحرانی	IL = 35-45 dBA Body/Pipe= 3 Length/Pipe = 10-16

۲- طراحی مافلر

شخص نیاز دارد تا فرکانس غالب[5] را محاسبه کند تا بتوان غلظت بیش تری از افت انتقال بالاتر را به دست آورد. برای به دست آوردن فرکانس های غالب (احتراق)، دور در دقیقه قدرت حداکثر موتور مورد نیاز است و محاسبات به شرح زیر است (Biswas and Mandal, 2013،).

$$0.5\left(\frac{49.03 \times \sqrt{°R}}{2 \times \pi \times f}\right) \leq L1 \leq 2.6\left(\frac{49.03 \times \sqrt{°R}}{2 \times \pi \times f}\right)$$ ($°R - Rankin$ temperature)

.

نرخ احتراق (سوختن) سیلندر(CFR[6])

موتور دو زمانه CFR = RPM/60

موتور چهار زمانه CFR = RPM/120

نرخ احتراق موتور (EFR[7])

EFR = n × CFR

n:تعداد سیلندر

2-۱- انتخاب طول محفظه

۱) انتخاب طول محفظه با در نظر گرفتن دمای گاز خروجی(اگزوز)

بیشترین دمای گاز خروجی: (اگر موجود نیست مقادیر زیر را در نظر بگیرید)

[5] Firing frequency

[6] Cylinder frequency rate

[7] Engine frequency rate

برای موتور بنزینی T=1200°F

برای موتور دیزل T=900°F

در اینجا f فرکانس غالب موتور (فرکانسی که بیشترین صدای موتور را ایجاد می کند).

۲)طول محفظه بر اساس کمیته فنی ASHARE ۲,٦

فرض کنید اگر نیاز درجه مافلر با درجه فوق بحرانی مطابقت کند؛ (پس رویه مشابه برای درجه های دیگر منتج می-شود)

فوق بحرانی

IL = 35-45 dBA

Body/Pipe= 3

Length/Pipe = 10-16

قطر لوله خروجی × 16 ≥ L1≤ قطر لوله خروجی × ۱۰

۲-۲- انتخاب قطر مافلر (S_2)

۱) قطر بدنه بر اساس کمیته فنی ASHARE ۲,٦ (Kalyankumar and .Thombare2010)

فرض کنید نیاز به انتخاب مافلر با درجه فوق بحرانی است. (پس رویه مشابه برای درجه های دیگر منتج می‌شود.)

قطر لوله اگزوز (خروجی) = قطر لوله دهانه صدا خفه کن

۲- قطر بدنه از طریق محاسبه حجم مافلر (kumar ,2007)

۲-۳- طول دنباله مافلر

دنباله لوله اگزوز تشدیدهای را خواهد داشت که می‌تواند صدای موتور را تقویت کند. به منظور جلوگیری از تشدید صدا در دنباله اگزوز با استفاده از رابطه زیر دنباله لوله بهینه را محاسبه کنید(Bell, 1982)

(Cummines and Golden 1993)

$$L_2=(\frac{C}{4\times F_1}-\frac{S_3}{2})$$

L_2 دنباله مناسب اگزوز

F_1 فرکانس احتراق موتور (فرکانس پایه)

C سرعت صوت در اگزوز (فوت بر ثانیه)

S_3 قطر لوله (بر حسب فوت)

۲-٤- افت فشار

به طور تئوری محاسبه دقیق افت فشار به دلیل ساختار پیچیده مافلر بسیار مشکل است، لذا با استفاده از

معادلات افت فشار می توان آن را تخمین زد، که نباید از حد مشخص تجاوز کند. افت فشاری که محاسبه شده می‌تواند با سخت افزار FEM تجارتی چک شود (Özdemir and et. Al., 2013and Biswas and Mandal, 2013)

$$(V_m) = \frac{n \times V_S \times Factor}{2} = \frac{\pi \times L_{1\times}(S_2)\text{^}2}{4}$$

و یا

$$V_m = \frac{Q \times N \times V_p}{1000 \times n \times \sqrt{T}} = \frac{\pi \times (S_2)\text{^}2 \times L_1}{4}$$

V_m حجم مافلر، V_S و Vp حجم جابجایی سیلندر، n تعداد سیلندر موتور، L_1 طول محفظه مافلر

N. دور موتور بر حسب rpm ، S_2 سطح مقطع سیلندر، T تعداد کورس، Factor که بایستی حداقل بین ۲۵– ۱۲ در نظر گرفته شده باشد، Q ثابتی که با توجه به نیاز بین ۵ و٦ می‌تواند انتخاب شود.

$$displasement\ CFM = \frac{\pi B^2 \times S \times N \times rpm}{4 \times 1728}$$

CFM نرخ جابجایی سیلندر

B قطر سیلندر به اینچ

S طول کورس پیستون به اینچ

N تعداد سیلندر

rpm دور موتور بر حسب دور بر دقیقه

$$(\mathrm{V}) = \frac{\text{exhaust flow rate (CFM)}}{\text{Silencer inlet pipe area (ft2)}}$$

$$(\Delta p)\text{افت فشار} = c \times \left(\frac{V}{4005}\right)^2 \times \left(\frac{530}{T°\mathrm{F}+460}\right)$$

Vسرعت گاز خروجی

C ضریب افت فشار

ΔP افت فشارآب به اینچ

منابع و مراجع

1. Bell, L.H., 1982., Industrial Noise Control, Marcel Dekker, Inc., New York,
2. Biswas, S. Mandal, G. 2013., An Approach to reduce the product variants through design Of hybrid muffler" SIAT, India -26-0096,
3. Cummines, J. R., Golden., B. G., 1993., Silencer application handbook
4. Kalyankumar, S. S., Thombare, D.G. 2010., A practical approach towards muffler Design, development and prototype validation, 032-0021
5. kumar, S., 2007., linear acoustic modeling and testing of exhaust mufflers". Master of Science thesis Stockholm, Sweden.
6. Özdemir, E. Yılmaz, R. Parlar, Z. and Arı, Ş. 2013, An Analysis of Geometric Parameters' Effects on Flow Characteristic of a Reactive Muffler, in International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technology", Istanbul, Turkey,.
7. Rahman M., Sharmin, T. Alnur, M. Design and construction of muffler for engine noise Reduction" ICME05-TH-47
8. Sherekar, V., Dhamangaonkar, P. R. 2014., Design Principles for an Automotive Muffler", International Journal of Applied Engineering Research ISSN 0973-4562 Volume 9, pp. 483-489,
9. Smith, P.H., Morrison., J.C. Scientific design of exhaust and intake systems

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

Fundamentals of diesel engine muffler design for exhaust noise attenuation

Abstract

All internal combustion engines are noisy. Although two- cycle and four- cycle engines of equivalent horsepower and speed produce approximately the same overall noise level, there is a difference in frequency distribution due to the higher firing frequency of 2-cycle engine. Even so, the exhaust of 2-cycle engines (depending upon the scav-engine means) is normally quieter than the 4-cycle types. Exhaust noise emission is one of the major source of noise pollution. So it's noise reduction using mufflers could be so valuable for human health. There are different variables influencing muffler noise attenuation. So exhaust noise emission prediction in low frequencies for large diesel engines are difficult because of intake and exhaust manifold effects.

Keyword: noise pollution, muffler, frequency distribution, exhaust