



## بهینه‌سازی صدای خروجی و فشار برگشتی سامانه تخلیه دود موتور سه لیتری دیزلی پرخوران

سیامک حسین پور<sup>۱\*</sup>، البرز ذهنی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران، [hossainpour@sut.ac.ir](mailto:hossainpour@sut.ac.ir)

<sup>۲</sup>دانشکده مکانیک، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز، ایران، [a\\_zehni@sut.ac.ir](mailto:a_zehni@sut.ac.ir)

\*نویسنده مسئول، شماره تماس: ۰۴۱-۳۳۴۵۹۴۷۹

### اطلاعات مقاله

### چکیده

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۰۷ مهر ۱۳۹۳

پذیرش: ۲۳ آذر ۱۳۹۳

کلیدواژه‌ها:

سامانه تخلیه دود

فشار برگشتی

صدا

انباره

بهینه‌سازی

سامانه تخلیه دود از مهمترین اجزای موتور و خودرو است که در طراحی آن عمدتاً دو متغیر اصلی فشار برگشتی و صدای خروجی در نظر گرفته می‌شود. هدف از مقاله حاضر این است که صدا و جریان گازهای خروجی موتوری سه لیتری دیزلی پرخوران با بیشینه توان ۹۶ کیلو وات با استفاده از نرم‌افزار دینامیک سیالات محاسباتی FLUENT شبیه‌سازی و صحت‌گذاری شود. سپس با استفاده از نرم‌افزار یک بعدی GT-POWER قطر لوله سامانه گازهای خروجی با هدف افزایش توان موتور بهینه گردد. چون افزایش توان موتور افزایش صدای گازهای خروجی را به همراه خواهد داشت، یک شکل هندسی بهینه برای انباره سامانه تخلیه دود از لحاظ کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی ارائه می‌گردد. نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهند که بهینه‌سازی قطر لوله مجرای تخلیه دود با در نظر گرفتن چندراهه دود توان موتور را در حدود یک درصد بیشتر پیش بینی مینماید. همچنین، شکل پیشنهادی انباره‌ای که دارای محفظه بیضوی است و لوله‌های ورودی و خروجی در یک راستا نیستند، دارای کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی است.



تمامی حقوق برای انجمن علمی موتور ایران محفوظ است.

## ۱- مقدمه

سامانه تخلیه دود از مهمترین اجزای موتور است. اهمیت این سامانه به این دلیل است که یک سامانه تخلیه دود مناسب می‌تواند به افزایش بازده تنفسی و توان موتور بینجامد [۱]. پس از آنکه احتراق کامل شد و گازهای فشار قوی در مرحله انبساط برای انتقال کار به میل‌لنگ استفاده شدند، این گازها باید از محفظه احتراق خارج شوند تا فضای خالی برای مخلوط هوا و سوخت چرخه بعدی فراهم شود. در زمینه طراحی سامانه تخلیه دود عمدتاً دو متغیر اصلی فشار برگشتی<sup>۱</sup> و صدا<sup>۲</sup> در نظر گرفته می‌شود. فشار برگشتی در اثر تراکم گازهای خروجی به دلیل وجود موانعی از قبیل سامانه واکنشگر<sup>۳</sup>، خم‌های لوله تخلیه دود و انباره<sup>۴</sup> ایجاد می‌شود. در نتیجه با کاهش فشار برگشتی تخلیه گازهای خروجی بهتر انجام می‌شود و بازده تنفسی و توان موتور افزایش می‌یابد. آرمانی‌ترین حالت این است که فشار برگشتی وجود نداشته باشد. این کار برای هر موتوری بدین صورت می‌تواند انجام گیرد که از یک لوله فرضی بدون هیچ خمیدگی به عنوان مجرای تخلیه دود استفاده شود. اما عامل صدای بسیار بلند و گوش خراش صدای گازهای خروجی که ناشی از انرژی جنبشی مولکول‌های آن است مانع از انجام این کار می‌شود. بنابراین، مصالحه بین تسهیل در تخلیه گازهای خروجی و صدای حاصل از آن موجب شده است که مطالعات زیادی در مورد طراحی و بهینه‌سازی سامانه تخلیه دود انجام گیرد.

موهب‌دین و همکاران<sup>۵</sup> با استفاده از کد Fluent کاهش صدای خروجی و مقدار فشار برگشتی در انباره خودروی آلفا رومئوی ۱۴۵ را بررسی کردند. نتایج عددی نشان دادند که جریان گازهای خروجی در انباره دچار پدیده جدایش<sup>۶</sup> و افزایش فشار برگشتی می‌شود. همچنین با افزایش سطح مقطع عرضی انباره صدای خروجی کاهش یافت [۲]. چانگ و چیو<sup>۷</sup> با استفاده از شبکه‌های عصبی و روش وراثت صدای خروجی یک انباره را بهینه کردند و نتیجه گرفتند در حوزه‌های فرکانسی خاصی صدای خروجی کمینه است [۳].

لو و همکاران<sup>۸</sup> از برنامه چند بعدی Fluent برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی صدای انباره استفاده کردند و نتایج عددی را با مقادیر تجربی صحت‌گذاری کردند [۴]. فانگ و همکاران<sup>۹</sup> با استفاده از شبیه‌سازی‌های چند بعدی CFD افت فشار در یک انباره را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش سرعت گازهای خروجی فشار

برگشتی به صورت خطی افزایش می‌یابد [۵]. یاسودا و همکاران<sup>۱۰</sup> با استفاده از شبیه‌سازی‌های یک بعدی CFD صدای خروجی سامانه تخلیه دود را مطالعه کردند و به‌رغم یک بعدی بودن شبیه‌سازی توافق خوبی بین نتایج عددی و تجربی حاصل شد [۶]. سن<sup>۱۱</sup> با استفاده از شبیه‌سازی‌های سه بعدی میدان جریان، فشار برگشتی و مقدار صدا را در یک سامانه تخلیه دود بررسی کرد و نتایج عددی را با نتایج تجربی تأیید نمود [۷]. پانگ‌اوهانه و همکاران<sup>۱۲</sup> با استفاده از شبیه‌سازی‌های سه بعدی میدان جریان تأثیر تغییر ابعاد لوله سامانه تخلیه دود را بر مقدار فشار برگشتی بررسی کردند. نتایج تحلیل نشان دادند که افزایش قطر لوله سامانه تخلیه دود و تخلخل انباره، مقدار فشار برگشتی را تا ۷۰ درصد کاهش دهد [۸].

ازدمیر و همکاران<sup>۱۳</sup> تأثیر جابجایی صفحات داخل انباره را بر جریان داخل انباره دارای سه محفظه<sup>۱۴</sup> بررسی کردند. نتایج تحلیل سه بعدی نشان دادند که افزایش طول انباره در حالت کلی موجب کاهش صدای خروجی می‌شود. همچنین، کاهش حجم ۳۰ درصدی محفظه اول از سمت جریان ورودی هیچ تأثیری روی کاهش صدای خروجی نداشت. اما کاهش حجم محفظه وسط موجب کاهش قابل ملاحظه صدا می‌شود [۹]. پاندهاره و همکاران<sup>۱۵</sup> با استفاده از کد FLUENT کاهش صدای خروجی و مقدار فشار برگشتی را در دو شبیه‌سازی انباره بررسی کردند. تحلیل جریان انباره نشان داد که مصالحه صدا و فشار برگشتی در انباره همچنان یکی از مسائل اصلی طراحی انباره است و باید همچنان مطالعات بیشتری در این زمینه انجام بگیرد [۱۰].

هدف از کار حاضر این است که صدا و جریان گازهای خروجی یک موتور سه‌لیتری به کمک نرم‌افزار FLUENT شبیه‌سازی و صحت‌گذاری شود. سپس، با استفاده از نرم‌افزار GT-POWER قطر لوله سامانه گازهای خروجی با هدف افزایش توان موتور بهینه شود. چون افزایش توان موتور به افزایش صدای گازهای خروجی می‌انجامد، یک شکل هندسی بهینه برای انباره از لحاظ کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی نیز ارائه می‌گردد. نوآوری کار حاضر بهینه‌سازی کل سامانه تخلیه دود شامل لوله و انباره و همزمان با در نظر گرفتن تأثیر چند راهه دود است. در حالی که در کارهای قبلی بهینه‌سازی در قسمتی از سامانه تخلیه دود انجام گرفته است. محاسبات در حالت ۲۰۰۰ دور بر دقیقه که گشتاور موتور بهینه است، انجام گرفته است.

1 Back pressure

2 Acoustic

3 Catalyst

4 Muffler

5 Mohiuddin

6 Stagnation

7 Chang and Chiu

8 Lu

9 Fang

10 Yasuda

11 Sen

12 Pangavhane

13 Ozdemir

14 Chamber

15 Pandhare

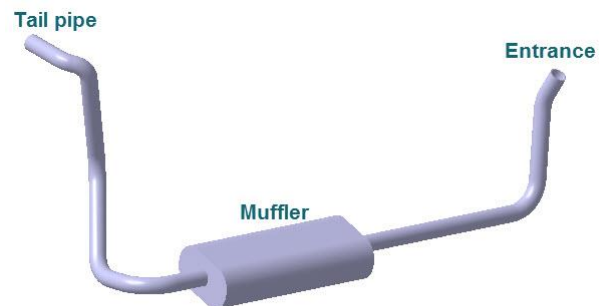
## ۲- روش‌های حل عددی

مشخصات موتور دیزلی پرخوران در جدول ۱ آورده شده است. شکل ۱ نمایی از سامانه تخلیه دود موتور مذکور که در نرم‌افزار کتیا شبیه‌سازی شده است را نشان می‌دهد.

برای شبیه‌بندی شبیه‌سازی سه بعدی مذکور از نرم‌افزار GAMBIT استفاده گردید. در این مرحله شبیه‌سازی هندسی با استفاده از الگوی TGRID شبیه‌بندی می‌شود. علت استفاده از این شبکه وجود هندسه نامنظم و نسبت ابعاد ناهمگن شبیه‌سازی است. شکل ۲ نمای بزرگ شده قسمتی از شبکه مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات موتور دیزلی پرخوران [۱۱]

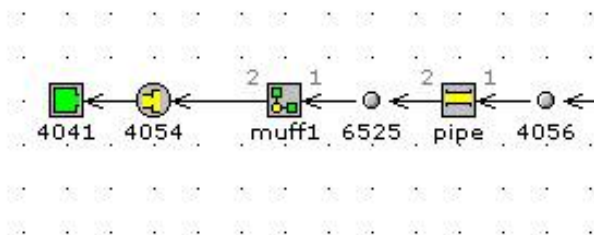
تعداد استوانه	۴
حجم کل استوانه	۳،۱۵۳ لیتر
قطر × طول مسیر سمبه	۹۹،۲ × ۱۰۲ میلی‌متر
نسبت تراکم	۱:۲۲
بیشینه توان	۹۶ کیلو وات در ۳۶۰۰ دور بر دقیقه
بیشینه گشتاور	۲۰۸ نیوتن متر در ۲۰۰۰ دور بر دقیقه



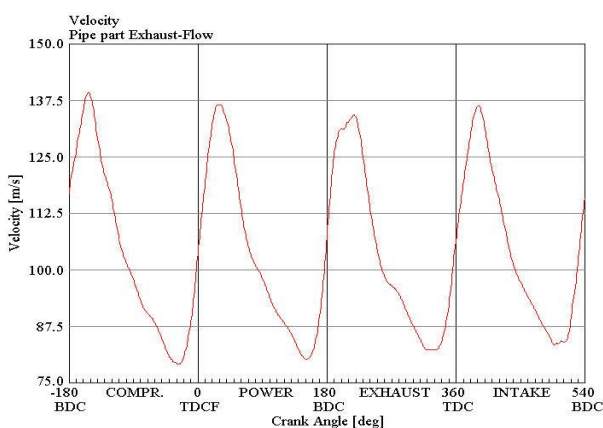
شکل ۱: شبیه‌سازی سه بعدی سامانه تخلیه دود

شبیه‌سازی شبکه‌بندی شده وارد نرم‌افزار FLUENT که یک حلگر با روش حجم محدود است گردید. با توجه به ماهیت جریان گازهای خروجی و اینکه سرعت سیال در آن بسیار پایین‌تر از حد تراکم است، جریان غیر قابل تراکم در نظر گرفته می‌شود. بدین ترتیب این حلگر معادلات پیوستگی، اندازه حرکت، آشفستگی (شبیه‌سازی k-ε) و صدا را که گونه‌ای از معادله انرژی است توسط روش فشار مینا و روش Simple برای کل دامنه محاسباتی حل می‌نماید [۱۲].

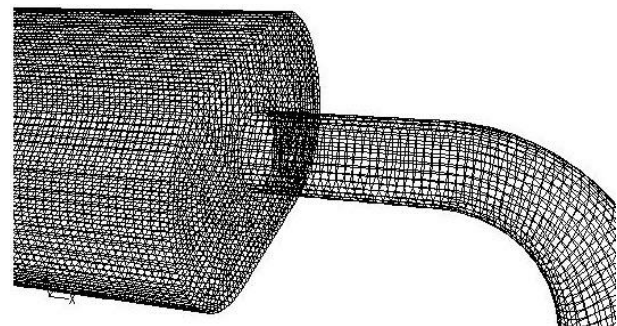
به منظور محاسبات دقیق شرایط مرزی، موتور به صورت یک بعدی در محیط نرم‌افزار GT-POWER شبیه‌سازی شده است. شکل ۳ قسمتی از شبیه‌سازی را که مربوط به انباره سامانه تخلیه دود است، نشان می‌دهد. شکل ۴ نوسانات سرعت گازهای خروجی به دست آمده از نرم‌افزار GT-POWER، بعد از پرخوران یا به عبارت دیگر شرط مرزی ورودی را نشان می‌دهد. چون حل در حالت پیوسته بررسی می‌شود، میانگین سرعت یعنی ۱۰۸ متر بر ثانیه به عنوان شرط مرزی ورودی در نظر گرفته می‌شود. همچنین به دلیل اینکه نمایه سرعت توسعه یافته است، بزرگی سرعت به صورت ثابت فرض می‌شود. با توجه به اینکه خروجی سامانه تخلیه دود جو است فشار جو در سطح دریا که یک بار است به عنوان شرط مرزی خروجی انتخاب گردید.



شکل ۳: شبیه‌سازی انباره سامانه تخلیه دود در GT-POWER



شکل ۴: سرعت ورودی به دست آمده از نرم‌افزار GT-POWER



شکل ۲: شبیه‌سازی شبکه‌بندی شده توسط نرم‌افزار GAMBIT

### ۳- بحث بر روی نتایج

#### ۳-۱ بررسی نتایج سامانه تخلیه دود پایه

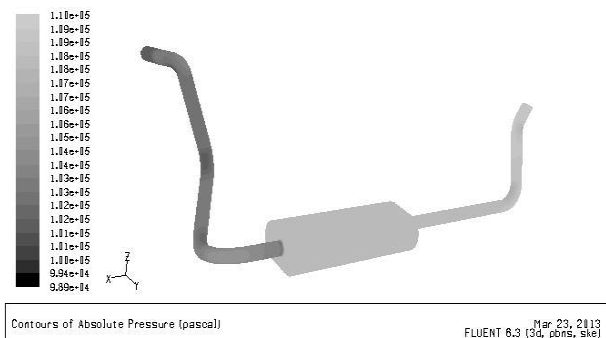
جدول ۲ نتایج استقلال از شبکه نتایج عددی را که بر مبنای صدا و فشار مطلق لوله خروجی تخلیه دود است برای سه شبکه بندی مختلف نشان می دهد. مشاهده می شود بعد از دو بار ریز کردن شبکه و در تعداد شبکه ۳۰۲۱۱۰ نتایج عددی در حالت بیشینه دارای یک درصد اختلاف با شبکه درشت تر اند. بنابراین تعداد شبکه مذکور مبنای حل عددی است.

شکل ۵ توزیع صدای سامانه تخلیه دود را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می شود بیشترین صدای تولید شده در خروجی انباره تخلیه دود است که مقدار صدا تقریباً به ۱۳۰ دسی بل می رسد. صدا در لوله خروجی تخلیه دود نیز ۹۴ دسی بل است که با نتایج تجربی به دست آمده که ۹۳ دسی بل [۱۱] است، توافق خوبی را نشان می دهد. لازم به یادآوری است که نتایج تجربی صدای خروجی از قرار دادن میکروفن صدا سنج در انتهای لوله خروجی به دست آمده اند.

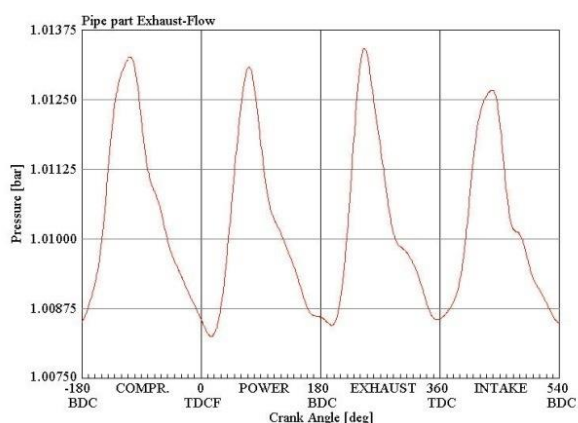
شکل ۶ توزیع های فشار مطلق سامانه تخلیه دود را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می شود در خروجی انباره تخلیه دود افت فشار چشمگیر است که گویای فشار برگشتی بالای این ناحیه است. مقدار فشار مطلق در لوله خروجی بعد از انباره تخلیه دود که شاخصی از فشار برگشتی است برابر ۱،۰۱ بار است که با نتایج خروجی به دست آمده از نرم افزار GT-POWER که در شکل ۷ مشاهده می شود توافق بسیار خوبی را نشان می دهد.

جدول ۲: استقلال از شبکه نتایج عددی بر مبنای صدا و فشار مطلق لوله خروجی تخلیه دود

تعداد شبکه	صدا (دسی بل)	فشار مطلق (بار)
۵۰۱۶۸۳	۹۵	۱،۰۹
۴۰۵۱۲۶	۹۴،۲	۱،۰۲
۳۰۲۱۱۰	۹۴	۱،۰۱



شکل ۵: توزیع های فشار مطلق سامانه تخلیه دود

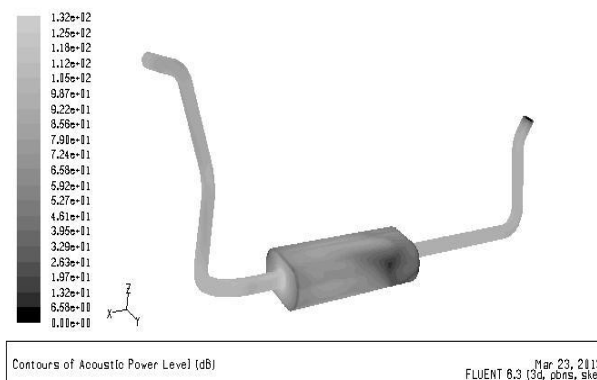


شکل ۷: فشار مطلق لوله بعد از انباره تخلیه دود به دست آمده از نرم افزار GT-POWER

#### ۳-۲ بهینه سازی سامانه تخلیه دود

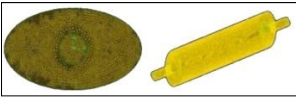

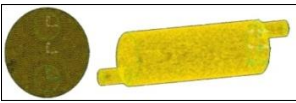
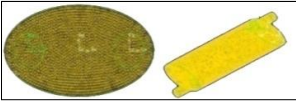
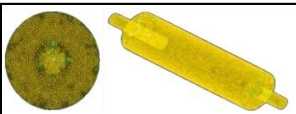

چنانچه در مقدمه ذکر گردید بهینه سازی بدین صورت است که با استفاده از نرم افزار یک بعدی GT-POWER قطر لوله سامانه تخلیه گازهای خروجی با هدف افزایش توان موتور بهینه گردد. لازم به ذکر است که بهینه سازی با استفاده از روش وراثت انجام می گیرد. همچنین با استفاده از نرم افزار Fluent یک شکل هندسی بهینه برای انباره از لحاظ کمترین فشار برگشتی و صدای خروجی ارائه می گردد. برای دقت بیشتر محاسبات لزوم تأثیر قطر چند راهه دود نیز بررسی شده است. تحلیل حساسیت نرم افزار GT-POWER نشان می دهد که قطر چند راهه دود ۸۸٪ و قطر لوله تخلیه دود ۱۲٪ توان موتور را تحت تأثیر قرار می دهد. بنابراین تأثیر قطر چند راهه دود نیز در محاسبات به کار می رود.

چنانچه در توزیع های نگاشتی شکل ۸ دیده می شود، به ازای قطر لوله مجرای دود ۴۵،۳۱ میلی متر، توان موتور در بیشینه مقدار خود قرار دارد به طوری که توان موتور یک درصد افزایش می یابد. (قطر لوله مجرای دود پایه برابر ۵۰ میلی متر است)



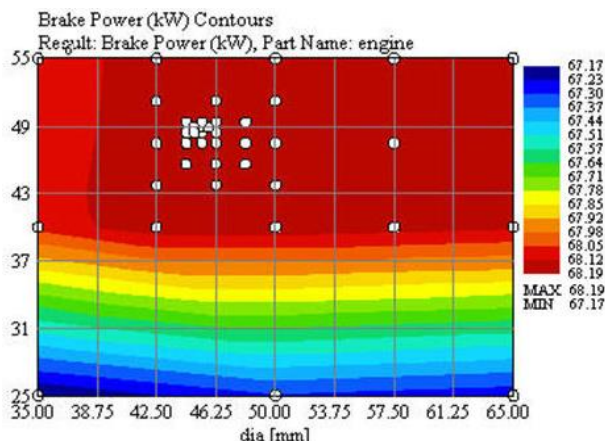
شکل ۵: توزیع های صدای سامانه تخلیه دود

جدول ۳: مشخصات هندسی و شکل انباره‌های پیشنهادی

مشخصات هندسی انباره	شکل در دو نمای روبرو و ایزومتریک
سطح مقطع: بیضوی، قطرهای بزرگ و کوچک سطح مقطع ۲۲۵ و ۱۲۰ میلی‌متر (حالت پایه)	
سطح مقطع: دایره، قطر: ۱۵۳ میلی‌متر	
سطح مقطع: دایره، فاصله تصویر مرکز سطح مقطع لوله ورودی و خروجی تا مرکز سطح مقطع دایره‌ای انباره: ۴۵،۷۳ میلی‌متر	
سطح مقطع: بیضوی، قطرهای بزرگ و کوچک سطح مقطع ۲۲۵ و ۱۲۰ میلی‌متر، فاصله تصویر مرکز سطح مقطع لوله ورودی بر روی انباره تا مرکز سطح مقطع بیضوی انباره: ۷۹،۸۴ میلی‌متر	
سطح مقطع: دایره، نصف طول لوله ورودی درون انباره	
سطح مقطع: دایره، نصف طول لوله خروجی درون انباره	

جدول ۴: نتایج عددی فشار برگشتی و صدای خروجی موارد پیشنهادی

Case	$(P_{tot})_{up}$	$(P_{tot})_{down}$	$(P_{dyn})_{up}$	K	Sound level (db)
۱	۵۳۲۷،۰۳	۳۹۹،۴۸	۲۷۰۷،۱۷	۱،۸۲	۹۴،۴۸
۲	۵۳۲۹،۶۴	۳۸۵،۱۳	۲۷۰۷،۱۷	۱،۸۲۶	۹۳،۲۸
۳	۲۴۵۲،۶۵	-۲۰۸۴،۹۴	۲۷۰۷،۱۷	۱،۶۷۶	۹۱،۴۴
۴	۲۳۴۱،۱۹	-۲۰۵۵،۳	۲۷۰۷،۱۷	۱،۶۲۴	۸۹،۷۵
۵	۲۷۹۱،۰۸	-۱۸۴۸،۲۹	۲۷۰۷،۱۷	۱،۷۱۳	۹۲،۲۹
۶	۵۲۸۴،۱۵	۵۶۵،۹۵	۲۷۰۷،۱۷	۱،۷۴۲	۹۳،۲۶



شکل ۸: نمودار نگاشتی قطر لوله تخلیه دود، قطر چندراهه دود و توان موتور (محور افقی قطر لوله مجرای دود، محور عمودی قطر چند راهه دود)

قدم بعدی برای بهینه‌سازی استفاده از اشکال مختلف انباره بر اساس الگوی مراجع [۱۳-۱۴] است. جدول ۳ مشخصات هندسی انباره‌های پیشنهادی را که توسط نرم‌افزار GAMBIT شبکه‌بندی شده‌اند در دو نمای مختلف نشان می‌دهد.

لازم به ذکر است در تمام موارد پیشنهادی بهینه‌سازی، قطر لوله مجرای دود ۴۵،۳۱ میلی‌متر، طول محاسباتی لوله ورودی و خروجی ۲۲۴ میلی‌متر و طول انباره ۵۴۰ میلی‌متر است. شرط مرزی ورودی مانند حالت پایه به صورت سرعت ثابت و با توجه به نامعلوم بودن شرط مرزی خروجی، جریان خروجی<sup>۱</sup> به عنوان شرط مرزی خروجی در نظر گرفته می‌شود.

مقایسه نتایج عددی فشار برگشتی و صدای خروجی موارد اول تا ششم در جدول ۴ آورده شده است. لازم به ذکر است  $(P_{tot})_{up}$ ،  $(P_{tot})_{down}$  و  $(P_{dyn})_{up}$  به ترتیب معرف فشار کل بالا دست، فشار کل پایین دست و فشار دینامیکی پایین دست بر حسب پاسکال اند. همچنین، K ضریب بی بعد افت فشار و معیاری از فشار برگشتی است که از اختلاف فشار کل بالا دست و پایین دست، بخش بر فشار دینامیک بالا دست به دست می‌آید [۱۵]. هر چه مقدار K کوچکتر باشد، به همان اندازه فشار برگشتی کمتر است و بالعکس.

<sup>1</sup> Outflow

#### ۴- نتیجه گیری

در کار حاضر صدا و جریان گازهای خروجی یک موتور دیزلی سه لیتری به کمک نرم افزار FLUENT در حالت پیوسته و دور موتور ۲۰۰۰ دور بر دقیقه شبیه سازی گردید. سپس با استفاده از نرم افزار یک بعدی GT-POWER قطر لوله سامانه گازهای خروجی با هدف افزایش توان موتور بهینه شد. در ادامه، یک شکل هندسی بهینه برای انباره از لحاظ کمترین فشار برگشتی و صدای خروجی نیز ارائه گردید. نتایج به دست آمده بدین شرح است:

- نتایج عددی به دست آمده صدا و فشار برگشتی سامانه تخلیه دود در حالت پایه توافق خوبی را با نتایج تجربی نشان می دهد.
- در خروجی انباره تخلیه دود صدا و افت فشار بیشینه است.
- بهینه سازی قطر لوله مجرای تخلیه دود با در نظر گرفتن چندراهه دود موجب افزایش توان موتور به مقدار یک درصد می شود. در این حالت قطر لوله مجرای دود ۴۵,۳۱ میلی متر است. (۴,۷ میلیمتر کمتر نسبت به حالت پایه)
- شکل پیشنهادی انباره مورد چهارم که در آن شکل انباره بیضوی و لوله های ورودی و خروجی در یک راستا نیستند دارای کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی است. بدین ترتیب صدای خروجی تقریباً ۴ دسی بل و ضریب K که معیاری از فشار برگشتی است به مقدار ۰,۱۹۶ نسبت به حالت پایه کاهش می یابد.

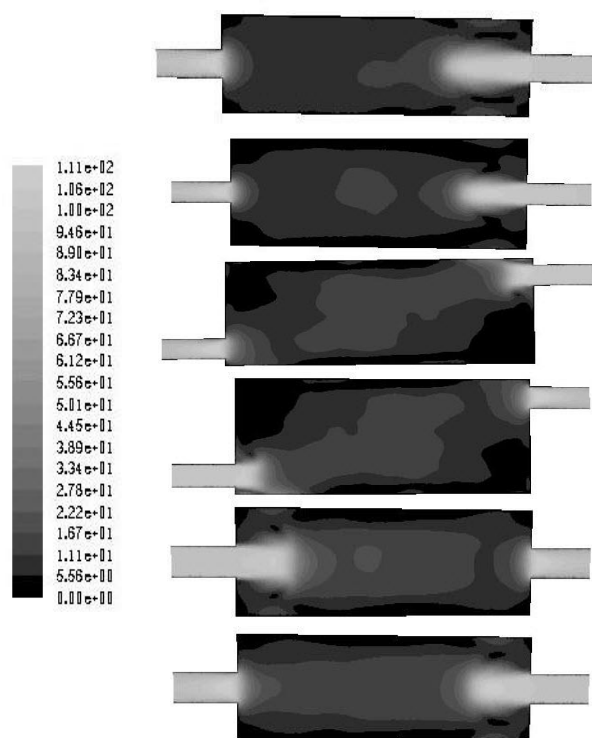
#### References

- [1] P. Gopal, T. Senthil, B. Kumaragurubaran, Analysis of flow through the exhaust manifold of a multi cylinder petrol engine for improved volumetric efficiency, International Journal of Dynamics of Fluids, Vol. 5, No. 1, pp. 15-26, 2009
- [2] A. Mohiuddin, A. Rahman, Y. Gazali, Experimental investigation and simulation of muffler performance, Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineering, Bangladesh, 2007
- [3] Y. Chang, M. Chiu, Numerical optimization of single-chamber mufflers using neural networks and genetic algorithm. Turkish Journal of Engineering Environmental Science, Vol. 32, pp. 313-322, 2008
- [4] L. Lu, X. Jin, W. Peng, Application of flow field simulation technique to the study of exhaust noise of car, Vehicle Power and Propulsion Conference, 2008
- [5] J. Fang, Y. Zhou, P. Jiao, Z. Ling, Study on pressure loss for a muffler based on CFD and experiment, IEEE Conference of Measuring Technology and Mechatronics Automation, Vol. 3, pp. 887-890, 2009
- [6] T. Yasuda, C. Wu, N. Nakagawa, K. Nagamura, Predictions and experimental studies of the tail pipe noise of an automotive muffler using a one dimensional CFD model, Applied Acoustics, Vol. 71, No. 8, pp. 701-707, 2010

مشاهده می شود که مورد چهارم بهترین حالت از لحاظ کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی است. نکته قابل توجه کمینه بودن صدا و فشار برگشتی به رغم مصالحه بین این دو متغیر است. بدین ترتیب صدای خروجی تقریباً ۴ دسی بل و ضریب K به مقدار ۰,۱۹۶ نسبت به حالت پایه کاهش می یابد.

شکل ۹ توزیع های سرعت جریان انباره های جدول ۳ را در برش وسط سطح مقطع انباره نشان می دهد. مشاهده می شود مورد چهارم به دلیل همراستا نبودن لوله های ورودی و خروجی، جریان حالت مایل دارد و به دلیل شکل بیضوی، جریان مسافت بیشتری را پیموده و سرعت جریان خروجی نسبت به موارد دیگر کمتر است. بنابراین صدای خروجی نیز به دلیل از دست دادن بیشتر انرژی جنبشی مولکول های گاز کمتر می شود. همچنین در موارد سوم و چهارم سطح برخورد جریان با دیواره انباره بالاخص دیواره مربوط به لوله خروجی از دیگر موارد کمتر است و به فشار برگشتی کمتر نسبت به دیگر موارد می انجامد.

با توجه به موارد مطرح شده می توان نتیجه گرفت که شکل انباره بیضوی در حالتی که لوله های ورودی و خروجی در یک راستا نباشند به عنوان مورد بهینه کمینه فشار برگشتی و صدای خروجی می تواند در نظر گرفته شود.



شکل ۹: مقایسه توزیع های سرعت جریان انباره های پیشنهادی در برش وسط سطح مقطع انباره

- [11] <http://www.diesel-engine.cn/isuzu/qd32ti.htm>
- [12] FLUENT User's Guide, 2006
- [13] I. Yoshihiro, S. Yuzuru, W. Tomoyuki, Simultaneous prediction of pressure losses and acoustic characteristics in silencers by numerical simulation, SAE International, Paper No. 960637, 1996
- [14] B. Guttlicher, Optimization challenges in exhaust system development, Hyper Works Technology Conference, Germany, 2007
- [15] A. Selamet, S. Yoenak, The effect of vehicle exhaust system components on flow losses and noise in firing spark-ignition engines, SAE International, Paper No. 951260, 1995
- [7] S. Sen, Prediction of flow and acoustical performance of an automotive exhaust system using 3-D CFD, SAE International, Paper No. 2011-01-1068, 2011
- [8] S. Pangavhane, A. Ubale, V. Tandon, D. Pangavhane, Experimental and CFD analysis of a perforated inner pipe muffler for the prediction of backpressure, International Journal of Engineering and Technology, Vol. 5, No. 5, pp. 3940-3950, 2013
- [9] E. Ozdemir, R. Yilmaz, Z. Parlar, S. Arı, An analysis of geometric parameters' effects on flow characteristic of a reactive muffler, 17th International Research/Expert Conference, Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, Turkey, 2013
- [10] A. Pandhare, A. Lal, P. Vanarse, N. Jadhav, K. Yemul, CFD analysis of flow through muffler to select optimum muffler model for CI engine, International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, Vol. 4, No. 1, pp. 12-19, 2014



# The Journal of Engine Research

Journal Homepage: [www.engineersearch.ir](http://www.engineersearch.ir)



## Optimizing exhaust noise and back pressure of exhaust system in turbo-charged three-liter diesel engine

S. Hossainpur<sup>1\*</sup>, A. Zehni<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mechanical Department, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran, [hossainpour@sut.ac.ir](mailto:hossainpour@sut.ac.ir)

<sup>2</sup>Mechanical Department, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran, [a\\_zehni@sut.ac.ir](mailto:a_zehni@sut.ac.ir)

\*Corresponding Author, Phone Number: +98-41-33459479

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 29 September 2014

Accepted: 14 December 2014

#### Keywords:

Exhaust system

Back pressure

Noise

Muffler

Optimization

### ABSTRACT

Exhaust system is one of the most important parts of the engine, in which two major parameters including back pressure and noise are considered in the design. The goal of the present work is to simulate and validate the noise and the exhaust gas flow of a three-liter turbo-charged diesel engine with the maximum power of 98 kW by the FLUENT software. Afterwards, the pipe diameter of the exhaust system was optimized in order to maximize the engine power by the GT-POWER software. As the increase of the engine power caused the rise of the exhaust gas noise, the optimum shape of the exhaust muffler was represented. Results showed that 1% increase in the predicted engine power by optimizing the size of the exhaust pipe system. In addition, the proposed muffler with the elliptical enclosure and un-aligned inlet and outlet pipes had minimum back pressure and outlet noise.



© Iranian Society of Engine (ISE), all rights reserved.