

مقایسه رفتار آکوستیکی خودروهای هاچ‌بک و ناچ‌بک در تحریک با فرکانس‌های پائین

جواد مرزبان راد* قربانعلی اسماعیلی**

چکیده: فرکانس‌های پائین معمول‌ترین نوع تحریک در خودرو هستند که عمدتاً بر اثر عواملی نظیر ارتعاش موتور و یا حرکت خودرو روی جاده به بدنه وارد می‌شود. در این مقاله ابتدا به معرفی منابع نویز آکوستیک در خودرو پرداخته می‌شود و برخی از روش‌های کنترل نویز در خودرو شرح داده خواهد شد. سپس رفتار آکوستیکی یک نمونه کاربردی که محفظه آن شبیه‌سازی کاملی از تداخل سازه و سیال است ارائه می‌شود و اثر وجود صندوق عقب خودرو در سطح فشار آکوستیک مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: المان محدود، نویز، محفظه سرنشین، ارتعاشات آکوستیک

[۴] ارائه شد. کوپز^۴ در سال ۱۹۹۵ [۵] این روش را تکمیل کرد.

۱. مقدمه

مصادیق اصلی کیفیت خودرو را می‌توان دسته‌بندی کرد. در دسته بندی مناسبی که در این زمینه وجود دارد چهار شاخص عمده مطرح است:

- قابلیت اطمینان از عملکرد و دوام خودرو
- قابلیت مناسب در زمینه فرمان‌پذیری و راحتی سفر
- قابلیت مناسب در زمینه ایمنی در تصادفات
- قابلیت کنترل نویز و ارتعاشات

زمینه منفی آیتم چهارم یعنی نویز و ارتعاشات خودرو بیشتر همت مهندسان خودرو را به بررسی منابع، اثرات، نحوه کنترل و تست واداشته است. به همین دلیل علوم مرتبط با این زمینه نیز به شکل NVH^۱ شده است.

در این مقاله ضمن بررسی انواع منابع نویز در خودرو به بررسی نویز ناشی از ارتعاشات آکوستیک با استفاده از روش المان محدود (FEM) پرداخته می‌شود. نمونه اخیر این نوع بررسی توسط لی [۱] صورت گرفت. همچنین آهن و همکارانش محفظه‌های متصل به هم را بررسی کردند [۲]. در مقاله حاضر، از نرم‌افزار آباکاس^۲ و نتایج حل تحلیلی ارائه شده در [۳] و [۵] استفاده شده است. یکی از روشهای صحه گذاری نتایج حل عددی توسط پتی^۳ و همکارانش در سال ۱۹۷۵

۲. منابع نویز در خودرو

منابع ایجاد نویز در خودرو در چهار دسته کلی قرار می‌گیرند:

۱-۲. منابع ویبرو آکوستیک: ارتعاشات موتور و ورودی جاده از مسیرهای متعدد به بدنه خودرو منتقل شده و باعث ارتعاشات پنلهای مختلف بدنه می‌شود. ارتعاشات منتقل شده روی پنل‌ها باعث ایجاد صدا می‌شوند با توجه به دامنه نوسان این صداها همگی آنها به عنوان نویز تلقی می‌شوند.

۲-۲. منابع آبرو آکوستیک: نویز ناشی از برخورد هوا به بدنه خودرو و نفوذ آن از منافذ کوچک موجود در بین قطعات نویز باد یا آبرو آکوستیک نامیده می‌شود. این گونه نویز معمولاً در سرعت نسبی بالا بین خودرو و هوای اطراف (در هر دو حالت سرعت بالا خودرو و سرعت بالای وزش باد) رخ می‌دهد. وقتی که سرعت خودرو به حداکثر خود نزدیک می‌شود تقریباً اکثر نویز موجود در خودرو مربوط به آبرو آکوستیک است.

۲-۳. منابع نویز سیستم قوای محرکه و تعلیق: منابعی نظیر صدای موتور، صدای گیربکس، دیفرانسیل و قطعات سیستم تعلیق در صورتیکه نحوه عملکرد آنها به شکلی باشد که فرکانس و شدت صدای تولید شده نامطلوب باشد تبدیل به منابع نویز در خودرو می‌شوند.

۲-۴. منابع نویز حرکت خودرو روی سطح ناصاف: اصلی‌ترین

^۱ NOISE AND VIBRATION HARSHNESSES

^۲ ABAQUS

^۳ Petyt

^۴ Kopus

* استادیار، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم و صنعت ایران

آدرس پست الکترونیک: marzban@iust.ac.ir

** دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی خودرو، دانشگاه علم

و صنعت ایران آدرس پست الکترونیک: gh_esmaeeli@yahoo.com

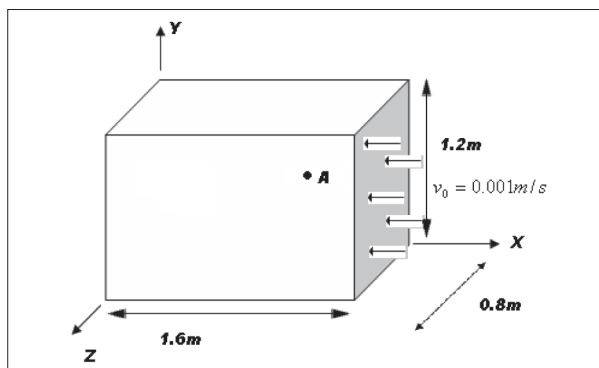
تحقیقات گسترده در ایجاد خواص مختلف در مواد جدید از جمله جذب آکوستیک و جذب حرارت و ... می توان از مواد مناسب جهت کنترل نویز استفاده کرد.

۳-۳. استفاده از مواد ویسکوالاستیک: مواد ویسکوالاستیک با داشتن خواص مکانیکی منحصر به فرد توانایی کاهش اثرات ارتعاشی فرکانسهای مختلفی را دارند لذا به کار گیری آنها در بدنه خودرو باعث کاهش نویز ناشی از ارتعاش پنلها خواهد شد. این مواد در کف بدنه رویه درپها و سقف به کار برده می شود.

۳-۴. مستحکم کردن بدنه: افزایش ضخامت پنل ها باعث کاهش ارتعاش آنها خواهد شد. لیکن این امر باعث افزایش وزن خودرو و در نتیجه کاهش عملکرد آن در زمینه های مختلف خواهد شد. در تکنولوژی جدید نوع فرمها، ضخامت ورقها، نحوه اتصالات، افزایش موضعی ضخامت و چندین راهکار جدید در جهت مستحکم کردن بدنه استفاده می شود. همچنین افزایش عملکرد آیرودینامیک خودرو در نواحی رویه نیز می تواند به کاهش اتعاشات و در نتیجه نویز منجر شود.

۴. مدلسازی تحریک با فرکانس های پائین

مطابق شکل ۳ مدلسازی تحریک به شکل سرعت هارمونیک روی یکی از پنل های اصلی بدنه انجام شده است. مدل مکعبی شکل ابتدا برای صحنه گذاری به کار گرفته شده است و پس از حصول نتیجه نمونه کامل خودرو در دو حالت هاچ بک و ناچ بک مورد بررسی قرار گرفت است.



شکل ۳. معرفی مدل با تحریک فرکانس پائین

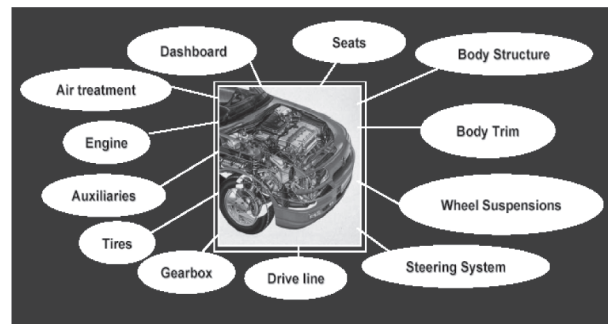
۵. تحلیل آکوستیک مدل با فرکانس های پائین

مهمترین شاخص برای اندازه گیری نویز در صنعت معیار سطح فشار صوتی است. سطح فشار صوتی sound pressure level یا به عبارت دیگر سطح صدا اندازه لگاریتمی ریشه فشار صوتی نسبت به مقدار مرجع است و به شکل زیر تعریف می شود:

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right) db \quad (1)$$

سطح فشار صوتی در یک نقطه خاص مفهوم پیدا می کند بنابراین

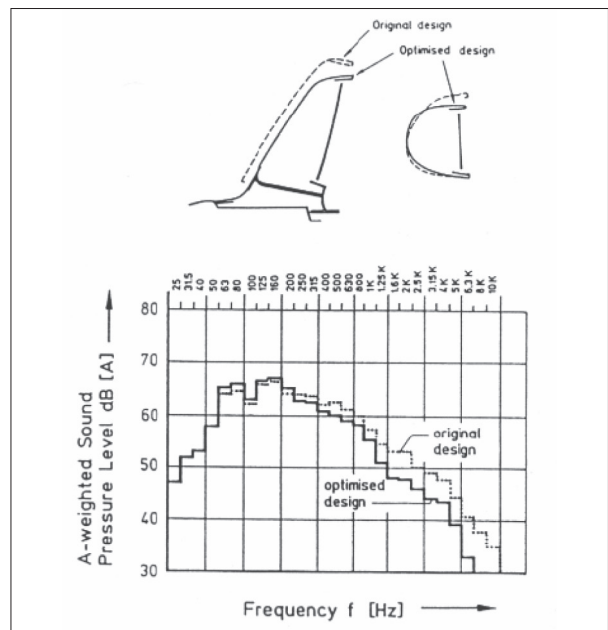
مورد در این گروه نویز ناشی از تایر است. سایر موارد نیز مانند نویز ناشی از ارتعاش قطعات داخلی در تحلیل های مهندسی به کیفیت تولید مرتبط است و از آنها برای فعالیتهای تحقیقاتی چشم پوشی می شود. در شکل ۱ به صورت شماتیک منابع اصلی نویز در خودرو نمایش داده شده است.



شکل ۱. معرفی منابع اصلی نویز خودرو

۳. روشهای کنترل نویز

روش های متعددی جهت کنترل نویز در خودروها وجود دارد که در ذیل به بررسی برخی از متداول ترین آنها پرداخته می شود.
۳-۱. طراحی آیرودینامیک: همانطور که اشاره شد یکی از منابع نویز در خودرو آیرودینامیک است. اگر خودرو با در نظر گرفتن مسائل آیرودینامیک طراحی شود، بسیاری از مسائل این گروه در طرح ایرودینامیکی قابل پیشگیری است.



شکل ۲. بررسی اثر بهینه سازی آئینه در کاهش نویز

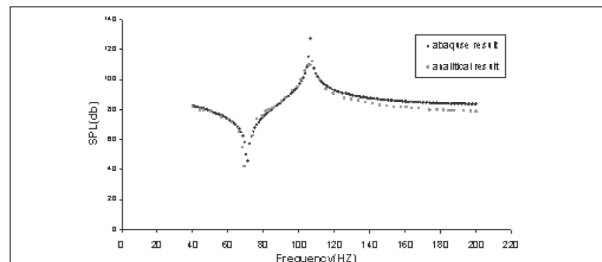
۳-۲. استفاده از مواد آکوستیکی: گروه گسترده ای از مواد موجود در صنعت جهت جذب صدا طراحی می شوند. با توجه به

همانگونه که ملاحظه شد امکان بهره گیری از حل مدل‌های مختلف در نرم افزار جهت تحلیل آکوستیک میباشد. به دلیل هزینه بالا و زمان بر بودن تستها در صورت صحت گذاری نتایج نرم افزار میتوان از آنها برای کنترل کیفیت خودرو قبل از نهایی کردن طرح استفاده کرد.

منابع

- [1] Kim, S. H., Lee, J. M. and Sung, M. H., "Structural-Acoustic Modal Coupling Analysis and Application to Noise Reduction in a Vehicle Passenger Compartment", *Journal of Sound and Vibration*, 225(5), pp.989-999, 1999.
- [2] Ahn, C. G., Choi, H. G. and Lee, J. M., "Structural-Acoustic Coupling Analysis of Two Cavities Connecting by Boundary Structural and Small Holes", *Journal of Vibration and Acoustics*, 127, pp. 566-577, 2005.
- [3] Liang Xinhua, ZHU Ping, LIN Zhongqin and ZHANG Yan, "Acoustic Analysis of Lightweight Auto-body Based on Finite Element Method and Boundary Element Method", *Front. Mech. Eng. China*, 2(1), pp. 99-103, 2007.
- [4] Petyt, M., Lea, J., and koopmann, G. H., "A Finite Element Method for Determining the Acoustic Modes of Irregular Shaped Cavities", *Journal of Sound and Vibration*, 45(4), pp. 495-502, 1975.
- [5] Kopus, S., Lalor, N., "Analysis of Interior Acoustic Field Using the Finite Element Method and Boundary Element Method", *Applied Acoustic*, 45, pp. 193-210, 1995.

نقطه A برای کنترل SPL در کابین خودرو در نظر گرفته شده است. در شکل ۴ مقدار SPL نقطه A به عنوان شاخص نویز داخل کابین در دو روش حل عددی و حل نرم افزار ABAQUS مقایسه شده اند.

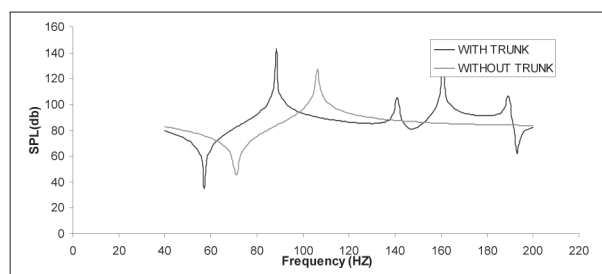


شکل ۴. مقایسه نتایج حل عددی و نرم افزار در محاسبه SPL

همان طور که مشاهده می شود مقدار اختلاف بین نتایج حل عددی و نرم افزار در حد قابل قبول است لذا با در نظر گرفتن صحت گذاری انجام شده و اطمینان به نتایج ارائه شده در نرم افزار مدل های کاربردی تر بررسی خواهند شد.

۶. مقایسه وضعیت آکوستیک هاچ بک و ناچ بک

در این مرحله یک مدل کاربردی تر با ابعاد و اندازه های خودروی واقعی در دو حالت دارای صندوق عقب و فاقد صندوق عقب مورد بررسی قرار میگیرد. نتایج بررسی در شکل ۵ نمایش داده شده است. فرکانس مورد بررسی از ۴۰ تا ۲۰۰ هرتز است. عمدتاً خودرو در فرکانس پایین و در حدود ۶۰ تا ۱۰۰ هرتز کار میکند، لذا نمودار نمایش داده شده در شکل ۵ حوزه وسیعی از ارتعاشات ناشی از عملکرد موتور را شامل می شود. همانگونه که در شکل مشاهده می شود تعداد اکستریم نمونه صندوق دار نسبت به مدل هاچ بک بیشتر است و نویز ماکزیمم آن نیز خیلی نزدیک به فرکانس کارکرد معمول موتور میباشد. در مجموع میتوان نتیجه گرفت وضعیت آکوستیکی مدل هاچ بک نسبت به مدل صندوق دار مناسب تر است.



شکل ۵. مقایسه SPL دو نوع خودرو

۷. نتیجه گیری