بررسی آلودگی صوتی ناشی از فرکانس‌های پایین صدا در یک کانال

فرهاد فروهرمجد[1]، معصومه احمدوند[2]، فرشاد فروهرمجد[3]

چکیده

مقدمه: در قرن حاضر صدا از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی جوامع صنعتی و حتی کشورهای در حال توسعه می‌باشد. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، در کشورهای اتحادیه اروپا حدود ۴۰ درصد از جمعیت در معرض مواجهه با صدای ترافیک جاده‌ای با تراز فشار صوت معادل بیش از ۵۵ دسی‌بل در طول روز می‌باشند.

روش‌ها: این مطالعه از نوع تجربی است و از نرم‌افزار محاسباتی مطلب (MATLAB) استفاده شد که از قویترین نرم‌افزارهای پردازش و تولید سیگنال می‌باشد. ابتدا سیگنال در فرکانس‌های ۵۰ تا ۵۰۰ هرتز و ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ هرتز تولید شد. سپس از طریق بلندگو در طول کانالی به ابعاد دهانه ۲۰ × ۲۰ و طول ۱/۵ متر پخش شد. این سیگنال‌ها به ترتیب و پس از انتقال به کانال با نرخ نمونه‌برداری ۸۰۰۰ هرتز و زمان ۱۰ ثانیه نمونه‌برداری شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که دامنه صدای کم فرکانس در فرکانس ۵۰۰ به مقدار ۰/۰۵ و در فرکانس ۲۵۰ هرتز به ۰/۱۵ افزایش یافت. در فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۴ کاهش دامنه مشاهده شد. با نگاه اول به نمودارها می‌توان تشخیص داد که با افزایش فرکانس، دامنه کاهش می‌یابد. این در حالی است که دامنه فرکانسی صدای کم (Low frequency noise و یا LFN) افزایش می‌یابد.

نتیجه‌گیری: با نگاه کلی به نمودارها یا اطلاعات به دست آمده می‌توان استنباط نمود که بالا بودن قدرت صدای کم فرکانس در سیستم تهویه و توزیع آن از طریق کانال مسبب عوارض مشخص و جبران‌ناپذیر است. به هر حال می‌توان به صراحت موضوع تقویت صدای فرکانس پایین در کانال و سیستم تهویه را تأیید نمود. فرکانس‌های پایین صدا در کانال توزیع می‌شوند و البته با افزایش طول کانال به حداکثر دامنه خود خواهند رسید.

واژه‌های کلیدی: آلودگی صوتی، فرکانس پایین، سیگنال صدا، محیط‌زیست

نوع مقاله: *پژوهشی*

دریافت مقاله: ۹۱/۲/۴ *پذیرش مقاله: ۹۱/۵/۱۰*

مقدمه

ماشین‌آلات صنایع تراز صدای زیادی را تولید می‌کنند. مراکز تفریحی، وسایل شادی و صدای ترافیک سبب سلب آسایش می‌شوند. در مقایسه با دیگر آلاینده‌ها، کنترل صدا بر اساس دانسته‌های ناکافی از اثرات آن بر روی انسان، ارتباط دوز-پاسخ و برخی معیارهای دیگر انجام شده است (۱).

۱- دانشجوی دکتری، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران و مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسؤول)

Email: forouhar@hlth.mui.ac.ir

۲- کارشناس، شرکت فارس شاسی، اصفهان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

Archive of SID

www.mui.ac.ir

www.SID.ir

در قرن حاضر صدا از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی جوامع صنعتی و حتی کشورهای در حال توسعه است. بر اساس گزارش Berglund و همکاران، اثرات روحی روانی رابطه معنی‌داری با ترازهای یکنواخت فرکانس‌های پایین صدا دارد. سازمان بهداشت جهانی نیز اعلام نمود که در کشورهای اتحادیه اروپا حدود ۴۰ درصد از جمعیت در معرض مواجهه با صدای ترافیک جاده‌ای با تراز فشار صوت معادل بیش از ۵۵ دسی‌بل در طول روز و ۱۰ درصد در معرض صدای بالاتر از ۶۵ دسی‌بل می‌باشند (۲). Broner طی گزارشی اعلام نمود که اگر صدای حمل و نقل در نظر گرفته شود، تقریباً نیمی از شهروندان اروپایی در نواحی زندگی می‌کنند که دارای آسایش آکوستیکی مطمئنی نیست. همچنین بیشتر از ۳۰ درصد افراد در شب در معرض مواجهه با تراز فشار ۵۵ دسی‌بل هستند که سبب اختلال در خواب آن‌ها می‌شود. مشکل آلودگی صوتی در شهرهای کشورهای در حال توسعه شدیدتر است و عامل اصلی آن ترافیک می‌باشد (۳).

منابع صوتی شامل صدای ترافیک، قطار، صنایع، عملیات ساختمانی، سیستم‌های تهویه، کمپرسورها، فن‌ها، ماشین‌های اداری، وسایل خانگی و مکان‌های عمومی می‌باشد. در اثر مواجهه با صدا مواردی همچون اختلالات شنوایی، تداخل با مکالمه، اختلال در خواب و استراحت، اثرات روانی و فیزیولوژیکی، اثرات رفتاری و آزردگی در کارگران دیده می‌شود (۴). همچنین مردمی که در نزدیکی فرودگاه‌ها، صنایع و خیابان‌های شلوغ زندگی می‌کنند، ممکن است به اختلالات فیزیولوژیکی موقت یا دایمی ناشی از مواجهه با صدا مبتلا شوند. پس از مواجهه طولانی مدت با صدا احتمال ایجاد حساسیت دایمی همچون فشار خون، کم خونی و بیماری قلبی نیز وجود دارد. کارگرانی که در معرض ترازهای بالای صدا در طی ۳۰–۵ سال باشند، ممکن است به فشار خون بالا مبتلا شوند (۵). Tempest و Bryan در مقاله خود این گونه بیان نمود که بیشترین تراکم انرژی صدا ناشی از اتومبیل‌ها در اتوبان‌ها در ناحیه صداهای فرکانس پایین است (۶). مشکلات صدا در محیطزیست و به خصوص در صنایع به دلایل استفاده روزافزون از موتورها، کمپرسورها، سیستم‌های تهویه و خروجی هوا با فرکانس‌های پایین قابل توجه می‌باشد (۷).

توجه به این مسأله به خصوص در کشور ایران از اهمیت بیشتری برخوردار است و مستلزم تلاش‌های بیشتر می‌باشد. هر چند که مطالعه‌ها و تحقیق‌های زیادی در طی سالیان گذشته در مورد صدا و اثرات آن روی انسان و عملکرد او انجام شده است، اما به دلیل رشد جمعیت و افزایش مواجهه جمعیت با چنین صداهایی و همچنین پیشرفت در زمینه تکنولوژی، انجام تحقیق‌های بیشتر در این زمینه ضروری است. همچنین نیاز به قانونمند کردن آن از طریق آگاه نمودن مردم نسبت به تأثیرات مخرب فرکانس‌های پایین صدا و راهکارهای کاهش و کنترل آن وجود دارد (۸). بر همین اساس می‌توان علایم مواجهه با صداهای فرکانس پایین را با توجه به محدوده فرکانسی طبق جدول ۱ طبقه‌بندی نمود.

جدول ۱: علایم مواجهه با صداهای کم فرکانس (LFN*)

عارضه	محدوده فرکانسی (Hz)
احساس عمومی نارضایتی	۹–۴
سردرد	۲۰–۱۳
تأثیر بر گفتار	۲۰–۱۳
احساس گرفتگی گلو	۱۶–۱۲
دردهای شکمی	۱۰–۴
درد سینه	۷–۵
میل به ادرار	۱۸–۱۰
تأثیر در حرکات تنفسی	۸–۴

* LFN = Low frequency noise

روش‌ها

در این مقاله از نرم‌افزار محاسباتی مطلب (MATLAB) استفاده شد که از قویترین نرم‌افزارهای پردازش و تولید سیگنال می‌باشد. ابتدا سیگنال در فرکانس‌های ۵۰ تا ۵۰۰ هرتز و ۱۰۰۰ تا ۶۰۰۰ هرتز تولید شد و از طریق بلندگو در طول کانالی به ابعاد دهانه ۲۰ × ۲۰ و طول ۱/۵ متر پخش شد. این سیگنال‌ها به ترتیب و پس از انتقال به کانال مورد پردازش قرار گرفت. این کار از طریق سیستم نرم‌افزاری پردازش سیگنال و بر اساس مشخصات آکوستیکی تعریف شده در سیستم انجام

www.mui.ac.ir
www.SID.ir
Archive of SID

شد. در این شرایط می‌توان با آنالیز طیف فرکانس‌های پایین در کانال و مقایسه آن‌ها به چگونگی توزیع و انتشار آن‌ها پی برد.

در بررسی طیف فرکانسی با توجه به این که فرکانس‌های پایین در کانال برتری نسبی داشتند، آنالیز و بررسی فرکانس‌های کمتر از ۲۰۰ Hz در تفسیر چگونگی حذف یا کاهش این بخش از طیف فرکانسی صدا اهمیت زیادی یافت (۹). در برخی منابع از فرکانس‌های کمتر از ۵۰۰ هرتز نیز به عنوان فرکانس‌های پایین یاد شده است. نظر به این موضوع، آنالیز فرکانس‌های ۵۰۰-۲۰۰ هرتز جهت بررسی این بخش از طیف فرکانسی صدا در یک کانال و آنالیز فرکانس‌های بالاتر از ۵۰۰ هرتز جهت مقایسه و ارزیابی صداهای فرکانسی بالای کانال انجام شد.

برای انجام این کار، ابتدا سیستم را برای نمونه‌برداری با نرخ ۸۰۰۰ هرتز و زمان ۱۰ ثانیه تنظیم گردید. سپس نمونه‌برداری از دو ناحیه از کانال با دو میکروفون برای مقایسه و بررسی رفتار دقیق‌تر موج انجام شد. سیگنال‌های نمونه‌برداری شده مورد پردازش قرار گرفت و با تجزیه و تحلیل آن‌ها اطلاعاتی در زمینه چگونگی الگوهای رفتاری این دسته امواج در کانال‌های انتقال هوا به دست آمد.

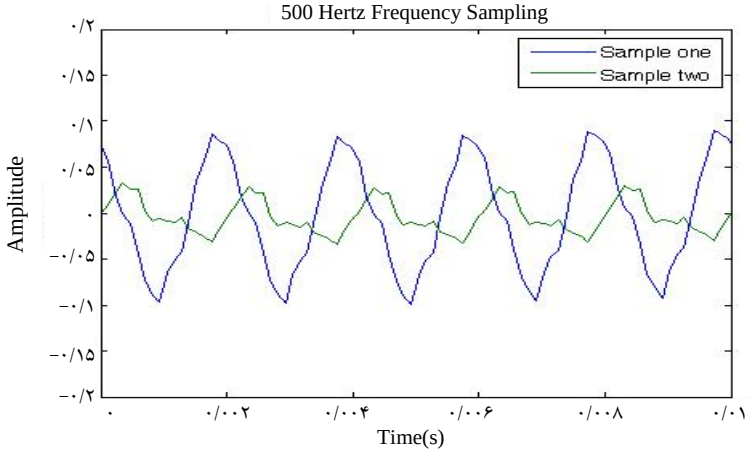
تفاوت بین تراز دسی‌بلی شبکه A و شبکه C به عنوان شاخصی برای بررسی Low frequency noise (LFN) می‌باشد. بنابراین پس از اندازه‌گیری و حصول نتایج، از مقادیر زیر برای بررسی فرکانس‌های پایین و تعیین حدود مواجهه استفاده شد. در صورت اختلاف بیشتر از ۱۰ دسی‌بل بر اساس توصیه سازمان بهداشت جهانی بایستی به حضور فرکانس‌های پایین صدا و تعیین حدود مواجهه توجه بیشتری نمود.

یافته‌ها

نمونه‌برداری از فرکانس‌های بالاتر از ۵۰۰ هرتز تا ۶۰۰۰ هرتز و پهنای باند اکتاو در شرایط جوی طبق جدول ۲ انجام شد. این موضوع در نمودارهای ۱ تا ۴ به ترتیب برای فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ هرتز نشان داده شده است. با نگاه به نمودارها می‌توان تشخیص داد که با افزایش فرکانس، دامنه کاهش یافته است. این در حالی است که دامنه فرکانسی صدای LFN افزایش می‌یابد. به طور نمونه دامنه از ۰/۱۵ در فرکانس ۲۵۰ به ۰/۰۵ در فرکانس ۵۰۰ هرتز کاهش یافته است. در فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ به ترتیب به ۰/۰۲، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۴ کاهش دامنه مشاهده شد. این کاهش در موقعیت میکروفون اول از ۰/۰۴، ۰/۰۲ و ۰/۰۰۳ به ترتیب برای فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۶۰۰۰ هرتز بود.

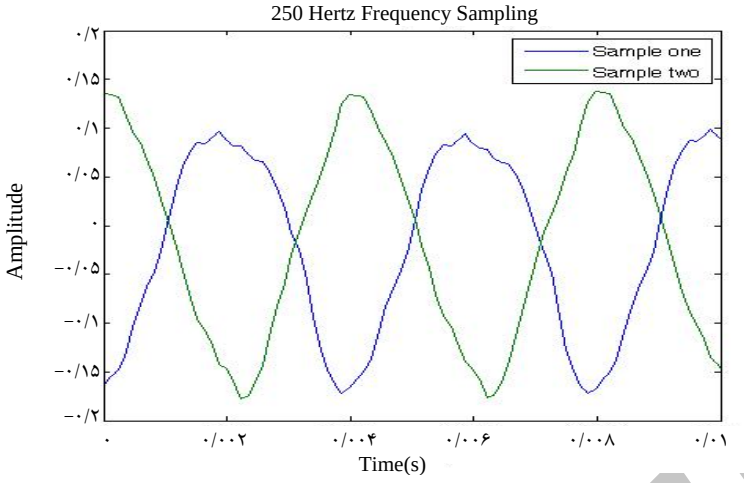
جدول ۲: مقادیر پارامترهای جوی اندازه‌گیری و محاسبه شده

پارامتر جوی	مقدار
فشار هوا (Pa)	۱۰۱۳۲۵
دما (C°)	۲۰
رطوبت نسبی (درصد)	۲۷
سرعت صوت (m/s)	۳۴۳/۲
دانسیته هوا (kg/m۳)	۱/۱۸۶
امپدانس آکوستیکی هوا (Pa*s/m)	۴۰۷/۰۳۵

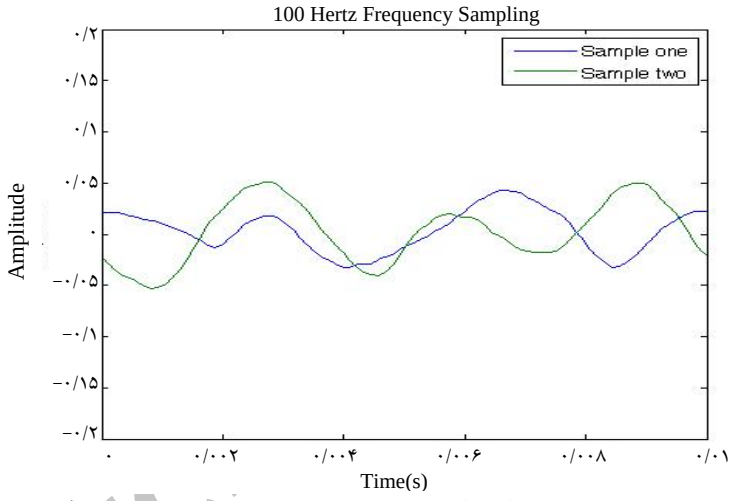


نمودار ۱: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۵۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

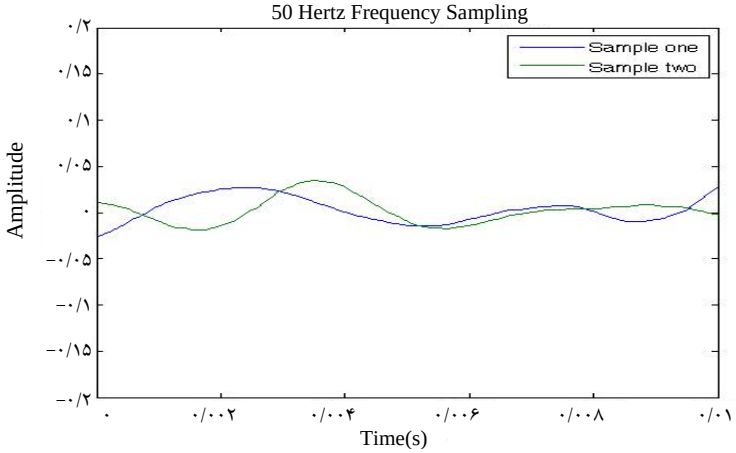
www.mui.ac.ir
www.SID.ir
Archive of SID



نمودار ۲: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۲۵۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

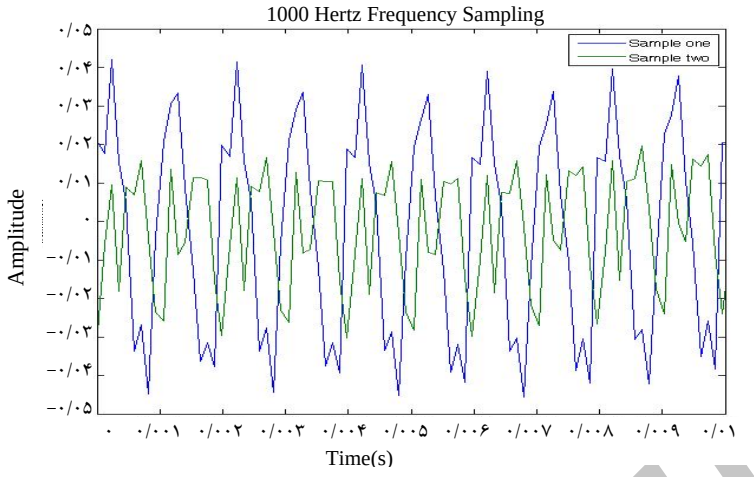


نمودار ۳: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۱۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه



نمودار ۴: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۵۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

www.mui.ac.ir
www.SID.ir



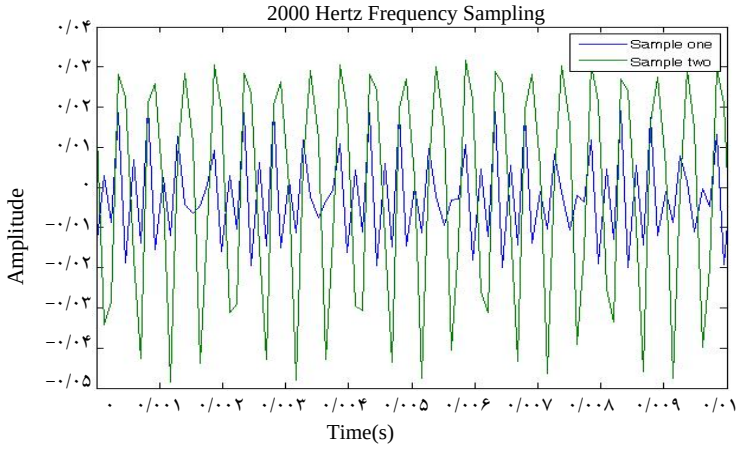
نمودار ۵: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۱۰۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

تفاوت تراز صدا در شبکه A و C به صورت کلی حدود ۱۲-۱۰ دسی‌بل بود. با توجه به حدود استاندارد Word health organization (WHO)، بررسی صداهای فرکانس پایین در چنین شرایطی ضرورت است. بر همین اساس فرکانس‌های پایین صدا با جزییات بیشتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری و نمونه‌برداری سیگنال‌های صدا با فرکانس پایین را می‌توان در نمودارهای ۱ تا ۸ مشاهده نمود. این نمودارها با تولید سیگنال و سپس نمونه‌برداری با استفاده از تکنیک تحلیل داده‌های صوتی با استفاده از نرم‌افزار مطلب تهیه شد. در این تکنیک سیگنال‌ها با فرکانس‌های ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ هرتز به عنوان صداهای کم فرکانس و فرکانس‌های ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۶۰۰۰ هرتز به عنوان صداهای با فرکانس بالا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

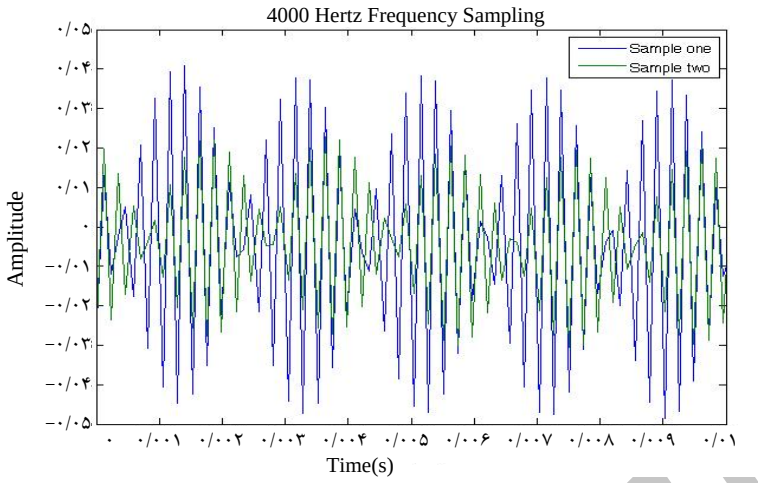
بحث

مهم‌ترین نتیجه، اهمیت شناخت صداهای فرکانس پایین، اثرات و حدود مجاز مواجهه با آن‌ها است. در صورت اندازه‌گیری و آنالیز صدا و در صورت وجود ترازهای فرکانس پایین، ارزیابی بر اساس استانداردهای فعلی تعریف شده به احتمال زیاد نیاز به اصلاح دارد. این موضوع با توجه به استانداردهای مقایسه شده LFN و ویژگی‌های آزاردهندگی آن کاملاً مشهود است. آن چه در نگاه کلی از نمودارها یا اطلاعات به دست آمده می‌توان استنباط نمود، بالا بودن قدرت صدای کم فرکانس در سیستم تهویه و توزیع آن

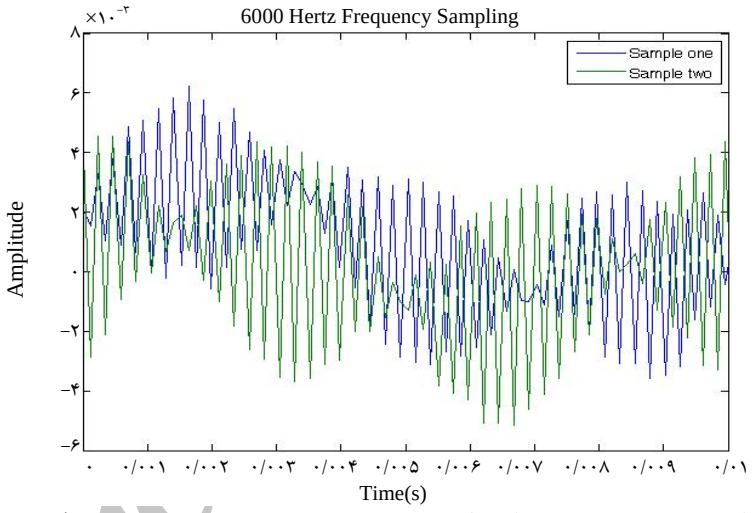


نمودار ۶: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۲۰۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

www.mui.ac.ir
www.SID.ir



نمودار ۷: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۴۰۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه



نمودار ۸: دو سیگنال نمونه‌برداری شده با فرکانس ۶۰۰۰ هرتز در زمان یک صدم ثانیه

از طریق کانال می‌باشد. این امر مسبب عوارض مشخص و جبران‌ناپذیر از جمله افزایش حساسیت به صدا، تداخل مکالمه و اختلالات اجتماعی خواهد بود.

آن چه امروزه به عنوان سیستم آسایش و راحتی برای ساکنین یک ساختمان یا کارگران یک سوله از آن یاد می‌شود، خود ممکن است سبب صدمات مستقیم و غیر مستقیم دیگری گردد. بیشتر منابع اطراف ما و در محیطزیست دارای صدای کم فرکانس می‌باشند. با تمامی این توصیفات و آن چه در بیان موضوع آمد و همچنین به شکل دقیق‌تر با پردازش، تجزیه و تحلیل اطلاعات آکوستیکی کانال و سیگنال‌های منتشره در آن، سعی در تأیید اهمیت بررسی صداها با فرکانس پایین و رفع برخی ابهامات موجود شد.

به هر حال در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان به صراحت موضوع تقویت صدای فرکانس پایین در کانال و سیستم تهویه را تأیید نمود. فرکانس‌های پایین صدا در کانال توزیع می‌شوند و البته با افزایش طول کانال به حداکثر دامنه خود خواهند رسید. طیف فرکانس‌های بالا همان گونه که گفته شد، در سیستم تهویه و کانال‌های انتقال هوا با دامنه و قدرت کمتر تولید و انتشار پیدا می‌کنند.

www.mui.ac.ir
www.SID.ir

References

1. Crocker MJ. Handbook of Noise and Vibration Control. New York, NY: John Wiley & Sons; 2007.
2. Berglund B, Lindvall T, Schwela DH. Guidelines for community noise. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1995.
3. Broner N. The effects of low frequency noise on people: A review. Journal of Sound and Vibration 1978; 58(4): 483-500.
4. Ginnold RE, United States.Office of Noise Abatement and Control UoW-ESfW. Occupational hearing loss: workers compensation under State & Federal programs. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Noise Abatement & Control; 1979.
5. Leventhall G, Pelmear P, Benton S. A review of published research on low frequency noise and its effects [Project]. London, UK: University of Westminster; 2003
6. Tempest W, Bryan ME. Low frequency sound measurement in vehicles. Applied Acoustics 1972; 5(2): 133-9.
7. Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Associatio. Indoor air quality. Arizona, AZ: SMACNA; 1988.
8. Bengtsson J, Persson Waye K, Kjellberg A. Evaluations of effects due to low-frequency noise in a low demanding work situation. Journal of Sound and Vibration 2004; 278(1-2): 83-99.
9. Pour Abdian S. Low noise characteristics of sound and its importance in the environment [Project]. Isfahan, Iran: School of Health, Isfahan University of Medical Sciences; 2011. [In Persian].

Archive of SID

www.mui.ac.ir

www.SID.ir

Noise Pollution Caused by Low Frequency Sound in a Channel

Farhad Forouharmajd[1], Masoumeh Ahmadvand[2], Farshad Forouharmajd[3]

Abstrac

Background: Noise is one of the most important environmental problems in industrialized societies and developing countries. According to world health organization report, in European Union countries about 40% of the populations are exposed to road traffic noise with an equivalent sound pressure level of 55 decibels during a day.

Methods: The study was conducted by a signal processing software (MATLAB) which is one of the most powerful mathematical software for processing and generating signals. First the signal was produced at the frequencies of 50-500 Hz and 1000-6000 Hz, then it propagated along a duct with dimensions of 20 × 20 × 150 cm. These signals were sampled by transferring them with order through the channels with sampling rate of 8000 Hz and sampling time of 10 seconds.

Findings: Reduction of amplitude about 0.05 at 500 and 0.15 at 250 frequencies for low frequency noise was observed. At frequencies of 1000, 4000, and 6000 Hz, there was a reduction of 0.02, 0.01, and 0.004 of amplitude, respectively. The figures showed that as the frequency increased the amplitude decreased, while the amplitude of low frequency noise increased.

Conclusion: From the figures and the obtained information it can be noted that due to the high power of low frequency noise at ventilation duct, specific effects and unavoidable disorders were caused. However, strengthening low frequency noise in channels and ventilation ducts can be confirmed. Low frequencies noise in the distribution channel, with increase in the length of the channel can reach to its maximum amplitude.

Keywords: Sound Pollution, Low Frequency, Sound Signal, Environment

Archive of SID

1- PhD Candidate, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran And Lecture, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author) Email: forouhar@hlth.mui.ac.ir
2- Fars Shasi Company, Vilashahr, Isfahan, Iran.
3- BSc Student, Department of Environmental Health, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

www.mui.ac.ir
www.SID.ir