بررسی روش‌های کنترل مهندسی صدا در صنعت

مهندس حمید گلشاه

کارشناس ارشد مهندسی ایمنی

مجتمع پتروشیمی اصفهان

مقدمه

امروزه یکی از عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط کار صدا (Noise) می‌باشد و این عامل که از مرز صنعت گذشته و به زندگی وارد شده، آنقدر اهمیت یافته که دانشمندان و محققین از آن به‌عنوان آلودگی صوتی نام می‌برند.

یکی از حواس پنجگانه خدادادی جهت اکثریت موجودات زنده، حس شنوایی است. صدا وسیله برقراری ارتباط بین انسانهاست و همان‌طور که انسان از شنیدن موسیقی آرام احساس خوشایندی دارد، به همان نسبت از شنیدن صداهای با شدت زیاد احساس ناخوشایندی خواهد داشت. البته باید گفت که تنها شدت صوت آزاردهنده نیست بلکه نحوه ارتعاش و فرکانس صوت نیز مهم می‌باشد. کمااینکه گاهی اوقات صدای چکه شیر آب در یک محیط ساکت یا تیک‌تیک ساعت بعضاً می‌تواند آزاررسانی بیشتری داشته باشند.

بهرحال چنانچه SPL اندازه‌گیری شده بیشتر از حد مجاز باشد باید اقدام به آنالیز فرکانسی در محل نمود تا مشخص شود صدای موجود در هر فرکانس چقدر با استاندارد فاصله دارد.

دستگاه مورد استفاده، دستگاه ترازسنج صدا S.L.M[1] Lucas-CEL-266 ساخت کشور انگلستان مجهز به فیلتر اوکتاوباند جهت آنالیز فرکانسی بود. هر بار قبل از استفاده در محل توسط کالیبراتور اکوستیکی[2] مربوطه کالیبره می‌شد و به منظور جلوگیری از تداخل در انعکاس صدا از سه‌پایه ویژه استفاده گردید. ضمن این که بهتر بود که اثرات شرایط جوی را با استفاده از wind screen به حداقل کاهش می‌دادیم که متأسفانه در دسترس نبود.

نحوه اندازه‌گیری

اندازه‌گیری غالباً در ساعات صبح انجام شده و هنگام اندازه‌گیری شرایط جوی نظیر سرعت، جهت باد، ساعت و رطوبت نسبی ثبت می‌شد. نحوه انجام کار بدین صورت بود که ابتدا به‌طور تقریبی محل موردنظر به‌صورت چهارگوش درنظر گرفته می‌شد و ایستگاههایی به فاصله حدود ۵ متر از یکدیگر از چهار جهت تعیین و شماره‌گذاری می‌گردید و البته این کار روی پلان عمومی یا نقشه محل انجام می‌گرفت. بنابراین در هر ایستگاه از فرکانس ۶۳/۵ تا ۱۶۰۰۰ هرتز با استفاده از وضعیت fast دستگاه انجام شد و در هر فرکانس MAX، DUR، LT3، LT5 و نیز Leq اندازه‌گیری و ثبت گردید.

بنابراین در هر ایستگاه جمعاً ۱۲ بار صفحه دیجیتالی دستگاه قرائت شد. درصد خطا در اندازه‌گیریها ۰/۱ دسی‌بل بود. به این خاطر ارقام اعشاری که کمتر از ۵ بود حذف و ۵ و بیشتر یک واحد به عدد دستگاه اضافه گردید.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

در این بررسی به‌عنوان نمونه یکی از پالایشگاههای کشور مورد اندازه‌گیری قرار گرفت و به دلیل مشابهت کار پالایشگاهها تقریباً می‌توان گفت به لحاظ صدا وضعیت مشابهی دارند.

میانگین تراز صدا (SPL) در واحدهای پالایشگاه به شرح زیر می‌باشد.

نام واحدها	میانگین تراز صدا (SPL)
واحد تقطیر در جو	۱۱۷ دسی‌بل (A)
" " در خلاء	۱۱۷ "
" تصفیه و تبدیل کاتالیستی	۸۶ "
" آیزوماکس	۱۲۲ "
" آب و برق و بخار	۱۱۸ "
" هیدروژن	۸۵ "
" آسفالت	۸۰ "
" LPG	۸۰ "
" بازیافت	۷۰ "
" آسفالت	۸۴ "
" واحد روغن‌سازی	۸۲ "

بیشترین میزان صدا در واحدهای تقطیر و واحد آب و برق و بخار می‌باشد و صدا به‌طور یکنواخت هم در فرکانس‌های پایین و هم در فرکانس‌های بالا وجود دارند.

اصولاً در عمل پالایش نفت و پتروشیمی به دلیل ایجاد برق و بخار آب (steam) به‌عنوان نیروی محرکه موتورها، کمپرسورها و انجام تبادلات حرارتی صدای زیادی تولید می‌گردد که می‌توان گفت عمده صدا مربوط به تهیه و گردش بخار در سیستم و لوله‌کشی‌های مربوطه از یک طرف و دوران موتورها و کمپرسورها در عملیات پالایشی از طرف دیگر به انضمام حرکت سیالات در سیستم و کوره‌ها می‌باشد که با توجه به فشار زیاد بخار و بعضاً تبدیل فشار زیاد به فشار کم یا وجود انشعابات سر راه نیز مزید بر علت است. گذشته از این صدای ناشی از اگزوزها اعم از ماشین‌آلات و وسایل نقلیه و ابزار نیز طبیعتاً وجود دارد.

در یکی از ایستگاههای تقویت گاز نیز بررسی مشابهی به‌عمل آمد. در این گونه ایستگاهها معمولاً از چهار توربین گازی استفاده می‌کنند که صدای زیادی ایجاد می‌نماید که بیشترین صدا در محوطه پشت توربین‌هاست(۱۱۲ دسی‌بل).

ضمن اینکه در سالن ژنراتورهای برق اضطراری صدا معادل ۱۰۰ dB بود. اگرچه در قسمت داخلی محوطه توربین‌ها نیز صدا تا ۹۶ dB اندازه‌گیری شد، صدای تولید شده اغلب در فرکانس‌های بالا بود.

ایستگاههای پمپاژ نفت که از دو مسیر جداگانه خوراک پالایشگاهها را تأمین می‌کنند، مجهز به یک توربین سولار و یک توربین سولزر یا دوسولزر است که می‌توان گفت منبع صوتی اصلی در سولزرروم است. اندازه‌گیری هنگام کار یک توربین ۱۰۸ دسی‌بل نشان داد که حداکثر صدای موجود در محل است و در محوطه اطراف سولزرروم در فاصله ۲ متری صدا بالاتر از ۹۰ دسی‌بل اندازه‌گیری گردید که به شرح زیر می‌باشد:

سولزرروم	۱۰۸ دسی‌بل
اطراف خنک‌کننده‌های سولزرروم	۹۰ "
رستون	۹۷ "
سایر نقاط	کمتر از ۹۰ "
اکثراً در فرکانسهای پایین بیش از حد مجاز بودند	

در مطالعه حاضر یکی از کارخانجات پتروشیمی نیز مورد بررسی قرار گرفت. می‌توان گفت تشابهی که در کار پالایشگاهها دیده می‌شود در پتروشیمی‌ها وجود ندارند و هر پتروشیمی بسته به خوراک و محصول خود که بسیار متنوع است، از نظر صدا وضعیت متفاوتی دارد. نتایج بررسی یکی از این کارخانجات به‌شرح زیر می‌باشد:

واحدهای اصلی عملیات	۸۵-۷۵ دسی‌بل
واحد برق و بخار	۹۰-۸۰ "
" نیتروژن	۹۱ "
سایر نقاط	کمتر از ۸۰ "

راههای کنترل مهندسی نویز در صنایع Noise Contorol Principles

این راهها همیشه از ابتدا باید مطرح شود، حتی از زمان طراحی ماشین‌آلات و سیستمهای تولید یا تصفیه‌کننده مدنظر قرار گیرد. در واقع باید به‌گونه‌ای باشد که در آخرین مراحل حفاظت افراد در مقابل صدمات ناشی از نویز آنها را مجبور به استفاده از وسایل استحفاظی گوشی نماییم که در اینجا به برخی راهها اشاره می‌شود:

صدای دارای فرکانسهای بالا معمولاً به‌طور مستقیم منتشر می‌شود و به آسانی قابل برگشت هستند و کنترل آنها نیز ساده است و این‌گونه صداها به زوایا و منافذ رخنه نمی‌کنند. اما به عکس فرکانسهای پایین در تمام جهات سیر می‌کنند و از زوایا و منافذ با همان انرژی عبور کرده و کنترل آنها بسیار مشکل است و در اثر فاصله، برعکس فرکانسهای بالا از شدتشان کاسته نمی‌شود. بنابراین همواره باید سعی کرد که فرکانسهای پایین را در ماشین‌آلات و سیستم به نوع بالا تبدیل کرد که هم انرژی کمتر دارند و هم کنترل آنها به آسانی صورت می‌گیرد.

مسئله دیگری که در ارتباط با کنترل صدا بسیار مهم است، رعایت فاصله از منابع صوتی است که گفتیم اگر میزان صدا در فاصله یک متری از منبع صوتی ۹۰ dB باشد. میزان صدا در فاصله

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

۲ متـری dB ۸۴ و در فاصله ۴ متری به dB ۷۸ کاهش پیدا می‌کند. بنابراین در هر اقدام کنترلی باید با استفاده از دستگاه SLM ابتدا به‌صورت Spot Checking میزان تراز فشار صوتی (برحسب dBA) را مشخص و با استاندارد مقایسه کرد. بعد از مشخص شده منابع صوتی با استفاده از فیلتر اوکتاوباند اقدام به تجزیه و تحلیل فرکانسی در محل نمود و نقشه صوتی مربوطه تهیه گردد و سپس مطابق روشهای زیر در حد امکان در جهت کاهش صوت اقدام نمود که به دلیل محدودیت تنها به ذکر چند مورد اکتفا می‌شود.

۱- صداهای ایجاد شده غالباً در هوا منتشر شده و ممکنست سبب ارتعاش جامدات، مایعات و ... بشوند که می‌توان از این کار جلوگیری نمود. فرضاً در یک سیستمی نظیر شوفاژ صدای ناشی از حرکت آب از راه سیستم لوله‌کشی به رادیاتورها منتقل و سبب می‌شود که از رادیاتور صدای زیادی ایجاد شود. برای کاهش توربولانس در لوله‌ها می‌توان لوله‌ها را با مواد جاذب پوشانید و لوله‌ها را به دیوار یا سقف با کمک یک گیره (Coupling) و مواد جاذب ارتعاش مثل فنر اتصال داد.

۲- ارتعاشات می‌تواند تا فواصل دور تولید صدا نماند. فرضاً حرکت یک ترن روی ریل از فواصل بسیار دور در ریلها نیز شنیده می‌شود یا ارتعاشات ناشی از حرکت یک آسانسور یا ماشین‌آلات و دستگاهها می‌تواند به کل ساختمان انتقال یابد که تولید صدا و مزاحمت می‌نماید. برای رفع این مشکل می‌توان هنگام نصب موتور آسانسور آن را روی پایه‌های فنری از جنس فلز قرار داد تا ارتعاشات گرفته شوند.

۳- صداهای با فرکانس بالا هنگامی که به صفحات سخت برخورد می‌کنند به آسانی منعکس می‌شوند (درست مثل آینه) و تعداد کمی از صداها به‌طور مستقیم به خط سیر خود ادامه می‌دهند. ضمن این که این صداها به زوایا و گوشه‌های ساختمان نیز نمی‌روند. مثلاً صداهای ناشی از ماشینهای با سرعت زیاد مثل دستگاههای جوش نقطه یا وسایل مشابه اکثراً تولید فرکانسهای بالا می‌نمایند. برای کنترل آن می‌توان با استفاده از یک هود یا کابین و استفاده از مواد جاذب صدا سه‌طرف ماشین را احاطه کرد و قسمتی از طرف اصلی ماشین را با صفحات شیشه‌ای ایمنی پوشاند. بنابراین فقط قسمت پایین برای کار باز است و تقریباً کلیه فرکانسها جذب موانع ایجاد شده می‌گردند.

۴- اگر صفحات فلزی یا جنس دیگر در سیستم ماشین‌آلات باشد که ارتعاش به آنها منتقل شود هر چه مسطحتر باشند، صدای بیشتری تولید می‌کنند. باید سعی شود حتی‌الامکان از صفحات با سطح کمتر و با طول بیشتر استفاده شود. فرضاً تسمه پروانه‌های یک تکه و پهن صدای زیادی تولید می‌کنند که اگر بتوانیم بجای یک تسمه پهن از چند تسمه باریک و جدا از هم استفاده کنیم، به‌مراتب صدا کمتر خواهد شد.

۵- هر وسیله چرخ‌دار اگر به‌صورت یک‌تکه ساخته شده باشد، صدای زیادی تولید می‌کند. می‌توان صفحات دیواره‌های اطراف را جداجدا به اسکلت وصل نمود تا صدای کمتری تولید نماید.

۶- هر چه سطوح فلزی بکار رفته در سیستم ماشین‌آلات از جنس فشرده‌تری باشند، صدای کمتری تولید می‌نمایند. البته اگر بتوانیم حفاظ را به‌صورت چندلایه بکار ببریم بهتر است و فرضاً از دولایه آهنی نازک که در وسط آنها یک لایه نازک که در وسط آنها یک لایه نازک از فلز فشرده قرار داشته باشد بهترین کارایی را خواهد داشت.

به‌طور مثال بیشترین صدا در موتورها و پمپ‌ها در قسمت نصب حفاظ در کوپلینگ بین موتور و پمپ بوجود می‌آید که برای کنترل آن باید حتی‌الامکان حفاظ را از ارتعاشات پمپ دور کرد و بجای آن حفاظی از دو لایه نازک فلزی که بین آنها یک صفحه پلاستیک فشرده قرار داد، استفاده کرد.

۷- وقتی که هوا با سرعت به مانعی برخورد می‌کند، صدا تولید می‌شود که بیشتر آن اصوات خالص و بسیار زیان‌آور است. اگر مانع دایره شکل است با اضافه کردن چند قطعه روی آن که حالت نامنظم داشته باشد می‌توان صدا را به مقدار زیادی کاهش داد. همچنین حرکت هوا در اثر برخورد با استاک‌ها و دودکش‌ها سبب تولید صدای آزاردهنده می‌شوند. برای کنترل صدا باید ورقه‌های فلزی به‌صورت مارپیچ در اطراف استاک به‌طور ثابت نصب کنند تا هوایی را که به آن برخورد می‌کند در جهات مختلف پراکنده نماید.

۸- در jet steam که صدای زیادی دارند، می‌توان با اضافه کردن یک راه خروجی هوا صدا را کاهش داد . که در سرعتهای بیشتر از ۳۲۵ فوت بر ثانیه، اگر بتوانیم سرعت جریان را به نصف تقلیل دهیم، میزان کاهش صدا ۲۰ دسی‌بل خواهد بود. البته باید درنظر داشت که هرگونه تغییر جریان گاز، بخار و هوا نباید یکباره صورت گیرد . باید به این مسئله توجه کافی نمود. در مورد jet steam می‌توان دسته جت را طوری طراحی کرد که جریان کمی از هوا از اطراف دهانه خروجی اصلی خارج شود که سبب کاهش صدا می‌گردد.

۹- اگر دهانه خروجی اگزوزها یا جریان هوا و بخار ... وسیع باشد، بیشتر صداهای تولید شده در فرکانسهای پایین است. اگر دهانه را کوچکتر بکنیم تبدیل به فرکانسهای بالا می‌شوند که قابل کنترل هستند. مثلاً می‌توان به‌جای یک مجرای خروجی از مجرای بزرگتر اما با دهانه‌های کوچکتر استفاده نمود.

۱۰- همانطور که گفته شد ماشین‌آلات و وسایلی که تولید ارتعاش (Vibration) می‌کنند، باید با استفاده از وسایل ارتعاش‌گیر کنترل شوند تا ارتعاش نتواند به کل ساختمان انتقال یابد. برای این کار می‌توان آن را با استفاده از پایه‌هایی از زمین مجزا نمود. در واقع یکی از مشکلات فعلی عدم آسایش در اتاقهایی که در جوار

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]

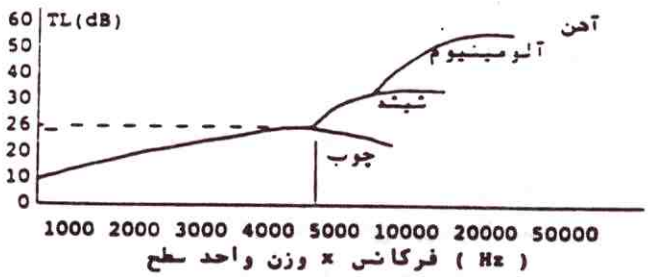
کارگاهها هستند همین موضوع است. انواع پایه‌ها به شرح زیر است:

پایه‌هایی به‌صورت حلقه‌های فلزی یا ورقه‌های حلقوی، پایه‌های فنری شکل ضخیم کوتاه، حلقه‌های نوار مارپیچ بلند به‌صورت کویلهای افقی و یا استفاده از چوب‌پنبه ضخیم، لاستیک فشرده، مواد منفذدار لاستیک و پلاستیک، پشم شیشه معدنی یا استفاده از نوعی فوم (Foam) ساخته‌شده از لاستیک و پلاستیک می‌باشند.

۱۱- ایزولاسیون ماشین‌آلاتی که فرکانسهای پایین تولید می‌کنند نیاز به کف بسیار محکم و حتی نصب پایه‌های اضافی دارند که این مسائل باید هنگام احداث کارخانجات در نظر گرفته شود. البته بهترین راه اینست که فونداسیون دستگاهها را از سایر قسمتها مجزا نمود و حتی بهتر است که فضای بین فونداسیون و قسمتهای دیگر را با استفاده از مواد جاذب ارتعاش یا اتصال مناسب به یکدیگر ارتباط دهید و چنانچه زمین رسی است از پایه‌ها و ستونهایی زیر فونداسیون استفاده نمایید.

موضوع دیگر اینست که اگر ما ایزولاسیون ماشین‌آلات را هم به‌خوبی انجام دهیم اما توجهی به سیستم‌های لوله‌کشی و اتصالات ننماییم، باز فایده چندانی ندارد و ارتعاشات از طریق لوله‌کشی به سایر نقاط انتقال می‌یابد که برای پیشگیری از این موضوع استفاده موضعی از لوله‌های قابل ارتجاع (Felexibel Connection) در قسمتهای نزدیک به ماشین و همچنین قبل از وصل به دیوارها، خصوصاً در لوله‌هایی که فشار آنها بالاست از نوع (Felexibel Metal Tubing) استفاده می‌کنند و برای لوله‌های با فشار کم نیز نوع (Reinforced Rubber Tubing) بکار می‌رود.

۱۲- مقدار کاهش صدا (TL (Transmission Loss توسط هر نوع مانع مثل دیوار و ... بستگی به وزن واحد سطح آن دارد که برحسب کیلوگرم بر متر مربع یا پوند بر اینچ مربع نشان می‌دهند و برای تعیین مقدار TL ابتدا وزن واحد سطح مانع را تعیین می‌کنیم و فرکانس موردنظر را در عدد آن ضرب کرده از روی منحنی مربوطه مقدار TL را حساب می‌کنیم.



فرضاً می‌خواهیم بدانیم چوبی به ضخامت mm ۱۵ در فرکانس Hz ۵۰۰ چه مقدار TL دارد که می‌شود:

توضیح: وزن پانل چوبی kg/m2 ۱۰ است.

۱۰ × ۵۰۰ = ۵۰۰۰ . . . . روی منحنی ← . . . . ۲۶ dB

پس TL = ۲۶ dB

منابع

۱- جزوات مکتوب آقای مهندس کلانتری

2- Noise Contorol Eddited by: O.S.H.A 1994

3- Thre Shold Limit Valves & Biological Exposure Indiced for 1994 by: Acgih

پی نویس

۱- S.L.M= Sound Level Mater

۲- Calibrator- Model CEL 284/2

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-09-19]