

Problematika riešenia akustického komfortu vozidiel z hľadiska S/R/B hlukov

Pri riešení akustického komfortu vozidiel je potrebné venovať pozornosť aj zdrojom náhodných prechodových hlukov kategórie S/R/B (Squeak/Rattle/Buzz). Tie sa viac zviditeľňujú v súvislosti s pokračovaním v oblasti preťatých dominantných zdrojov hluku (konvenčný hnací mechanizmus, podvozok, aerodynamické vlastnosti karosérie a pod.). Medzi významné zdroje S/R/B hlukov patria často aj moderné elektromechanické systémy riadenia vozidiel.



Obr. 1 Mechanizmus vzniku S/R/B hlukov

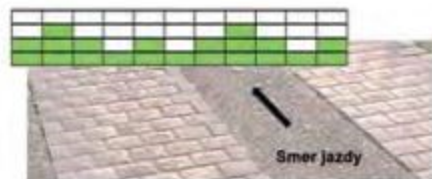
Príčiny vzniku S/R/B, možnosti riešenia

SRB hluky sa prejavujú zvukmi ako pískanie, drnčanie, bzučanie a ich rušivosť je navyše umocnená ich prerušovaným charakterom. Pískanie a drnčanie je spôsobené vzájomným pohybom rôznych komponentov (pozrite obrázok 1). Tieto zvuky zväčša nie sú maskované inými zdrojmi a významne tak znižujú akustický komfort moderných vozidiel. Mimoriadna pozornosť je v tejto súvislosti venovaná najmä elektrickým vozidlám. Tento príspevok je však zameraný najmä na problematiku riešenia S/R/B hlukov elektromechanických systémov riadenia vozidiel. Medzi hlavné príčiny vzniku tohto hluku patria konštrukčné nedostatky (neprávne modálne nalaďovanie, nezaistené spoje, nevhodné materiálové dvojice, nesprávne tolerancie, uloženia a pod.), ale tiež aj rôzne výrobné odchýlky. Uvedené konštrukčné príčiny vzniku týchto hlukov je nutné eliminovať už vo fáze vývoja jednotlivých komponentov vozidiel. Z týchto dôvodov je potrebné zabezpečiť, aby jednotlivé systémy boli odolné voči budeniu povrchom vozovky, hnacim mechanizmom a pod. Rieši sa to napr. optimalizáciou voľní, zaistením spojov voči uvoľneniu, zaradením pružných členov, spevnením určitých miest a pod. Čo sa týka procesu výroby, je nutné zabezpečiť dodržiavanie technologických disciplín, príp. automatizovať určité náročné procesy (ufahovanie skrutkových spojov, nanášanie lepidiel a pod.).

Metódy hodnotenia S/R/B

Pri analýzach a riešení problémov v súvislosti s výskytom S/R/B hlukov, od úrovne jednotlivých komponentov, cez systémy až po kompletne vozidlá, sa využívajú rôzne testovacie metódy.

Najviac rozšírenou metódou je testovanie vozidiel na testovacích dráhach skúseným špecialistom pre oblasť týchto hlukov. Testovacie dráhy musia zabezpečiť potrebnú budiacu energiu pri vhodne zvolených rýchlostiach jazdy vozidla (frekvenčný rozsah a amplitúda) tak, aby sa vybudil sledovaný S/R/B. Týchto zdrojov S/R/B je na vozidle niekoľko (rôzne komponenty podvozka, karosérie a pod.). Dĺžky dráh



Obr. 2 Príklad testovacej dráhy a špecifického profilu povrchu



Obr. 3 Vybavenie na záznam zvuku v interiéri vozidla

s rôznymi povrchmi (obrázok 2) musia umožniť vybudenie príslušných zvukov tak, aby špecialista testujúci vozidlo bol schopný identifikovať a lokalizovať príslušný zdroj S/R/B a zároveň ho tiež správne zhodnotiť (subjektívne hodnotenie pomocou známok, obvyčajne od 1 do 10). Pri subjektívnom hodnotení sa však obvyčajne realizuje aj záznam zvuku v interiéri vozidla, či už pomocou mikrofonov v slúchadlách (obrázok 3), alebo pomocou merania umelou hlavou. Tento záznam sa potom používa na ďalšie detailné analýzy, porovnanie a pod. Vybudovanie testovacích dráh je však finančne náročné, pretože napr. aby mohli byť využívané po celý rok, musia byť obvyčajne aj prekryté. Navyše, pri týchto testoch sa vyžaduje teplota okolo asi 20 °C, čo je v zimných mesiacoch aj pri krytých dráhach ťažko dosiahnuteľné. Využívajú sa teda aj iné možnosti, ako zabezpečiť vhodné podmienky pre vykonávanie týchto testov, najlepšie v laboratórnych podmienkach. Jednou z týchto možností je využitie vibračných stolíc, ktoré umožňujú simulovať jazdu na dráhach s rôznymi povrchmi.

Na lokalizáciu zdrojov S/R/B hlukov pri vibračnom testovaní kompletných vozidiel, alebo jednotlivých komponentov (obrázok 4), sa používajú rôzne, nie veľmi účinné metódy. V súčasnosti sa využívajú najmä merania akustickou kamerou. Z ďalších zariadení sú to napr. rýchlokamery, stroboskopy, elektronické sonoskopy umožňujúce rôzne detailné analýzy.

Lokalizácia zdrojov SRB hlukov využitím akustickej kamery

Akustická kamera je v prípade systémov riadenia možné využiť ako pri analýze tohto systému na vibračnom testovacom zariadení (obrázok 5), tak aj pri systéme zabudovanom vo vozidle. Malá hmotnosť moderných kamier, daná použitím digitálnych mikrofonov, a obvykle aj možnosť nasadenia kamery na ručný držiak, umožňujú veľkú flexibilitu využitia. Zariadenie môže byť napájané i externou 12 V batériou.

Vzhľadom k počtu a konfigurácii digitálnych (MEMS) mikrofonov (bežne viac ako 100 mikrofonov) majú kamery dobré priestorové rozlíšenie potrebné k lokalizácii zdrojov zvuku, ako aj veľký dynamický rozsah v celom využitelnom frekvenčnom rozsahu (obvykle od 100 Hz do 20 kHz). Kamera navyše bežne obsahuje aj ďalšie vstupy napr. pre pripojenie snímača zrýchlenia, tacho sondy a pod. Využitím týchto vstupov je možné odfiltrovať prípadné ďalšie zdroje hluku. V strede zariadenia je štandardne umiestnená kamera a často i laserový merač vzdialenosti. Nasímané dáta je možné softvérovou spracovať ako pre meranie v blízkom, tak aj pre meranie vo vzdialenom poli (acoustic holography, beamforming).

Meranie v blízkom poli (NAH – near-field acoustic holography)

Pole mikrofonov je umiestnené blízko pri zdroji, maximálne do 2-násobku vlnovej dĺžky najvyššej frekvencie. Akustický tlak je meraný mikrofonmi, spravidla v obdĺžnikovom rovinnom poli. Akustický tlak v rovine poľa je potom zobrazený na povrchu objektu.

Vzdialenosť mikrofonov určuje aj priestorové rozlíšenie (riedke pole mikrofonov nemôže presne lokalizovať zdroje). Priestorové rozlíšenie nezávisí od frekvencie, je rovné vzdialenosti mikrofonov. Veľkosť rovinného poľa musí byť totožná s veľkosťou meraného objektu. Pre stacionárne režimy je možné načítať dáta postupne aj s menším počtom mikrofonov. Pre vyššie frekvencie je potrebná menšia vzdialenosť mikrofonov. Výstupom je obvyčajne hologram, t. j. zobrazenie zdroja zvuku (obrázok 6).

Meranie vo vzdialenom poli (Beamforming)

Pole mikrofonov je umiestnené vo vzdialenom poli. Vzdialenosť tohto poľa od zdroja je väčšia ako sú rozmery poľa (priemer kamery). Zvukové vlny je tu možné považovať za rovinné. Konfigurácia mikrofonov je kompromisom medzi dynamickým rozsahom a presnosťou lokalizácie zdroja. Optimálne je kruhové pole s pseudo-náhodným rozložením

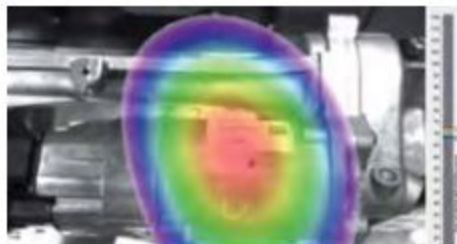


Obr. 4 Vibračné testovanie systému riadenia



Obr. 5 Lokalizácia zdrojov zvuku pomocou akustickej kamery

mikrofonov. Meraný objekt môže byť väčší ako je pole mikrofonov, teda celý objekt môže byť meraný súčasne. Všeobecne je však beamforming vhodný pre frekvencie nad 1000 Hz. Beamforming je dnes štandardnou metódou lokalizácie zdrojov zvuku na pohyblivých sa objektoch (lietadlá, vysokorychlostné vlaky, automobily a pod.). Pri stacionárnych aplikáciách poskytuje táto metóda, potlačením hluku pozadia, možnosť skámať zdroje zvuku nachádzajúce sa v hlučnom prostredí. To je výhodné aj pri testovaní systémov riadenia zabudovaných vo vozidlách (v tesnej blízkosti spaľovacieho motora), keďže tieto systémy riadenia pracujú len pri bežiacom spaľovacom motore.



Obr. 6 Hologram - zobrazenie dominantného zdroja zvuku systému riadenia

Aj keď je tento príspevok zameraný najmä na problematiku riešenia S/R/B hlukov v súvislosti s elektromechanickými systémami riadenia, uvedené metódy a technické vybavenie sa využívajú podobne aj pri identifikácii ďalších zdrojov týchto rušivých zvukov vozidiel. Kvalitné riešenia zamerané na eliminovanie výskytu týchto zvukov prispievajú k zlepšeniu vnímanej kvality produktu a preto je zo strany výrobcov vozidiel a ich dodávateľov tejto problematike venovaná veľká pozornosť.

Ing. Ján Haško, PhD. (autor článku pracuje ako špecialista v oblasti technickej diagnostiky, a jedného z významných dodávateľov automobilového priemyslu)