

HLUK A VIBRÁCIE MOTOROVÝCH VOZIDIEL

Prudký spoločenský, ekonomický a technický rozvoj je spojený okrem iného i so zvýšenými nárokmi na prepravu osôb a nákladov. Rozvoj dopravy síce na jednej strane prispieva k rastu životnej úrovne, ale je tiež spojený so zhoršovaním kvality životného prostredia. Jedným z najvýznamnejších faktorov, ktoré zhoršujú naše životné prostredie, je hluk. Hluk vznikajúci v doprave nielen obťažuje, spôsobuje únavu, problémy v dorozumívaní, ale vedie tiež k zvýšeniu nehodovosti, či poruchám sluchu, ktoré sú neliečiteľné. Eliminovanie týchto účinkov je spojené s neustálym tlakom na výrobcov na znižovanie hluku vozidiel, prostredníctvom stále sa sprísňujúcich limitov hlučnosti. Nízka hlučnosť sa stáva aj jedným zo základných parametrov konkurencieschopnosti vozidiel.

Vsúlade s požiadavkami na znižovanie hlučnosti našich strojov sme dospeli do stavu, kedy ďalšie riešenie týchto problémov je možné iba zlepšovaním technickej úrovne a kvality jednotlivých častí strojov. Zlepšenia týmto smerom zvyšujú zároveň mechanickú účinnosť, spoľahlivosť a životnosť strojov.

Pri identifikácii jednotlivých zdrojov hluku a vibrácií vozidiel alebo ich častí a stanovení ich priority z hľadiska podielu vyžarovaného hluku, ale i v iných oblastiach, ako napr. bezdemontážna diagnostika a pod., sa využíva metóda frekvenčnej analýzy. Jednou z možností frekvenčnej analýzy je Fourierova transformácia, založená na princípe nahradenia periodického signálu súčtom kosínusových a sínusových členov rôznych frekvencií. U všetkých týchto časových signálov sa predpokladá, že sa skladajú buď z konečného, alebo nekonečného počtu sínusových, prípadne kosínusových častí rôznych frekvencií, pričom každá zložka má určitú amplitúdu a počiatočnú fázu.

Pre vyhodnocovanie signálu (t.j. pre jeho spektrálnu analýzu) sa v súčasnosti využívajú najmä viackanálové číslicové analyzátory pracujúce v reálnom čase, ktoré využívajú princíp tzv. Rýchlej Fourierovej transformácie (FFT). Tieto zariadenia umožňujú okrem iného sledovať a registrovať okamžité spektrá, prieme-

rovať ich a rôzne ich ďalej spracovávať. Navyiac rozšírením meracieho reťazca o ďalšie prvky je možné robiť modálnu analýzu konštrukcií, teda zistenie ich vlastných frekvencií. Tieto sú dôležité z hľadiska správneho modálneho naladenia sústavy, ktorým je možné významne znížiť hluk vyžarovaný povrchom konštrukcie. Správne modálne naladenie spočíva v správnom rozložení budiacich a vlastných frekvencií tak, aby - pokiaľ je to možné - nedošlo k ich prekrytiu, teda k rezonancii.

Dvojkanálový analyzátor v spojení so sondou na meranie akustickej intenzity poskytuje i ďalšie možnosti, významné z hľadiska detailného štúdia zdrojov hluku. Je to napr. mapovanie akustickej intenzity zdroja, určovanie vyžarovaného akustického výkonu a pod. Technické prostriedky nám tak pomáhajú účinnejšie a operatívnejšie postupovať pri znižovaní hluku a vibrácií vyvíjaných strojov.

Medzi najdôležitejšie zdroje hluku a vibrácií na vozidlách patria:

MOTOR S PRÍSLUŠENSTVOM

Hluk motora a výfuku sú najvýznamnejšími zložkami celkového vyžarovaného hluku vozidiel. Hluk motorov je generovaný jednak zmenami tlaku vo valci (hluk spaľovania), nevyváženými silami a momentami od posuvných a rotačných hmôt a tiež mechanickými rázmi

(mechanický hluk), ako je vymedzovanie vólí v rozvodovom mechanizme, vratný pohyb piestov, dosadenie ventilov, rázy pri vstrekaní paliva a pod.

Z hľadiska rýchlosti riešenia sa spočiatku presadzovala pasívna ochrana pred hlukom - zapuzdrenie, ktorá je však spojená s problémami zhoršeného odvodu tepla, sťaženej prístupnosti, zvýšením hmotnosti a pod. V súčasnosti sa hľadajú riešenia vedúce k zníženiu vyžarovania akustickej energie motora jeho konštrukčnými úpravami, napr. vhodným tvarom spaľovacích priestorov, použitím materiálov tlmiacich hluk atď. Ďalšie možnosti zníženia hlučnosti spočívajú tiež v úpravách príslušenstva motorov. Pre zníženie prenosu vibrácií do rámu, či karosérie je tiež dôležité kvalitné uloženie motora a jeho príslušenstva.

PREVODOVKA A NÁPRAVY

Prevodovky i nápravy sú akusticky uzavreté štruktúry, z ktorých sa šíri hluk len vibráciami povrchu skrine, či telesa nápravy, pätiiek prevodovky, uchytenia náprav ku karosérii alebo rámu, torznými vibráciami vstupných a výstupných hriadeľov. Okrem hluku vyžiareného povrchom týchto štruktúr sa nimi generované vibrácie šíria do ďalších štruktúr vozidla, ktorými sú potom vyžiarené ako hluk. Hluk vyžiarený povrchom prevodových skrií a náprav je zvlášť významný u úžitkových vozidiel a mobilných strojov, ktoré sa v porovnaní s osobnými vozidlami vyznačujú väčším počtom a horšou kompaktnosťou týchto komponentov.

Hlavnou príčinou vzniku hlučnosti prevodoviek sú impulzy v ozubenom súkolesí a v ložiskách skrine. Pre vysvetlenie vzniku hluku prevodových ústrojenstiev je potrebné určiť pôvod impulzov, ktoré vznikajú pri prenose síl v zábere ozubených kolies. Nijaké ozubenie nie je možné vyrobiť absolútne presne. Vplyvom týchto nepresností - odchýľiek - dochádza pri zábere spoluzaberajúcich kolies k nerovnomernosti ich otáčania. Podobne sa prejaví i vplyv periodickej zmeny tuhosti ozubenia, v dôsledku zmeny deformácie zuba počas záberu. Tento účinok nie je možné odstrániť zvýšením presnosti ozubených kolies, a práve u presných, navyiac rýchloběžných súkolesí sa stáva tento vplyv na hlučnosť rozhodujúci. Nerovnomernosťou otáčania kolies sa prejaví i účinok záberového impulzu, ktorý väčšina odborníkov považuje za hlavnú príčinu hlučnosti bežných ozubených prevodov. Vzniká v dôsledku deformácií zaberajúcich zubov, čím dochádza k skráteniu záberového rozstupu nasledujúcej dvojice zubov. Nakoľko je táto dvojica ešte nezafazovaná, a teda nedeformovaná, dochádza tu k rázovému styku zubov. Z podobných príčin vzniká i výstupný impulz. Ďalšou príčinou nerovnomernosti otáčania spoluzaberajúcich kolies je trecí impulz, vznikajúci skokovou zmenou zmyslu trecej sily vo

valivom bude v dôsledku zmeny zmyslu skľozovej rýchlosti. Nerovnomernosť otáčania, vyvolaná skôr uvedenými účinkami, spolu so zotrvačnými hmotami ovplyvňuje vznik a veľkosť vnútorných dynamických síl v ozubení, ktoré spôsobujú vibrácie jednotlivých častí ozubených prevodov.

Účinné opatrenia na zníženie hlučnosti prevodoviek a náprav spočívajú najmä vo vhodnej konštrukcii ozubených kolies, prevodových skriň, telies náprav, v tuhosti a správnom uložení hriadeľov a ozubených kolies, v použití materiálov s vysokým vnútorným tlmením, v kvalitnom pružnom uložení prevodových skriň a pod.

HYDRAULICKÉ SYSTÉMY

Hluk a chvenie hydraulických obvodov sú podmienené najmä pulzáciou tlaku v jeho jednotlivých častiach. Táto napr. pri použití axiálnych piestových čerpadiel zodpovedá ich piestovej frekvencii, pri použití zubových čerpadiel záberovej frekvencii ozubených kolies čerpadla. Významný je tiež huk vznikajúci na prietokových odporoch spojený s turbulenciou a kavitáčnými javmi.

Z hľadiska potlačenia vplyvu týchto javov sa do obvodov zaraďujú hydraulické tlmiče rôznych princípov a konštrukcií, využíva sa tiež tlmiaci účinok vysokotlakových hadíc a pod. Z tohto hľadiska je napr. u asiálnych piestových čerpadiel významný nepárny počet piestikov.

Mechanické príčiny hluku v hydraulických systémoch, napr. pri použití zubových čerpadiel, sú v hluku generovanom nerovnomernosťou chodu ozubených kolies, použitými ložiskami a podobne.

Riešenie týchto problémov môže spočívať v použití klzných ložísk, vysokou kvalitou ozubenia, v použití šikmého, či šípového ozubenia, v správnom modálnom nastavení skrine čerpadla, v jej zapuzdrení a pod.

KOLEŠÁ A PNEUMATIKY

So znižovaním hlučnosti hnacieho agregátu a jeho príslušenstva nadobúda huk od kolies a pneumatík čoraz väčší význam a v niektorých režimoch jazdy celkom prevláda. Je generovaný nerovnosťami povrchu cesty, dezénom pneumatík, geometrickou, hmotnostnou, či tuhostnou nevyváženosťou pneumatík, nevyváženosťou ostatných rotujúcich častí, nerovnomernosťou otáčania kolies spôsobenou ako nerovnomernosťou chodu spaľovacieho motora, tak i vlastnosťami použitých kĺbov hnacích hriadeľov, nerovnomernosťami v brzdení a pod.

Možnosti riešenia spočívajú hlavne v čo najpresnejšom vyvážení jednotlivých rotujúcich častí a tiež v konštrukcii pneumatík (radiálne pneumatiky, V-dezén, asymetrické dezény a pod.). Z hľadiska obmedzenia šírenia vibrácií do karosérie je dôležitá i konštrukcia uloženia závesov kolies, či náprav ku karosérii.

KAROSÉRIA

Vozidlo je kompletným vibro-akustickým systémom budeným rôznymi vlastnými i vonkajšími zdrojmi kmitania. Karoséria pozostávajúca z nosníkov a veľkých plošných dielov transformuje pomerne veľkú časť energie budiacich síl na akustickú energiu, prejavujúcu sa vnútorným a vonkajším hlukom.

Z hľadiska jeho obmedzenia je potrebné zoberať sa hlavne modálnymi vlastnosťami karosérie tak, aby jej vlastné frekvencie boli pokiaľ možno mimo oblasti budiacich frekvencií, prípadne v oblasti účinnosti zvukotlmiacich materiálov. To je možné dosiahnuť vystužením väčších plôch (prelismi, lištami), ich rozčlenením, prípadne ich polepením zvukovotlmiacimi materiálmi a pod. Tiež je dôležité zabrániť vzniku stojateho - stacionárneho vlnenia v priestore pre posádku, kedy dochádza k superpozícii tých zvukových vln, ktorých dĺžka odpovedá rozmerom tohto priestoru. Z tohto dôvodu je potrebné voliť sklonené bočné steny kabíny. Tým sa tiež znížia amplitúdy kmitania jej stien, pretože so zmenou šírky po výške vzrastá ich tuhosť. Zlepšia sa tak i aerodynamické vlastnosti karosérie, čo sa prejaví v znížení aerodynamického hluku. Pre zníženie prenosu vibrácií do karosérie je potrebné použiť pružné uloženie zdrojov vibrácií, s optimalizáciou tuhosti jeho uloženia. Z hľadiska zníženia vnútornej hlučnosti je dôležité tiež utesnenie všetkých otvorov, cez ktoré by dochádzalo k priamemu šíreniu zvukového vlnenia do priestoru posádky od jednotlivých agregátov alebo z vonkajšieho prostredia. Rovnako sa to vzťahuje i na umiestnenie otvorov do vonkajšieho priestoru z hľadiska vonkajšej hlučnosti. Z ďalších rozšírených spôsobov zníženia vnútornej hlučnosti je používanie zvukovo nepriezvučných a zvukovo pohltivých materiálov a pod.

Ing. Ján HAŠKO
WUSAM a.s., Zvolen

