

**Peer-reviewed
Proceedings**
Vol. 24, 2019
annually
**Vedecký
recenzovaný
zborník**
Roč. 24, 2019

Možnosti analýzy a riešenia prechodových hlukov elektromechanických systémov riadenia

Ján HAŠKO, Ing. PhD.
ZF, Nové Mesto nad Váhom
e-mail: jan.hasko@zf.com

Úvod

Pri riešení akustického komfortu vozidiel je potrebné, v súvislosti s pokrokom v oblasti predtým dominantných zdrojov hluku (hnací mechanizmus, podvozok, aerodynamické vlastnosti karosérie a pod.), venovať pozornosť i tzv. vedľajším zdrojom. Medzi tieto zdroje patria i moderné elektromechanické systémy riadenia vozidiel. V rámci tohto príspevku by som sa chcel zamerať najmä na NVH experimentálne metódy, ktoré využívame pri analýzach a riešení náhodných, prechodových hlukov systémov riadenia a to najmä tzv. rattling noise. Tento typ hluku patrí do kategórie označovanej Squeak&Rattle (S&R), ktoré sa prejavujú zvukmi ako pískanie, drnčanie, bzučanie. Tieto zvuky zväčša nie sú maskované inými zdrojmi hluku vozidiel a je nutné eliminovať príčiny ich vzniku už vo fáze vývoja jednotlivých komponentov vozidiel. Je potrebné zabezpečiť, aby jednotlivé systémy boli odolné voči budeniu povrchom vozovky, hnacím mechanizmom a podobne. Rieši sa to napr. optimalizáciou vôľí, zaistením spojov voči uvoľneniu, zaradením pružných členov, spevnením určitých miest a pod.

Metódy hodnotenia S&R

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. Týchto zdrojov S&R je na vozidle niekoľko (rôzne komponenty podvozka, karosérie a pod.). Dĺžky dráh s rôznymi povrchmi (Obr. 1) musia umožniť vybudenie príslušných zvukov tak, aby špecialista testujúci vozidlo bol schopný identifikovať a lokalizovať príslušný zdroj S&R a zároveň ho tiež správne zhodnotiť (subjektívne hodnotenie pomocou známok). Vybudovanie testovacích dráh je však finančne náročné, pretože napr. aby mohli byť využívané po celý rok, musia byť obyčajne i prekryté. Navyiac pri týchto

testoch sa vyžaduje teplota okolia cca 20°C, čo je v zimných mesiacoch i pri krytých dráhach ťažko dosiahnuteľné. Hľadajú sa teda i iné možnosti, ako zabezpečiť vhodné podmienky pre vykonávanie týchto testov vozidiel, najlepšie v laboratórnych podmienkach. Jednou z týchto možností, ktorú sme pred časom overovali, je využitie vibračných platní testera tlmičov firmy MAHA, ktorý pre určité verzie testovacieho systému umožňuje i vybudenie kmitavého pohybu hmôt nad príslušnou nápravou vozidla, v súlade s nastavenými parametrami (frekvencia, fáza).



Obrázok 1 – Povrchy testovacích dráh

Overenie možností budenia S&R na testery firmy MAHA

Podmienky merania

Overenie sme uskutočnili na testovacom vozidle so systémom riadenia, ktorý vykazoval tzv. rattling noise. Vozidlo bolo umiestnené na vibračných platniach testera tlmičov firmy MAHA (Obr. 2). V prvej fáze sme využitím elektronického sonoskopu firmy SKF (sonda umiestnená v problémovej oblasti systému) našli vhodnú budiacu frekvenciu vibračných platní tak, aby sme vybudili tento tzv. rattling noise. Týmto spôsobom sme zistili, že k najlepšiemu vybudeniu tohto “rattling noise“ dochádza pri frekvencii 35 Hz. Následne boli na systém a vozidlo nalepené jednoosové snímače zrýchlenia s citlivosťou 100 mV/g, orientované hlavnou osou citlivosti vo zvislom smere, teda v smere budenia vibračnými platňami. Zrýchlenie bolo snímané v nasledovných miestach – na telese systému (na pravej i ľavej strane), na koncoch hrebeňovej tyče (v miestach guľových čapov), na tehlici pravého kolesa vozidla (zhora) a v strede pomocného rámu, na ktorom je systém vo vozidle upevnený. Takto pripravené vozidlo bolo potom presunuté znovu na tester tlmičov, kde boli v meraných miestach nasnímané zrýchlenia pre frekvenciu budenia 35 Hz, pričom vibračné platne testera kmitali vo fáze. Pred vlastným meraním bolo tiež potrebné zahriať tlmiče odpruženia vozidla, pretože ich zahriatím dochádza ku zníženiu ich účinnosti. To je potom spojené s nárastom intenzity budenia kmitania hmôt nad príslušnou nápravou vozidla pri testovaní na týchto platniach.

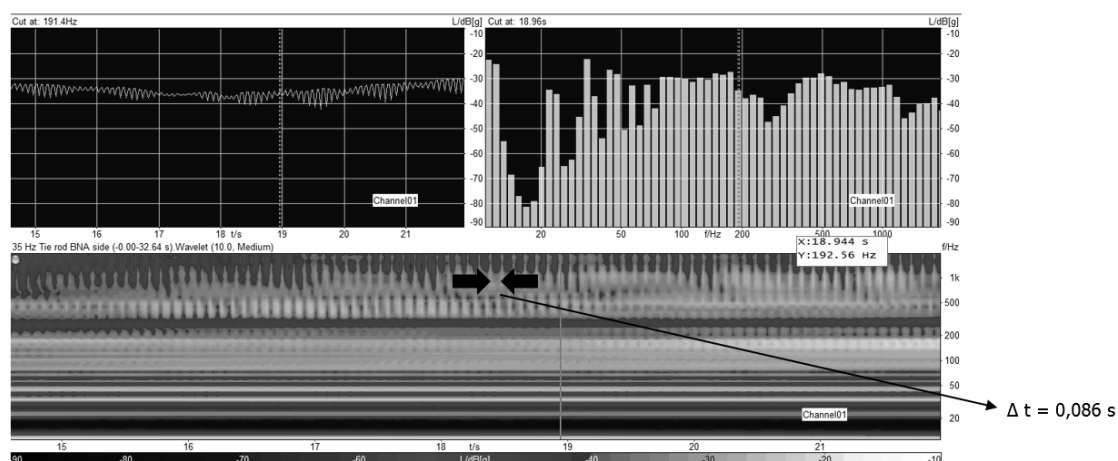
Analýza nameraných dát

Namerané dáta boli v prvej fáze spracovania použité pre štúdium prevádzkových tvarov kmitania (ODS) a umožnili nám tak odhaliť reálne sa správanie hlavných komponentov systému riadenia. Zo štúdia ODS je zrejmý vzájomný pohyb telesa a hrebeňovej tyče počas budenia tzv. rattling noise, pričom relatívny pohyb koncov hrebeňovej tyče voči telesu systému je na oboch stranách približne rovnaký. Je možné tiež konštatovať, že pohyb koncov hrebeňovej tyče nie je zväčša vo fáze a je to teda všeobecný priestorový pohyb v rámci vŕlí.



Obrázok 2 – Tester firmy MAHA

Zaujímavé je i porovnanie multispektier zo signálov zrýchlenia nasnímaných na koncoch hrebeňovej tyče. Z tohto porovnania okrem iného vyplýva, že úroveň zrýchlenia sú na oboch koncoch hrebeňovej tyče približne rovnaké. Pre detailnú analýzu pripájam i výrez z multispektra, z časovej oblasti po zahriatí tlmičov odpruženia (Obr. 3).

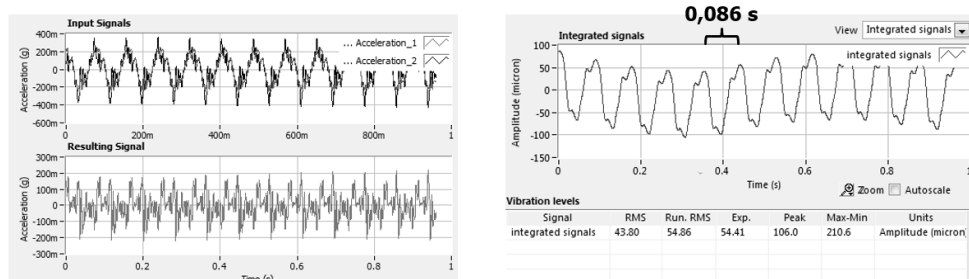


Obrázok 3 – Multispektrum signálu zrýchlenia z pravého konca hrebeňovej tyče

Maximálne úrovne zrýchlenia súvisia s výskytom rázov s časovým odstupom 0,086 s, to zodpovedá frekvencii 11,7 Hz. Ide o tzv. subharmonickú frekvenčnú zložku (= 1/3 budiacej frekvencie 35 Hz), ktorá sa vyskytuje pri existencii mechanických vôľ v systéme. Vysoké úrovne zrýchlenia sa vyskytujú i vo frekvenčnej oblasti cca 190 Hz, najmä v časovej oblasti, kde bola intenzita rázov najvyššia. Vzhľadom k tomu, že sa pravdepodobne jedná o vybudenie rezonančného kmitania hrebeňovej tyče, bola urobená i zjednodušená modálna analýza. Hrebeňová tyč zabudovaného systému bola na jednom konci vybudená Dirackovým impulzom (vo zvislom smere) a na oboch koncoch tejto tyče sme vo zvislom smere zaznamenávali odozvu na tento impulz. Z frekvenčného spektra odozvy bolo možné približne určiť vlastnú frekvenciu prvého ohybového tvaru kmitania hrebeňovej tyče vo zvislom smere a to cca 200 Hz. Z tohto zistenia vyplýva, že rázy v dôsledku vôľ v

systéme budia i rezonanciu hrebeňovej tyče, ktorá výrazne vplýva na zosilnenie zvukového prejavu pri výskyte tzv. rattling noise. Z tohto pohľadu je dôležité i správne modálne naladenie systému. V tomto prípade by bolo možné systém preladiť napr. umiestnením ďalšieho uloženia hrebeňovej tyče približne uprostred systému.

Navrhnutá metóda umožní navyše presne vyšetriť i tzv. relatívne kmitanie (hrebeňová tyč vs teleso) na oboch stranách systému. Postup spočíva v odčítaní časových priebehov zrýchlenia na tyči a telese (merané vo zvislom smere), na oboch stranách systému (na pravej i ľavej strane). Dvojitou integráciou takto vypočítaného priebehu potom získame časový priebeh výchylky kmitania koncov hrebeňovej tyče voči telesu systému (Obr. 4). To umožní presne zistiť, na ktorej strane systému je zväčšená vôľa a teda, kde je príčina tzv. rattling noise.



Obrázok 4 – Vyšetrenie relatívneho kmitania „hrebeňová tyč vs teleso systému“

Záver

Nová metodika umožní analyzovať a riešiť problémy spojené s výskytom S&R hlukov, ako vo fáze vývoja, tak i pri identifikácii príčin zvýšenej hlučnosti systémov, napr. pri riešení zákazníckych reklamácií. Z hľadiska rýchlej lokalizácie zdrojov týchto náhodných prechodových hlukov by bolo vhodné túto metodiku ďalej rozšíriť i o využitie akustickej kamery. Implementovanie vyššie uvedených experimentálnych metód by tak mohlo priniesť ďalšie zefektívnenie našich procesov a prispieť tiež k ďalšiemu zvýšeniu kvality a konkurencieschopnosti našich produktov.

Literatúra

[1] Interné materiály spoločnosti ZF

Resumé

Possibilities of analysis and solution of transient noises of electromechanical steering systems. The company ZF devotes considerable attention also to the problematic of acoustic properties of produced electromechanical steering systems. This contribution is focused mainly on the experimental methods used in the analysis and solution of problems with transient noises of electromechanical steering systems and in particular so-called rattling noise. We verified a new methodology for the effective solution of these problems by using a tester of MAHA company. Implementing this method could make our processes more effective and also contribute to further enhancing the quality and competitiveness of our products.

Podakovanie

Ďakujem vedeniu spoločnosti ZF v Novom Meste nad Váhom, že mi umožnilo účasť a prezentáciu interných materiálov spoločnosti na tomto podujatí.