

Ján HAŠKO

IMPLEMENTOVANIE HLASITOSTI NA VÝSTUPNEJ KONTROLE SYSTÉMOV RIADENIA

Implementation of loudness on the final inspection of steering systems

Annotation

The steering system that shows various disturbing noises in operation should not get to our customer. In this context, a further improvement of customer protection was verified, based on the introduction of an additional test parameter on EoLT, so-called loudness. The loudness according to Zwicker ISO 532 B correlates very well with the subjective evaluation, which is in the automotive practice also the final evaluation. The implementation of the above parameter could thus contribute to improving the sound quality in the interior of relevant vehicles, as well as further increase of our products competitiveness.

Key words: steering systems, acoustic comfort of vehicles, loudness

ÚVOD

Aj firma ZF, ako jeden z významných dodávateľov automobilového priemyslu, využíva ako v procese vývoja, tak i pri výrobe, či kontrole svojich produktov, moderné diagnostické metódy, okrem iného, založené i na metódach vibrodiagnostiky. Výrobný závod spoločnosti v Novom Meste nad Váhom sa zaoberá výrobou hrebeňových systémov riadenia s elektrickým posilňovačom ako i elektromotorov pre tento typ systémov riadenia. Firma patrí medzi priekopníkov v oblasti využitia moderných vibrodiagnostických metód. Na konci montážnych liniek sú napr. všetky produkty kontrolované i prostredníctvom automatizovaného merania vibrácií (na EoLT), vo vhodne zvolených meracích bodoch. Využíva sa tu porovnanie príslušných spektier signálov s tzv. referenčným spektrom, čo umožňuje identifikovať nezhodné kusy. V prípade zistenia nezhodného kusu, je následne identifikovaná i príčina problému, pričom sa vychádza z charakteristických frekvencií chvenia pre rôzne druhy porúch (nevyváženosť, nesúosovosť, rôzne poškodenia ložísk, ozubených kolies a pod.). Obyčajne sa jedná o závalu spojenú so servomotorom, guličkovou maticou alebo remeňovým prevodom. Týmto spôsobom je teda možné na konci linky odfiltrovať kusy obsahujúce komponenty s rôznymi poruchami, odchýlkami, poškodeniami a pod. I napriek takejto kontrole sa však po montáži systémov do vozidiel, pri subjektívnom hodnotení týchto systémov (simulácia parkovacích manévrov a pod.), občas objavia problémy prejavujúce sa výskytom rôznych rušivých zvukov. Z pohľadu kvality zvuku v interiéri vozidla je však výskyt takýchto zvukov neprípustný. V tejto súvislosti, z dôvodu ďalšieho zlepšenia ochrany zákazníka, bolo overované implementovanie ďalšieho testovacieho parametra na EoLT, tzv. hlasitosti. Zavedenie tohto parametra by malo zabezpečiť, že na konci montážnej linky budú vyradené aj systémy, ktoré by mohli v prevádzke vykazovať takéto rušivé zvuky.

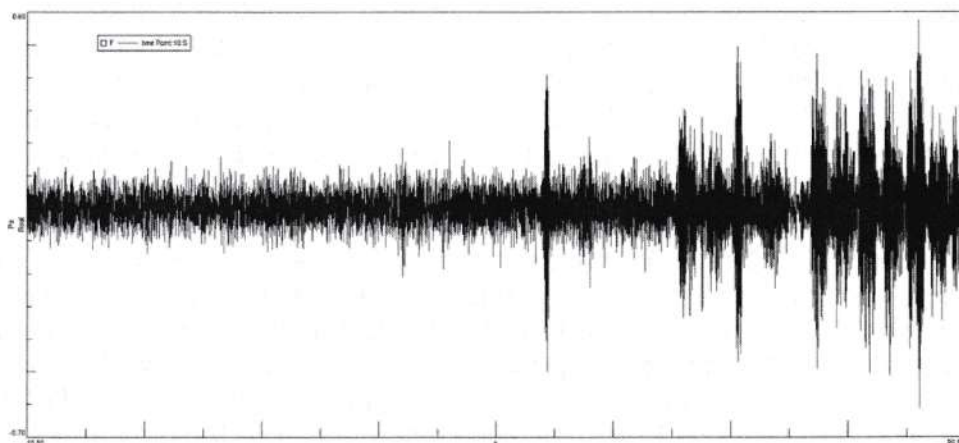
1. OVERENIE VHODNOSTI NOVÉHO TESTOVACIEHO PARAMETRA

Týmto novým parametrom by mala byť hlasitosť podľa Zwickera ISO 532B, ktorá veľmi dobre koreluje so subjektívnym hodnotením a je dnes považovaná za najdôležitejší parameter v oblasti analýz kvality zvuku. Pre interiér vozidla je potrebné počítať hlasitosť pre difúzne pole.

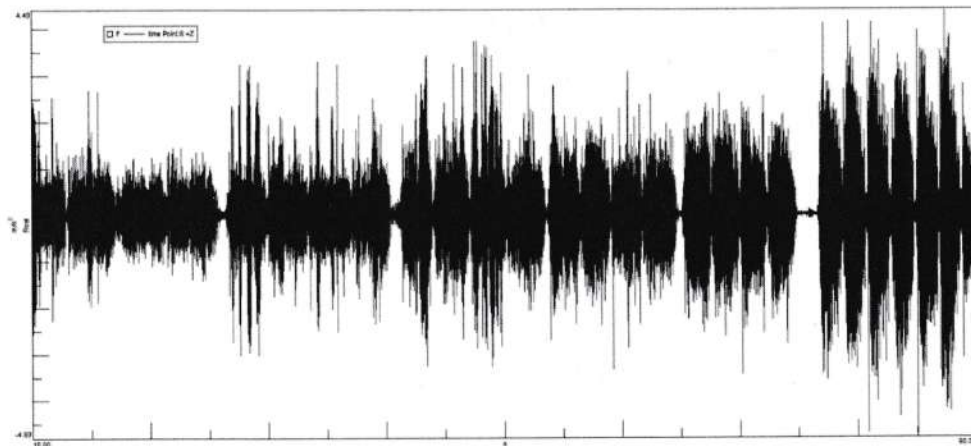
Overenie bolo realizované prostredníctvom merania akustického tlaku na mieste vodiča (mikrofón bol umiestnený pri ľavom uchu vodiča – viď obr. 1) a súčasného merania zrýchlenia vibrácií na systéme riadenia (v blízkosti servomotora), na vozidle Renault Scénic. Vozidlo bolo umiestnené v polo-bezdozvukovej komore, v technickom centre firmy ZF. Signály akustického tlaku a zrýchlenia boli kontinuálne načítané pre štandardné režimy využívané pri subjektívnom hodnotení systémov riadenia (simulácia parkovacích manévrov – opakované točenie volantu v smere a proti smeru hodinových ručičiek, otáčkami 30, 40, 45, 60, 75, 90 min.⁻¹ – celkom asi 80 s záznamu), viď obr. 2 a 3.



Obr. 1 Poloha mikrofónu na mieste vodiča

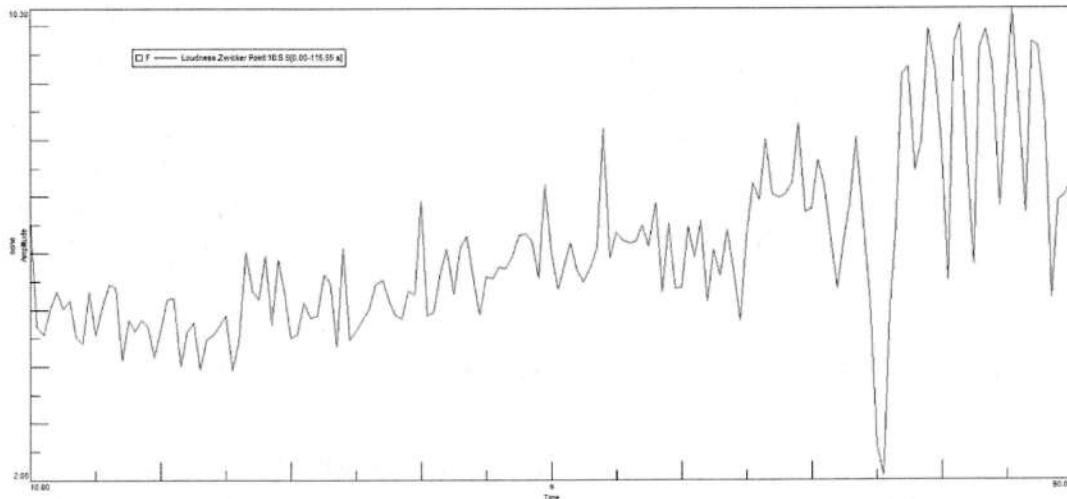


Obr. 2 Akustický tlak na mieste vodiča



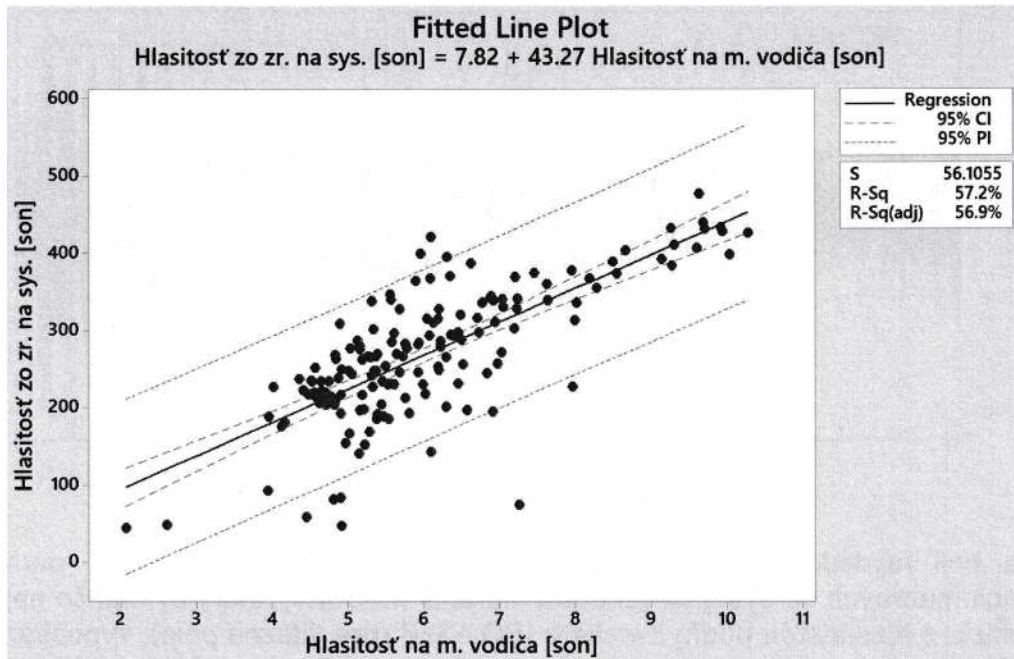
Obr. 3 Zrýchlenie vibrácií na systéme

Dáta boli následne rôznym spôsobom spracované, s cieľom nájsť parameter vibrácií meraných na systéme (obdoba merania na EoLT), ktorý by mal čo najlepšiu koreláciu s hlasitosťou podľa Zwickera ISO 532B (pre difúzne pole), vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča, pre vyššie uvedené režimy točenia volantu (viď obr. 4). Táto hlasitosť, ako bolo uvedené vyššie, veľmi dobre koreluje so subjektívnym hodnotením (obyčajne hodnotenie pomocou známok od 1 do 10). Merania i príslušné výpočty boli vykonané pre frekvenčný rozsah od 20 Hz do 4 kHz, v ktorom sa nachádzajú všetky významné zložky spektier hluku, či vibrácií testovaného systému riadenia.



Obr. 4 Hlasitosť na mieste vodiča

Spracovaním dát, využitím softvéru Minitab, bola korelačnou analýzou preukázaná dobrá korelácia medzi hlasitosťou vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča a hlasitosťou vypočítanou zo signálu zrýchlenia na systéme, kde hodnota $R - S_q$ je takmer 60% (viď obr. 5). Pre ilustráciu, medzi hlasitosťou vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča a priamo signálom zrýchlenia na systéme je tento parameter len 10%, čo zodpovedá veľmi slabej alebo žiadnej korelácii.



Obr. 5 Korelačná analýza

Vyššie uvedené zistenia potvrdzujú i praktické skúsenosti zo subjektívneho hodnotenia systémov riadenia, keď sa napr. OK systém javí vo vozidle rovnako alebo možno ešte horšie ako vyradený, nezhodný systém (hodnotenie na základe aktuálne využívanej metodiky na EoLT). V tejto súvislosti je tiež potrebné uviesť, že začínajúce poškodenia, chyby, kvôli ktorým bol určitý systém na EoLT hodnotený ako NOK, nemusia byť z hľadiska akustického prejavu v interiéri vozidla spočiatku identifikovateľné. Tieto poškodenia, odchýlky však spôsobujú vznik prídavných dynamických zaťažení, čo je spojené so zrýchleným opotrebením dielov (povrchová únava materiálu pri valivých ložiskách), nárastom vôlí (následne vznik rázov) a teda obvyčajne rýchlou degradáciou kvalitatívnych vlastností systémov. Z tohto dôvodu je dôležité i do budúcnosti zachovať i aktuálne využívanú metodiku na EoLT, ktorá dokáže identifikovať tieto rôzne odchýlky, začínajúce poškodenia systémov a pod.

2. NASTAVENIE PARAMETROV TESTOVANIA VYUŽITÍM HLASITOSTI

Pre nastavenie parametra hlasitosti na EoLT, na základe ktorého budú odfiltrované systémy s hlasitosťou výrazne prevyšujúcou tento limit, je vhodné použiť niekoľko tzv. hraničných systémov, t. j. systémov so subjektívnym hodnotením na úrovni známok 5, 6. Vzhľadom k tomu, že systémy sú na EoLT testované pri konštantných otáčkach a zaťažení, obvyčajne z hľadiska hlučnosti pri najmenej priaznivom režime (otáčky na vstupe - 45, 60, alebo 75 min.⁻¹, zaťaženie 4 kN), je potrebné pri subjektívnom testovaní týchto hraničných systémov vo vozidle súčasne nasnímať i signál zrýchlenia pre zvolený testovací režim, v rovnakom mieste systému ako to bude merané na EoLT. Z týchto signálov sa následne vypočítajú príslušné hlasitosti podľa Zwicker ISO 532B (pre difúzne pole). Maximálna hodnota hlasitosti sa potom znovu overí na EoLT, prostredníctvom výberu NOK systémov určených na základe prekročenia tejto hlasitosti, ktoré by mali byť pri následnom subjektívnom

hodnotení vo vozidle vyhodnotenú ako nevyhovujúcu. Po tomto opätovnom overení môže byť hodnota hlasitosti, získaná vyššie uvedeným postupom, nastavená ako limitná na EoLT, pre príslušné systémy riadenia. Vyššie uvedený postup by bolo možné ďalej optimalizovať využitím neurónových sietí (NN), implementovaných do používaných algoritmov na EoLT. Pre učenie vhodnej neurónovej siete by sa použili OK systémy riadenia (podľa aktuálnej metodiky hodnotenia na EoLT), ktoré sú však na základe subjektívneho hodnotenia, po ich montáži do vozidla, z hľadiska akustického komfortu OK alebo NOK. Okrem hlasitosti by bolo možné využiť i niektoré ďalšie parametre z oblasti psychoakustiky ako napr. ostrosť, tonalita a pod. Systémy riadenia by boli potom na základe týchto rôznych parametrov privádzaných na vstupy NN triedené na OK a NOK (použitie NN ako tzv. klasifikátora).

ZÁVER

Naznačený postup implementovania ďalšieho testovacieho parametra na EoLT, tzv. hlasitosti, by pravdepodobne, po ďalších overovacích meraniach, mohol byť zavedený do štandardných metód firmy ZF, týkajúcich sa výstupnej kontroly systémov riadenia na konci montážnej linky. Navrhované rozšírenie výstupnej kontroly by tak prispelo k ďalšiemu zvýšeniu kvality našich produktov a tým aj k zlepšeniu akustického komfortu v interiéri príslušných vozidiel.

POUŽITÁ LITERATÚRA

[1] Interné materiály spoločnosti ZF

Ďakujem vedeniu spoločnosti ZF Active Safety Slovakia s. r. o. v Novom Meste nad Váhom, že mi umožnilo účasť a prezentáciu interných materiálov spoločnosti na tomto podujatí.

Kontaktná adresa:

Ing. **Ján Haško**, PhD., Konzultant /Špecialista pre technickú diagnostiku, Oddelenie inžinieringu
ZF Active Safety Slovakia s.r.o. Trenčianska ulica 2571/16, 915 01 Nové Mesto nad Váhom
e-mail: jan.hasko@zf.com, tel.: +421911022475