

IMPLEMENTOVANIE HLASITOSTI NA VÝSTUPNEJ KONTROLE SYSTÉMOV RIADENIA

Aj firma ZF, ako jeden z významných dodávateľov automobilového priemyslu využíva v procese vývoja, pri výrobe či kontrole svojich produktov moderné diagnostické metódy, okrem iného, založené aj na metódach vibrodiagnostiky.

Výrobný závod spoločnosti v Novom Meste nad Vahom sa zaobera výrobou hrebeňových systémov riadenia s elektrickým posilovačom ako aj elektromotorov pre tento typ systémov riadenia.

Firma patrí medzi priekopníkov v oblasti využitia moderných vibrodiagnostických metód. Na konci montážnych línií sú napr. všetky produkty kontrolované aj prostredníctvom automatizovaného merania vibrácií (na EoLT), vo vhodne zvolených meracích bodoch.

Využíva sa tu porovnanie prísušných spektier signálov s tzv. referenčným spektrom, čo umožňuje identifikovať nezhodné kusy. V prípade zistenia nezhodného kusu, je následne identifikovaná príčina problému, pričom sa vychádza z charakteristických frekvencií chvenia pre rôzne druhy porúch (nevyváženosť, nesúosovosť, rôzne poškodenia ložísk, ozubých kolies a pod.). Obyčajne sa jedná o poruchu spojenú so servomotorom, gufočkovou maticou alebo remeňovým prevodom.

Týmto spôsobom je teda možné na konci linky odhliadnuť 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 z vuku 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.

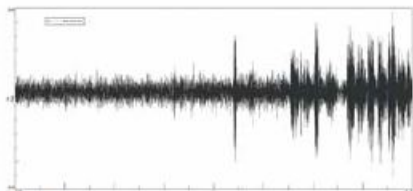


Obr. 1: Poloha mikrofónu na mieste vodiča

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 analýzy kvality zvuku. Pre interier vozidla je potrebné počítať hlasitosť pre dlhúze pole. Overenie bolo realizované prostredníctvom merania akustického tlaku na mieste vodiča (mikrofon bol umiestnený pri ľavom uchu vodiča – viď obr. 1) a súčasného merania zrýchlenia vibrácií na systéme riadenia (v blízkosti servomotoru), na vozidle Renault Scénic. Vozidlo bolo umiestnené v polo-bezozvukovej 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.



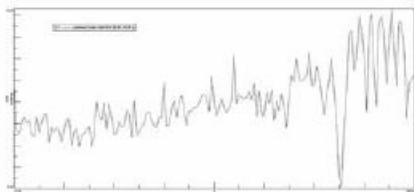
Obr. 2: Akustický tlak na mieste vodiča



Obr. 3: Zrýchlenie vibrácií na systéme

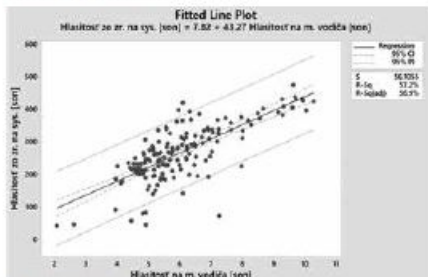
Údaja boli následne rôznymi spôsobmi spracované, s cieľom nájsť parameter vibrácií meraných na systéme (obdobu merania na EoLT), ktorý by mal čo najlepšiu koreláciu s hlasitosťou podľa Zwickera ISO 532B (pre dlhúze pole), vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča, pre vyššie 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 prislušné výpočty boli vykonané pre frekvenčný rozsah od 20 Hz do 4 kHz, v ktorom sa nachádzajú všetky významné zložky spektra tlaku, či vibráci testovaného systému riadenia.



Obr. 4: Hlasnosť na mieste vodiča

Spracovaním dát, využitím softvéru Minitab, bola korelačná analýza preukázaná dobrá korelácia medzi hlasnosťou vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča a hlasnosťou vypočítanou zo signálu zrychlenia na systéme, kde hodnota $R = Sq$ je takmer 60 % (viď obr. 5). Pre ilustráciu, medzi hlasnosťou vypočítanou zo signálu akustického tlaku nameraného na mieste vodiča a priamo signálom zrychlenia na systéme je tento parameter len 10 %, čo zodpovedá veľmi slabej alebo žiadnej koreláci.



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 metódy na EoLT). V tejto súvislosti je tiež potrebné uviesť, že začínajúce poškodenia, chyby, kvôli ktorým boli určení systém na EoLT hodnotení ako NOK, nemusia byť z hľadiska akustického prejavu v interieri vozidla spočítajú identifikovateľné. Tieto poškodenia, odchýlky však spôsobujú vznik prídavných dynamických zaťažení, čo je spojené so zrychleným opotrebením dielov (povrchová únava materiálu pri valných ložiskách), nárastom vóli (následne vznik rázov) a teda obvyčajne rýchlou degradáciou kvalitatívnych vlastností systémov. Z tohto dôvodu je dôležité i do budúcnosti zachovať i aktuálne využívanú metódku na EoLT, ktorá dokáže i identifikovať tieto rôzne odchýlky, začínajúce poškodenia systémov a pod.

Nastavenie parametrov testovania využitím hlasitosti

Pre nastavenie parametra hlasitosti na EoLT, na základe ktorého budú odťhované systémy s hlasnosťou výrazne prevyšujúcou tento limit, je vhodné použiť niekoľko tzv. hraníčných systémov, t. j. systémov so subjektívnym hodnotením na úrovni z námk 5, 6. Vzhľadom k tomu, že systémy sú na EoLT testované pri konštantných otáčkach a zaťaženi, obvyčajne z hľadiska hlučnosti pri najmenej príznačnom režime (otáčky na vstupe – 45, 60, alebo 75 min⁻²; zaťaženie 4 kN), je potrebné pri subjektívnom testovaní týchto hraníčných systémov vo vozidle súčasne nasadiť i signál zrychlenia pre zvolený testovací režim, v rovnakom mieste systému ako to bude merané na EoLT. Z týchto signálov sa



Tester

následne vypočítajú prislušné hlasnosti podľa Zwicker ISO 532B (pre d-fúzne pole).

Maximálna hodnota hlasnosti sa potom znovu overí na EoLT, prostredníctvom výberu NOK systémov určených na základe prekročenia tejto hlasnosti, ktoré by mali byť i následnom subjektívnom hodnotení vo vozidle vyhodnotené ako nevyhovujúce. Po tomto opätovnom overení môže byť i hodnota hlasnosti, získaná vyššie uvedeným postupom, nastavená ako limitná na EoLT, pre prislušné systémy riadenia.

Vyššie uvedené postup by bolo možné ďalej optimalizovať využitím neuronových sietí (NN), implementovaných do používaných algoritmov na EoLT. Pre učenie vhodnej neuronovej siete by sa použili OK systémy riadenia (podľa aktuálnej metódy hodnotenia na EoLT), ktoré sú však na základe subjektívneho hodnotenia, po ich montáži do vozidla, z hľadiska akustického komfortu OK alebo NOK.

Okrem hlasnosti 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 prívádzaných na vstupe NN triedené na OK a NOK (použitie NN ako tzv. klasifikátora).

Záver

Naznačený postup implementovania ďalšieho testovacieho parametra na EoLT, tzv. hlasnosti, 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 prislušných vozidiel. ■

Autor príspevku Ing. Ján Haško, PhD., pracuje ako konzultant, špecialista pre technickú diagnostiku, Oddelenie inžiniering, spoločnosti ZF Active Safety, Slovakia s.r.o.

Implementation of loudness on the final inspection of steering systems

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.

Použitá literatúra

[1] Interné materiály spoločnosti ZF