

Multidisciplinárny charakter NVH optimalizácie vozidiel



Obr. č. 1 - NVH versus ďalšie vlastnosti vozidla

Kvalita vozidiel je zo strany zákazníka vnímaná do značnej miery aj prostredníctvom akustického a jazdného komfortu. To vytvára, spolu s legislatívnymi požiadavkami*, značný tlak na výrobcov vozidiel zaoberať sa touto problematikou. V minulosti dominantné zdroje hlučnosti (hnací mechanizmus, podvozok, aerodynamické vlastnosti karosérie a pod.) už boli dobre zvládnuté, ale zároveň sa tým obmedzil ich maskujúci účinok. Z hľadiska ďalšieho zlepšovania akustického komfortu sa tak stalo nevyhnutným zaoberať sa aj tzv. vedľajšími zdrojmi (brzdy, riadenie, servomotory, klimatizácia, atď.). Tieto rôzne ďalšie zdroje sú už pomerne vyrovnané a vyžadujú pri riešení akustiky vozidiel náročnejšie postupy a stratégie. Nové výzvy v oblasti kvality zvuku sú spojené tiež s prechodom na elektromobilitu. Riešenie tejto problematiky sa stalo neoddeliteľnou súčasťou vývojových etáp nových automobilov a zahŕňa okrem využitia moderných experimentálnych metód (EMA, TPA, ODS a pod.) tiež rôzne numerické simulácie, ako sú napr. štruktúrne, akustické, tepelné, prúdenia a pod. Je samozrejmé, že NVH vlastnosti musia byť v rovnováhe aj s ďalšími vlastnosťami vozidla, ako je napr. moderný dizajn, bezpečnosť, tepelná pohoda, spoľahlivosť a pod. (obr. č. 1).

NUMERICKÉ SIMULÁCIE

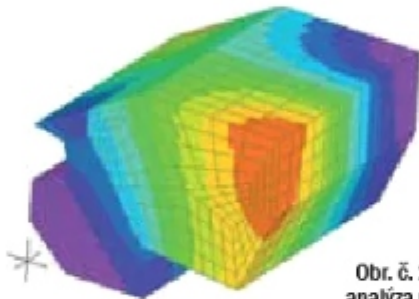
Ide o moderný prístup k riešeniu NVH problematiky vozidiel. Týmto spôsobom je možné overiť vlastnosti a správanie sa rôznych štruktúr na výpočtových modeloch (virtuálnych prototypoch), čo umožní výrazne zmenšiť náklady na riešenie rôznych problémov, zlepšiť kvalitu produktov, ako aj skrátiť čas na uvedenie produktu na trh. Pri týchto simuláciách sa využívajú výpočtové metódy, ako sú napr. metóda konečných prvkov (FEM, príp. BEM), multibody simulácie (MBS), metóda „statistical energy analysis“ (SEA) a pod. Výber vhodnej výpočtovej metódy závisí od typu úlohy, analyzovaného frekvenčného rozsahu, druhu systému, okrajových podmienok a pod.

ANALÝZY VYUŽITÍM METÓDY KONEČNÝCH PRVKOV (FEM)

FEM využíva postupy riešenia diskretných úloh aj pre spojité oblasti (kontinuum). Kontinuum je rozdelené na prvky zviazané v uzlových bodoch → riešenie sústavy obyčajných rovnic (rovnováha v uzloch). Z výpočtu hodnôt v uzloch je možné, prostredníctvom tzv. tvarových funkcií, získať približné riešenie celej sústavy.

Komerčné FEM softvéry majú obvykle moduluárnu štruktúru. Jednotlivé moduly sú zamerané na rôzne typy úloh, ako napr. lineárna statika, dynamické analýzy, prenos tepla, akustika, prúdenie, elektromagnetické analýzy a pod. (obr. č. 2 a 3). Dnes sú však tiež k dispozícii tzv. „multiphysics“ simulácie, ktoré umožňujú súčasné riešenie doteraz samostatných fyzikálnych disciplín. Týmto prístupom je možné ešte vernejšie simulovať rôzne prevádzkové stavy, podmienky a tým lepšie overiť produkt ešte pred výrobou prototypu.

Kvalitu simulácií je možné ďalej zlepšiť kalibráciou výpočtových modelov (obr. č. 4), napr. na základe dát z experimentálnych analýz (hybridné simulácie - využitie rôznych nameraných charakteristík, parametrov, časových priebehov) a pod. Tieto merania sa obvykle vykonávajú na prototypových dielcoch (dnes sa na ich zhotovenie využíva napr. aj 3D tlač), prípadne na komponentoch aktuálne vyrábanej generácie strojov, ak ide o riešenie inovovanej verzie a pod.



Obr. č. 2 - Akustická modálna analýza priestoru kabíny vozidla



Obr. č. 3 - Analýza modálnych vlastností rámu kabíny vozidla



Obr. č. 4 - EMA versus FEM korelácia dát využitím MAC

MULTIBODY SIMULÁCIE (MBS)

MBS sú vhodným nástrojom pre analýzu pohybu. Využívajú sa napr. pri hodnotení charakteristík z hľadiska pohodlia a bezpečnosti jazdy (návrh odpruženia vozidiel) a pod. Reálny systém je nahradený systémom tuhých alebo aj pružných telies. Spojenia medzi telesami môžu byť modelované kinematickými väzbami (kĺby, čapy...) alebo silovými prvkami (pružiny, tlmiče a pod.). Je možné modelovať napr. i trenie v kontakte telies a pod.

STATISTICAL ENERGY ANALYSIS (SEA)

Pri vytváraní simulačného modelu na základe metódy SEA sú hlavnými stavebnými prvkami subsystemy. Subsystemom môže byť vlastná geometria (prút, panel atď.) alebo objem vyplnený plynom alebo kvapalinou (cavity).

Zo zákona o zachovaní energie platí, že energia vstupujúca do subsystemu sa musí rovnať energii vystupujúcej zo systému. Energia môže vystupovať zo subsystemu prenosom na iný subsystem alebo je marená v dôsledku tlmiacich vlastností materiálu (disipatívna energia). Energia sa medzi subsystemami prenáša pri rezonanciách. Prenáša sa do subsystemov s podobnými modálnymi vlastnosťami. Celková vibračná energia na vstupe sa teda delí na energie vstupujúce do rôznych subsystemov. Z týchto energií sa potom určujú hladiny akustického tlaku, akustického výkonu, rýchlosti kmitania atď. v príslušných frekvenčných pásmach (tretinovooktávová analýza).

SIMULÁCIE VYUŽÍVAJÚCE TECHNOLOGIU HARDWARE-IN-THE-LOOP (HIL)

Využívajú sa najmä pri návrhu riadenia elektrických pohonov (mechatronických systémov). V tomto systéme je časť modelu nahradená reálnym zariadením, čo značne urýchľuje proces návrhu riadenia. Táto technológia sa využíva napr. aj pri riešení hlučnosti rôznych elektromechanických komponentov vozidiel. Uplatňuje sa tu tzv. „softvérové ladenie“, ktoré umožňuje optimalizovaním regulácie ovplyvňovať napr. určité prechodové charakteristiky a tak potlačiť aj rôzne rušivé zvuky.

Rekordér v dojazde

Automobilka Chery je podľa objemu výroby ôsmym najväčším výrobcom automobilov v Číne a chystá sa vstúpiť aj na európsky trh. Jej typ Chery Fulwin je v ponuke v niekoľkých variantoch, označených jedným písmenom. „A“ sú sedany, „M“ viacúčelové autá (MPV) a „T“ patrí SUV. Model T10 sa nedávno dostal do Guinnessovej knihy rekordov ako plug-in hybridný automobil s najdlhším dojazdom na svete, viac ako 2100 km. Je variantom SUV Chery Tiggo 9, poháňaným plug-in hybridným systémom, ktorý je kombináciou 1,5-litrového zážihového štvorvalcového motora s výkonom 115 kW a troch elektromotorov.

V modeli Fulwin T10 s pohonom predných je len jeden elektromotor a najväčší systémový výkon hybridného pohonu je 276 kW, v modeli s pohonom kolies oboch náprav sú výkony elektromotorov také, že systémový výkon hybridného pohonu je až 449 kW. Batéria má kapacitu 34,5 kWh, čo podľa čínskej metodiky CLTC stačí na 200 kilometrov dojazdu pri čisto elektrickom pohone. Objem banzinovej nádrže rekordného vozidla v zverejnenej tlačovej informácii výrobcu neuvádza.

Chery Fulwin T10 je pomerne veľké SUV – dlhé 4850 mm, široké 1930 mm a vysoké 1720 mm, s rázvorom náprav 2820 mm. Predpokladáme, že uvedenú dĺžku dojazdu nebudú mať sériovo vyrábané modely T10. Tie majú mať na čínskom trhu okolo 200 000 jüanov (asi 26 000 €).

VYUŽITIE JAZDNÉHO SIMULÁTORA

Je to najmodernejší prístup v oblasti riešenia kvality zvuku v interiéri vozidiel. Systém simulácie zvuku, prakticky celého automobilu, umožňuje virtuálne overovanie vplyvu rôznych modifikácií jednotlivých komponentov vozidla, pri rôznych režimoch jazdy. Generovanie zvuku je založené na zvukových modeloch dominantných zdrojov hluku automobilov. Tieto modely sú obvyčajne vytvorené syntézou zvukov, získaných meraniami na reálnych vozidlách, ktoré je možné výpočtovo rôzne modifikovať (filtrácia, zmiešavanie zvukov a pod.) a tým meniť vlastnosti zvuku podľa rôznych charakteristík. Tento systém býva obvykle inštalovaný do interiéru podobného vozidla a okrem generovania zvuku do slúchadiel vodiča, pre rôzne modifikácie komponentov automobilu, generuje i príslušné vibrácie v miestach kontaktu vodiča s vozidlom (volant, pedále, sedačka a pod.). Testy ukázali, že pre správne hodnotenie akustického komfortu je potrebné, aby človek skúšajúci vozidlo, bol súčasne vystavený aj pôsobeniu vibrácií, teda kombinácii podnetov. Vizualný vnem z jazdy je sprostredkovaný projektorom, ktorý premieta videozáznam typický pre daný režim jazdy.

Moderné metódy akustickej optimalizácie sú dnes bežnou súčasťou procesu vývoja nových vozidiel a ich komponentov. Vhodným implementovaním týchto metód je možné zlepšiť vnímanú kvalitu vozidla, zlepšiť jeho atraktivnosť a tak prispieť aj k nárastu konkurencieschopnosti, zisku a pod.

* napr. limitné hodnoty pre dynamické skúšky vozidiel v súlade s ISO 362-1:2015 a ISO 5128, pre statické skúšky vozidiel v súlade s ISO 5130:2007 a ISO 5128, pre prenos vibrácií do miesta sedačky, podlahy podľa ISO 2631, tiež volantu, rôznych ovládačov podľa ISO 5349 a pod.



-chy-