



VIBRACE VOZIDEL 2.0 (1)

Zpřesňující se řízení a zcela nové konstrukce podvozkových platforem s sebou přinášejí nová úskalí v podobě neznámých vibrací vozidel. Jak je odhalit a co je k tomu potřeba, vysvětluje Petr Kunzl, školitel ze společnosti AD TECHNIK.

Vibrace nejsou nijak nové téma. Prolíná se celou automobilovou historií až do dneška a nevypadá to, že by to v blízké budoucnosti mělo být jinak. Co se ale mění, to je jejich význam, který postupně roste.

Nové téma to není ani pro čtenáře AutoEXPERTU. V minulosti jsme mu věnovali už několik článků, které ale měly jedno společné. Za hlavního viníka tu byla vždy kola. Není se co divit. Kolo je zpravidla nejtěžším celistvým rotujícím dílem vozidla. To ho samo o sobě pasuje do role hlavního podezřelého, kdykoliv se ukáže problém související s vibracemi. Příčin může být hned několik. Jako první se nabízí nevývážek, ale ze hry není ani tvarová odchylka disku (tzv. koplý disk) nebo stav pneumatiky, která pod zátěží vykazuje po svém obvodu rozdílné chování. V minulých článcích jsme se důkladně věnovali tomu, jak takové problémy odhalit a jak je řešit.

Naprostá většina případů vibrací se také doopravdy ke kolům vztahuje (obr. 1). Odhadem přes 90 %. Je to tak velké procento, že z pohledu běžného servisu se to jeví jednoduše: „vibrující auto = špatná kola“. Ze své praxe ale vím, že to vždy tak jednoduché není. Čas od času se mi do rukou dostane auto, jehož kola jsou prokazatelně v pořádku, a tedy nejsou příčinou vibrací. To ale nic nemění na tom, že problém je, slovy řidiče, „auto se klepe jak drahej pes“.



1 Nejčastějším zdrojem kmitání jsou kola.

Když to nejsou kola

Běžnému servisu v takovém okamžiku nezbyvá než hledat dál. Co tedy může být původcem takových vibrací? Prakticky cokoliv, co rotuje. A toho není na autě zrovna málo. Vedle kol také např. poloosy, kardany nebo díly motoru a převodovky. Potíž je v tom, že jen zřídka se dá původce snadno lokalizovat. Mechanik může zkušební jízdou strávit klidně hodinu, a stejně nakonec půjde metodou pokus-omyl, doufaje, že na základě svých zkušeností najde a vymění právě ten díl, který je toho všeho příčinou. Jinými slovy investuje spoustu času do opravy, u které není jistý pozitivní výsledek.



2 Snímač vibrací – akcelerometr.



3 Nezbytnou součástí měření je vhodný osciloskop.

Proč to všechno? Protože v běžné servisní praxi nemáte cestu, jak vibrace exaktně změřit a vyhodnotit. Pokud byste znali frekvenci a amplitudu (sílu, resp. míru výkmitu) problematické vibrace, dovedli byste podle ní výrazně spolehlivěji určit potenciální zdroj problémů a efektivně ho řešit.

Ve skutečnosti to tak beznadějně není. Faktem ale je, že na prostá většina servisů takové řešení doopravdy nezná. Těžko se tomu divit. V běžném provozu dílny je celá řada mnohem naléhavějších věcí k řešení než čas od času jedno protivně vibrující auto, úspěšně vzdorující všem pokusům o nápravu. Jako člověk, který se podobnými problémy zabývá, nahlížím však na věci odlišnou optikou. Nechme teď stranou další rozvahy, „jak to chodí v běžném servisu“, a zaměřme se na fyzikální podstatu vibrací a techniku.

Akcelerometr

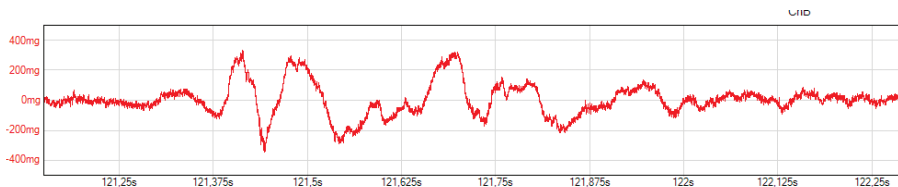
Akcelerometr je přesně to, co potřebujete. Je to čidlo, které indikuje míru zrychlení (obr. 2). Zní to možná složitě, ale ve skutečnosti takový snímač důvěrně znáte. Máte ho všichni ve svých mobilech. Díky němu dovede telefon např. počítat, kolik denně uděláte kroků, nebo přizpůsobit orientaci disple-

je v závislosti na své poloze. Pokud tedy takový snímač umístíte na karoserii vibrujícího vozu, získáte přesná data o jednom každém kmitnutí.

Digitální osciloskop

Kvalitní akcelerometr je základ, ale sám o sobě není řešením. To, že vozidlo vibruje, už víte i bez něj. Pokud ale dovedete snímaná data zaznamenat a uložit, otevírají se nové možnosti. Jak ale zaznamenat data, která jsou sama o sobě „velmi rychlá“ a je jich obrovské množství? Řešením je digitální paměťový osciloskop (obr. 3). Zní to sofistikovaně, ale podstata je prostá. Akcelerometr poskytuje velmi přesná data o jednom každém zakmitnutí vozidla. Pokud budete jeho výstup soustavně snímat a přenášet do grafu, kde X je časová osa a Y amplituda, získáte přesný grafický průběh pohybu karoserie vozidla v daném časovém úseku. Osciloskop je nezbytný z toho důvodu, že jde o poměrně rychlý signál, který byste jinak nedovedli vykreslit s dostatečnou přesností.

Pro lepší představu je na obr. 4 ukázka toho, jak vypadá záznam z akcelerometru během velmi pomalé jízdy vozi-



4 Jednosekundový záznam z akcelerometru.

dla po parkovišti. Celý záznam představuje právě jednu sekundu.

Vyhodnocení signálu

Pokud si zobrazený záznam prohlédnete a lámete si hlavu nad tím, jak z toho vytěžit cokoliv užitečného, vězte, že si kladete správnou otázku. Takováto surová data jsou sice nezbytná, ale sama o sobě bezcenná. Zároveň platí, že tohle zvládne změřit kterýkoliv běžný osciloskop s kompatibilním akcelerometrem. Abyste však z naměřených dat získali nějaké užitečné informace, musíte provést jejich analýzu, která sestává z několika dalších kroků.

1. Určení harmonických frekvencí

Zůstaňme u toho, co dobře známe. U vibrací způsobených nevyváženým kolem. Ano, tohle všechno přece nasazujeme proto, abychom si poradili i s vibracemi, které s koly nutně nesouvisí. Faktem je, že i vibrace kola lze tímto způsobem přesně změřit. My je teď využijeme jako příklad, který všichni z praxe dobře znáte a na kterém si celý princip názorně vysvětlíme.

Nevyvážené kolo typicky kmitne každou jednu otáčku. Znamená to jednoduchou věc. Frekvence kmitů (vibrací) bude stabilní a bude se plynule měnit s rychlostí jízdy. Výskyt takových kmitů je předvídatelný, bez dramatických změn a především jednotlivé kmity budou mezi sebou mít stabilní časové rozestupy, které se budou se stoupající rychlostí jízdy zkracovat (frekvence stoupá). Pokud takové vibrace zobrazíte v grafu (obr. 5), budou mít tvar sinusoidy.



5 Graf pravidelně se opakující vibrace.

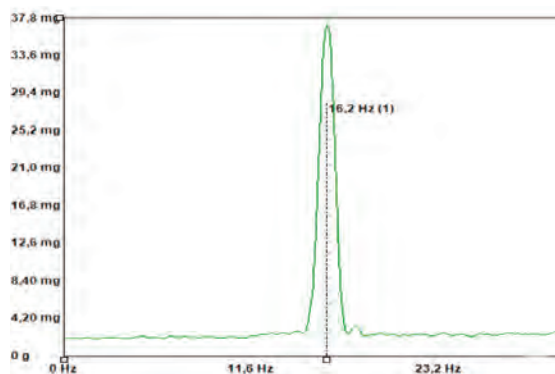
Právě takové kmity a jejich frekvenci označujeme jako harmonické. Potíž je v tom, že na vozidlo za jízdy působí řada dalších vlivů. Typicky nerovnosti vozovky. Jsou to kmity, jejichž amplituda (síla) často výrazně překračuje ony kmity způsobené nevyváženým kolem. Z hlediska diagnostiky a vyhodnocení jízdní zkoušky jsou takové kmity nepodstatné, jenže akcelerometr ani osciloskop je sám o sobě odfiltrovat nedovede a do měření je zanese. To je také dů-

vod, proč jsou pro nás samotná surová data (viz graf na obr. 4) bezcenná. Ty největší výkmity totiž často nepatří oněm problematickým vibracím nevyváženého kola, ale třeba také spáře ve vozovce. V měření se vyskytují hojně, ale zcela nepředvídatelně a náhodně, bohužel však s vysokou amplitudou.

Z výše uvedeného vyplývá, že chcete-li identifikovat vibrace způsobené nevyváženým kolem, zajímají vás pouze vibrace o harmonické frekvenci. To samé platí o jakýchkoliv dalších vibracích, které se na vozidle vyskytují a po kterých případně budete pátrat. Stručně řečeno, aby to celé k něčemu bylo, potřebujete z celého měření vyfiltrovat pouze kmity o harmonické frekvenci.

Pro lepší pochopení řečeného můžeme tento stav přirovnat k tikání hodin v hlučné místnosti. Při běžném poslechu bude okolní hluk většinou tikání překrývat, ale pokud použijete dostatečně citlivý mikrofon a jeho záznam „proženete“ přes digitální filtr, dovedete tikání jasně identifikovat.

V našem případě takový úkol zvládne analytický program, tzv. frekvenční analýza. Velmi zjednodušeně to funguje tak, že zpracovává naměřená data vždy za určitý časový úsek (např. deset sekund) a snaží se identifikovat kmity, které se pravidelně opakují. Ve výsledku zobrazí pouze informace o vibracích s harmonickou frekvencí, zatímco vše ostatní je potlačeno.



6 Příklad vyselektované vibrace s harmonickou frekvencí přibližně 16 Hz.

Na obr. 6 je výsledek takové analýzy. Na svislé ose je amplituda (intenzita vibrací), na vodorovné ose frekvence těchto kmitů. V tomto případě tedy vidíte, že jde o vibraci s harmonickou frekvencí přibližně 16 Hz (16 kmitů za sekundu). Znamená to, že během jízdy byla identifikována vibrace, jejíž kmity se opakují pravidelně právě šestnáctkrát za sekundu.

Jakkoliv se zkušební jízda uskutečnila na poměrně nekvalitní dálnici a v surových datech byla zaznamenána celá řada mnohem intenzivnějších kmitů od vozovky, dokázal je SW odfiltrovat a zobrazil pouze ty, které pocházejí z nevyváženého kola.

2. Lokalizace příčiny

Máte tedy změřeno a frekvenční analýza odhalila vibrace s vysokou amplitudou o stabilní frekvenci 16 Hz. To je sice pokrok, ale ani teď ještě nemáte hotovo. Jak určit původce těchto vibrací?

Pokud víte, že něco na vozidle kmitne právě šestnáctkrát za sekundu, logika věci říká, že byste měli hledat díl, který se také otáčí právě šestnáctkrát za sekundu. Takových komponent může ale být ve vozidle celá řada. Namátkou třeba kardan, poloosy a samozřejmě i kola. Může to být i samotný motor lehce nad volnoběžnými otáčkami. Možností je dost, a pokud byste nedovedli výběr zúžit, moc jste si zatím nepomohli. Stále totiž budete pracovat v režimu pokus-omyl.

Teď nastává vhodná chvíle pro doplnění dalších dat. Pokud dovedete do naměřených dat přidat informace o aktuálních otáčkách motoru a rychlosti vozidla (získáte je přes kompatibilní OBD modul), výrazně tím zúžíte výběr. Znáte-li otáčky motoru, velmi rychle si ověříte, zda jim oněch 16 kmitů za sekundu odpovídá. Řekněme, že motor během tohoto měření točil 1 950 min⁻¹. Potom je to 33 otáček za sekundu (33 Hz), což je daleko od 16 Hz.

Motor to není. Jestliže programu povíte, s jakými převodovými poměry pracuje převodovka a rozvodovka/rozvodovky, můžete otáčky motoru snadno přepočítat na otáčky kardanu a stejným způsobem si ověřit, zda je, nebo není viníkem. Velká část vozidel zároveň v rámci OBD poskytuje informace o zařazeném rychlostním stupni, což práci výrazně zjednodušuje.

Stejně důležitá je pro takovou analýzu i informace o rozměru kol. Lze tak totiž snadno dopočítat jejich obvod, takže pokud zároveň znáte rychlost vozidla (z OBD), snadno odvodíte rychlost jejich rotace. Tu samou informaci byste samozřejmě dovedli dopočítat i prostřednictvím převodových poměrů, ale k těm se ne vždy dostanete, zatímco rozměr kol snadno ověříte kdykoliv.



Jak už bylo řečeno, právě kolo je v tomto případě příčinou. Při rychlosti 123 km/h se kolo o rozměru 215/60 R16 otočí právě šestnáctkrát za sekundu, což odpovídá indikované frekvenci vibrací 16 Hz.

Tolik popis principu diagnostiky vibračních jevů vozidla jízdní zkouškou za pomoci frekvenční analýzy. Jsem si vědom toho, že to může znít složitě a pro běžného technika snad i náročně. Realita je však taková, že většinu kroků, o kterých tu byla řeč, zvládá vyhodnocovací SW automaticky. Na vás je pouze rozumět tomu, jak pracuje a co vám říká.

Jak je to v praxi?

Diagnostika vibrací pomocí akcelerometru a digitálního osciloskopu je v průmyslu běžně používaná. Principiálně nic nebrání tomu, používat tato zařízení i v automotive, v praxi ale rychle zjistíte, že jejich rozsahy a vyhodnocovací postupy jsou vzdáleny těm, které byste pro pohodlnou práci potřebovali. Proto bude lépe porozhlédnout se po něčem optimalizovaném přímo pro naše potřeby.

Jaký přístroj pro analýzu vibrací jsme používali, o tom se dočtete v příštím dílu. ■

Pokračování příště.

PLACENÁ INZERCE