

AUTOMATIZOVANÉ MĚŘENÍ SIL, DEFORMACÍ A NAPJATOSTI MATERIÁLU PŘI STATICKÝCH PEVNOSTNÍCH ZKOUŠKÁCH SKŘÍNÍ KOLEJOVÝCH VOZIDEL.

Ing. Zdeněk Žižka, ing. Jiří Navrátil

Čs.vagonky koncern, Výzkumný ústav kolejových vozidel k.ú.o.
Praha

Výzkumný ústav kolejových vozidel se zabývá kromě jiných činností i experimentálním ověřováním řady vlastností nově vyvíjených vozidel. Zkušebna ústavu, která plní úkoly autorizované zkušebny oboru, provádí v rámci ověřování pevnosti a stability nově vyvíjených konstrukcí statické pevnostní zkoušky vozových skříní. Tyto zkoušky umožňují v relativně krátkém časovém období při přijatelných nákladech získat informaci o pevnosti a stabilitě konstrukce na základě jejího chování při zatížení statickými silami, které jsou ekvivalentní provozním namáháním. Ani při dnešním stupni rozvoje měřicí techniky neztrácí statické zkoušky na významu, neboť na základě výsledků statických měření je možno provést redukci počtu měřených míst a s tímto omezeným množstvím snímačů umístěných v nejvíce exponovaných místech lze pak provádět daleko náročnější dynamická měření při skutečných provozních zatíženích. Zkušebna VÚKV je na provádění pevnostních zkoušek vozových skříní vybavena v ČSSR unikátním zařízením, které umožňuje zatěžovat zkoušená vozidla všemi předepsanými druhy zatížení ve svislém i podélném směru.

Při statických pevnostních zkouškách jsou měřeny zatěžující síly ve svislém a podélném směru, podélné deformace vozu, průhyb vozu ve svislé rovině a napětí materiálu ve vybraných místech. V oblasti měření sil byly dříve používány mechanické siloměry nahrazeny elektrickými snímači sil využívajícími tenzometrický princip. Snímače pro měření podélných i svislých sil byly vyvinuty ve VÚKV, kromě dálkového ovládání zatěžovacího zařízení umožňují i přímou registra-

ci velikostí sil ve výpisu měřených hodnot. Podélné síly jsou snímány elektrickými siloměry tlakovými s rozsahem do 2000 kN, které jsou osazeny třemi rovnocennými tenzometrickými systémy. Pro měření svislého zatížení jsou používány měrné třmeny, které jsou montovány na pístnice dvojčinných hydraulických válců, jimiž jsou zkoušené vozy svisle zatěžovány. Tvar třmenu byl navržen takový, že síla je úměrná tenzometricky měřenému ohybovému namáhání, maximální možné zatížení třmenu je 80 kN.

K měření průhybů skříně ve svislé rovině jsou využívány potenciometry s kruhovou dráhou, které umožňují automatizované měření s možností přímého vyhodnocování získaných hodnot. Průhyb vozu je měřen na základě změny délky lankového převodu mezi kladkou potenciometru a kotvou na podlaze haly. Průměr kladky odpovídá požadovanému rozsahu snímače ± 25 mm. Stejně potenciometrické snímače jsou používány i k měření změn úhlopříčných měr dveřních a okenních otvorů vozových skříní.

Napětí je měřeno pomocí elektrických odporových tenzometrů s délkou měrné základny obvykle 10 mm, používány jsou drátkové tenzometry Mikrotechna se jmenovitým odporem 120 Ω . Počet použitých snímačů je dán požadavkem zákazníka a je omezen kapacitou aparatury na 500 míst. Zkoušené objekty, osazené několika sty tenzometry, jsou značně rozměrné, nákladní vozy dosahují délky až 30 m, osobní vozy obvykle 25 až 26 m. Zkoušky jsou prováděny v prostorách s neustálenou teplotou, jejíž změny způsobují značný teplotní drift nuly, rozdílný u jednotlivých míst. Z toho vyplývá nutnost rychlého odečtu měřených hodnot, což má zásadní vliv na přesnost měření.

Základem měřicí aparatury používané ve VÚAV pro statické pevnostní zkoušky je statická měřicí ústředna UPH 320C firmy Hottinger Baldwin Messtechnik a počítač Hewlett Packard 9825T s vnitřní pamětí velikosti 64 kB, jehož posláním je řízení měřicí ústředny a přímé vyhodnocování měření získaných hodnot. Měřicí ústředna byla postupně rozšiřována až na současnou kapacitu 500 měřených míst a při měření je využívána na zpraco-

vání signálů ze siloměrných vložek, potenciometrů a tenzometrů. Napojení snímačů na ústřednu je realizováno pomocí stíněných mnohažilových kabelů dodaných spolu s ústřednou, snímače stejně jako přepínací jednotky jsou členěny po desítkách. Každý kabel zprostředkovává tedy napojení 10 snímačů, jednotlivé snímače z konkrétní desítky jsou napojeny na stíněný kabel přes propojovací krabici se svorkovnicí, krabice je umístěna na měřeném objektu v těsné blízkosti snímačů, vedení z krabice ke snímači je realizováno jednoduchým dvoužilovým vodičem.

Spolupráce počítače s ústřednou je umožněna pomocí dvou převodníků, jednak pomocí 16-bitového duplexního převodníku HP 98 032A, jednak pomocí BCD převodníku HP 98 033A. Třetí používaný převodník /HP-IB/ slouží k propojení počítače s periferními výstupními zařízeními, tj. s tiskárnou HP 2934A a se šestibarevným plotterem HP 7475A. Výstup dat při měření je prováděn především na tiskárnu ve formě tabulek, průhyby vozu jsou zobrazovány na plotteru. Úzká termální tiskárna počítače slouží ke kontrolním výpisům některých zásadních údajů používaných pro řízení a vyhodnocování měření, záložním výstupem pro naměřené hodnoty je děrovač děrné pásky Facit. Naměřené a vyhodnocené hodnoty i veškerá data potřebná k řízení a vyhodnocování měření jsou ukládána na dvoustopou magnetickou pásku, na této pásce jsou uloženy rovněž všechny používané programy. Na ústředně UPH 3200 využíváme při měření rychlost odečtu 20 míst za sekundu, ačkoliv ústředna umožňuje i rychlosti vyšší, ale při nich dochází podle našich zkušeností u některých měřených míst občas k odečtu falešných hodnot. Prvkem, který donedávna brzdil měření, byla tiskárna KSR 430. Měřené hodnoty byly sice rychle odečteny do paměti počítače, ale jejich výpis na příliš pomalou tiskárnu bránil okamžitému pokračování měření. Tento problém byl odstraněn pořízením tiskárny HP 2934A.

I v případě výpadku počítače HP 9825T je ústředna schopna

měření, protože je navíc vybavena pevně naprogramovaným mikropočítačem MCU 01, který je schopen řídit jednodušší měření. V této konfiguraci operátor ovládá měření přes terminál KSR 430, na kterém jsou vypisovány naměřené hodnoty, k záznamu lze užít i děrnou pásku, možnost přímého vyhodnocování odpadá.

Pro měření a vyhodnocování sil, deformací a statických napětí na zkoušených vozových skříních byl pro počítač HP 9825T vypracován soubor potřebných programů. Operátor má možnost během měření využít řady možností tohoto programového souboru, z nichž lze vzhledem k jejich rozsahu uvést jen hlavní. Soubor obsahuje především program pro řízení odečítání měřených sil, průhybů, resp. deformací a napětí prostřednictvím tenzometrické aparatury UPI 3200. Na začátku tohoto programu se vkládají zásadní data nutná pro měření, tj. číslo prvního a posledního měřeného místa, vynechaná místa, konstanta všech nebo jednotlivých míst, počet stupňů zatížení a počet cyklů měření. Po každém odečtu měřených hodnot z ústředny do paměti počítače jsou tyto hodnoty nahrány na magnetickou pásku. Při zjištění chyby lze po skončení měření kterýkoliv stupeň zatížení libovolného cyklu nahradit novým měřením. Programy pro vyhodnocování naměřených hodnot jednak vyhodnocují první cyklus zatěžování, jednak další opakované cykly. Při prvním cyklu je vyhodnocení prováděno s ohledem na zjištění zbytkových hodnot měřených veličin při postupném zatěžování konstrukce. Kromě prvního cyklu jsou obvykle měřeny další tři opakované cykly, jejichž vyhodnocení provádí další program. Vyhodnocení spočívá ve výpočtu průměrné hodnoty nuly /z hodnot před měřením, mezi měřeními a po měření/ a následném výpočtu průměrných hodnot při jednotlivých stupních zatížení vztažených k průměrné nule. Všechny takto vypočtené hodnoty napětí jsou porovnány s předem zadanými mezními hodnotami. Vyhodnocené hodnoty sil, průhybů a napětí se vypisují na tiskárně do sloupců

pro jednotlivé stupně zatížení, před číslem měřeného místa napětí se označí případné překročení mezní hodnoty. Linearita napětí při stoupajícím zatížení se oěřuje výpočtem poměru napětí v procentech při jednotlivých stupních zatížení k napětí při maximálním zatížení. Jako poslední se pro každé měřené místo tiskne značka označující přesnost měření, tato značka odpovídá největšímu rozdílu po sobě následujících čtení napětí při stejném stupni zatížení. Součástí vyhodnocení každé zkoušky je i výpočet průhybů vozu vzhledem k přímce proložené zvolenými podporami z naměřených hodnot deformací skříně ve svislém směru, získané hodnoty průhybů jsou potom vypsány a vykresleny na souřadnicovém zapisovači. Hodnoty napětí získané měřením je možné korigovat připočtením napětí od vlastní hmotnosti skříně, koeficientem dynamické přirážky, eventuálně též sčítat napětí ze dvou měřených režimů. Výsledky jednotlivých měření lze uložit na magnetickou pásku. Na závěr zkoušek každého vozu jsou obvykle vypisovány souhrnné tabulky obsahující zpracovaný soubor výsledných hodnot podle potřeby přepočítaných a redukováných, překročení mezní hodnoty napětí je vždy výrazně označeno. Rovněž naměřené průhyby je možno po skončení zkoušek souhrnně vypsát a vykreslit na souřadnicovém zapisovači. Takto získané tabulky napětí a tabulky a grafy průhybů slouží bez dalších úprav jako přílohy k osvědčení autorizované zkušebny o provedených zkouškách. V případě potřeby umožňuje programový soubor též vyhodnocovat hlavní napětí z hodnot naměřených tenzometrickými rūžicemi, dále počítat redukováná namáhání při rovinné napjatosti podle hypotézy HMM, určovat pro konkrétní měřené místa bezpečnost k mezi kluzu resp. k mezi únavy použitého materiálu. Hodnoty veličin, získané užitím těchto doplňkových programů, opět vystupují na tiskárně ve formě přehledných tabulek s výrazným označením hodnot, které překračují dovolené meze.

Měřicí aparaturu v této konfiguraci používáme od roku 1980. Jejím nasazením se velmi urychlilo a zpřesnilo měření, odečet měřených hodnot do paměti počítače při konkrétním stupni zatížení je proveden během několika sekund. Ke zvýšení přesnosti přispělo vyloučení přechodových odporů v mechanických přepínacích elementech dříve používaných aparatur i celkově podstatně kratší doba měření, během které se nemohou tolik uplatnit rušivé teplotní vlivy. Porovnáním celkové časové náročnosti rozsáhlého měření jednoho režimu zatížení vozu docházíme k závěru, že nasazením aparatury UPH 3200 se dříve potřebná doba celé jedné pracovní směny zkrátila zhruba na jednu až dvě hodiny, přičemž zároveň narostl počet měřených snímačů třikrát až pětkrát. Navíc máme za tento zkrácený časový úsek k dispozici i vyhodnocení naměřených hodnot a na výsledky je možno bezprostředně reagovat.

V současné době již firma HBM dodává modernější typy měřících ústředí, ale v naší zkušebně zatím průběžně obnovujeme typ UPH 3200. Pro tento typ ústředí máme již dostatek propojovacích kabelů a svorkovnic, je vytvořen základní fond náhradních dílů, pracovníci získali řadu zkušeností. Kapacita, spolehlivost i rychlost ústředí jsou pro nás vyhovující, pro řídicí počítač máme k dispozici rozsáhlý programový soubor. V rámci obnovy přístrojového vybavení bude asi v první řadě nutné uvažovat o obnově řídicího počítače, neboť stávající nepatří již mezi nejmodernější.