

DYNAMOMETRICKÉ MĚŘÍCÍ KOLO S POLOVODIČOVÝMI TENZOMETRY PRO OSOBNÍ AUTOMOBILY

Ing. Jan KALÁB

Ústav pro výzkum motorových vozidel (ÚVMV), 190 00 Praha 9
Ing. Ladislav HUBANT, Karel KOZÁK
Výzkumný a zkušební letecký ústav (VZLÚ), 199 05 Praha 9

Pro zkoušky automobilu ŠKODA FAVORIT autoři navrhli a realizovali dynamometrické kolo s křemíkovými tenzometry OPS Gottwaldov, umožňující přímé měření kroutícího momentu na hnacích nápravách v rozmezí ± 500 N.m, s přetížitelností 100%, součtem hystereze a nelinearity menším než 0,3%, teplotním posunem nulové hodnoty menším než $0,02\%/^{\circ}\text{C}$, teplotní změnou citlivosti menší než $0,02\%/^{\circ}\text{C}$ a životností deformačního členu vyšší než 10^8 cyklů jmenovitého zatížení. Rozpracovává se dynamometrické kolo umožňující měření při teplotě deformačního členu do 250°C .

1. Úvod

Simulování jízdních podmínek automobilů na válcovém dynamometru je výhodné pro řadu zkoušek. Tak na př. předpis EHK 15.45 pro zkoušky exhalací, preferuje tento způsob měření jízdních odporů vozidla proti měření na zkušební trati. I měření spotřeby paliva se stále více přenáší ze zkušebních tratí na válcové dynamometry, protože vysoké nároky na přesnost měření spotřeby jsou snáze splnitelné na zkušebně, než na zkušební trati v areálu pro silniční zkoušky, kterých má Československo nedostatek. Výhodou práce na zkušebně je i nezávislost na atmosferických podmínkách. Simulování jízdních podmínek automobilu na válcovém dynamometru pochopitelně vždy vyžaduje znalost závislosti kroutícího momentu na jízdních podmínkách.

Organizace, které se v ČSSR zabývají výrobou a zkouškami motorových vozidel doposud měřily kroutící moment tenzometrickými snímači, umístěnými na hnacích poloosách, nebo na spojovacím hřídeli. Takový způsob měření má zdlouhavou přípravu. Část, z níž se kroutící moment snímá, musí být předem upravena. Po instalaci tenzometrů následuje

časově poměrně náročná montáž částí do vozidla. Obtížné pak je rychlé měření na několika vozidlech, za účelem srovnání jejich charakteristik.

Uvedené nevýhody vedly zahraniční automobilky k vývoji dynamometrických kol. V Evropě s nimi začaly měřit jako první firmy Mercedes a Volkswagen. Dynamometrická kola, která realizovaly vlastními silami, mají snímač kroučícího momentu umístěn mezi nábojem a vnější obvodovou částí disku.

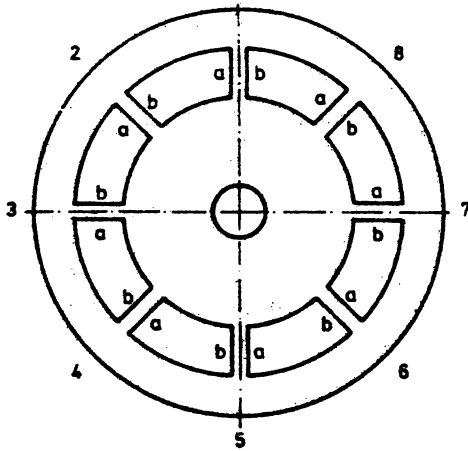
2. Základní požadavky na dynamometrické kolo

Jsou vždy dány podmínkami měření. V daném případě se jednalo o zkoušky exhalací a pracovníci příslušné zkušebny ÚVMV je formulovali takto:

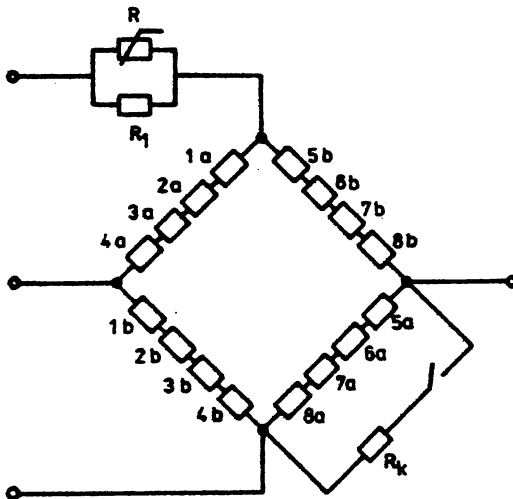
- možnost měřit na hnačích kolech automobilu kroučící moment, odpovídající jízdním podmínkám, s vyloučením vlivu zvýšeného valivého odporu pneumatik na válcovém dynamometru
- rozsah měřeného kroučícího momentu do 500 N.m
- přesnost měření do 2%
- přesnost 100%
- hysterese menší než 0,3% z M_k max.
- snadná montáž a demontáž
- napájení z vozové baterie 12 V
- záznam hodnot na zapisovač Miniger nebo na magnetofon.

3. Navržené a realizované řešení

Měřicí kolo pro automobil Škoda Favorit sestává z vnější obvodové části seriového ráfku 13", v jehož středu je nýtově upevněn ocelový deformační člen, řešený podle obr.1. Měřicí části deformačního členu tvoří osm příček, označených čísly od 1 do 8. Na příčkách, v místech největší deformace, jsou nalepeny křemíkové tenzometry OPS Gottwaldev, typu AP120-6-12, čs. tenzometrickým lepidlem PT 5, vytvrzeným při 230°C. Deformační člen je z oceli třídy 15, zušlechtné na pevnost v tahu 1200 MPa (120 kg/mm²) a je teplotně a mechanicky stabilizovaný.



Obr.1 Uspořádání deformačního členu dynamometrického kola
 1 až 8 pořadová čísla měřicích přítek
 a ; b plochy měřicích přítek
 plocha a má deformaci opačného smyslu než plocha b



Obr.2 Schema zapojení vnitřního elektrického obvodu dynamometrického kola; číslice a písmena mají stejný význam jako na obr.1;
 R ; R_1 odpory pro kompenzaci teplotní změny citlivosti, umístěné v napájecí diagonále můstku
 R_k odpor pro kalibraci a kontrolu aparatury

Polovodičové tenzometry OPS Gottwaldov byly zvoleny pro svoji vysokou stabilitu a spolehlivost, po řadu let osvědčovanou při nejnáročnějších měřeních ve VZLÚ. Dále pro malé rozměry a možnost přesného umístění na měřicí části. Výhodou je i jejich vysoká deformační citlivost a teplotní chyby snímačů s nimi nižší, než s běžnými tenzometry kovovými. Dále snadná dostupnost v tuzemsku a možnost realizace menších serií snímačů v kooperaci s výrobcem, který své tenzometry instaluje kvalitním tenzometrickým lepidlem.

Polovodičové tenzometry jsou na příčkách umístěny tak, aby snímaly pouze deformaci působenou kroutícím momentem hnacího hřídele. Na obr.1 je umístění jednotlivých tenzometrů na příčkách označeno písmeny a a b. Schema zapojení tenzometrů do můstku je na obr.2. Vnitřní elektrický obvod dynamometrického kola obsahuje ještě odpory R a R_1 pro kompenzaci teplotní změny citlivosti a odpor R_k , jehož hodnota je zvolena tak, aby rozvážení můstku, vzniklé paralelním připojením odporu R_k k jednomu z ramen můstku odpovídalo maximální hodnotě kroutícího momentu. Odpor R_k se připojuje magneticky ovládaným kontaktem zátavu jazýčkového relé, který je umístěn v přenašeči.

K napájení dynamometrického kola a k přenosu signálu z dynamometrického kola do měřicího řetězce slouží bezdetykový přenašeč, zkonstruovaný v ÚVMV. Přenašeč sestává ze statorové a rotorové cívky pro napájení můstku a ze statorové a rotorové cívky pro přenos signálu z měřicí diagonály můstku.

Dynamometrické kolo je také vybaveno otáčkoměrem, umístěným v přenašeči, který poskytuje impulzní signál, jehož frekvence odpovídá otáčkám kola. Ve vyhodnocovací aparatuře jsou signály zpracovány převodníky frekvence-napětí. Kalibraci otáčkoměru umožňuje zabudovaný oscilátor.

Výstupní signál z obou dynamometrických kol je po průchodu dolní propustí s volitelnou mezní frekvencí 1, 2, 5 a 10 Hz sečten, čímž se získá celkový kroutící moment.

Zařízení, vyhodnocující signál z dynamometrických kol, bylo zabudováno do pětimodulové skříně systému Mikrotechna M 1000, obsahující:

- dva moduly zesilovače M 1121
- jeden zdrojový modul M 1301
- jednu indikační jednotku M 1402
- jeden modul elektroniky ÚVMV Mk 01.

Mimo skříně byl umístěn měnič M 1302, umožňující provoz z baterie 12 V.

4. Zkoušky dynamometrického kola

Zkoušky byly uskutečněny v sestavě dynamometrické kolo, bezkontaktní přenašeč, popsaná aparatura ve skříně M 1000.

4.1. Laboratorní zkoušky

- a) vliv teploty na posun nulové hodnoty;
- b) vliv teploty na citlivost;
- c) stálost výstupního signálu při dlouhodobém statickém zatížení;
- d) vliv radiálních a xiálních sil na výstupní signál snímače;
- e) závislost výstupního signálu snímače na kroutícím momentu.

4.2. Zkoušky na válcové zkušební ÚVMV

Byly zaměřeny na dynamické zkoušky měřících kol na vozidle. Zjišťovala se závislost kroutícího momentu na rychlosti jízdy:

- a) snímáním údaje kroutícího momentu z dynamometrického kola,
- b) výpočtem kroutícího momentu z válcového dynamometru Schenck.

Porovnání obou zjištěných průběhů závislosti kroutícího momentu na rychlosti jízdy ukázalo, že odpory mezi válci dynamometru a pneumatikou zvyšují kroutící moment na hnací nápravě v závislosti na rychlosti jízdy o 13% až 50%.

4.3. Zkoušky na zkušební dráze

- a) Sledování hodnot a charakteru výstupního signálu dynamometrického kola při konstantní rychlosti a různých převodových stupních, bez intenzivního a častého brzdění.
- b) Sledování hodnot a charakteru výstupního signálu při

prudké akceleraci a brzdění motorem i nožní brzdou v rozmezí rychlostí od 20 do 120 km/hod, při kterých se krouticí moment pohyboval v rozmezí od -350 do +820 N.m. Kontrola nulové hodnoty po ukončení těchto zkoušek ukázala prakticky neměřitelné změny a potvrdila tak výsledky laboratorních měření.

- c) Měření krouticího momentu na hnací nápravě při ustálených rychlostech v rozmezí od 40 do 120 km/hod při zařazeném čtvrtém rychlostním stupni. Rychlost jízdy byla měřena vlečeným měřicím kolem PK 02. Současně bylo zaznamenáno natočení klapky karburátoru motoru.

Provedené zkoušky ukázaly, že vyvinuté dynamometrické kolo nejen plně nahradí dosavadní způsoby měření krouticího momentu na hnacích osách automobilů, ale navíc zpřesní a zrychlí měření jak při zkouškách na vozovce, tak na válcovém dynamometru.

5. Základní dosažené charakteristiky dynamometrického kola

Rozsah měřeného krouticího momentu	+ 500 N.m
Přetížitelnost	100 %
Hystereze + nelinearita	menší než 0,3%
Teplotní posun nulové hodnoty	menší než 0,02%/°C
Teplotní změna citlivosti	menší než 0,02%/°C
Rozmezí pracovních teplot	-10°C až +50°C
Maximální rychlost při měření	150 km/hod
Životnost deformačního členu min. 10 ⁶ cyklů jmen.zatížení	
min. 10 ⁷ cyklů 100% přetížení	

6. Závěr

Popsaná metoda určování jízdních odporů dynamometrickým kolem je výhodná tím, že je metodou přímou. Na zkušební trati se změní a zaregistrují hodnoty krouticího momentu na hnacích kolech pro různé rychlosti a ty se potom pomocí regulace absorbovaného výkonu reprodukují na zkušebním zařízení. Na elektricky řízených válcových dynamometrech lze z nahrávky pořízené měřicím magnetofonem simulovat i mnohakilometrovou jízdu. Popsané dynamometrické kolo bylo vyrobeno v 10 exemplářích i pro zahraniční zájemce a na Autoprogressu '86 v Brně oceněno zlatou medailí.