

IDENTIFICATION OF FORCES IN CONTACT WHEEL – RAIL**B.Culek, B.Culek ml., J.Podruh, M.Kolář***

Summary: *In the paper is described an experimental procedure of identification of vertical Q wheel force and Y cross force. Checking of derailment resistance of railway vehicle is determined from proportion of cross Y and vertical Q force, which reacted between wheel and rail in the course of drive of vehicle. Till this time are developed principles of determination of Y and Q force through strain gauge measurement of disk wheel deformations. On wheels are placing two systems strain gauges. One system is for identification of Q force, second system is for identification Y force. Both systems are placing on wheels so, that has been minimized influence of Q force on measuring of Y force and counteraction of Y force on measuring of Q force.*

1. Úvod

Při posuzování bezpečnosti proti vykolejení se jako hlavní kritérium bere v úvahu poměr příčných Y a svislých Q sil, které působí mezi koly a kolejnicemi při jízdě vozidla (viz Obr. 1). Dosud vyvinuté principy zjišťování sil Y a Q jsou založeny na tenzometrickém měření deformací kotoučů kol (např. měřicí systém národní společnosti Francouzských železnic (SNCF), nebo měření deformací nápravy dvojkolí, případně v kombinaci s deformací kotoučů kol (např. společnost Německá dráha (DB)). Měřené deformace jsou úměrné silám Y a Q , které působí v kontaktu kolo - kolejnice. Výsledkem aplikace tenzometrické technologie jsou měřené elektrické signály představují síly Y a Q .

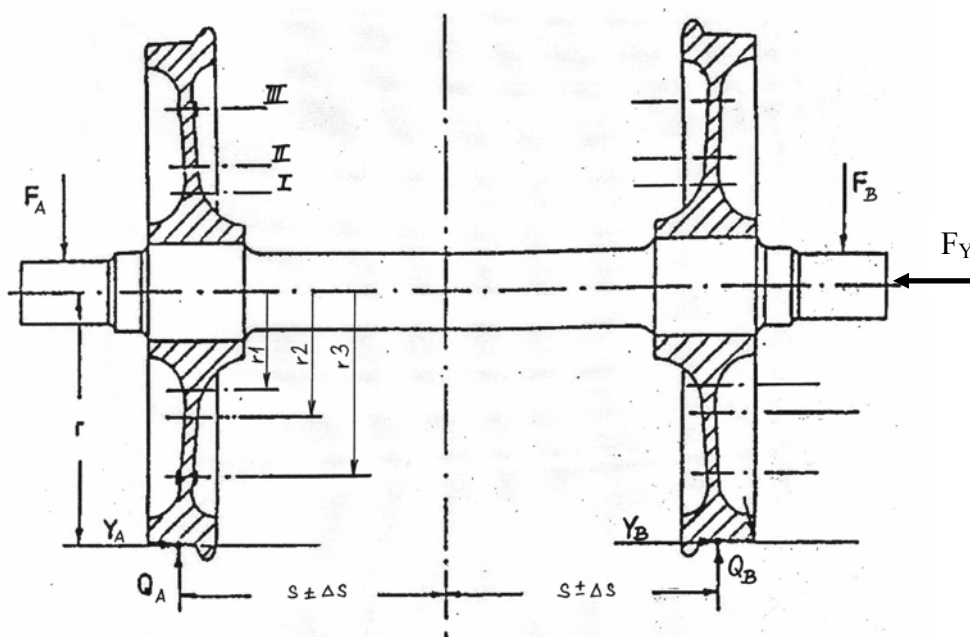
Systém vyvinutý za spolupráce Výzkumného ústavu kolejových vozidel Praha, a.s. (VÚKV) a Dopravní fakulty Jana Pernera (DFJP), Univerzity Pardubice je založen na principu tenzometrického měření deformací kola. Přitom je jedno jestli se jedná o kotouč se zvlněnou deskou, přímou deskou, děrovanou deskou, nebo kolo s paprsky hvězdice. Na kole jsou umístěny dva systémy tenzometrických snímačů. Jeden systém pro měření deformací způsobených silou Q , druhý systém pro měření deformací způsobených silou Y . V další části příspěvku bude pozornost věnována identifikaci sil Y a Q , působících v kontaktu kolo-kolejnice pomocí měrného dvojkolí, vyvinutého ve spolupráci VÚKV a DFJP.

2. Deformační a napětíová analýza

Optimální postup při přípravě měrného dvojkolí a vlastní realizaci experimentu je spojen s

* Prof. Ing. Bohumil Culek, CSc., Ing. Bohumil Culek, Ph.D., Ing. Jiří Podruh, Ing. Miloslav Kolář: Dopravní fakulta Jana Pernera, Univerzita Pardubice, Studentská 95, 532 10 Pardubice, tel.: 466036187, e-mail: bohumil.culek@upce.cz

podrobnou deformační analýzou kola dvojkolí pomocí MKP. Zkoumá se deformační odezva na typy zatížení, které se mohou v provozu kolejového vozidla vyskytnout (kombinace svislých, příčných a podélných sil působících v kontaktu kolo – kolejnice). Zvláštní pozornost je věnována samostatnému působení svislé síly Q a příčné síly Y . Účelem této analýzy je vybrat na kotouči kola deformační lokality vhodné pro umístění tenzometrických snímačů. Základní požadavky na tyto lokality jsou: dostatečně silná deformační odezva na sledovanou působící sílu a zároveň minimální deformační odezva na ostatní působící síly.



Obr. 1 Schéma dvojkolí

Velmi důležitou informací pro stavbu měrného dvojkolí je i napěťová analýza, zejména v těch případech, kdy se na kotouči kola a případně jiných částech provádějí mechanické úpravy, nebo vyvrtání otvorů v nápravě dvojkolí pro vyvedení kabelů na čelo nápravy. Tyto informace pak slouží k posouzení dynamické pevnosti a životnosti upravených částí a následně celého měrného dvojkolí. Podle výsledků této analýzy je proveden odhad bezpečného kilometrického proběhu v rámci realizovaného zkušebního programu. Stane se i to, že odhad bezpečného kilometrického proběhu je omezujícím faktorem pro rozsah experimentů. (V této souvislosti je třeba si uvědomit, že ověřované vozidlo je během zkoušek vystaveno „tvrdším“ podmínkám, než jsou jeho běžné provozní podmínky.)

3. Příprava měrného dvojkolí

Příprava měrného dvojkolí spočívá v následujících činnostech:

- Mechanická příprava:

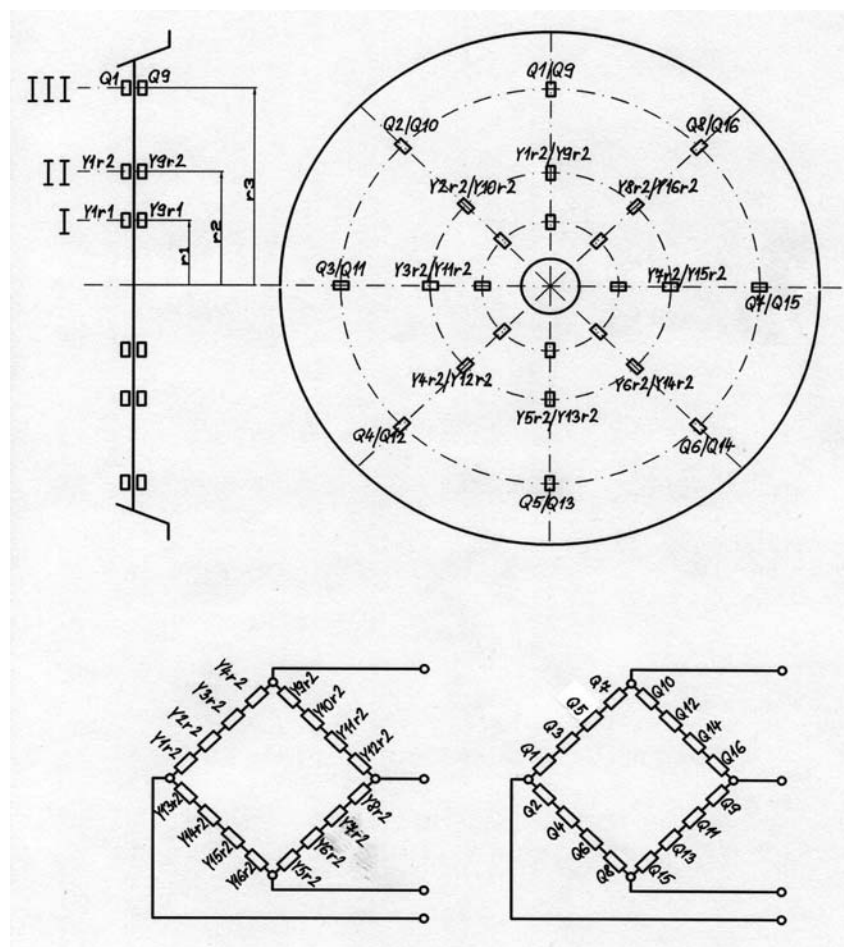
- Úprava standardního dvojkolí používaného u daného typu vozidla (vyvrtání děr v nápravě dvojkolí pro vyvedení el. vodičů od tenzometrických snímačů umístěných na vnitřních stranách kol - v případě přenosu el. signálů z rotujících částí na pevné

části pomocí kroužkových snímačů, eventuální vyvrtání otvorů v kotoučích kol v případě potřeby zesílení deformační citlivosti kotoučů kol na působící svislé kolové síly).

- Osoustružení stěn kotoučů kol k zajištění geometrické přesnosti tvaru kotoučů po celém obvodu kol (je velmi důležitou operací vzhledem k zajištění stejné deformační citlivosti po celém obvodu kol).
- Sražení a zaoblení hran odvrtných otvorů v nápravě a kotoučích kol.
- Úprava drsnosti povrchu kotoučů kol a úprava povrchů odvrtných děr v nápravě a kotoučích kol (snížení vrubových účinků – zvýšení životnosti zeslabených částí).
- Označení (orýsování) míst pro umístění tenzometrických snímačů na kotoučích kol (zde se vytváří předpoklad pro přesné nebo naopak nepřesné následné umístění tenzometrických snímačů, což má dopad na přesnost měrného dvojkolí).

- Nalepení tenzometrických snímačů:

- Na každém kole jsou umístěny dva systémy tenzometrických snímačů. Jeden systém pro měření deformací způsobených silou Q , druhý systém pro měření deformací způsobených silou Y . Oba systémy jsou na kole umístěny tak, aby byl minimalizován vliv síly Q na měření síly Y a opačně vliv síly Y na měření síly Q (ke snadnějšímu nalezení vhodných míst pro nalepení tenzometrických snímačů se použijí výsledky deformační analýzy).
- Systém tenzometrických snímačů pro měření síly Y má dvě sady tenzometrů. Každá sada má minimálně 6 tenzometrických snímačů umístěných na vnitřní nebo vnější straně kola obvodově v pravidelných roztečích na poloměrech r_1 a r_2 (viz Obr.1). Nebo má každá sada minimálně 12 tenzometrických snímačů umístěných po šesti na vnitřní i vnější straně kola obvodově v pravidelných roztečích na poloměrech r_1 a r_2 . Systém tenzometrických snímačů pro měření síly Y dává předpoklad pro aplikaci dvoumomentové metody, pomocí níž lze eliminovat vliv ohybového momentu síly Q na měření síly Y (pokračuje výzkum). Aplikací systému dvou sad tenzometrických snímačů pro měření síly Y je také vytvořen předpoklad pro měření posunutí působíště síly Q po jízdní ploše kola v příčném směru v průběhu jízdy kolejového vozidla.
- Systém tenzometrických snímačů pro měření síly Q má jedinou sadu minimálně 6 tenzometrických snímačů v případě kola s děrovanou deskou kotouče, nebo hvězdicového kola. Snímače jsou umístěny v neutrální ose ohybu kola v příčném směru, obvodově v pravidelných roztečích na daném poloměru kola. V případě kol se zvlněnou nebo rovinnou deskou kotouče kola má systém jedinou sadu minimálně 12 tenzometrických snímačů umístěných po šesti na vnitřní i vnější straně kola obvodově v pravidelných roztečích na daném poloměru kola.
- Všechny tři sady tenzometrických snímačů jsou elektricky zapojeny do polovičních nebo plných Wheatstoneových můstků tak, že všechny tenzometrické snímače jsou aktivní (absence kompenzačních tenzometrických snímačů). Počet tenzometrických snímačů je vždy sudý – viz příklad zapojení na Obr. 2. Při jízdě kolejového vozidla mají výstupní signály z takto zapojených Wheatstoneových můstků střídavý průběh pro sílu Q (U každého takového signálu je jeho rozkmit přímo úměrný měřené síle – viz Obr. 3. Při kalibraci měrného dvojkolí je zesílení můstků nastaveno tak, aby měřené síly Q odpovídaly přesně polovinám rozkmitů příslušných signálů). Pro sílu Y mají výstupní signály standardní amplitudový tvar.



**zapojení pro sílu Y_{r2}
(podobně pro sílu**

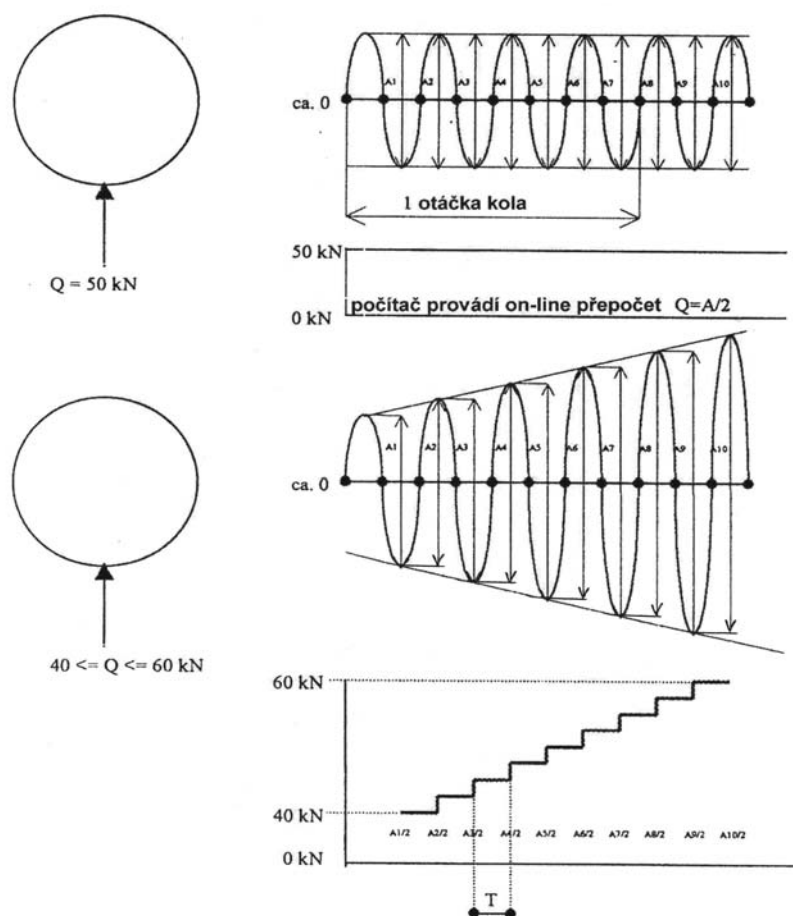
zapojení pro sílu Q Y_{r1})

Obr. 2 Schéma zapojení tenzometrických snímačů

- Kalibrace měrného dvojkolí:

Kalibrace měrného dvojkolí (MD) se provádí na rotačním kalibračním stavu, který byl pro tento účel zvlášť postaven. Každé kolo MD se kalibruje samostatně. Obě síly Y a Q se kalibrují nejprve individuálně, na závěr kalibrace se provede celkový test za rotace dvojkolí při postupném zatížení svislou silou Q a poté se přidá příčná síla Y . Průběhy sil se monitorují na obrazovce a celý proces kalibrace se ukládá na disk měřicího PC k dalšímu použití. Kalibrace síly Q se provádí ve třech stupních velikosti vnější působící síly F_Q (20,30,50 kN). Kalibrace síly Y se provádí rovněž ve třech stupních velikosti vnější působící síly F_Y (10,20,30 kN). Celkový test za rotace se provádí v tomto sledu:

- rotace dvojkolí bez vnějšího zatížení
- postupné zatížení kalibrovaného kola svislou vnější silou ($F_Q = 30$ kN)
- postupné zatížení MD příčnou vnější silou ($F_Y = 20$ kN)
- postupné odlehčení od příčné vnější síly
- postupné odlehčení od svislé vnější síly
- rotace dvojkolí bez vnějšího zatížení.



Obr. 3 Měřený signál síly Q

5. Závěr

Představené měrné dvojkolí je v současném stavu použitelné pro měření při jízdních zkouškách kolejových vozidel do rychlosti cca 150 km/h. Jeho provedení se postupně stále vylepšuje díky nasbíraným novým poznatkům a zkušenostem z každého měření. V současné době je v rámci řešení grantové úlohy GAČR č. 101/04/0031, v jejíž režii vznikl i tento příspěvek, na programu otázka zlepšení přenosu signálů z rotujícího dvojkolí na měřicí aparaturu. V řešení je také nový způsob zapojení pro vodící síly Y , aby výstupní signál z kola měl podobný střídavý průběh jako signál u svislé kolové síly Q (u tohoto způsobu zapojení je potlačen vliv teploty okolí).

6. Literatura

- Culek B. (2000) Kalibration der Messradsätze, *zpráva VÚKV Praha, a.s.*, č. 98-C040
- Culek B. (2000) Technische Informationen zum Messradsatz der Firma VÚKV a.s. Praha, *zpráva VÚKV Praha a.s.*
- Culek B. (2000) Zusammenfassende Fehlerbetrachtung der Messung der Kräfte Y und Q mit Hilfe des Meßradsatzes der Firma VÚKV a.s. Praha, *zpráva VÚKV Praha a.s.*