

ANALÝZA DYNAMICKÝCH ÚČINKŮ VE STYKU KOLO-KOLEJNICE U ŽELEZNIČNÍHO DVOJKOLÍ A STANOVENÍ BEZPEČNOSTI PROTI VYKOLEJENÍ

Ing. Zadražil Miloslav, Vaněček Antonín, prom. mat.
Výzkumný ústav železniční, Praha

1. Úvod

V technické praxi se stále častěji požaduje rozhodnout a posoudit z hlediska funkce a spolehlivosti, zda daný zkoušený objekt splňuje určitá kritéria. K tomuto cíli je možné dojít dvěma způsoby, a to teoretickou, nebo experimentální analýzou. Oba dva způsoby představují analytický způsob řešení.

Vzhledem k tomu, že není vždy možné teoreticky analyzovat zkoumaný fyzikální děj (matematický popis fyzikální soustavy by byl nesmírně složitý a při zavedení zjednodušení by výsledky této analýzy byly pouze informativní), nahrazuje experiment teoretickou analýzu.

Rozvoj experimentální činnosti je podmíněn především úrovní měřicí a vyhodnocovací techniky. Experimentální analýza tvoří komplex činností, jejichž základem je experimentální technika doplněná měřicí a vyhodnocovací technikou. Zavedením statistických metod do procesu vyhodnocování měřených veličin určujících chování složitých neorganizovaných soustav, kde měřené veličiny mají náhodný charakter dostáváme informace, které odhalují skryté vztahy mezi jednotlivými veličinami, nebo stavy systému. Tyto kvalitativně vyšší informace mají velký význam při posuzování chování zkoumaného objektu. Jedním z příkladů této experimentální analýzy je analýza silových poměrů ve styku kolo-kolejnice u železničního dvojkolí a z ní stanovení bezpečnosti proti vykolejení.

2. Bezpečnost železničního vozidla proti vykolejení

Stanovení stupně bezpečnosti vozidla proti vykolejení je možno provést několika způsoby. Jedním z poměrně jednoduchých způsobů (z hlediska rozsahu přípravných prací a použitých elementů) je způsob měření rámové síly H_y mezi rámem podvozku a dvojkolím při současném měření svislých sil F

působících na dvojkolí. Základní vztah určující chování nabíhajícího kola na hranici vykolejení je

$$\frac{H + m_n(\ddot{y})}{Q_m} = \frac{\operatorname{tg}(\beta_1 - \varphi_1) - \operatorname{tg}(\beta_2 - \varphi_2) + \frac{\Delta Q_F}{Q_m} [\operatorname{tg}(\beta_1 - \varphi_1) - \operatorname{tg}(\beta_2 + \varphi_2)]}{1 - \frac{r}{s} [\operatorname{tg}(\beta_1 - \varphi_1) + \operatorname{tg}(\beta_2 + \varphi_2)]} \quad \dots 1$$

V tomto vztahu jsou β_1 , φ_1 , β_2 , φ_2 , r , s , m_n konstanty určené rozměry a geometrií ve styku dvojkolí a kolejnice. Dosazením příslušných hodnot za tyto konstanty do uvedeného vztahu dostaneme zjednodušený zápis

$$\frac{H}{Q_m} = a + b \frac{\Delta Q_F}{Q_m} \quad \dots 2$$

Považujeme-li $\frac{H}{Q_m}$ za proměnnou Y a $\frac{\Delta Q_F}{Q_m}$ za proměnnou X , představuje vztah (2) rovnici přímky. Tato přímka se nazývá kritickou přímkou a platí pro ni, že všechny body se souřadnicemi $\frac{H}{Q_m}$ a $\frac{\Delta Q_F}{Q_m}$, které představují měřené signály, musí ležet v úhlu daném kritickou přímkou a osou $\frac{\Delta Q_F}{Q_m}$. Jednotlivé souřadnice jsou dány vztahy

$$\frac{H}{Q_m} = \frac{2(H_1 + H_2)}{F_1 + F_2 + m_n \cdot g} \quad \dots 3$$

$$\frac{\Delta Q_F}{Q_m} = \frac{F_1 - F_2}{F_1 + F_2 + m_n \cdot g} \cdot \frac{w}{2s} \quad \dots 4$$

kde H_1 , H_2 , F_1 , F_2 jsou měřené síly na reálném objektu.

Bezpečnost proti vykolejení μ libovolného bodu

$$M \left[\frac{\Delta Q_F}{Q_m}; \frac{H}{Q_m} \right]$$

je dána vztahem

$$\mu = \frac{\left(\frac{H}{Q_m} \right)_{\text{krit}}}{\frac{H}{Q_m}} \quad \dots 5$$

Množina všech bodů M , které mají v daném systému stejnou hodnotu bezpečnosti je polopřímka p , vycházející z bodu K a svírající s osou $\frac{\Delta Q_F}{Q_m}$ úhel φ . Bezpečnost proti vykolejení je jednoznačně určena právě tímto úhlem. Úhel φ stanovíme z trojúhelníku $K[k; 0]$, $C \left[\frac{\Delta Q_F}{Q_m}; 0 \right]$, $M \left[\frac{\Delta Q_F}{Q_m}; \frac{H}{Q_m} \right]$ viz obr. 1.

Je-li $H > 0$, pak $\Delta Q_F = \frac{1}{2}(F_1 - F_2) \frac{w}{2s}$; je-li $H < 0$, pak $\Delta Q_F = -\frac{1}{2}(F_1 - F_2) \frac{w}{2s}$. Jak je zřejmé zůstává pevně označení sil F_1 , F_2 a změna nabíhajícího kola v nenabíhající je řešena pouze změnou znaménka. Protože měřené signály F_1 , F_2 , H_1 , H_2 jsou signály spojitě, byl navržen jednoúčelový analogový systém modelující vztah (7) s respektováním podmínek určujících nabíhající a nenabíhající kolo. Vstupní signály jsou H_1 , H_2 , F_1 , F_2 a výstupní signál je $\tan \varphi$, který byl ve spojitě formě zaznamenán na magnetofonovém zapisovači.

4. Výsledné zpracování signálu $\tan \varphi$

Pro výsledné zpracování signálu $\tan \varphi$ představujícího stupeň bezpečnosti proti vykolejení byly použity dva způsoby, které vedly ke stejnému výsledku. První způsob byl způsob třídění do hladin bezpečnosti, kdy bylo realizováno celkem deset hladin. Použité přístroje pro tuto analýzu byly jednoúčelové zařízení UHAD spojené s elektrickým psacím strojem IBM. Výpis z elektrického psacího stroje tvořil podklad pro číslicové zpracování, které bylo provedeno na stolním kalkulátoru fy Hewlet-Packard. Výsledný histogram byl zapsán přímo na zapisovači HP spolu s měřítky a ostatními údaji o zkoušce. V současné době je používán pro získání histogramu (hustota pravděpodobnosti rozdělení) jednoúčelové zařízení CORELATOR od fy Norma spojené s display-analyzátorem od fy HP. Výstupním zařízením je opět XY zapisovač, na kterém je proveden etobodový zápis hustoty pravděpodobnosti výskytu.

Hustota pravděpodobnosti výskytu signálu $\tan \varphi$ odpovídajícímu bezpečnosti vozidla proti vykolejení představuje kumulovanou informaci, ze které se dá poměrně dobře určit stupeň bezpečnosti proti vykolejení vozidla v provozu.

Podrobné odvození základních vztahů, vytvoření matematického modelu popisující fyzikální systém, podrobná programová schemata, popisy přístrojového zařízení i programu pro HP jsou uvedeny v citované literatuře.

Literatura: Rydlo P., Vaněček A.: Vyhodnocování dynamických měření. NADAS 1980, Praha