

EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA STATICKÉHO NAMÁHÁNÍ STOJANU A OVĚŘOVÁNÍ DYNAMICKÝCH CHARAKTERISTIK NOVÉ VÁLCOVACÍ TRATĚ ŠKODA 200

Ing. Jaroslav Majer, CSc.

K.p. ŠKODA Plzeň, závod Těžké strojírenství

1. Úvod

Úroveň výroby a spotřeby válcovaných plechů je dnes důležitým ukazatelem stupně hospodářského rozvoje jednotlivých zemí. Dynamika rozvoje tohoto odvětví je zvlášť patrná na vývoji regulace podélného profilu pásu. Moderní válcovací tratě dosahují dnes při válcování tolerancí pod 0,003 mm, při rychlostech válcování kolem 10 m/s a více než 99,5 % využití vyválcované délky pásu.

Tyto zvýšené požadavky je možné splnit na moderních válcovacích tratích s dokonalými regulačními a řídicími systémy.

Při projektování a konstruování těchto tratí a řídicích systémů je třeba věnovat dostatečnou pozornost nejenom pevnostním problémům, ale i studiu a vyšetřování dynamických vlastností válcovacích tratí.

Jednou z moderních válcovacích tratí, kterou k.p. ŠKODA Plzeň dodává a při jejímž návrhu byla respektována uvedená kritéria, je trať kvarto ŠKODA 200.

2. Tenzometrické měření na umaplexovém staticky zatíženém modelu stojanu

Válcovací trať ŠKODA 200 je vybavena válcovací stolicí nové koncepce s elektrohydraulickým stavěním válců. Dříve používaný mechanismus přestavování válců pomocí elektromotoru a stavěcího šroubu byl u této stolice nahrazen hydraulickým válcem a dvěma předepínacími a upínacími systémy. Stojan nové stolice se tedy liší od klasické stolice nejen tvarem, ale i systémem zatížení. Protože se jedná o velice složité kombinované namáhání, bylo provedeno rozsáhlé tenzometrické

měření na umaplexovém modelu (obr. 1). Model byl vyroben v měřítku 1:10 a složité zatěžování bylo realizováno závažím a třemi pákovými systémy.

Při měření byly použity tenzometry Mikrotechna SM 120.1 a 5SM 120.1 a statická tenzometrická aparatura Hottinger Baldwin HBM 3000. Celkem bylo zjišťováno napětí ve 130 místech stojanu. Naměřené hodnoty byly na počítači PDP 11/70 statisticky zpracovány a při respektování zákonů modelové podobnosti vyhodnoceny (obr. 2).

Na základě výsledků měření byly upraveny vnitřní radiusy stojanu a tvar upínacích jednotek.

3. Matematický model válcovací tratě a jeho experimentální ověření

Klasická válcovací trať se skládá z válcovací stolice s pohonem a ze symetricky uspořádaných, samostatně poháněných, tahových navíjedel, z nichž jedno podle smyslu válcování střídavě přebírá funkci rozvíjedla.

Vytvořit matematický model celé tratě, který by popisoval jak vertikální kmitání válcovací stolice, tak i torzní kmitání soustavy pohonů, je problém velice složitý, a proto byl řešen postupně v těchto dílčích etapách:

- 2-hmotový model tahového navíjedla
- 5-hmotový model pohonu válcovací stolice
- 9-hmotový model pohonů válcovací tratě (obr. 4)
- 4-hmotový model válcovací stolice (obr. 3)
- 13-hmotový kombinovaný model válcovací stolice a pohonů tratě (c + d).

Řešené subsystémy byly uvažovány jako diskrétní, lineární, nekonzervativní soustavy s proporcionálním tlumením, jejichž model v maticovém tvaru má pro torzní soustavy pohonu tvar

$$\mathbf{I} \ddot{\varphi}(t) + \mathbf{B}_t \dot{\varphi}(t) + \mathbf{K}_t \varphi(t) = \mathbf{F}_t(t)$$

a pro model stolice, představující soustavu s tlumeným translačním pohybem ve vertikálním směru

$$\mathbf{M} \ddot{y}(t) + \mathbf{B} \dot{y}(t) + \mathbf{K} y(t) = \mathbf{F}(t)$$

φ [rad], y [m] jsou souřadnice hmot
 I [kgm^2] matice hmotových momentů setrvačnosti
 M [kg] matice hmotností
 B_t [Nms/rad], B [Ns/m] matice proporcionálního tlumení
 K_t [Nm/rad], K [N/m] matice tuhostí
 $F_t(t)$ [Nm], $F(t)$ [N] vektory buzení

Při tvorbě kombinovaného modelu byla pro vyjádření vzájemné vazby vertikálního kmitání stolice (obr. 3) a torzního kmitání soustavy pohonů (obr. 4), použita jedna ze základních rovnic z teorie tváření a sice Celikovova rovnice popisující vliv válcovacích tahů na velikost středního měrného tlaku kovu na pracovní válece.

Simulačním výpočtem, metodou Runge-Kutta 4. řádu, byla na počítači PDP 11/70 vypočtena odezva kombinovaného matematického modelu válcovací tratě na skokovou změnu válcovací síly. Výsledek simulačního výpočtu byl porovnáván s výsledky měření prováděných na trati ŠKODA 200, provozované ve VÚHŽ Karlštejn.

Během měření byly zaznamenávány signály provozních měřičů tahů, válcovacích sil a budicího generátoru. Při některých měřeních, která probíhala bez otáčení pracovních válců, byl navíc registrován průběh tahu měřený tenzometry umístěnými na pásu a průběh krouticích momentů na mezilehlých hřídelích v pohonu. Měření byla zpracována rovněž na počítači PDP 11/70.

Z porovnání výsledků dynamických výpočtů a měření (obr. 5) plyne velmi dobrá shoda vypočtené a odměřené odezvy válcovací tratě na skokové přístavění stolice.

Frekvenční shoda je následující:
 simulační výpočet: $f = 5,0$ Hz
 experiment: $f = 5,3$ Hz

Velmi dobrá shoda je rovněž u hodnoty logaritmického dekrementu a sice:

simulační výpočet: $\delta = 1,5$
 experiment: $\delta = 1,3$

V důsledku toho, že simulační výpočet doposud neobsahuje regulační smyčku tahu, která byla u skutečné tratě během měření v provozu, objevují se na vypočteném průběhu tahu dvě úrovně, což však pro hodnocení vlastních frekvencí není podstatné.

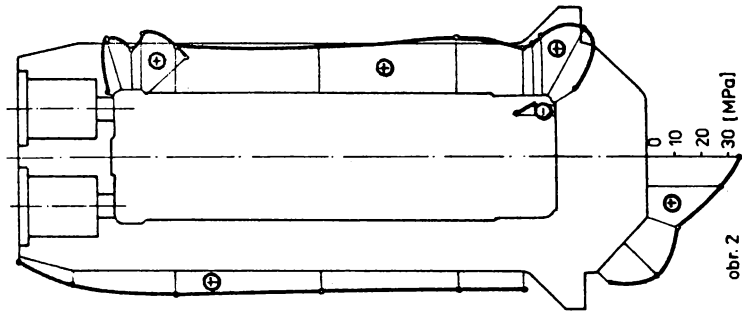
Celkově lze konstatovat, že kombinovaný matematický model dává dostatečně přesně informace o dynamickém chování skutečné tratě.

4. Závěr

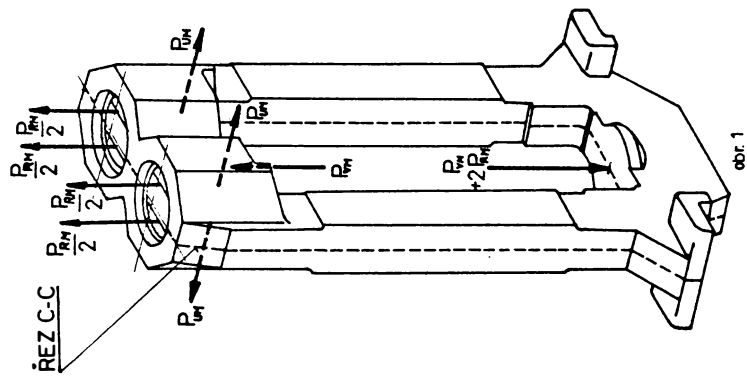
Příspěvek stručně popisuje systém výpočtů a měření, který byl v závodě Těžké strojírenství k.p. ŠKODA Plzeň použit při projekci a konstrukci moderní válcovací tratě a jehož význam i využívání se bude při návrhu nových tratí do budoucna zvyšovat. Nejbližší aplikace uvedeného postupu jsou připravovány pro 3 tratě KŽ Beroun.

Literatura:

1. Timošenko Š.: Pružnost pevnost
Kmitání ve strojírenství
SNTL 1960
2. Brynich J.: Kmitání diskrétních dynamických soustav
Sborník k.p. ŠKODA Plzeň 1980
3. Majer J.: Měření na modelu stojanu stolice kvarto
s elektrohydraulickým ovládáním
Zpráva ŠKODA-ZTS Vh 26694-S
4. Majer J.: Problematika dynamiky válcovací stolice
a soustavy pohonů tratě
Zpráva ŠKODA-ZTS Vh 30604-S

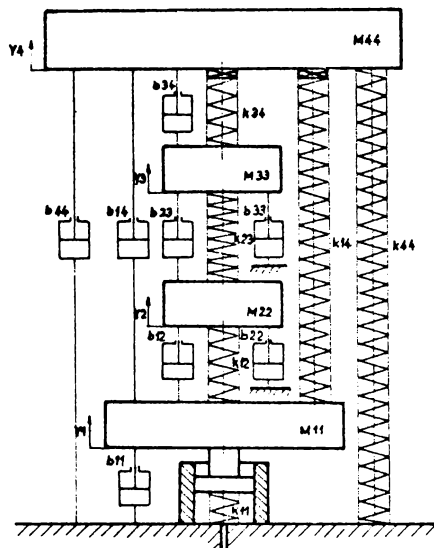


ŘEZ C-C



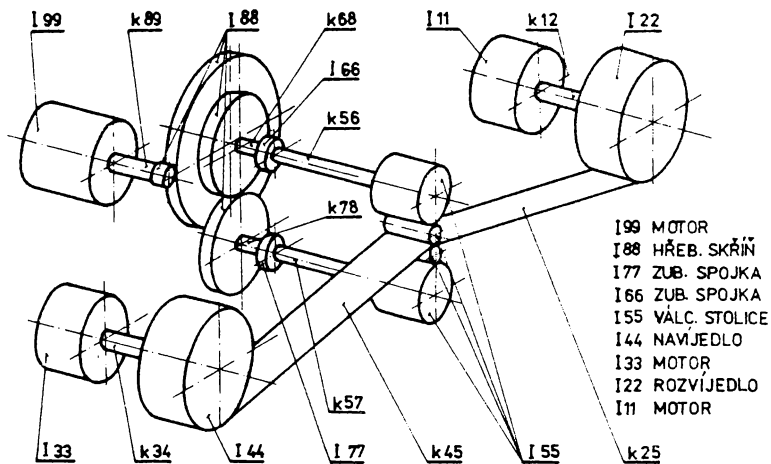
ŘEZ C-C

NÁHRADNÍ SCHEMA STOLICE KVARTO ŠKODA 200



obr. 3

NÁHRADNÍ SOUSTAVA POHONŮ VÁLCOVACÍ TRATĚ



obr. 4

- I 99 MOTOR
- I 88 HŘEB. SKŘÍN
- I 77 ZUB. SPOJKA
- I 66 ZUB. SPOJKA
- I 55 VÁLC. STOLICE
- I 44 NAVIJEDLO
- I 33 MOTOR
- I 22 ROZVIJEDLO
- I 11 MOTOR

POROVNÁNÍ EXPERIMENTÁLNĚ ZJIŠTĚNÉ A SIMULAČNÍM VÝPOČTEM
VÝPOČTENÉ ODEZVY TAHU V PÁSU NA SKOKOVOU ZMĚNU POLOHY
STAVĚNÍ STOLICE

