

Studentská Vědecká Konference 2011

VLIV TLUMÍCÍCH ÚČINKŮ NA STABILITU ROTOROVÉ SOUSTAVY S OHLEDEM NA POMĚROVÝ PARAMETR κ

Zdeňka RENDLOVÁ¹

1 ÚVOD

Významnou roli při sestavování výpočtových modelů reálných systémů hrají kromě rozměrů a hodnot materiálových konstant také tlumící účinky. V případě rotujících soustav se jedná o tzv. vnitřní (materiálové) tlumení a tzv. vnější tlumení okolního prostředí, v němž soustava rotuje. Aby bylo možno posoudit jejich vliv na stabilitu soustavy, byl navržen tzv. poměrový parametr κ , který vyjadřuje poměr vnějšího a vnitřního tlumení zahrnutého do matematického modelu rotorové soustavy.

2 ROZŠÍŘENÍ MATEMATICKÉHO MODELU HŘÍDELOVÉHO PRVKU

V případě ohybového kmitání je hřídelový prvek (HP) e podle Rendlová (2010) charakterizován maticemi hmotnosti $\mathbf{M}^{(e)}$, gyroskopických účinků $\mathbf{G}^{(e)}$ a tuhosti $\mathbf{K}^{(e)}$ řádu 8. Rozšíření popisu HP o tlumící účinky spočívá podle Byrtus et al. (2010) v odvození matic vnějšího tlumení $\mathbf{B}_E^{(e)}$, resp. vnitřního tlumení $\mathbf{B}_I^{(e)}$ (po transformaci o disipační matici $\mathbf{B}_I^{(e)}(t)$ a cirkulační matici $\mathbf{K}_I^{(e)}(t)$) na základě sestavení Rayleighovy disipační funkce odpovídající vnějšímu, resp. vnitřnímu tlumení. Hřídelový prvek lze tedy popsat pomocí pohybové rovnice ve tvaru

$$\mathbf{M}^{(e)}\ddot{\mathbf{q}}^{(e)} + \left(\mathbf{B}_E^{(e)} + \mathbf{B}_I^{(e)}(t) + \omega\mathbf{G}^{(e)}\right)\dot{\mathbf{q}}^{(e)} + \left(\mathbf{K}^{(e)} + \mathbf{K}_I^{(e)}(t)\right)\mathbf{q}^{(e)} = \mathbf{0}. \quad (1)$$

Modelování ohybového kmitání rotorové soustavy pomocí metody konečných prvků (MKP) je založeno na rozdělení jeho hřídelové části pomocí uzlů na jednotlivé HP tak, aby byly disky i ložiskové podpěry umístěny v pozicích odpovídajících jednotlivým uzlům. Následné sestavení matematického modelu dílčích částí, tj. hřídelových prvků, disků a ložiskových podpěr, do celkového modelu soustavy je provedeno v souladu s Byrtus et al. (2010).

3 POMĚROVÝ PARAMETR κ

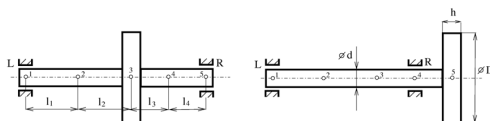
Pokud se blíže zaměříme na tvar Rayleighovy disipační funkce odpovídající izotropnímu vnějšímu viskóznímu tlumení, resp. izotropnímu vnitřnímu viskóznímu tlumení, jež je uveden v Byrtus et al. (2010), vystupuje zde koeficient izotropního vnějšího tlumení b_E [$\text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$] vztažený na jednotku délky HP, resp. koeficient vnitřního izotropního materiálového tlumení b_I [s]. Proto byl pro porovnání vlivu tlumících účinků na stabilitu soustavy navržen tzv. poměrový parametr κ , na jehož základě byl pro zadanou hodnotu materiálového tlumení b_I a zvolenou hodnotu koeficientu κ dopočítána odpovídající hodnota koeficientu vnějšího tlumení b_E . V tomto příspěvku jsou porovnávány dva návrhy tohoto parametru, a to

¹ Zdeňka Rendlová, student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: zrendlov@kme.zcu.cz

$$\text{a) } \kappa = \frac{b_E}{b_I \omega^2} [-] \longrightarrow b_E = \kappa b_I A \rho \omega^2 \quad \text{b) } \kappa = \frac{b_E}{b_I} [s^{-2}] \longrightarrow b_E = \kappa b_I A \rho.$$

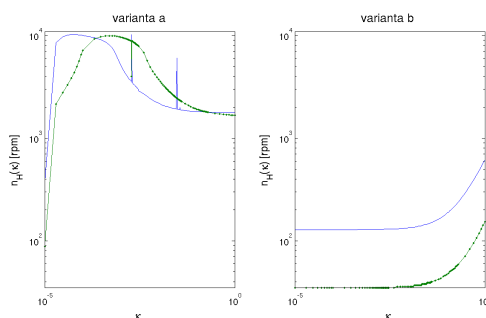
4 APLIKAČNÍ ČÁST

Odvozený matematický popis tlumících účinků byl z hlediska stability testován na dvou jednoduchých rotorových soustavách, viz obr.1. Ocelový hřídel ($\rho = 7800 \text{ kgm}^{-3}$, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$, $\nu = 0.3$, $D = 0.06 \text{ m}$) opatřený jedním diskem ($m = 78.4 \text{ kg}$, $I = 0.826 \text{ kgm}^2$, $I_0 = 1.568 \text{ kgm}^2$) a podepřený dvěma identickými neizotropními hydrodynamickými ložisky, jejichž parametry jsou uvedeny v Rendlová (2010), byl rozdělen na 4 hřídelové prvky ($l_1 = l_2 = 0.2 \text{ m}$, $l_3 = l_4 = 0.15 \text{ m}$) a byla navržena hodnota koeficientu vnitřního tlumení $b_I = 10^{-5} \text{ s}$.



Obrázek 1: Soustava s kotoučem uloženým mezi ložisky (vlevo), resp. letmo (vpravo)

Pro obě jednoduché rotorové soustavy byla provedena analýza stability na základě hodnot reálných částí vlastních čísel pro hodnoty poměrového parametru $\kappa \in \langle 0, 1 \rangle$. Na obr. 2 byly vykresleny závislosti hodnot hraničních otáček $n_H(\kappa)$ oddělujících oblasti stability a nestability soustavy, přičemž soustavě s kotoučem uloženým mezi ložisky odpovídá modrá křivka a soustavě s kotoučem uloženým letmo zelená křivka.



Obrázek 2: Porovnání závislostí $n_H(\kappa)$ pro $\kappa [-]$ (vlevo), resp. $\kappa [s^{-2}]$ (vpravo)

5 ZÁVĚR

Jak je vidět na obr. 2 (vpravo), pro poměrový parametr $\kappa [s^{-2}]$ dochází u obou soustav s rostoucí hodnotou κ k růstu hodnoty hraničních otáček n_H . Naproti tomu pro parametr $\kappa [-]$, viz obr. 2 (vlevo), nejprve hodnota hraničních otáček prudce roste a poté klesá. Navíc dochází k několika významným skokovým změnám hodnot hraničních otáček n_H , jež jsou pravděpodobně způsobeny nepřímou úměrou kvadrátu rychlosti rotace ω^2 soustavy v definici parametru κ . Z tohoto důvodu je vhodné volit poměrový parametr $\kappa [s^{-2}]$.

REFERENCE

- Rendlová, Z., 2010. *Dynamická analýza rotorové soustavy s uvažováním nelineárních charakteristik ložisek*. Diplomová práce, ZČU, Plzeň.
- Byrtus, M., Hajžman, V., and Zeman, V., 2010. *Dynamika rotujících soustav*. Vydavatelství ZČU, Plzeň.