

DYNAMICKÁ ANALÝZA ROTOROVÉ SOUSTAVY S UVAŽOVÁNÍM NELINEÁRNÍCH CHARAKTERISTIK LOŽISEK

Zdeňka RENDLOVÁ¹

1 ÚVOD

V současnosti je technický pokrok spojen především se zvyšováním výkonu strojů při zachování stanovených požadavků na jejich spolehlivost a bezpečnost při provozu. To platí i pro rotační stroje, což jsou zařízení, jejichž funkce spočívá v rotaci jednoho z hlavních dílů, který se nazývá rotor. Na tomto principu pracují např. i turbíny v tepelných nebo jaderných elektrárnách. Aby mohl být stroj vyroben a následně uveden do provozu, je nutné podrobně popsat jeho chování za provozu, a to i za nestandardních podmínek. Za tímto účelem jsou sestavovány výpočtové modely, jejichž podstatou je nahradit spojitý model diskretním modelem tak, aby vlastní frekvence a vlastní vektory dostatečně přesně vystihovaly dynamické vlastnosti reálné soustavy. Jelikož práce je zaměřena na určení vlivu nelinearit olejového filmu v kluzných ložiskách na chování soustavy, je analýze vlastností olejového filmu věnován tento příspěvek.

2 SESTAVENÍ MATEMATICKÉHO MODELU

Matematický model rotorové soustavy složený z nosné hřídelové části s kotouči nasazenými na hřídel a uložený na nehmotných pružně-viskózních ložiskových podpěrách je popsán rovnicí ve tvaru

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + (\mathbf{B} + \omega\mathbf{G})\dot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) = \mathbf{f}(t)$$

kde $\mathbf{q}(t)$ je vektor zobecněných souřadnic a matice $\mathbf{M}, \mathbf{B}, \mathbf{G}, \mathbf{K}$ charakterizují analyzovanou rotorovou soustavu. Matice jsou sestaveny z blokových matic řádu 8, které odpovídají jednotlivým hřídelovým prvkům, a z blokových matic řádu 4, které charakterizují diskretní prvky, tj. kotouče a ložiskové podpěry.

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} \square & & & & & & & \\ & \square & & & & & & \\ & & \square & & & & & \\ & & & \square & & & & \\ & & & & \square & & & \\ & & & & & \square & & \\ & & & & & & \square & \\ & & & & & & & \square \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \square & & & & & & & \\ & \square & & & & & & \\ & & \square & & & & & \\ & & & \square & & & & \\ & & & & \square & & & \\ & & & & & \square & & \\ & & & & & & \square & \\ & & & & & & & \square \end{bmatrix} \quad \mathbf{B} = \beta \mathbf{K} + \begin{bmatrix} \square & & & & & & & \\ & \square & & & & & & \\ & & \square & & & & & \\ & & & \square & & & & \\ & & & & \square & & & \\ & & & & & \square & & \\ & & & & & & \square & \\ & & & & & & & \square \end{bmatrix}$$

Obr. 1: Struktura matic charakterizujících soustavu

3 CHARAKTERISTIKA LOŽISKOVÝCH PODPĚR

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

Uvažujeme anizotropní ložiskové bodové podpěry, jež jsou umístěny v i -tém uzlu hřídelové části rotoru. Pružně-viskózní podpěry reprezentují tekutinovou vrstvu v ložisku a odpovídají mu nejen svou pozicí, ale i svými tuhostními a tlumícími parametry. Předpokládáme, že platí lineární závislost mezi silami vyvolanými v tekutině, jejími deformacemi a tlumícími účinky. Pak tyto síly, které byly vyvolány pohybem čepu v ložisku se středem v i -tém uzlu, lze v případě ohybových kmitů hřídele vyjádřit pomocí maticové rovnice ve tvaru

$$\mathbf{P}_i = \mathbf{B}_L(\omega)\dot{\mathbf{q}}_i + \mathbf{K}_L(\omega)\mathbf{q}_i$$

kde matice tuhosti ložiska $\mathbf{K}_L = [k_{i,j}]$ a matice tlumení ložiska $\mathbf{B}_L = [b_{i,j}]$ jsou funkcí úhlové rychlosti hřídele ω . Matice odpovídající více ložiskovým bodovým podpěrám mají blokově diagonální tvar (Obr.1).

4 ZÁVĚR

Pohyb soustavy je obecně určen superpozicí pohybu daného počátečními podmínkami a pohybu vyvolaného budícími silovými účinky. Pokud respektujeme tlumení, jeho vlivem dojde k utlumení vlastních kmitů, které vznikají jak od nenulových počátečních podmínek, tak od působení budících sil. Po jejich utlumení zůstane jen vynucené kmitání soustavy, které v případě periodického (harmonického) buzení má v čase ustálený průběh a je dáno partikulárním řešením. Zahrneme-li do vytvořeného matematického modelu vliv nelinearit, matematický model je popsán pomocí soustavy nelineárních obyčejných diferenciálních rovnic druhého řádu a je tedy nutno řešení provést numericky. Jelikož tato problematika nebyla dosud řešena ani na školícím pracovišti ani ve společnosti ŠKODA POWER, je tato práce přínosem, zejména co se týká analýzy vlivu uvažovaných nelinearit.

LITERATURA

Zeman V., Hlaváč Z., 1999, *Kmitání mechanických soustav*, Plzeň.

Kellner, J., 2005. *Analýza kmitání a účinků vyvažovacích závaží NT rotoru turbíny uloženého ve vyvažovacím zařízení*, Diplomová práce.

Muszynska, A., Bently, D.E., 1989, Role of Circumferential Flow in the Stability of Fluid - handling machine rotors, *Bently Rotor Dynamics Research Corporation*, Nevada.