

# Studentská Vědecká Konference 2011

## PŘECHODOVÉ KMITÁNÍ TĚLES S KONTAKTNÍMI VAZBAMI

Drahomír RYCHECKÝ<sup>1</sup>

### 1 ÚVOD

V praktických úlohách se s řešením kontaktních úloh setkáváme velmi často. Cílem této práce bylo zjištění chování kontaktu během přechodového kmitání, kdy je jedno těleso buzeno harmonickou silou a na druhém je pozorována odezva na buzení. Jako proměnné parametry byly zvoleny odlišné budící frekvence, třecí koeficienty a přítláčné síly.

Úloha zahrnuje dvě základní problematiky. Řešení kontaktní úlohy a řešení přechodového kmitání, které díky své provázanosti je nutno řešit současně.

### 2 KONTAKTNÍ ÚLOHA

Řešení kontaktních úloh zahrnuje tři základní úkony, které by měly být provedeny v uvedeném pořadí. V prvním kroku je nutné zjistit, zda dochází ke kontaktu a kde se nachází místo dotyku. Při znalosti polohy kontaktů je nutné určit velikost kontaktní plochy a na základě zadaných materiálových parametrů a vzniklých deformací vypočítat velikost normálové síly.

Sílu působící v kontaktu lze rozložit na normálovou složku tzv. kontaktní sílu a na tečnou složku reprezentující tření, která vzniká při uvažování nenulového koeficientu tření. Tyto síly se dále zahrnou do dynamického modelu popisující kmitání tělesa (1) jako  $\mathbf{f}_c(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$ .

Výpočet sil v kontaktu lze řešit několika způsoby:

1. analyticky za použití různých modelů (Hertzův model, plastický model a další druhy uvedené v Adams a Nosonovsky (2000)),
2. komerčními programovými prostředky založenými na metodě konečných prvků a nebo na teorii vázaných mechanických soustav. V této práci byl zvolen konečnoprvkový systém ANSYS. Více o možnostech nastavení, metodách a výpočtu v ANSYS 11.0 (2007), či ANSYS Conference (2004)),
3. alternativními přístupy, z nichž jedním z nejosofistikovanějších je metoda PCM (Polygonal contact model), jež je detailně popsána v Hippmann (2004).

### 3 ÚLOHA PŘECHODOVÉHO KMITÁNÍ

Matematický model diskretizované kmitající soustavy lze zapsat ve tvaru

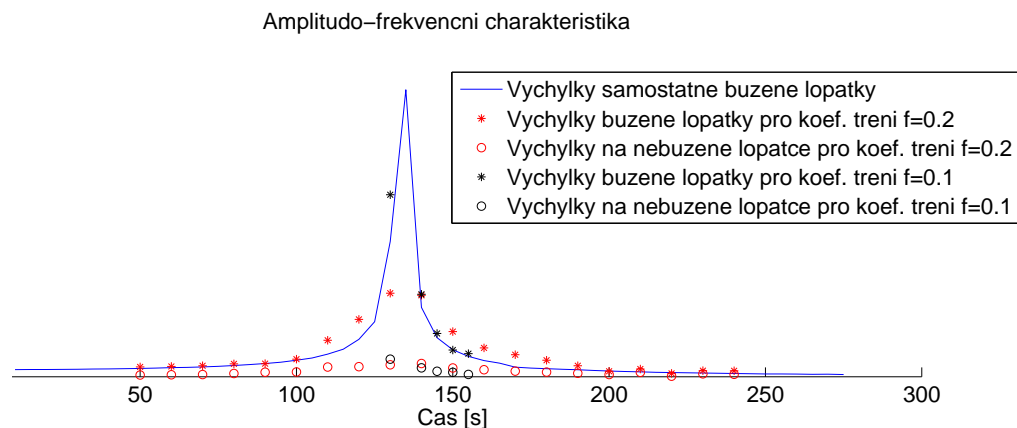
$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}} + \mathbf{B}\dot{\mathbf{q}} + \mathbf{K}\mathbf{q} = \mathbf{f}(t) + \mathbf{f}_c(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t), \quad (1)$$

kde  $\mathbf{M}$  je matice hmotnosti soustavy,  $\mathbf{B}$  je tlumení soustavy,  $\mathbf{K}$  je matice tuhosti soustavy,  $\mathbf{q}$  vektor zobecněných souřadnic,  $\mathbf{f}(t)$  vektor buzení a  $\mathbf{f}_c(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}, t)$  vektor sil uvažovaných v kontaktu.

<sup>1</sup>Bc. Drahomír Rychecký, student navazujícího programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: rychecky@students.zcu.cz

#### 4 APLIKACE NA TESTOVACÍ ÚLOHU

Jako vzorový příklad pro využití modelování přechodových kmitů s kontakty mohou posloužit kontakty mezi lopatkami turbíny, jež jsou při ustálené rotaci buzeny harmonickou silou. Nejprve byla vyšetřena amplitudo-frekvenční charakteristika výchylky koncových bodů samostatné lopatky ve směru budící síly, viz obr. 1. Budící síla měla sinusový průběh. Na témže obrázku je vynesena amplitudo-frekvenční charakteristika výchylky koncových bodů dvou lopatek s kontaktem, pro koeficient tření  $f = 0.1$  a  $0.2$ .



**Obr. 1:** Frekvenční analýza pro jednu lopatku v porovnání s frekvenční analýzou pro dvě lopatky s kontaktem.

#### 5 ZÁVĚR

Z obr. 1 je patrné, že pro zvolený třecí koeficient  $t = 0,2$  a pro budící frekvence vzdálené od vlastní frekvence lopatky, se lopatky blíží ke stavu uzamčení, tj. stavu, kdy se chovají jako spojené. Naopak v blízkosti vlastní frekvence dochází k velkému rozdílu výchylek. Díky tření dochází k disipaci energie, jež vede ke snížení výchylek oproti výchylce jedné lopatky.

**Poděkování:** Příspěvek byl podpořen interním studentským grantovým projektem SGS 2010/064

#### LITERATURA

Adams G. G., Nosonovsky M., 2000. Contact modeling forces, *Tribology International*, Vol. 33. pp 431442.

ANSYS 11.0, 2007 *Documentation for ANSYS* .

Hippmann, G., 2004. *Modellierung von Kontakten komplex geformter Körper in der Mehrkörperdynamik* , Technische Universität München, Steinebach.

Mechanics Group ANSYS, Inc., 2004. Contact analysis in ANSYS, *International ANSYS Conference*.