

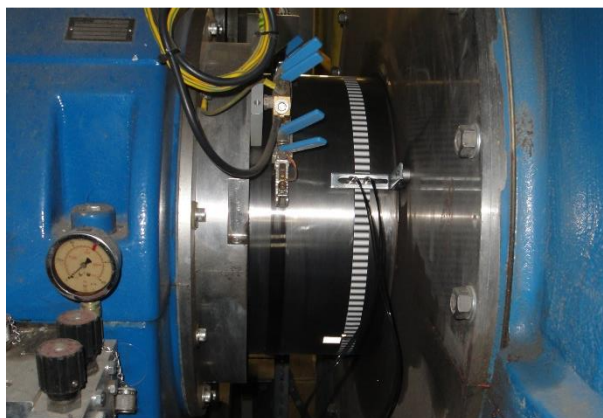
Diagnostika torzních vibrací rotoru turbogenerátoru

Sven Künkel¹

1 Problematika torzních vibrací

Rotor turbogenerátoru elektrárenského bloku má hmotnost v řádech stovek tun a jeho nominální otáčková rychlost je 3000 ot/min. Tyto charakteristiky činí provoz takových bloků extrémně rizikovým a vyžadujícím maximální míru bezpečnosti, která je zajišťována řadou bezpečnostních systémů. Tyto systémy v první řadě monitorují úroveň vibrací, neboť jejich zvýšená hladina může vést k poruše nebo i havárii celého stroje. Jedním z druhů vibrací jsou torzní vibrace, které se projevují dynamickými změnami zkrutu podél osy rotoru. Okamžitá velikost zkrutu mezi dvěma místy rotoru může při torzních vibracích značně převýšit hodnotu nominálního zkrutu rotoru, danou výkonem přenášeným rotorem mezi turbínou a generátorem, na níž je rotor konstruován. Důsledkem takových nadměrných torzních vibrací rotoru mohou být praskliny na povrchu rotoru nebo v místě kořenů lopatek turbíny.

Z hlediska diagnostiky je monitoring torzních vibrací ztížen skutečností, že torzní vibrace existují výlučně na tělese rotoru, nemají žádnou mechanickou vazbu na statorovou část stroje, a mohou tedy existovat skrytě vůči vnějšímu okolí. Pro měření torzních vibrací se používají dva různé přístupy, v prvním je sensor (akcelerometr nebo tenzometr) upevněn přímo na rotor stroje. Při tomto přístupu je potřeba zajistit dostatečnou odolnost snímače vůči odstředivé síle a dále jeho napájení elektrickou energií a sběr dat. Při druhém přístupu se na rotor připevní pouze pasivní enkodér (tzv. zebra páska) a pevným snímačem připevněným na stator stroje se měří časy průchodu jednotlivých značek enkodéru, z nichž je možné vyhodnotit okamžitou úhlovou rychlost rotoru a tak i úroveň torzních vibrací. Instalaci zebra pásky na rotoru stroje zachycuje obr. 1.



Obrázek 1: Instalace torzního měření na rotoru 250 MW turbogenerátoru.

O využití zebra pásky pro stanovení okamžité úhlové rychlosti rotoru pojednává např. i článek autorů Resor et al. (2005), v jejich případě jsou využity odchylkové proměnné.

¹ student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: kunkel@students.zcu.cz

2 Výpočet okamžité úhlové rychlosti a určení torzních vibrací

Základem pro určení úhlové rychlosti z časů detekce značek enkodéru je přímo definice úhlové rychlosti jako podíl změny úhlu za změnu času

$$\omega(i) = \frac{\varphi(i+1) - \varphi(i)}{t_m(i+1) - t_m(i)}, \quad (1)$$

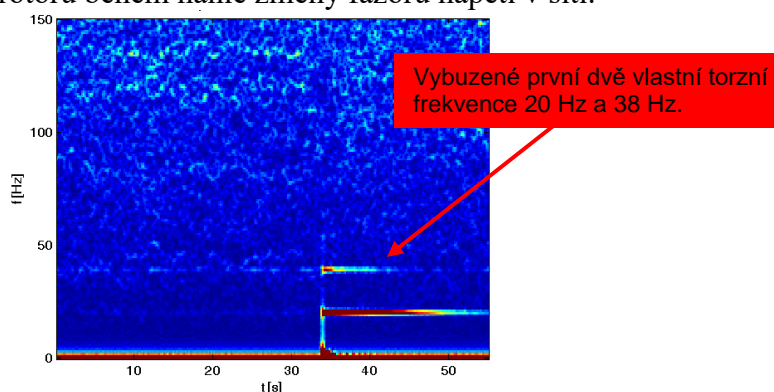
kde $\varphi(i)$ a $\varphi(i+1)$ jsou známé (konstantní) úhlové polohy i -tého a $(i+1)$ -ího proužku zebra pásky a symbolem t_m jsou označeny jim příslušné změřené časy detekce. Způsob jakým lze získat úhlové polohy proužků enkodéru a metody, jak se vyrovnat s pro praxi typickou situací, kdy rozmístění značek enkodéru není přesně ekvidistantní včetně odvozených teoretických modelů, lze nalézt v článku autorů Liška et al. (2018).

Ze známé okamžité úhlové rychlosti rotoru se amplituda torzní komponenty o frekvenci f_0 spočítá integrací, která vede na konečný vztah

$$A [\text{rad}] = \frac{\omega [\text{rad/s}]}{2\pi f_0}. \quad (2)$$

3 Měření torzních vibrací na elektrárnách

Nastíněná metodika výpočtu torzních vibrací byla implementována do systému pro měření torzních vibrací TVMS, jenž byl dosud využit na několika elektrárnách pro monitoring torzních vibrací. Tato praktická zkušenost potvrdila vhodnost navržených metod pro sledování amplitudy torzních kmitů na jednotlivých vlastních frekvencích a pro detekci nestacionárních jevů způsobených událostmi v elektrizační síti. Obr. 2 pro ilustraci ukazuje spektrogram okamžité úhlové rychlosti rotoru během náhlé změny fázoru napětí v síti.



Obrázek 2: Spektrogram torzních kmitů rotoru při události v elektrizační síti.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovými projekty PUNTIS-LO1506 a SGS-2016-031.

Literatura

- Liška, J., Jakl, J., Künkel, S. (2018) Measurement and evaluation of shaft torsional vibrations using shaft instantaneous angular velocity. *Proceedings of ASME Turbo Expo 2018: Turbomachinery Technical Conference and Exposition*, pp 1-6.
- Resor, B.R., Trethewey, M.W., Maynard, K.P (2005) Compensation for encoder geometry and shaft speed variation in time interval torsional vibration measurement. *Journal of Sound and Vibration*, pp 897-920.