

Měření torzních vibrací rotoru turbogenerátoru

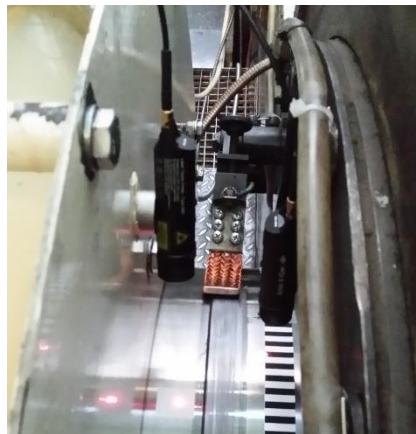
Sven Künkel¹

Úvod

Rotor turbogenerátoru koná kromě stejnosměrného otáčivého pohybu na nominální frekvenci i některé vibrační pohyby. Vibrace jsou nežádoucí, neboť způsobují namáhání dotčených částí stroje, čerpání životnosti a mohou být i důvodem k odstávce bloku.

Charakteristickou vlastností torzních vibrací je velmi malé tlumení, které je omezeno téměř výlučně na vnitřní tlumení materiálu rotoru. V důsledku toho mohou torzní kmity při rezonanci nebo při opakovaném vybuzení dosahovat značných amplitud. Riziko spočívá i v tom, že vzhledem k zanedbatelné torzní vazbě mezi rotorem a statorem se torzní vibrace na venek neprojeví a detekovat je lze pouze cíleným měřením.

Systémy pro měření torzních vibrací, které byly dosud vyvinuty a z nichž většina jsou systémy experimentální, lze rozdělit do dvou skupin. První skupina systémů využívá senzory (zpravidla tenzometry) upevněné přímo na rotoru, druhá skupina využívá tzv. *time interval measurement*, při němž se měří časy průchodu značek enkodéru kolem stacionárního snímače. Druhého přístupu využívá i systém popisovaný ve zbytku tohoto textu. Jako enkodér slouží páska se střídajícími se bílými a černými proužky (*zebra tape*) a optický snímač detekující přechod mezi černým a bílým proužkem.



Obrázek 1: Optický snímač a enkodér (zebra tape) v místě mezi generátorem a ložiskem u NT dílu turbíny.

Ze známé úhlové vzdálenosti dvou sousedních proužků a časů jejich detekce stacionárním snímačem lze spočítat průměrnou rychlost rotoru v období mezi detekcí těchto dvou proužků podle vztahu

$$\omega(k) = \frac{\varphi(k+1) - \varphi(k)}{t(k+1) - t(k)}, \quad (1)$$

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

kde $\varphi(k)$ značí úhlovou polohu a $t(k)$ čas detekce k -tého proužku. Index k není omezen počtem proužků enkodéru N . Úhlovou polohou k -tého proužku pro $k > N$ se rozumí úhlová poloha stejného proužku při první otáčce navýšená o příslušný počet otáček. Veličiny φ a t tedy tvoří monotónně rostoucí posloupnosti.

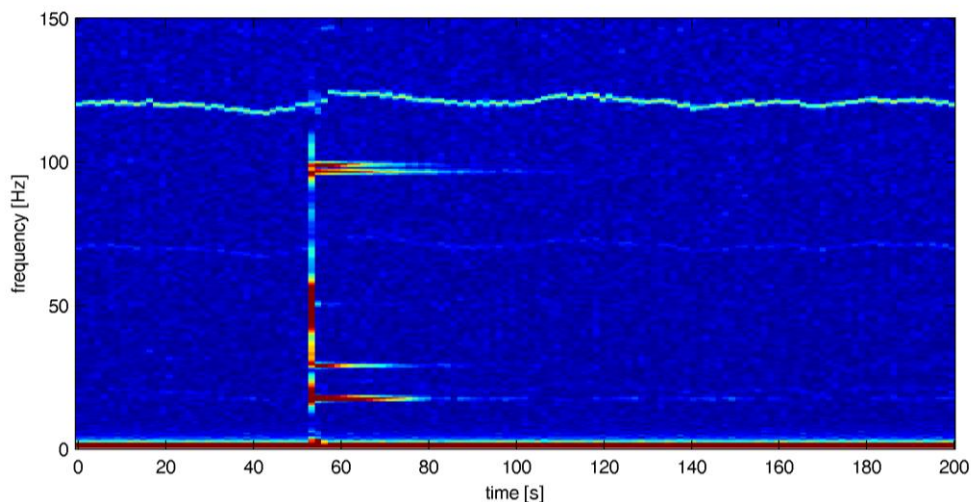
Výpočet veličiny ω je komplikován několika praktickými problémy, z nichž některé jsou blíže adresovány v pracích Resora et al. (2005) nebo Diamonda et al. (2016).

Z veličiny ω lze následně spočítat Fourierovo spektrum a v něm identifikovat amplitudy jednotlivých torzních vlastních frekvencí.

Vyhodnocení dat změřených za provozu turbogenerátoru

Popsaná metodika měření a vyhodnocení torzních vibrací rotoru byla využita při monitoringu torzních vibrací rotoru na několika elektrárnách. Jako nejnázornější případ z dosud naměřených dat lze použít situaci z května 2016, kdy v sousedství monitorovaného turbogenerátoru došlo k výpadku jiného bloku a následného přechodného děje v elektrizační síti. Tento přechodný děj následně torzně vybudil monitorovaný turbogenerátor.

Spektrogram z okamžité úhlové rychlosti vyhodnocené kolem této události je zobrazen na obr. 2. V čase 55 je dobře patrné vybudění první a druhé torzní vlastní frekvence rotoru (17 Hz a 28 Hz) a vlastních frekvencí vázaných kmitů soustavy rotoru a lopatek NT dílu (96 Hz a 98 Hz). Ostatní komponenty nemají z hlediska analýzy torzních kmitů význam.



Obrázek 1: Spektrogram okamžité úhlové rychlosti rotoru.

Ve své poslední verzi je systém pro měření torzních vibrací (TVMS) vybaven GUI pro on-line monitoring, automatickou detekci událostí a emailovou notifikací v případě detekce nebezpečných stavů.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-031.

Literatura

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.

Diamond, D.H., Heyns, P.S., Oberholster, A.J (2016) Online shaft encoder geometry compensation for arbitrary shaft speed profiles using Bayesian regression. *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 81, pp 402-418.