

Monitorování lopatkových vibrací ze signálů relativního rotorového chvění

Vojtěch Vašíček¹

1 Úvod

Monitorování a diagnostika energetických zařízení je důležitou úlohou, jejíž řešení poskytuje uživateli informaci o stavu provozovaného zařízení. Je-li tímto zařízením turbína, může být žádoucí sledovat vibrace lopatek a diagnostikovat tak jejich stav.

Každá z lopatek je schopna kmitat tvarem závislým na své struktuře. Metodou konečných prvků lze vypočítat vlastní tvary odpovídající vlastním frekvencím. Závislost vlastní frekvence kmitání na otáčkové frekvenci ilustruje Campbellův diagram. Cílem monitorování je sledovat průběh každé z vlastních frekvencí a diagnostikovat případnou událost doprovázenou odchylkou od nominální hodnoty.

V laboratoři DiagEn na katedře kybernetiky je vyvíjen systém BVMS, který umožňuje lopatkové vibrace monitorovat. Tento systém je založen na principu snímání lopatkových špiček, a umožňuje tak měřit vibrace každé z lopatek nezávisle, viz. Strnad (2011). Instalace takového systému však vyžaduje zásah do konstrukce turbíny, což může v mnohých případech znemožnit jeho nasazení. Alternativní přístup monitorování lopatkových vibrací, tj. pomocí standardně měřeného signálu relativního rotorového chvění, je předmětem tohoto příspěvku.

2 Řešení

Základní metodou zpracování signálu ve frekvenční oblasti je Fourierova transformace. Ta předpokládá stacionaritu analyzovaného signálu. V případě nesplnění této podmínky je vhodné použít některou z časofrekvenčních metod. Jednou z nejpoužívanějších metod je krátkodobá Fourierova transformace, pomocí které lze sledovat frekvenční vlastnosti signálu v čase – pomocí tzv. spektrogramu.

V případě, že je analyzovaný signál relativního rotorového chvění snímán s konstantním odstupem ve fázi, pak mluvíme o řádové analýze. Tato situace odpovídá převzorkování každé z period ekvidistantně měřeného signálu relativního rotorového chvění na konstantní počet vzorků. Uvedeného je dosaženo s využitím signálu fázové značky. Vlastností řádové analýzy je transformace harmonické frekvence do prvního řádu. Transformace zajistí nezávislost na otáčkové frekvenci.

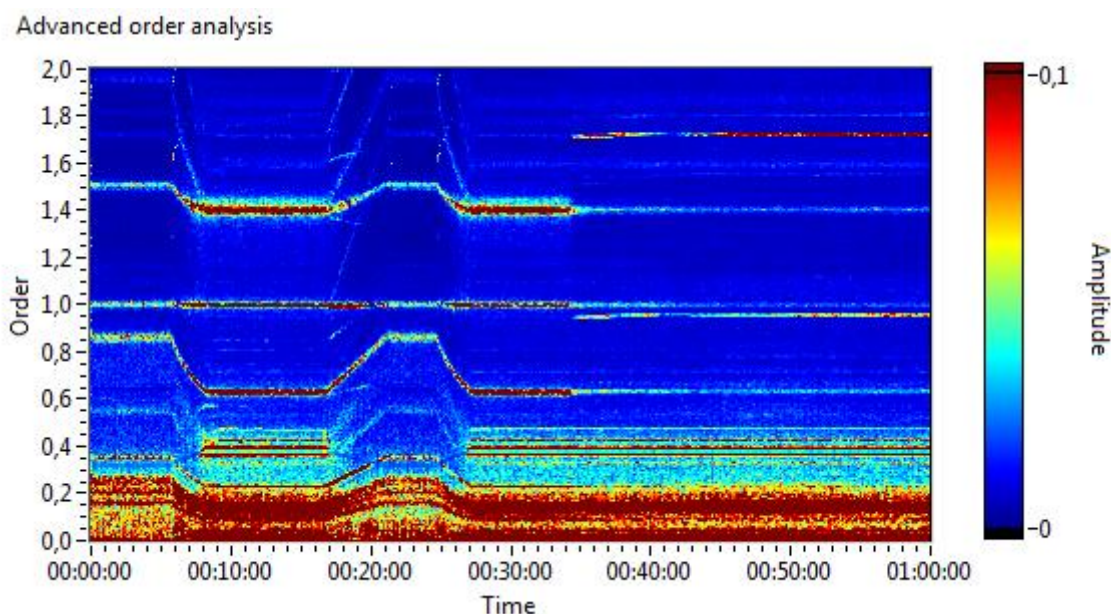
Pro potřeby řešení problému monitorování lopatkových vibrací byla navržena nová časofrekvenční metoda – pokročilá řádové analýza. Ta umožňuje transformovat do prvního řádu obecně libovolnou závislost vlastní frekvence na otáčkách. Uvedeného lze dosáhnout aplikací řádové analýzy pro vhodně převzorkovaný signál fázové značky. Je nutné uvést, že vlastní frekvence kmitání lopatek je amplitudově modulována otáčkovou frekvencí a v signálu relativního rotorového chvění tak lze nalézt obě z komponent, tj. součtovou i rozdílovou složku, dané vztahem (1), kde $c(f_{OT})$ je závislost vlastní frekvence lopatek na otáčkách.

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Informační a řídicí systémy, e-mail: vaseckv@ntis.zcu.cz

$$\Omega^{\pm} = c^{\pm}(f_{OR}) = c(f_{OR}) \pm f_{OR} \quad (1)$$

Převzorkování signálu fázové značky, resp. hledané časy nových pseudofázových značek, lze definovat vztahem (2), kde t odpovídá času původní fázové značky.

$$p_i = p_{i-1} + \frac{1}{c^{\pm}(f_{OR}(p_{i-1}))}; \quad p_0 = t_0 \quad (2)$$



Obrázek 1: Filtrovaný spektrogram pokročilé řádové analýzy

3 Závěr

Spektrogram pokročilé řádové analýzy může být použit pro tracking vlastní frekvence a její amplitudy. Necht' je uvažováno okolí prvního řádu, ve kterém se identifikují vybuzené frekvence, resp. odchylka od prvního řádu, tj. od nominální hodnoty vlastní frekvence lopatek. Signál alarmu, indikující možnou událost, případně poškození vzniklé dlouhodobým provozem, je pak generován v případě, že je tato odchylka větší než uživatelsky definovaná hodnota. Korektních výsledků je dosaženo v případě, kdy jsou filtrovány frekvenční průběhy ovlivňující sledované okolí prvního řádu, tj. např. harmonická spolu s vyššími harmonickými. Filtrovaný spektrogram je ilustrován na obrázku 1. Tento spektrogram byl analyzován a v čase okolo 00:35:00 byla identifikována událost, kdy došlo k nafázování a ve spektrogramu je patrný vznik nové vlastní frekvence. Řešení popsané v tomto příspěvku bude v blízké době zahrnuto do portfolia nástrojů systému rubbingu RAMS.

Poděkování

Příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2013-041.

Literatura

- Randall, R., 2011. *Vibration-based Condition Monitoring*. John Wiley & Sons Ltd, ISBN 978-0-470-74785-8.
- Strnad, J., 2011. *Metody bezkontaktního monitorování kmitání bandážovaných lopatek*. Diplomová práce, ZČU Plzeň.