

## Vliv provozních veličin na vyhodnocení stavu lopatek pomocí signálu relativního rotorového chvění

Vojtěch Vašíček<sup>1</sup>

### 1 Úvod

Monitorování rotačních zařízení a jejich diagnostika je základním předpokladem jak předcházet provozu stroje v některém z nenávrhových stavů, souvisejícím s ekonomickými ztrátami. Energetickým systémem, provozovaným s požadavkem maximální spolehlivosti, je turbína. Tento text se bude zabývat monitorováním oběžných lopatek posledního kola nízkotlakého dílu, kde dochází obecně k největšímu mechanickému namáhání.

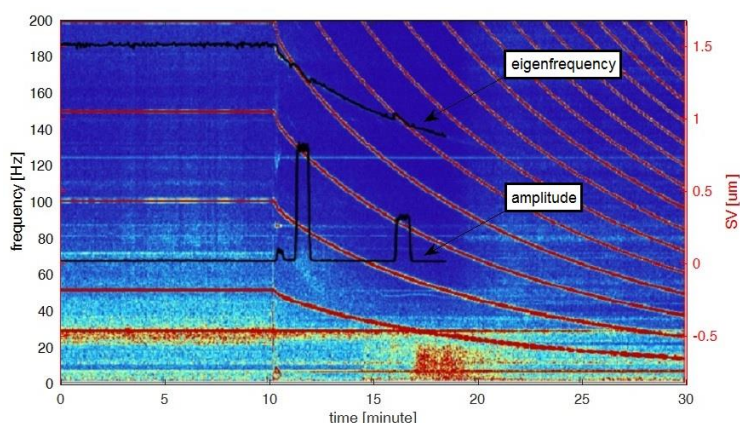
Kmitání lopatek je významné především v oblasti rezonance. Ta je popisována obvykle v závislosti na budicí frekvenci, kterou je otáčková rychlost. Ukazuje se však, že vlastní frekvence lopatek je závislá také na některých dalších provozních veličinách. Tento příspěvek se tak zabývá rozšířením běžně používané závislosti zobrazované v Campbellově diagramu a poskytuje tak provozovateli bližší informaci o stavu sledované lopatky.

### 2 Měření a předzpracování dat

Samotné měření je prováděno pomocí systému RAMS, vyvinutým v laboratoři DiagEn na katedře kybernetiky. Ten využívá standardně instalované snímače relativního rotorového chvění, a jeho použití tak může být pro provozovatele turbíny ekonomicky zajímavé.

Naměřená data jsou zpracována pomocí krátkodobé Fourierovy transformace (STFT) popsané mj. v Vašíček (2016) a z napočtených spektrogramů jsou určeny vybrané lopátkové charakteristiky, tj. amplituda, frekvence a medián sledovaného frek. pásma. Zde je také vhodné zmínit, že lopátkové vibrace jsou v signálu relativního rotorového chvění amplitudově modulovány.

Obr. 1 ilustruje STFT rotorového chvění spolu s průběhem amplitudy, resp. frekvence.



**Obrázek 1:** Krátkodobá Fourierova transformace vs. lopátkové charakteristiky

<sup>1</sup> student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, e-mail: vasicekv@ntis.zcu.cz

### 3 Analýza a vyhodnocení

Analyzováno je vždy několik úseků dat. Nejprve je vypočten korelační koeficient mezi provozními veličinami a amplitudou vibrací lopatek při rezonanci. Následně jsou vybrány ty veličiny, které vykazují největší míru korelace.

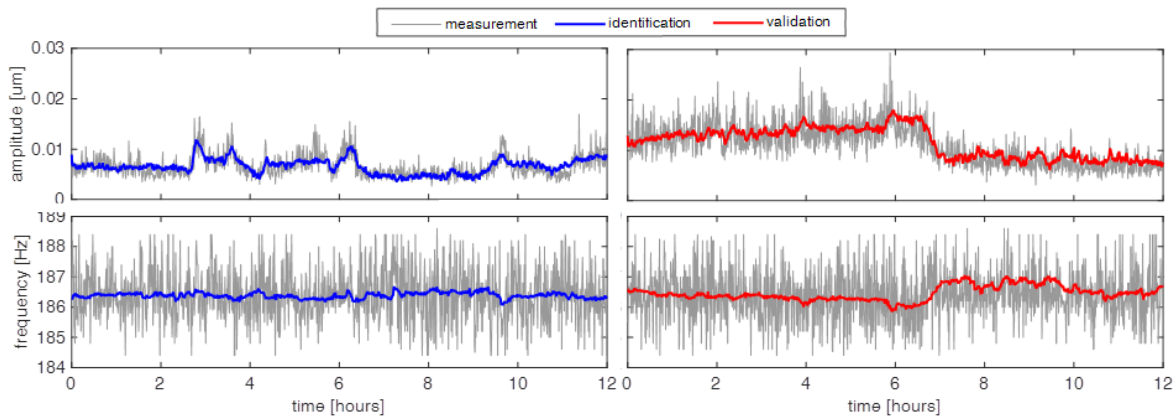
Posledním krokem je samotná identifikace hledaného FIR filtru (1), resp. systému s více vstupy a jedním výstupem, kterým je průběh amplitudy, resp. rezonanční frekvence.

$$z(t) = e(t) + \sum_{k=1}^N \sum_{\tau=0}^{M-1} h_k(\tau) u_k(t-\tau) \quad (1)$$

Lze ukázat, že odhad koeficientů hledaného FIR filtru ve smyslu nejmenších vážených čtverců je dán ve tvaru (2), a to v případě, že rovnice (1) je uvažována v maticové formě, tzn.  $\mathbf{z} = \mathbf{e} + \mathbf{U}\mathbf{h}$ . Diagonální matice  $\mathbf{W}$  definuje váhy jednotlivých měření, které jsou stanoveny jako poměr amplitudy a mediánu lopatkových vibrací získaných pomocí STFT.

$$\mathbf{h}_{SSE} = (\mathbf{U}^T \mathbf{W} \mathbf{U})^{-1} \mathbf{U}^T \mathbf{W} \mathbf{z} \quad (2)$$

Na obr. 2 jsou porovnány výsledné průběhy identifikovaného filtru s naměřenými daty (šedě). Horní část reprezentuje amplitudový filtr, spodní část pak frekvenční filtr. Identifikace byla provedena nad souborem dat vlevo, validace pak nad souborem dat vpravo. Je zřejmé, že navržený filtr byl úspěšně validován, neboť dostatečně dobře sleduje měřená data.



Obrázek 2: Identifikace (vlevo) a validace (vpravo) FIR filtru

### 4 Závěr

Uvedený postup identifikace FIR filtru lze využít pro rozšíření modelu, resp. dříve navržené metody pokročilé řádové analýzy viz. Vasicek (2016). Vlastní frekvence lopatek tak může být kromě otáček kvantifikována také v závislosti na provozních veličinách v případě, že jsou k dispozici. Tento přístup zpřesňuje dříve získané výsledky.

### Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2016-031.

### Literatura

Vasicek, V., Liska, J., Jakl, J. (2016), *Turbine Blades State Monitoring based on Advanced order Analysis*, Proceedings of 13th International Conference on Condition Monitoring and Failure Prevention Technologies, British Institute of NDT.