

## VYUŽITÍ AKUMULOVANÉHO ÚPLNÉHO SPEKTRA K DETEKCI KONTAKTU ROTOR-STATOR

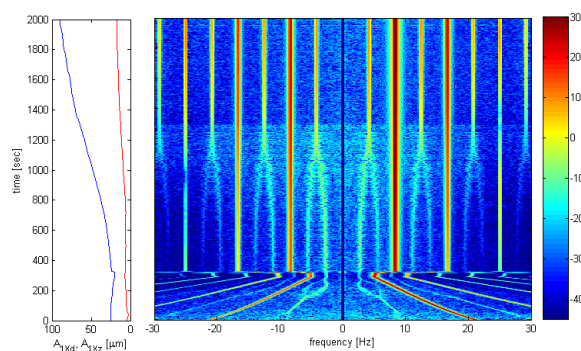
Ing. Jan Jakl<sup>1</sup>, Ing. Jindřich LIŠKA, Ph.D.<sup>2</sup>, Doc. Ing. Eduard JANEČEK, CSc.<sup>3</sup>

### 1 ÚVOD

Snahou výrobců a dodavatelů parních turbín je dodávat na trh stroje, jejichž životnost a spolehlivost budou vyšší než u konkurenčních výrobků. V současné době je kladen velký důraz na monitorování a diagnostiku stavu zařízení. Včasné odhalení závady snižuje finanční náklady a také celkové ztráty, které by vznikly vlivem nečekané poruchy stroje. Mezi poruchy, které mohou ovlivňovat vibrační vlastnosti rotorů, patří kontakt mezi rotorem a statorovou součástí, neboli rubbing. Základní rozdělení typů rubbingu se odvíjí podle délky trvání kontaktu na částečný a úplný rubbing. Doplnující informací je směr precese rotoru. Standardně se rubbing detekuje na základě zvýšené úrovně rotorových vibrací, přičemž mezi jeho další projevy patří rotace fázoru 1X a vznik subharmonických složek spektra, které se zjišťují offline analýzou vibračních signálů. V tomto příspěvku je představena nová metoda pro offline detekci rubbingu.

### 2 AKUMULOVANÉ ÚPLNÉ SPEKTRUM

Pokud jsou k měření relativních vibrací rotoru použity dva snímače umístěné pod úhlem 90°, je možné sledovat vibrace rotoru ve formě orbit, což umožňuje určit směr precese rotoru.



Obr. 1: Úplný spektrogram - projev částečného rubbingu

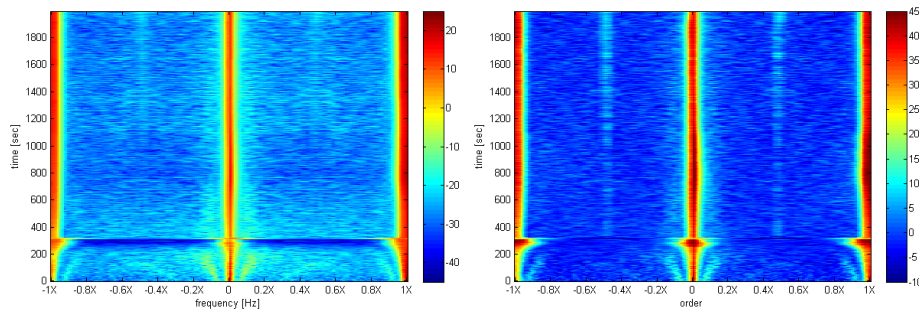
Filtrovaná orbita má obecně tvar elipsy, kterou lze ze znalosti amplitud a počátečních fází signálů tvořících orbitu rozložit na součet dvou protiběžných kruhových orbit – složek dopředné a zpětné precese. V kombinaci s krátkodobou Fourierovou transformací lze tímto postupem vypočítat Úplný spektrogram, který kromě frekvenční analýzy umožňuje stanovit složky precese rotoru na všech vypočtených frekvencích. Úplné spektrum více popisuje

<sup>1</sup> Ing. Jan Jakl, student doktorského studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, ZČU v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, e-mail: jjakl@kky.zcu.cz

<sup>2</sup> Ing. Jindřich Liška, Ph.D., vědeckovýzkumný pracovník na katedře kybernetiky, ZČU v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, e-mail: jinliška@kky.zcu.cz

<sup>3</sup> Doc. Ing. Eduard Janeček, Csc., vedoucí oddělení informačních a řídicích systémů na katedře kybernetiky, ZČU v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, e-mail: janecek@kky.zcu.cz

například Muszynska (2005). Na obr. 1 je zobrazen úplný spektrogram vypočtený z dvojice vibračních signálů změřených na 80MW turbíně. Pravá část spektrogramu obsahuje informace o amplitudách dopředných složek precese na jednotlivých frekvencích, v levé části jsou pak vyneseny amplitudy zpětných složek precese. Složkou s největší amplitudou je první harmonická - 1X, jejíž frekvence odpovídá otáčkové frekvenci rotoru. Subharmonické složky spektra (s frekvencí nižší než 1X) a jejich násobky signalizují, že během tohoto provozu docházelo po dlouhou dobu k částečnému rubbingu. Pro automatickou detekci tohoto typu kontaktu je vhodné dokázat sledovat vznik a zánik subharmonických složek spektra. Jelikož obecně nelze stanovit frekvenční pásmo, ve kterém by bylo možné tyto složky detekovat, byla vyvinuta metoda akumulovaného úplného spektra. Princip této metody spočívá v rozdělení spektra do intervalů podle otáčkové frekvence a výpočet jejich průměru. Tím se informace o subharmonických složkách transformuje z širokého pásma frekvencí do jednoho intervalu. V některých případech může nízkofrekvenční šum s vysokou úrovní amplitudy nežádoucím způsobem ovlivnit průměrování spektra. V rámci této metody je k potlačení šumu pozadí použit odhad mediánu amplitud z každého frekvenčního intervalu, kterým jsou pak amplitudy v příslušném intervalu poděleny a až poté začíná proces průměrování. Efekt potlačení šumu pozadí je patrný z obr. 2, kde v levé části je zobrazen akumulovaný úplný spektrogram se zachovaným šumem pozadí a v pravé části pak spektrogram s potlačeným šumem. Subharmonická složka 1/2X je v tomto případě mnohem lépe pozorovatelná.



Obr. 2: Akumulované úplné spektrum, vliv potlačení šumu pozadí

### 3 ZÁVĚR

Tento příspěvek pojednává o nové metodě pro offline detekci vzniku částečného kontaktu mezi rotorem a statorovou částí stroje. Metoda vychází z metody úplného spektra používaného pro diagnostiku rotačních zařízení a vhodným způsobem ji modifikuje. V závěru je uveden postup pro potlačení úrovně šumu pozadí, jehož účinek je demonstrován na vhodném příkladu. Tato metoda se prozatím osvědčila pro offline detekci rubbingu a jedná se o základní kámen pro výzkum metod online detekce.

#### Poděkování:

Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2010-036 Rozvoj a využití kybernetických systémů identifikace, diagnostiky a řízení a projektem FR-TI1/196 Výzkum a vývoj prototypu diagnostického systému pro detekci a lokalizaci rubbingu na parních turbínách.

### LITERATURA

Muszynska, A., 2005. *Rotordynamics*, Taylor&Francis Group, Boca Raton

Jakl J., 2011. *Metody zpracování signálů a detekce kontaktu rotor-stator v diagnostice parních turbin*. Práce ke státní doktorské zkoušce, ZČU v Plzni, Fakulta aplikovaných věd