



Lokalizace kontaktu rotor/stator v parních turbínách

Antonín Boublerle¹

1 Úvod

Moderní společnost je zcela závislá na elektrické energii. Spotřeba elektrické energie neustále stoupá. Navíc čím dál častěji je rozebírána problematika ubývání neobnovitelných zdrojů. Jednou z možností, jak ušetřit nejen zdroje elektrické energie, ale také finanční prostředky v energetickém průmyslu, je zdokonalování a vývoj nových zařízení pro její výrobu. Snahou je tedy vytvářet zařízení, jejichž účinnost, životnost a spolehlivost bude stále vyšší. Současný trend v této problematice dále pak spěje k monitorování jednotlivých zařízení, neboť včasná detekce počínající závady může ušetřit nemalé finanční prostředky.

2 Zadání

Velkou skupinu při výrobě elektrické energie představují parní turbíny. Aby byla zajištěna co nejvyšší účinnost těchto strojů, jsou do míst, kterými by mohla unikat pára bez jakéhokoliv využití, instalovány tzv. ucpávky. Pomocí ucpávek je snižována vůle mezi rotorovou a statorovou částí, přičemž snahou je, aby vůle byla co nejnižší. To ovšem sebou přináší větší riziko vzniku kontaktu rotor/stator, který je označován termínem rubbing. Ke vzniku rubbingu tedy dochází po překročení vymezené vůle mezi rotorovou a stacionární částí stroje, což může být způsobeno tepelnou deformací statoru – skříně turbíny nebo nárůstem rotorových vibrací. Jakákoliv přítomnost rubbingu v parních turbínách je ovšem velmi nežádoucím jevem, který může vést ke snižování účinnosti stroje (např. obrušováním ucpávek) až k úplnému zničení celého zařízení. Proto je potřeba tento případný stav detekovat a místo vzniklého kontaktu lokalizovat. Tato diplomová práce se zabývá právě problematikou lokalizace kontaktu rotor/stator, která je spolu s úlohou detekce řešena na Katedře kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni ve spolupráci s průmyslovým partnerem Doosan Škoda Power s.r.o. Cílem je navrhnout metodu (popř. metody), která by s vysokou přesností dokázala lokalizovat místo vzniklého rubbingu. Bohužel není příliš vědeckých publikací, které by se touto problematikou zabývaly, zvláště pak na reálných strojích v provozu.

3 Řešení

Vstupem pro lokalizaci jsou vibrační signály měřené na určitých místech turbíny popř. rotorového stendu (v tzv. rovinách). V případě vzniku rubbingu dochází k šíření vzruchu od místa kontaktu k jednotlivým snímačům. Na základě detekovaných časů dospění vzruchu ke snímačům je pak vypočítána vzdálenost místa kontaktu. Jestliže je měřeno pouze ve dvou rovinách, je potřeba pro výpočet znát také i rychlost šíření vzruchu, což může být velmi problematické. Tento nedostatek může být ovšem odstraněn, pokud jsou počátky vzruchu detekovány alespoň na třech rovinách, kdy již tato rychlost nemusí být známa. Nejprve byla prováděna lokalizace rubbingu na rotorovém stendu RK4. Rotorový stend RK4 je experimentální zařízení, na kterém lze modelovat chování rotoru v případě rubbingu.

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Automatické řízení, e-mail: bouban@students.zcu.cz

K vyvolání kontaktu byla použita nejprve teflonová a dále pak i kovová ucpávka. Velkou výhodou je především přesná znalost místa kontaktu. Překážkou při lokalizaci byla ovšem poměrně krátká hřídel. Nicméně na základě analýzy získaných dat z experimentů byla navržena metoda pro lokalizaci vycházející z časové a frekvenční oblasti zpracování signálů. V případě kontaktu hřídel/teflonová ucpávka se podařilo velmi přesně lokalizovat místo vzniklého rubbingu. Postupně byly lokalizovány různé pozice teflonové ucpávky, navíc při proměnných otáčkách, při kterých vznikl kontakt. Dokonce se podařilo rozlišit změnu polohy ucpávky o pouhých 1,5 cm. Získané výsledky lze tedy považovat za velmi dobré, navíc zmíníme-li fakt, že šířka samotné ucpávky byla 3 cm. V případě rubbingu s kovovou ucpávkou nebyly výsledné histogramy vzdáleností tak koncentrované, jako v případě ucpávky teflonové, nicméně se podařilo lokalizovat pět různých poloh na polovině (půlmetrové) hřídele a to opět při různé frekvenci otáčení. Tedy i v tomto případě se jedná o poměrně přesnou lokalizaci.

Získané poznatky z experimentů na rotorovém standu spolu s navrženou metodou byly použity pro lokalizaci rubbingu v provozu parních turbín. Ačkoliv s velkou pravděpodobností v některých případech docházelo během měření na reálných strojích ke vzniku rubbingu, nebylo předem známo, jaké projevy skutečně souvisí s kontaktem rotor/stator popř. zda se vůbec v měřených signálech vyskytují. Mezi řadou událostí, které byly v signálech pozorovány, se podařilo pomocí časo-frekvenční analýzy identifikovat dva typy rubbingu – tzv. hřídelový a nadbandážový. Navíc byla navržena další metoda pro lokalizaci vycházející právě z časo-frekvenční oblasti zpracování signálů. Oba typy kontaktu se podařilo úspěšně lokalizovat. Ačkoliv nebyla získána žádná informace o skutečném místě vzniku obou typů rubbingu, na správnosti získané lokalizace lze usuzovat na základě poměrně dobré shody výsledků, kterých bylo dosaženo dvěma rozdílnými metodami (časová, časo-frekvenční oblast) v případě nadbandážového rubbingu. Navíc po odstávce a dalším podrobném ohledání typově shodné turbíny s podobnými příznaky rubbingu byly nalezeny důsledky nadbandážového i hřídelového kontaktu v podobě poničení některých částí stroje a to na velmi podobných místech, která byla lokalizována. Jelikož se jedná z hlediska konstrukce o zcela stejné turbíny, je velmi pravděpodobné, že ke kontaktu skutečně docházelo na námi lokalizovaných místech. V této práci byly získány nástroje pro lokalizaci místa kontaktu rotor/stator, které byly vyzkoušeny jak na rotorovém standu, tak i na strojích v provozu.

4 Poděkování

Tento příspěvek byl podpořen grantovým projektem SGS-2013-041.

Literatura

- Hall, L. D., Mba, D., 2004. *Diagnosis of continuous rotor-stator rubbing in large scale turbine units using acoustic emissions*. Ultrasonics 41, p. 765-773
- Muszynska, A., 2005. *Rotordynamics*. Taylor & Francis Group, CRC Press, ISBN 0-8247-2399-6
- Jakl, J., Liška, J., Janeček, E., 2013. *Výzkum a vývoj metod lokalizace rubbingu a jejich automatizace*. Výzkumná zpráva, ZČU Plzeň