

Oponentní posudek disertační práce Ing. Vojtěcha Vašíčka s názvem „Monitorování vibrační oběžných lopatek parních turbín s využitím analýzy rotorového chvění“

Význam disertační práce pro obor

Monitorování chování lopatek se obvykle provádí analýzou signálu z měření metodou tip-timing, která vyžaduje instalaci dedikovaných senzorů, a to limituje její používání. Přístup navržený Ing. Vašíčkem, tedy využití signálu relativních vibrací rotoru je inovativní a umožňuje monitorování pomocí standardně instalovaných senzorů. Důležitost monitorování kvůli rostoucím požadavkům na spolehlivost a bezpečnost provozu turbín stále stoupá.

Postup řešení, použité metody a splnění cílů

Vytčené cíle práce byly splněny, použité metody odpovídají současnému stavu poznání, postup řešení využíval analýzu reálných signálů z turbín, modelování i experimenty.

K použitým metodám mám 2 otázky:

1. Studoval jste možnost použít pro frekvenční a časo-frekvenční analýzu jiné metody než ty, které jsou založeny na DFT a které by mohly pravděpodobně poskytnout lepší frekvenční rozlišení?
2. Vyšetřoval jste vliv SNR signálu rotorových vibrací na výsledky, např. na úspěšnost detekce, kap. 9.4.?

Výsledky práce, původní přínos

Původním přínosem práce jsou nové znalosti o projevu vibrací oběžných lopatek turbín v relativních vibracích rotoru a postupy pro jejich automatizované vyhodnocování. Navíc oceňuji, že výsledky byly uplatněny v průmyslové praxi.

Systematika, přehlednost, formální úprava a jazyková úroveň

Text práce je přehledně členěn do kapitol s patřičnou hierarchickou strukturou. Práce má výbornou formální i jazykovou úroveň. Pro lepší pochopení záměru autora by někdy bylo přínosné začínat popis aplikace metod definicí problému nebo stanovení cíle, např. v části 9.2.1 je cíl snažení uveden až na straně 80.

Publikace studenta

Student je hlavním autorem nebo spoluautorem mnoha publikací na relevantních světových konferencích, což dokumentuje jeho schopnost tvořit vědecko-výzkumné výsledky v

mezinárodním kontextu. Je škoda, že výsledky své práce nepublikoval v některém z významných mezinárodních časopisů.

Závěr

Disertační práce je kvalitním dílem dokazujícím schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce Ing. Vašíčka, přináší nové poznatky a má praktický dopad, proto bez výhrad **doporučuji disertační práci k obhajobě.**

V Praze, 7.9.2021

prof. Ing. Radislav Šmíd, Ph.D.

Oponentský posudek

k disertační práci na téma

Monitorování vibrací oběžných lopatek parních turbín s využitím analýzy rotorového chvění

Vypracoval: Ing. Vojtěch Vašíček

Školitel: doc. Ing. Eduard Janeček, CSc.

Pracoviště: Katedra kybernetiky, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni

Studijní obor: Kybernetika

Aktuálnost zvoleného tématu

Předložená disertační práce se věnuje problematice monitorování a diagnostiky oběžných lopatek parní turbíny. Přestože je monitorování a diagnostice energetických zařízení vzhledem k jejich významu věnována dlouhodobě vysoká pozornost, stále zůstávají konkrétní problémy, které nejsou uspokojivě vyřešeny a mezi ně patří i téma řešené v této práci.

Soulad výsledků disertační práce s cílem

V práci chybí obvyklá kapitola s jasně deklarovanými cíli disertační práce, ty jsou uvedeny spíš mimochodem v úvodní a závěrečné kapitole. Za cíl práce je zde autorem uveden návrh a ověření metody monitorování vibrací oběžných lopatek parních turbín s využitím již existujících snímačů relativních rotorových vibrací. K dílčím cílům pak patří snaha podat ucelený přehled problematiky včetně popisu mechanismu šíření kmitání lopatek do kmitání hřídele. Cíle práce v uvedeném rozsahu považuji za disertabilní a lze konstatovat, že i splněné.

Postup řešení a použité metody

Disertační práce je rozdělena do deseti hlavních kapitol s celkovým rozsahem práce 84 stran vlastního textu. Po krátkém motivačním úvodu následuje kapitola s popisem současného stavu problematiky a souhrnem dosud používaných kontaktních a bezkontaktních metod monitorování vibrací oběžných lopatek. Vlastní práce autora je obsahem následujících kapitol, kde je nejdříve ve třetí kapitole vysvětlena podstata navrhované metody a postupně logickým a didakticky názorným způsobem popsán mechanismus vzniku vibrací, způsob modulace signálu lopatkových vibrací na vibrace hřídele, představen matematický model popisující celou situaci a způsob jeho praktického ověření na fyzickém modelu a následně i na reálné parní turbíně. V deváté kapitole je pak uveden podrobný popis implementovaného algoritmu pro monitorování lopatkových vibrací pomocí signálu relativního rotorového chvění.

Zvolený postup považuji za správný, autor postupuje v logickém sledu a jednotlivým problémům věnuje přiměřenou pozornost. Velmi oceňuji analytický přístup autora v teoretické části práce a z praktického pohledu pak devátou kapitolu, kde velmi názorně demonstruje postup zpracování signálu. K prezentovaným postupům nemám žádné výhrady ani připomínky. K dokonalosti mi chybí kromě již dříve zmíněné kapitoly s cíli práce ještě kapitola s kritickým zhodnocením limitů navržené metody. Při tvorbě matematického modelu byly průběžně uvedeny různé předpoklady a omezení (např. linearita systému, stejná frekvence kmitání lopatek, ...) a pro čtenáře tak není zcela zřejmé, kde a jak významná jsou omezení metody ve srovnání s ostatními. Závěrečný

odstavec mi v tomto smyslu přijde příliš stručný a obecný.

Po formální stránce je práce na velmi dobré úrovni, zaregistroval jsem v textu jen několik málo překlepů a pravopisných chyb (str. 16 a 63 „vyplívá“, str. 17 „výřivých“, str. 28 chybně rozsah (25-40)Hz, str. 47 linearitě/linearita, str. 48 dvě/dvou, str. 59 porovnat, str. 63 měřítko grafu 7-18.

Výsledky disertační práce a přínos v oblasti nových poznatků

Hlavním výsledkem disertační práce je návrh a ověření alternativní a levné metody pro monitorování vibrací oběžných lopatek parních turbín. Navržená metoda je inovativní a funkční. Původním přínosem autora je návrh a ověření matematického modelu, popisujícího přenos vibrací lopatky na vibrace rotoru a návrh a implementace algoritmu zpracování signálu ze snímačů relativní polohy hřídele pro diagnostiku vibrací lopatek.

Význam pro praxi a další rozvoj vědy

Řešená problematika má přímou vazbu na praxi, monitorování vibrací oběžných lopatek není z finančních důvodů běžně používáno a navržený postup představuje zajímavou a relativně levnou možnost, jak monitorování zajistit. O praktickém významu svědčí i fakt, že popsaná metoda je dle autora již používána v komerčním produktu RAMS pro monitorování turbíny o výkonu 215 MW v estonské Narvě.

Závěr

Předložená disertační práce je přínosná pro rozvoj vědního oboru a splňuje stanovené cíle. Téma práce je aktuální a autor je dokázal zpracovat tvůrčím způsobem. Ing. Vašíček je autorem nebo spoluautorem 23 publikací, z nichž databáze Scopus eviduje 10 publikací a 13 citací. I když jde většinou o konferenční příspěvky, považuji publikační aktivitu za dostatečnou a svědčící o schopnosti prezentovat výsledky své práce odborné komunitě.

Na základě předložené práce se domnívám, že doktorand Ing. Vojtěch Vašíček splnil požadavky kladené na doktorskou práci technického oboru ve smyslu podmínek uvedených v §47 zákona č. 111/1998 o vysokých školách. Práci **doporučuji k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení i udělení akademicko-vědeckého titulu doktor.

Otázky:

- 1) Uved'te, v čem spočívají limity a omezení navržené metody z teoretického i praktického pohledu. Pokrývá navržená metoda všechny běžně se vyskytující provozní a poruchové stavy oběžných lopatek? Můžete provést z tohoto pohledu porovnání s metodou BTT, případně i dalšími?

V Brně, 10. 9. 2021

Digitálně podepsal doc.
Ing. Petr Beneš, Ph.D.
Datum: 2021.09.13
09:34:01 +02'00'

doc. Ing. Petr Beneš, Ph.D.

FEKT, VUT v Brně