

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Jméno: Ing. Marek Klimko

Název: **Vliv incidenčního úhlu na proudění v oběžné mříži turbínového stupně**

Fakulta: Strojní

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2302V013 Stavba energetických strojů a zařízení

Školitel: Dr. Ing. Jaroslav Synáč
Specialista: Ing. Petr Milčák, Ph.D.

Oponent: Ing. Marián Hocko, PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Letecká fakulta,
Katedra leteckého inžinierstva

Obsahová stránka

Dizertačná práca „Vliv incidenčního úhlu na proudění v oběžné mříži turbínového stupně“ z hľadiska obsahu splňuje požiadavky, ktoré sú kladené na tento druh kvalifikačnej práce. V úvodnej časti autor stručne popisuje prúdenie a definuje straty vznikajúce v axiálnej turbínovej mreži stupňa parnej turbíny. V ďalšej časti analyzuje vybrané stratové modely rôznych zahraničných autorov. Jadro dizertačnej práce tvorí popis experimentálnych meraní na experimentálnom zariadení VT-400 a numerická simulácia testovaného turbínového stupňa parnej turbíny a ich vzájomné porovnanie. Prijaté závery autora potvrdzujú naplnenie cieľov dizertačnej práce.

Aktuálnosť tématu

Výskum problematiky vplyvu incidenčného uhla na prúdenie v obežnej mreži turbínového stupňa parnej turbíny je veľmi aktuálny a vyplýva z potrieb výrobcu parných turbín Doosan Škoda Power,

s. r. o. (DŠPW), ktorý uvedený výskum materiálne podporil dodaním konkrétnej mreže turbínového stupňa. Výrobca parných turbín DŠPW má záujem získané poznatky z experimentálnych meraní a numerického modelovania prakticky využiť pri výrobe lopatkových mreží parných turbín.

Postup řešení problému

Problematika dizertačnej práce je riešená v logickej postupnosti. Autor dizertačnej práce postupuje od obecného definovania problému k návrhu a realizácii experimentálnych meraní na profesionálnom experimentálnom zariadení. Namerané výsledky na skúšobnom experimentálnom zariadení konfrontuje s výsledkami numerickej simulácie CFD analýzy turbínového stupňa pokusnej vzduchovej turbíny VT-400 pomocou programu ANSYS CFX 19.3. Dosiagnuté výsledky experimentálnych meraní a numerických simulácií autor prehľadne graficky spracoval v súbore prehľadných grafov a definoval príslušné závery.

Význam rozvoj vědního oboru a pro praxi

Problematika riešená v dizertačnej práci vytvára určitý základ pre rozsiahlejší výskum, ktorého cieľom by mohli byť analýzy ďalších geometrických charakteristík stupňa parnej plynovej turbíny pre rôzne prevádzkové podmienky. Realizácia ďalších navrhovaných experimentálnych meraní v závere dizertačnej práce by mohla viesť k optimalizácii konštrukcie stupňa parnej turbíny, čo by sa mohlo prejavovať vo zvýšení jej účinnosti.

Formální a jazyková úroveň

Formálna a jazyková stránka dizertačnej je na dobrej úrovni a odpovedá stanoveným požiadavkám, ktoré sú kladené na dizertačné práce.

Publikační činnost

Autor dizertačnej práce sa danou problematikou aktívne zaoberá dlhšiu dobu, čo sa prejavilo aj v jeho publikačnej činnosti. Konkrétne výsledky realizovaných experimentálnych meraní publikoval v niekoľkých článkoch, ktoré boli vydané v domácich a zahraničných časopisoch a prezentované na vedeckých konferenciách. V dizertačnej práci autor využil 4 skôr vydané práce.

Poznámky, připomínky

V dizertačnej práci nie jednotný popis grafov. Podstatná časť použitých grafov má popis v češtine, niektoré (obr. 2-1, obr. 2-2, obr. 2-3, obr. 2-4, obr. 4-1 a obr. 7-2) majú popis v angličtine. Táto skutočnosť však nemá zásadný vplyv na kvalitu dizertačnej práce.

Po zodpovedení položených otázok a na základe predloženej dizertačnej práce ji **doporučuji** k obhajobe.

Doporučuji po úspešnej obhajobe udeliť akademickú hodnosť „philosophiae doctor” - Ph.D.” Predloženou dizertačnou prácou na základe predchádzajúceho hodnotenia **DOPORUČUJI** prijať k obhajobe po jej úspešnom obhájení navrhuji udeliť akademický titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

Doplňující otázky:

1. Aký ďalší postup výskumu navrhujete realizovať v tejto oblasti. Budete v tomto výskume ďalej pokračovať?

V Prešove, 1.6.2021



oponent

Oponentní posudek disertační práce

Vliv incidenčního úhlu na proudění v oběžné mříži turbínového stupně

Ing. Marek Klimko

Disertační práce se věnuje experimentálnímu a teoreticky výpočetnímu způsobu výzkumu proudění v turbíně, přičemž pozornost je zaměřena na vliv incidenčního úhlu proudění na účinnost a další parametry v oběžné mříži turbínového stupně. Měření bylo uskutečněno na jednostupňové axiální vzduchové turbíně (VT-400) umístěné na pracovišti ZČU. Turbínové lopatky byly vyvinuty ve firmě Doosan Škoda Power, s. r. o (DŠPW). Disertační práce je v rozsahu 109 stran a doplněna přílohou v rozsahu 16 stran.

Otázky:

- 1/ Strana 48, obrázek 2-32: Prosím odůvodnit, proč se výsledky získané v Brennerově nebo Moustaphyho modelu odlišují od ostatních modelů v oblasti vyšších kladných hodnot incidence úhlu?
- 2/ Strana 83, obrázek 5-16: Jsou k dispozici výsledky, popřípadě je možné se vyjádřit k otázce, jak se naměřená data shodují s modely i pro hodnoty incidence vyšší než 10° tj. 15° nebo 20° ?
- 3/ Prosím o upřesnění jaké vstupní podmínky (okrajové podmínky) byly zvoleny na vstupu do rozváděcí mříže z hlediska vstupních rychlostí média, tlaku a turbulentních veličin. Může turbulence proudu na vstupu ovlivnit proudění v oběžné mříži?
- 4/ Strana 91, obrázek 6-6: Numerická simulace prokázala velmi dobrou schopnost odhadnout velikost ztrát v oběžné mříži. Maximální odchylka mezi CFD a experimentem i v případě méně vhodného vyhodnocení dosahuje do 5 %, což s ohledem na obtížnost řešeného problému je velmi dobrý výsledek. V případě vyhodnocení na středním poloměru lopatkování jsou výsledky z CFD analýzy podhodnoceny v porovnání k experimentálním výsledkům. V případě zvolení hodnocení vycházející z rovin jsou naopak výsledky nadhodnoceny. Je tento rozdíl CFD výsledků důsledkem vlivu parazitního proudu nebo se může objevovat i jiný důvod, který tento rozdíl mohl zapříčinit?
- 5/ Byla uskutečněna v CFD analýze studie vlivu parametrů výpočetní sítě na výsledky, popř. byly uplatněny nějaké předpoklady při přípravě výpočetní sítě?

Stanovisko:

a/ Silnou stránkou disertační práce je výzkumná činnost realizovaná společně s výrobní sférou, přičemž řešený problém je v současné době velmi potřebný. Disertační práce tak propojuje



náročnější metody výzkumu s praktickými potřebami návrhu a provozu turbín a tím výrazně přispívá k rozvoji oboru konstrukce a provozu turbín. V závěru práce byly nastíněny další možnosti způsobu měření veličin proudění v oběžné mříži, které by mohly přispět k rozsáhlejším poznatkům chování proudu v prostoru oběžných kol turbíny.

b/ Kromě experimentálních výsledků autor rovněž uskutečnil teoretické numerické simulace proudění v turbíně a výsledky úspěšně validoval s experimentem. Zamýšlený záměr výzkumu vlivu incidenčního úhlu na proudění v oběžné mříži byl z hlediska rozsahu a odborné náplně splněn.


c/ Práce se skládá ze tří základních částí tj. z představení dosavadních znalostí v oblasti analýzy ztrát v oběžných lopatkách, měření na turbíně včetně zhodnocení získaných výsledků a uskutečnění vlastní numerické simulace v mezilopátkovém prostoru turbíny. Součástí teoretického poznání je představení vybraných ztrátových modelů a jejich vzájemné porovnání. K tomuto účelu zhotovil autor disertační práce vlastní výpočetní programy v prostředí Matlab, přičemž výsledky jsou součástí disertační práce. Tyto teoretické poznatky poté porovnal s experimentálně získanými hodnotami. Experimentální výsledky byly ještě konfrontovány s výsledky numerické simulace. Numerická simulace byla uskutečněna v programu Ansys/Fluent. Proudění bylo řešeno jako stlačitelné turbulentní s $k-\omega$ SST modelem. Autor porovnal numerické a experimentální výsledky pro následující parametry: hmotnostní průtok, účinnost stupně, ztráty, rychlostní podmínky vstupního a výstupního proudu apod. Vizualizace CFD výsledků je přehledně zobrazena dále v příloze disertační práce. V závěru práce je věnována pozornost rozboru odhadu efektivního náběhu proudu v lopátkové mříži.

d/ Disertační práce je výborně koncipovaná, je přehledná a výsledky jsou stručně a jasně vyhodnoceny. Jazyková úroveň je velmi dobrá.

e/ Z důvodu spolupráce s průmyslovým partnerem ve výzkumných aktivitách disertační práce, došlo k výraznému omezení dostupnosti dat v disertační práci, přesto autor přehledně vyhodnotil výsledky, ze kterých koncipoval mnoho významných závěrů. Autor se opírá o 56 titulů publikací uvedených v použité literatuře, přičemž v 5 publikacích vystupuje jako autor, popřípadě spoluautor. Překladatel disertační práce je prvním autorem v jednom odborném časopise Acta Polytechnica zařazeném Q3 a dále prvním autorem dvou příspěvků na konferenci. S ohledem na skutečnost, že výsledky práce jsou částečně utajeny, je publikační činnost adekvátní.

f/ Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě a v případě úspěšné obhajoby doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.

V Liberci, dne 2. června 2021


prof. Ing. Karel Fraňa, Ph.D.
Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní
Katedra energetických zařízení

