

Oponentní posudek disertační práce doktoranda Ing. Aleše Macálky vypracované na téma:

„Tvarová modifikace lopatky koncových stupňů parních turbín“

Oponent: Dr. Ing. Jaroslav Synáč, Katedra energetických strojů a zařízení, Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni

Termín odevzdání posudku: do 23. 8. 2018

1. Dosažení stanoveného cíle v disertaci:

Stanoveným cílem práce bylo zvýšení účinnosti přeměny tepelné energie na kinetickou energii v posledním stupni lopatkového stroje – konkrétně posledním stupni nízkotlakového dílu parní turbíny velkého výkonu a to tvarovou modifikací rozváděcí lopatky a jejího patního okraje. Pro splnění tohoto cíle doktorand stanovil metodiku výpočtové optimalizace posledních turbínových stupňů. Současně respektoval kromě nominálního provozního stavu také provozní stavy menšího a většího než nominálního výkonu. Protože je práce výpočtového charakteru, provedl validaci numerického modelu porovnáním s experimentálními daty získanými z měření modelu ve vysokorychlostním vzduchovém aerodynamickém tunelu na unikátním pracovišti v laboratoři Ústavu termomechaniky AVČR v Novém Kníně. Výsledkem práce je určení metodiky postupu tvarové modifikace dlouhých rozváděcích lopatek pro zvýšení termodynamické účinnosti posledních nízkotlakových stupňů parních turbín Škoda. Doktorand dosáhl cíle vyvinutím této metodiky a jejím použitím dosáhl přínosu, tedy zvýšení účinnosti posledního stupně parní turbíny pro nominální i nenominální provozní režimy.

2. Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky:

Doktorand v disertaci uvádí dostatečně široký rozbor současného stavu tvarové optimalizace lopatkových strojů. Dokumentuje široké znalosti a dobrou orientaci v řešené problematice. Orientuje se ve výsledcích prací výzkumných a vědeckých kolektivů, které se jím řešenou problematikou zabývají a to jak v odděleních výrobní společnosti, tak i na akademických pracovištích. V práci uvedený seznam celkem 52 informačních publikovaných zdrojů pokrývá zvolenou tematiku disertační práce zcela dostatečně.

3. Teoretický přínos disertační práce:

Po rešerši prací, které se zabývá problematikou předložené disertační práce, je teoretickým přínosem práce implementace teorie, fyziky, do výpočtového nástroje pro dosažení přínosu tvarové optimalizace na výkon turbínového stupně. Autor se zabývá rozboru nastavením výpočtového procesu, včetně je ho testování. Uvádí analýzu ukazující efektivní přístup vedoucí ke zvýšení účinnosti posledních turbínových stupňů parních turbín. Výsledky této analýzy zobecnil a přínosně přispěl do vědního oboru parních turbín.

4. Praktický přínos disertační práce:

Praktický přínos disertační práce je využitelnost praxí. Mohou ji využívat výrobci lopatkových strojů, zejména parních či spalovacích turbín. Nízkotlakové lopatkování posledních turbínových stupňů pracuje s extrémními rychlostmi, při kterých se přeměňuje kinetická energie proudu pracovní páry v rotační kinetickou energii. Efektivita této transformace přímo rozhoduje o účinnosti a výkonu celého stroje o jeho rozměrech i o jeho dlouhodobé provozovatelnosti. Tedy o zákazníkem sledovaných klíčových vlastnostech energetického zařízení. Proto metody a výpočetní postupy uvedené v disertační práci jsou pro praxi silně očekávané a užitečné. V disertační práci autor aplikoval nově vyvinutou metodiku, kde provedl aerodynamickou analýzu s určením takových míst komplexní geometrie nízkotlakové části parní turbíny Temelín, které mají největší potenciál možného zvýšení účinnosti. Tuto část práce porovnal s vědeckovýzkumným měřením, které provedl společný tým Doosan Škody Power a odborníků z Fakulty strojní ČVÚT v Praze.

5. Vhodnost použitých metod řešení:

Autor disertace správně zvolil, na základě svých znalostí a zkušeností získaných působením v inženýrských firmách, vhodné metody řešení pro dosažení cílů své disertační práce. Kromě rešeršně získaných informací zúročil své ucelené znalosti v autorských publikacích.

6. Způsob jak byly použité metody aplikovány:

Úspěšným, vhodným aplikováním použitých metod doktorand dosáhl doktorand cílů definovaných v úvodu své disertační práci.

7. Prokázání znalostí doktoranda v daném oboru:

Z předložené disertační práce je zřejmé, že doktorand má dostatečně hluboké znalosti v daném oboru. Silnou stránkou práce je ta část, která se zabývá rozbohem použití vhodných výpočtových systémů, postupů a metodik vedoucích k cíli práce. Doktorand prokázal dostatečné znalosti z termomechaniky a konstrukce lopatkových strojů, turbínových stupňů, z aplikace změřených výsledků z aerodynamického tunelu i ze skutečného stroje. Tyto znalosti jsou předpokladem úspěšného dosažení cíle disertace.

8. Formální úroveň práce:

Práce má dostatečný rozsah a je přehledně členěná do kapitol. Autor se dopustil několika nedůsledností a drobných chyb – překlepů. Z hlediska českého jazyka se jedná například o opakovaně chybné použití slov „vysokotlaký, středotlaký, nízkotlaký“ na místo delších výrazů vysokotlakový, středotlakový, nízkotlakový. Podobně nespisovné je slovo „izoentropický“, má být izentropický. Bylo by dále vhodnější používat místo „výška lopatky“ slovní spojení délka lopatky, a vzhledem k obsahu práce místo spojení „točivé stroje“ lépe lopatkové stroje. V práci oscilují synonymní výrazy koncový a poslední stupeň – v praxi se spíše používá druhý výraz. Podobně oscilují zkratky pro jeden a týž objekt „ST2 a NT-2, ST1 a NT-1, ST0 a NT-0“ na straně 10.

Chybně je uvedený rozměr entalpie na straně 48. Rovněž nejsou důsledně číslovány rovnice na straně 46. Podobně na straně 53 měl být uvedený graficky vhodnější zápis rovnice. Autor měl zvážit, zda nerovnoměrnost pole není jen způsobena polohou kondenzátoru pod turbínou, ale také rotací olopatkovaného hřídele turbíny, strana 48. Zřejmou chybou je označení provozního stavu „B1“ místo správného „B4“ na straně 55.

Tyto uvedené i další zbytečné malé nepřesnosti však nesnižují hodnotu předložené práce, spíše jen svědčí o podcenění pozitivního vlivu posledního čtení na formální úroveň práce.

Závěr:

Doporučuji předloženou disertační práci doktoranda Ing. Aleše Macálky k obhajobě.

Otázka k vědecké diskuzi:

V entalpicko-entropickém (h-s) diagramu vysvětlete a komentujte průběh expanze (komprese) v posledním stupni, výstupním difuzoru a výstupním tělese k hrdlu kondenzátoru parní turbíny.

V Plzni dne 8. srpna 2018

Jaroslav Synáč