

Posudek disertační práce

Uchazeč Ing. Eva BílkováNázev disertační práce Návrh a optimalizace propelerové turbíny s proměnnými otáčkamiStudijní program Vodní hospodářství a vodní stavbyŠkolitel doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.Oponent prof. Ing. Peter Dušička, Ph.D.e-mail peter.dusicka@stuba.sk

Aktuálnosť tématu disertační práce

komentář:

Problematika dizertačnej práce je veľmi aktuálna a zaujímavá. Najmä použitie premenlivých otáčok je zatiaľ málo diskutovaná téma, ktorá sa v poslednej dobe dostáva do popredia.

Práca predstavuje koncept axiálnej vrtulovej turbíny s premenlivými otáčkami. Dvojito regulovaná turbína má pevné lopatky obežného kola, čo výrazne zjednodušuje strojnú konštrukciu. Odpadá ovládací mechanizmus obežného kola a je možné použiť jednoduchšiu valcovú komoru. Obežné koleso je pritom navrhnuté a optimalizované pre prevádzku s premenlivými otáčkami.

Dvojito regulácia je teda zabezpečená pohyblivými lopatkami rozvádzacieho kola, ktoré zároveň slúži aj ako prevádzkový uzáver a zmenou prevádzkových otáčok.

Tento spôsob regulácie nie je zatiaľ vo svete teoreticky vyčerpávajúco popísaný. Dizertačná práca autorky je preto k tejto problematike bezpochyby prínosom. Treba podotknúť, že regulácia zmenou otáčok obežného kola sa mohla začať rozvíjať (resp. uplatňovať v širšom meradle) až využívaním modernej a spoľahlivej výkonovej elektroniky, menovite štvorkvadrantového frekvenčného meniča.

V súvislosti s dizertačnou prácou respektíve v nadväznosti na ňu boli riešené aj 3 projekty TA ČR s takouto alebo s veľmi príbuznou problematikou, pričom 1 z projektov stále aktuálne prebieha.

V konečnom dôsledku majú výsledky práce aj priamy vplyv na efektívne využitie hydroenergetického potenciálu v problematických alebo doteraz nevyužívaných nízkospádových lokalitách, čo bolo preukázané príkladmi uskutočnených realizácií - napr. MVE Podhora v mimoriadne stiesnených stavebných pomeroch.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Splnění cílů disertační práce

komentář:

Hlavný cieľ dizertačnej práce vytýčený v kapitole Úvod bol vývoj axiálnej propelerovej turbíny pre prevádzku s premenlivými otáčkami pre energetické využitie nízkospádových lokalít.

Som toho názoru, že autorka v rámci svojej dizertačnej práce tento hlavný cieľ splnila.

Bol zostavený a otestovaný parametrický model prepojený s CFD softvérom umožňujúci efektívny návrh atypických turbín. Na základe vykonaných prác a výpočtov, ale aj poznatkov z praktickej realizácie, boli popísané smery, ktorými by sa mohol uberať ďalší výskum v tejto oblasti.

Prvým je smer efektivity tvarovej optimalizácie a na to nadväzujúce CFD výpočty. Postup uplatnený v dizertačnej práci bol výpočtovo náročný. Jeho skrátenie a s tým spojené aj predpokladané zlacnenie výpočtových prác by uľahčilo uplatniteľnosť aplikácie.

Návrh turbíny na mieru pre danú lokalitu je z výpočtárskeho hľadiska totiž pomerne bežná záležitosť. Problémom v praxi nie je ani tak samotný návrh turbíny pre mikro-vodnú elektrárňu, ale cena výpočtov, konštrukčnej dokumentácie a výroby jedného kusu malej turbíny "na mieru". Návratnosť investície sa potom predlžuje a "kazi" sa tým efekt, pre ktorý to bolo celé robené.

Druhým smerom je oblasť vplyvu návrhových parametrov obežného kolesa na jeho chovanie pri premenlivých otáčkach. Rozsiahlejší výskum v tejto oblasti by mohol potvrdiť všeobecnú platnosť zistených vzťahov. To by viedlo k správne mu návrhu iniciačnej geometrie a tým ku skráteniu času pre optimalizáciu obežného kolesa pre danú lokalitu.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Metody a postupy řešení

komentář:

Metódy a postup riešenia boli zvolené tak, aby sa dal naplniť hlavný cieľ dizertačnej práce, čo bol vývoj axiálnej propelerovej turbíny pre prevádzku s premenlivými otáčkami. Predpokladom bolo, že hydraulický profil turbíny je potrebné podriadit' jednak priestorovým možnostiam lokality (napríklad aj pre extrémne stiesnené pomery strojovne v prípade realizovanej stavby MVE Podhora) a ďalej prevádzkovým požiadavkám celej vodnej stavby.

Navrhnutý parametrický model propelerovej turbíny dizertantka optimalizuje metódami matematického modelovania pre pracovný rozsah parametrov. Pritom citlivo, nielen s ohľadom na potrebné fyzikálne zjednodušenia, ale aj s ohľadom na riešenu problematiku (turbíny výkonu rádovo "iba" v desiatach kW) zvolila primerané zjednodušenia, pri zachovaní dostatočnej hustoty výpočtových bodov v použitej výpočtovej sieti. Navrhnutý model optimalizácie verifikovala porovnaním výsledkov modelu a dát získaných meraním fyzickej turbíny Elza 350.

Vyladený model dizertantka použila pri návrhu a optimalizácii ďalších propelerových turbín resp. ich obežných kolies vo väzbe na ostatné časti turbíny.

Veľmi pozitívne hodnotím najmä preukázanie uplatnenia teoretických poznatkov a matematického modelovania v praxi pri návrhu turbíny na konkrétnu lokalitu a jej realizáciu. Jedná sa de facto o kapitolu 3 práce, kde dizertantka uvádza celý postup návrhu propelerovej turbíny s premenlivými otáčkami pre konkrétnu lokalitu MVE Podhora. V zmysle predchádzajúcich výsledkov práce je spracovaný parametrický model geometrie turbíny a ten je optimalizovaný a podrobne posudzovaný na základe CFD analýzy. Na tomto príklade je presvedčivo vidieť prínos optimalizácie parametrického modelu CFD analýzou. Pre stiesnené pomery bola navrhnutá turbína s premenlivými otáčkami obežného kolesa s dobrým regulačným rozsahom pri vysokej účinnosti, dobrými kavitačnými vlastnosťami a v neposlednom rade aj s úsporou investičných nákladov.

Jednoznačne sa tak preukázala opodstatnenosť metód a postupu, ktoré dizertantka použila.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Výsledky disertace - konkrétní přínosy disertanta

komentář:

Prínosy dizertantky sú najmä:

- Rozpracovanie myšlienky použitia premenlivých otáčok turbíny s pevnými lopatkami obežného kolesa ako veľmi aktuálnej a málo popísanej témy - a to nie len z hľadiska teórie, ale aj z hľadiska praktickej aplikácie.

- Zostavenie a overenie celého postupu návrhu takejto turbíny „na mieru“ pri aplikácii pre lokalitu MVE Podhora.

- Výpočtami potvrdenie predpokladu, že turbíny s nižším relatívnym rozstupom lopatiek obežného kolesa T/l (tj. pomeru rozstupu lopatiek k dĺžke tetivy profilu), budú mať lepšie vlastnosti pre prevádzku s premenlivými otáčkami. Pre obežné koleso to znamená viac lopatiek alebo dlhšie lopatky.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Význam pro praxi a pro rozvoj vědního oboru

komentář:

Dizertačná práca je plne využiteľná pre prax. Jej nosná časť je v podstate návodom, ako realizovať celý postup návrhu propelerovej turbíny s pevnými lopatkami obežného kolesa a s premenlivými otáčkami pre konkrétnu lokalitu a s ohľadom na špecifiká danej lokality.

Pre rozvoj vedného odboru je cenné spracovanie parametrického modelu geometrie turbíny a jeho optimalizácia CFD analýzou. Na príklade je presvedčivo vidieť prínos takejto optimalizácie.

Za cenné považujem aj výpočtami potvrdenie predpokladu, že turbíny s nižším relatívnym rozstupom lopatiek obežného kolesa T/l, budú mať lepšie vlastnosti pre prevádzku s premenlivými otáčkami (to som uviedol aj v predchádzajúcej časti posudku Výsledky disertace - konkrétní přínosy dizertanta.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

komentář:

K formálnej úprave mám určité výhrady. V štruktúre práce nie je samostatná kapitola venovaná rešerši/prieskumu aktuálneho stavu problematiky. Stav doterajších poznatkov obsahovo čiastočne rieši nečíslovaná kapitola Úvod. Naproti tomu dosť veľa odkazov na literatúru je v jadre práce, kde by mala prevažovať vlastná tvorba, nie citácie. Citácie sú často vo vetách, ktoré by mali popisovať vlastnú prácu dizertantky (najmä v kapitole 3). Stav poznatkov je priebežne uvádzaný v citáciách v hlavných kapitolách.

V kapitole Úvod sú na jej konci uvedené ciele dizertačnej práce. Ciele - ich definícia a popis náplne - by si podľa môjho názoru zaslúžili vlastnú číslovanú kapitolu.

Čo sa týka číslovania, odporúčal by som očíslovať všetky kapitoly a nekombinovať nečíslované kapitoly s číslovanými, ako je tomu v práci.

Ku kapitole 3 "Návrh a optimalizace turbíny pro konkrétní lokalitu" - celá kapitola je preklad jednej publikácie, aj s pôvodným členením kapitol (abstrakt, kľúčové slová, kapitoly, záver). Najmä úvod opakuje viaceré informácie, ktoré už sú skôr v dizertačnej práci spomenuté. Taktiež záver na konci tejto kapitoly a následne nečíslovaná kapitola "Závěr a shrnutí" nepôsobí v toto kontexte veľmi dobre, nakoľko sa opakujú niektoré informácie, čo zvyšuje počet strán, ale po obsahovej stránke to nepridáva nové informácie a poznatky.

Nakoľko český jazyk nie je mojím materinským jazykom, jazykovú úroveň nehodnotím.

vynikajúci nadprůměrný průměrný podprůměrný slabý

Vyjádření k dodržení citační etiky

Z hlediska citační etiky nemám k práci připomínky. V zápise o kontrole zo dňa 07.03.2023, ktorú vykonal prof. Ing. Milan Jirásek, DrSc., sa uvádza, že bola detekovaná iba nevýznamná zhoda niektorých viet popisujúcich všeobecne známe skúsenosti s inými záverečnými prácami.

Připomínky

- Str.19 je v texte odstavca "Propelerová turbína" uvedený obr. 33, má byť 3.
- Str.23 vzorce (3) a (4) - vo vzorci (3) chybné označenie tenzora napätia (má byť malým písmenom) a vo vzorci (4) chyba v menovateli parciálnej derivácie (vypadlo x).
- Str.35 v odstavci pred vzorcom (12) je chybný text. Správne má byť uvedené: Jej regulácia je zaistená natačaním lopatiek rozvážacieho kola a zmenou prevádzkových otáčok.
- Str.43 rozmer otáčok je uvedený v [s-1], tak isto je uvedený na str.12 v zozname používaných symbolov a skratiek. Vo vzorcoch je ale použitý výraz $n/60$ bez akéhokoľvek vysvetlenia. Vzorec (30) str.48 to isté. Ak je uvedené, že otáčky sú v [s-1], potom by malo byť vysvetlenie, že tu sa zadávajú [min-1], preto je tam $n/60$.
- Str.49 za vzorcom (31) v texte je rozstup lopatiek označený t namiesto T.
- Str.51 v tabuľke sú opäť všetky otáčky uvedené inak ako je definované v zozname používaných symbolov a skratiek.
- Str.50, 51 v kap.2.3 je popisovaná navrhovaná turbína ako propelerová s pevným axiálnym rozvážačom. Na obr.21 je však znázornená turbína s diagonálnym rozvážačom, čo je pre takéto konštrukčné usporiadanie výhodné.
 - o Aký vplyv to malo na modelovanie, ako to bolo zohľadnené?
 - o V texte je uvedená aj veta: „Prototyp byl následně úspěšně testován na lokalitě Bělidlo“. Ako sa dá overiť toto konštatovanie, resp. kvalita realizovaného návrhu, keď okrem tejto vety nie sú k tomu uvedené žiadne ďalšie informácie?
- Str.57 na obr. 23 je diagram v angličtine, práca je pritom v českom jazyku.
- Podobne je to aj s obr. 26 na str.63.
- Str.66 v texte v poslednom odstavci je uvedený odkaz na tab. 2. V skutočnosti ide o tab.3.
- Dizertantka nesporne prispela k problematike modelovania a optimalizácie propelerových vodných turbín s premenlivými otáčkami. V rámci preskúmania mnohých zdrojov týkajúcich sa riešenej problematiky si pri ich citovaní resp. odkazoch na ne ale niekedy odporuje. Napr. na str.61 uvádza: „Návrh a optimalizace axiální turbíny s proměnnými otáčkami zatím nejsou v literatuře podrobně popsány.“ A vzápätí na str.65 uvádza: „Postup optimalizace turbíny s proměnnými otáčkami je podrobně popsán v několika publikacích, například v publikaci z NTNU Trondheim [80].“
- Jedna z dôležitých a zaujímavých vecí pri návrhu turbíny – citlivostná analýza – je v texte spomenutá viackrát. Citlivostnej analýze je ale venovaná len podkapitola v kapitole 3.5. Doplňujúci materiál. Ukážka vplyvu návrhových parametrov na vlastnosti turbíny je na obr. 39 (str.76), ktorý je ale dosť zle čitateľný a tým má nízku vypovedaciu hodnotu.
- O akú hodnotu sa zníži celková účinnosť pri zaradení frekvenčného meniča, resp. aká je hodnota účinnosti frekvenčného meniča?

Závěrečné zhodnocení disertace

Napriek uvedeným pripomienkam hodnotím dizertačnú prácu veľmi pozitívne. Jej téma je aktuálna a zaujímavá. Najmä použitie premenlivých otáčok je zatiaľ málo diskutovaná téma, ktorá sa ale v poslednej dobe dostáva do popredia.

Predkladaná dizertačná práca je prínosom v problematike navrhovania propelerových turbín, i keď je viac zameraná na optimalizáciu obežného kolesa resp. obežného kolesa v spolupráci so savkou a nerieši optimalizáciu rozvážacieho kolesa resp. iné súvisiace časti hydraulického traktu. Takýto prístup považujem ale za prijateľný, pretože kvalita návrhu obežného kolesa propelerovej turbíny podstatne ovplyvňuje parametre a vlastnosti celej turbíny, obzvlášť pri prevádzke mimo optimálny pracovný bod.

Na záver konštatujem, že dizertantka významne prispela k riešeniu problematiky navrhovania a optimalizácie propelerových turbín s premenlivými otáčkami.

Doporučuji po úspešné obhajobě disertační práce udělení titulu Ph.D. ano ne

Datum: 07.05.2023

Podpis oponenta: