

Oponentský posudok dizertačnej práce

Doktorand: **Ing. Pavel JANDOUREK**

Názov dizertačnej práce : **VENTIL NA PRINCÍPU VÍŘIVÉ TURBÍNY**

Studijní obor: Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel' : Prof. Ing. František Pochylý CSc. VUT Brno , Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav,

Oponentský posudok bol vypracovaný na základe poverenia dekanom FS – VŠB – Technická univerzita Ostrava

Posudzovaná dizertačná práca má 136 strán. Práca je členená do úvodu, 8 kapitol, zoznamu symbolov a 33 prameňov použitej literatúry. Prvá kapitola sa zaoberá popisom, charakteristikou vlastností a aplikáciami vírivých strojov. V druhej kapitole autor uvádza prehľad typov vírivých strojov a určením hlavných rozmerov vírivej turbíny. Okrem toho stanovuje ciele dizertačnej práce. Tretia kapitola sa venuje „teoretickému odvodení krouticého momentu a mjerne energie vírivého stroje“. Štvrtá kapitola je venovaná štúdiu turbíny s vírivým obojstranným obežným kolesom. Piata kapitola je venovaná štúdiu vírivého stroja „DELAVAN TURBO 90“. Obsahom šiestej kapitoly je štúdia vírivej turbíny v in-line prevedení. Siedma kapitola je venovaná možnosti využitia „zmačavosti“ obtekaných povrchov. V kapitole 8 je uvedený záver.

1. Aktuálnosť témy dizertačnej práce.

Téma dizertačnej práce je aktuálna. Treba konštatovať, že k uvedenej problematike možno nájsť len veľmi skromné literárne pramene a preto riešenie problematiky vírivých turbín je o to aktuálnejšie. Otázky znižovania energetickej náročnosti a zvyšovanie účinnosti využitím existujúcich zdrojov je takpovediac úlohou súčasnosti. O to viac, keď ide o ekologický zdroj. Preto využitie energie , ktorá sa inak na redukčnom ventile premení na teplo považujem za vysoko aktuálnu.

2. Splnenie cieľov dizertačnej práce

Cieľom dizertačnej práce bolo „dokončení odvodení obecných vzťahu pro měrnou energii Y a krouticí moment M_k na hřídeli vírivého stroje“. Táto úloha sa sledovala z viacerých hľadísk. Jednák v numerickom modelovaní prúdenia hydraulického priestoru vírivého čerpadla, ale tiež experimentálnym zisťovaním vlastností vírivého stroja v čerpadlovej aj turbínovej prevádzke. Druhá úloha mala overiť platnosť vzťahov afinity pri vírivých strojoch. Ďalším cieľom bolo preskúmať vplyv „zmačavosti“ resp. hydrofilnosti

omočeného povrchu vírivého stroja na jeho vlastnosti, predovšetkým účinnosť. Najmä posledný cieľ je originálny a veľmi zaujímavý. Možno konštatovať, že ciele boli splnené.

3. Zvolené metódy spracovania

Doktorand si zvolil cestu teoretickej analýzy, numerického modelovania (CFD) a experimentálneho výskumu vlastností vírivého stroja. Práca má predovšetkým teoretický ale aj experimentálny charakter resp. charakter numerického experimentu pre konkrétnu geometriu vírivého stroja. Numericky aj experimentálne bol realizovaný výskum podľa vlastného návrhu a rovnako aj komerčne vyrábané čerpadla DELAVAN. Numerické modelovanie bolo realizované dvoma zásadne odlišnými prístupmi. Prvý sa týka vnútorného priestoru vírivého stroja, druhý zahŕňa v sebe aj bočné priestory včítane tesniacich kruhov. Obe dva prípady sú riešené pre zmačavý povrch a čiastočne zmačavý povrch.

4. Výsledky dizertačnej práce a nové poznatky

Výsledky dizertačnej práce sú prezentované vo forme charakteristík pre rôzne tvary obežných kolies (4 typy). Nové poznatky dokumentuje obr. 4.3 pre rôzne typy obežného kola v turbínovej prevádzke a 4.7 pre vybrané obežné koleso a rôzne otáčky. (Závislosť $Q_{11}=f(n_{11})$) dokumentuje súčasne platnosť rovníc afinity. Veľmi cenné sú výsledky porovnania sledovaných parametrov s bočnou medzerou (0,25 mm) a bez nej a tiež dôkaz o najvýhodnejšom počte lopatiek turbíny

5. Prínos pre ďalší rozvoj vedného odboru a prax

- Oceňujem variantné návrhy 4 obežných kolies a ich CFD simuláciu s vyhodnotením vnútornej štruktúry prúdenia a vyhodnotenie sledovaných závislostí
- Vyhodnotenie CFD výsledkov sledovaných parametrov v závislosti od n_{11} (Q_{11} , η , P , D , K_v , ξ) pre stacionárne a nestacionárne prúdenie sú cenným príspevkom k problematike vírivých strojov.
- Rovnako je významné vyhodnotenie vplyvu bočnej medzery a axiálnych aj radiálnych síl.
- Za prínos možno považovať tiež porovnanie simulácie parametrov bez uvažovania zmačavosti a s jej uvažovaním.

6. Pripomienky a otázky k dizertačnej práci

K práci mám tieto pripomienky:

V práci sú niektoré pojmy označené s rovnakým znakom, ale rôznym významom (q raz v m^2/s a druhý krát m^3/s , m (kg) je raz hmotnosť inokedy parameter m (-), ω - vírivosť, uhlová rýchlosť, špecifická disipácia energie, Ω -vektor uhlovej rýchlosti).

1. Čím sa líši vzťah (2.3.3) Str. 20 a vzťah (3.0.1) str. 28 ?
2. Čo chcel autor povedať kapitolou 3.4 „Bernoulliho rovnice...“, resp. ktorá je ta rovnica v kap 3.4. Kapitola 3.6 síce vysvetľuje jednotlivé členy, naskytá sa otázka prečo práve tak zložito ? Kapitola 3.2 má charakter „základného kurzu vektorového počtu“ Bolo to nutné tu uviesť ?

3. Rýchlostný trojuholník na str. 36 je nesprávny. Rovnako je nesprávne definovanie uhlu α v označeniach. Uhol α nie je uhol lopatky a uhol β je uhol medzi obvodovou a relatívnou rýchlosťou.
4. Str. 39 Vo vzťahoch (3.6.11, 3.7.1, 3.8.3) sú funkcie Δh_k a A_k v označeniach bezrozmerné. Tu je evidentné, že nemôžu byť bezrozmerné. Rovnako to platí aj pre potenciál (domnievam sa, že ide o potenciál rýchlosti) Rovnice sú potom rozmerovo nehomogénne.
5. Str. 48 Obr.3.13 a Obr.3.14, keď ich autor získal z merania a CFD simulácie, prečo uvádza bez hodnôt na osi x a osi Y. Takto tieto obrázky sú skoro bezcenné. Platí to aj pre ďalšie obrázky.
6. Str.54 vzťah (4.1.4) je vyhodnotenie z CFD simulácie. Preto možno vyhodnotiť len hydraulickú účinnosť a nie celkovú. Vo vzťahu (4.1.4) ide potom o hydraulickú účinnosť. Táto pripomienka sa vzťahuje na všetky diagramy v ktorých je vyhodnotená účinnosť s numerickej analýzy
7. Str. 57 Obr. 4.3. Aký je názor autora na neporovnateľne horšiu účinnosť alternatívy 2. Bolo by zaujímavé porovnanie týchto parametrov v čerpadlovom a turbínovom režime. Je optimum v čerpadlovom a turbínovom režime vzájomne posunuté ?
8. Str.62 vzťah 4.3.1 Krivka $2D = f(n_{11})$ nenadobúda minimum, ako to autor tvrdí. Nema byť v tomto vzťahu hydraulická účinnosť ?
9. Ako si autor vysvetľuje skutočnosť, že priebeh účinnosti v obr. 4.31 pre „unsteady so statorem“ je taký, že v rozsahu diagramu nenadobúda maximum, resp. optimum čerpadla je podstatne vpravo a rýchlobežnosť je ďaleko vyššia ako výpočtová ?
10. Str. 85 Obr. 4.46. Porovnanie účinností turbíny ukazuje na podstatné rozdiely v účinnosti.
11. Str. 88 Obr.4.48 Porovnanie účinností a jednotkového prietoku je podstatne odlišné. Aký je názor autora na tieto skutočnosti ?
12. Je In-line v jednostupňovom a dvojestupňovom prevedení originálnym návrhom autora ?

7. Hodnotenie dizertačnej práce

Predložená dizertačná práca je obsahovo bohatá, prináša nové poznatky a zaoberá sa vedecky málo preskúmanou problematikou. Množstvo experimentov, numerických simulácií dokazuje, že autor pracoval na tejto práci so zánietením a túžbou dosiahnuť čo najlepšie výsledky. Túto skutočnosť treba obzvlášť oceniť. Dizertačná práca je po formálnej stránke na veľmi vysokej úrovni.

Predložená dizertačná práca dokazuje, že doktorand má dobré teoretické vedomosti v danej oblasti. Preukázal schopnosť samostatnej vedeckej práce a dokázal, že má predpoklady riešiť samostatne zložité vedecké a výskumné problémy.

Predložená dizertačná práca Ing. Pavla Jandoureka spĺňa podmienky vyplývajúce z príslušných právnych predpisov

Prácu odporúčam k obhajobe a po jej úspešnej obhajobe odporúčam, aby uchádzačovi

Ing. Pavlovi JANDOUREKOVÍ

bola udelená vedecká hodnosť

Philosophiae doctor – PhD.

V Bratislave 6. 6. 2017

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jandourek', is written on the right side of the page.