

Oponentský posudek

disertační práce Ing. Prokopa Moravce s názvem

„Shape Optimization of the Hydraulic machine Flow Passages“

Doktorand: Ing. Prokop Moravec – VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav
Školitel: Ing. Pavel Rudolf, Ph.D. – VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav
Oponent: Ing. Aleš Skoták, Ph.D. – Litostroj Engineering, a.s.

Posudek byl zpracován za základě dopisu Ing. Jaroslava Katolického, Ph.D., děkana FSI VUT v Brně ze dne 25.8.2020.

Aktuálnost tématu disertační práce

Tvarová optimalizace částí vodních strojů je v dnešní době velice významnou činností oblasti hydraulického vývoje a výzkumu vodních turbín a čerpadel. Vhodnou optimalizací základních rozměrů a vlastního geometrického tvaru průtočného profilu je možno zajistit, aby hydraulický stroj nejen zajišťoval očekávané energetické parametry v daném provozním bodě, ale také aby pracoval při vysoké hodnotě účinnosti a bez vedlejších negativních účinků, jako je například kavitační eroze. V dnešní době je v tomto oboru bezesporu nejaktuálnější využití sofistikovaných matematických simulačních a optimalizačních metod, které ve spojení se silným počítačovým vybavením dokáží zajistit velice kvalitní hydraulická řešení. Zatímco v oblasti simulace proudění je řešení víceméně ustálené ve formě využití metody konečných objemů při řešení průměrovaných Navier-Stokesových rovnic (RANS) různými komerčními software, oblast optimalizačních metod se rychle rozvíjí především díky vývoji dostupných počítačových prostředků.

Splnění stanoveného cíle

Autor ve své práci bohužel neuvádí samostatnou kapitulu s jasným vymezením předpokládaných cílů disertační práce. Po delším hledání se podařilo najít shrnutí výstupů dané práce, což lze pochopit i jako vymezení a zároveň splnění stanovených cílů. Autor vytvořil vlastní optimalizační proceduru na bázi teorie optimalizace chování hejna částic (particle swarm optimization) propojením s komerčním řešičem proudění CFX od společnosti Ansys. Tuto vytvořenou proceduru úspěšně použil při praktické úloze optimalizace tvaru oběžného kola lopatkového hydraulického stroje, a to s cílem dosažení vysoké hodnoty účinnosti v návrhovém bodě při zajištění dobrých kavitačních vlastností.

Postup řešení, výsledky disertační práce a konkrétní přínos doktoranda

V úvodu autor zpracoval poměrně přehledně a výstižně rešerši dostupných optimalizačních metod, včetně nejnovějších metod založených na chování hejna jedinců v přírodě (ptáků, hmyzu). Výhodou těchto metod je možnost nalezení globálního optima. Následnou modifikací a propojením se simplexovou lokální metodou lze výsledky dané metody vylepšit. Podobnou optimalizační metodu doplněnou o kombinovanou cílovou funkci si autor následně vybral pro využití při optimalizaci hydraulického řešení oběžného kola lopatkového hydraulického stroje (MOPSO = Multi Objective Particle Swarm Optimization). Další činností bylo vytvoření parametrizovaného modelu oběžné lopatky, kde autor využil komerční software BladeGen. Optimalizační smyčka je doplněna komerčním řešičem 3D turbulentního proudění AnsysCFX. Výsledky simulace proudění jsou následně analyzovány a využity pro vyhodnocení energetických vlastností dané varianty. Kromě programu provádějící vlastní optimalizační proces autor vytvořil ovládací program, který zajišťuje řízení a propojení všech jednotlivých procesů. Autor následně tento postup využil při optimalizaci konkrétního oběžného kola reverzní turbíny. U třech optimalizovaných návrhů oběžného kola (A,B,C) není jasně uvedena metodika vlastní optimalizace. Není jasné, co bylo předmětem parametrizace pro optimalizaci, ani nejsou výstižně popsány rozdíly při použití sestaveného optimalizačního procesu. Autor popisuje poměrně podrobně pouze rozdíly výsledného řešení z hlediska proudění a konečného tvaru. Dále byl postup použit k optimalizaci oběžného kola odstředivého čerpadla.

Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru:

Navržený a popsáný postup je vhodný k procesu optimalizace hydraulického tvaru oběžných kol čerpadel a vodních turbín. Výhodou aplikace matematických optimalizačních metod je možnost nalezení nekonvenčních řešení, které nejsou tak významně ovlivněny zažitými postupy a zkušenostmi vývojáře. Na druhou stranu je třeba výsledky optimalizace korigovat s ohledem na vyrobiteľnosť a praktické použití výsledné varianty. Optimalizační proces je univerzální, při vhodné parametrizaci je možno teoretické základy a zkušenosti použít k optimalizaci geometrie prakticky jakékoliv části vodního stroje. Kromě optimalizace z hlediska hydraulických parametrů mají postupy tvarové optimalizace v průmyslu velmi široké využití, může se dále jednat např. o optimalizaci z hlediska pevnosti, minimalizace hmotnosti, či všeobecně nalezení minima nějakým způsobem definované cílové funkce.

Formální úprava a jazyková úroveň práce

Disertační práce je zpracována v celkovém rozsahu 175 stran, v použité literatuře je uvedeno 101 odkazů, z nichž v šesti z nich je doktorand autorem nebo spoluautorem. Práce je vypracována v anglickém jazyce na velice dobré jazykové úrovni. Text je doplněn obrázky a grafy, které zajišťují lepší pochopení problematiky a závěrů. Jak již bylo zmíněno, chybí kapitola s jasným vymezením cílů disertační práce. První čtyři kapitoly popisují poměrně výstižně teoretické základy, které jsou následně využity pro sestavení vlastní optimalizační procedury. V části 5, která popisuje praktické použití vyvinuté procedury pro návrh oběžného kola, je poměrně těžké se orientovat, chybí některé zásadní informace. Částečné vysvětlení lze nalézt až v závěru práce, který je už zpracován lépe.

Vyjádření ke zkrácené verzi disertační práce

Předložená zkrácená verze o rozsahu 35 stran shrnuje základní poznatky a výstupy dosažené v průběhu řešení disertační práce.

Dotazy k rozpravě

1. Vysvětlíte význam číslování metod v tabulce 5.6 na straně 87.
2. Popište jak probíhala parametrizace a optimalizace oběžného kola Design A,B a C.
3. Byl optimalizován také úhel opásání?
4. Jak byla sestavena úloha pro optimalizaci (spirála, kolo, rozváděč, savka) ?
5. Okomentujte průběh optimalizace, počet jedinců, počet kroků, čas výpočtu.

Shrnutí

Předloženou disertační práci DOPORUČUJI k obhajobě.

Blansko, 3.11.2020

Ing. Aleš Skoták, Ph.D.
Litostroj Engineering