

Posudek doktorské disertační práce

Doktorand: **Ing. Miroslav Růžička**

Název práce: **Zvýšení stability chodu odstředivého kompresoru**

Oponent: **Doc. Ing. Karel Třetina, CSc., Letecký ústav FSI VUT v Brně**

K posouzení byla předložena disertační práce s rozsahem 145 stran, z toho základní text práce má 122 stran a 6 příloh v celkovém počtu 23 stran. Práce se zabývá v souladu se zadáním problematikou možného zvýšení stability chodu odstředivého kompresoru experimentálního turbínového leteckého motoru. Je rozdělena do devíti základních kapitol s logickou strukturou a návazností. Obsah práce, její členění i prezentování výsledků a závěru odpovídají tématu práce i rozsahu řešené problematiky.

Aktuálnost tématu

Stabilita chodu kompresoru leteckého motoru je z hlediska návrhu i z hlediska provozu a letové bezpečnosti jedním ze základních požadavků kladených na spolehlivý provoz letounu. Nestabilní práce kompresoru vede k pumpáži kompresoru, její důsledky mohou vyvolat a skončit vážnou leteckou nehodou. Odstředivé kompresory, které se v současné době používají hlavně v turbínových motorech a turbodmychadlech malých letadel, mají vysoké otáčky a jejich stabilní práce je pouze v úzkém rozsahu otáček. Proto předložená disertační práce, která řeší zvýšení stability práce odstředivého kompresoru i pro velký rozsah otáček turbínového motoru má nejen odborný, ale i celospolečenský význam

Cíle disertační práce

V třetí kapitole předložené disertační práce jsou stručně popsány antipumpážní prostředky, které jsou používány v konstrukci kompresorů leteckých turbínových motorů. Jsou uvedeny jejich principy činnosti, výhody a nevýhody z hlediska konstrukce i provozních charakteristik. S uvážením a posouzením možností jejich zařazení do konstrukce kompresoru malého turbínového leteckého motoru byl preferován obtokový kanál na vstupu do oběžného kola kompresoru. Pro toto řešení byly v kapitole páté stanoveny cíle disertační práce. Hlavním cílem je pro navrhovaný odstředivý kompresor turbínového motoru navrhnout obtokový kanál tak, aby rozšířil oblast jeho stabilní práce a minimalizoval pokles stlačení i účinnosti v předpokládaných provozních režimech. K dosažení tohoto cíle bylo potřebné vytvořit ucelenou představu o současném řešení problematiky využití obtokových kanálů v kompresorech turbínových motorů. Proto jsou v předložené práci stanoveny postupné dílčí cíle. Z toho, jak jsou jednotlivé dílčí cíle formulovány a plněny, vyplývá, že doktorand vycházel z podrobné a věcně správné analýzy současného stavu řešení. Ukazuje se, že doktorand vycházel i z nemalých vlastních zkušeností a tvůrčí práce v oblasti návrhu malých turbínových leteckých motorů. To se týká především jeho zaměření na problematiku CFD numerických simulací a reálného experimentálního měření na kompresoru turbínového motoru. Celkově lze hodnotit, že vytčené cíle disertační práce byly stanoveny s velkým technickým přehledem.

Úroveň rozboru současného stavu

Analýze vývoje návrhu, výpočtu, počítačovému modelování a experimentálnímu měření charakteristik obtokových kanálů i jejich současným stavům je věnována velká pozornost především v kapitolách čtyři a šest. V této části práce jsou přehledně uvedeny výpočty, simulace a výsledky měření průtoků vzduchu na parametrech obtokových kanálů. Systematicky jsou uváděny použité parametry obtokových kanálů, jejich charakteristiky a z nich vyplývající závěry. Tyto kapitoly dávají tak podrobný přehled o metodikách získávání jednotlivých charakteristik obtokových kanálů a to jak výpočtem a simulací, tak i experimentálním měřením.

Díky těmto metodikám a postupům se získaly informace o vlivu tvarů, rozměrů vstupních a výstupních štěrbin odtokového kanálu, na obvodové i osové rychlosti, průtoku proudu vzduchu a tlakovém spádu kompresoru. V závěru této části je věnována pozornost metodice určování ztrát v závislosti na Machově čísle před vstupní štěrbinou a na parametry proudu vzduchu při výstupu z obtokového kanálu.

Použité metody a způsoby jejich aplikace

Metody použité v řešení předložené disertační práce byly zvoleny vhodně. Ze systematické a podrobné analýzy současného stavu vyplynula potřeba, pro určení vhodných parametrů obtokového kanálu umístěného na vstupu do oběžného kola kompresoru, zaměřit se na numerickou CFD simulaci parametrů proudění a na experimentální měření reálného kompresoru. Výsledky obou těchto metod porovnat a z výsledků získat rozhodující informace pro vhodné uspořádání parametrů obtokového kanálu pro navrhovaný kompresor.

Výsledky disertační práce

Předložená disertační práce představuje pečlivě a systémově zpracovaný problém stability chodu kompresoru vedoucí k návrhu parametrů obtokového kanálu, zapojeného na vstupní části odstředivého kompresoru. Správně navržený obtokový kanál sníží nestabilitu odstředivého kompresoru, umožní větší rozpětí otáček, ve kterých nedojde k nestabilnímu režimu kompresoru a podstatně se tak sníží možnost vzniku nebezpečné pumpáže kompresoru malého turbínového leteckého motoru. V závěru disertační práce je uvedeno "Doporučení pro praktický návrh obtokového kanálu" pro odstředivý kompresor. Toto doporučení vzniklo jak analýzou simulačních modelů, tak i z výsledků experimentálních měření navržených i provedených doktorandem a zřejmě bude mít obecné využití při návrhu dalších odstředivých kompresorů.

Formální úprava a jazyková úroveň

Disertační práce je psána v češtině, formální úprava je velmi dobrá. Jsou pečlivě uváděny citace z použité literatury u obrázků, diagramů i textu. Obrázky a především diagramy mají vhodnou velikost a jsou jasně a dobře popsány. Součiny členů v rovnicích jsou označovány, proti zvyklostem, tečkou.

Připomínky a dotazy

Při obhajobě bych uvítal bližší vysvětlení: 1) Jaké jsou a jak jsou definovány ztráty odstředivého kompresoru a ztráty v obtokovém kanálu? 2) Jak je definován a měřen součinitel zachování konstantního tlaku σ_{IRC} v obtokovém kanálu? 3) Jaké by mohly být příčiny poruch pro funkci obtokového kanálu potlačovat vznik pumpáže kompresoru?

Vyjádření k tezím

Zpracované téze doktorské disertační práce svým obsahem i strukturou odpovídají požadavkům děkana FSI.

Závěr

Předložená disertační práce tvoří ucelenou práci zaměřenou na významnou oblast zvýšení stability chodu odstředivého kompresoru malého turbínového leteckého motoru. Dokazuje schopnost a připravenost doktoranda k samostatné tvůrčí činnosti v oblasti výzkumu a vývoje. Vzhledem k tomu, že disertační práce splňuje požadavky stanovené v § 47 odst. 4, zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách, doporučuji, aby panu Ing. Miroslavu Růžičkovi byl po úspěšné obhajobě udělen akademický titul „doktor“ (ve zkratce Ph.D.)

V Brně dne 7. listopadu 2016

Doc. Ing. Karel Třetina, CSc.