

prof. Ing. Pavol Rafajdus, PhD., Katedra výkonových elektrotechnických systémov,
Elektrotechnická fakulta, Žilinská univerzita v Žiline

Oponentský posudok na dizertačnú prácu

Doktorand:	Ing. Jan BÁRTA
Odbor:	Silnoprúdová elektrotechnika a elektroenergetika
Téma dizertačnej práce:	Návrh elektrického stroja 6 kW, 120 000 ot/min pro turbo-cirkulátor hélia
Školiteľ:	doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.

Zodpovedá téma práce odboru dizertácie a je aktuálna z hľadiska súčasného stavu vedy?

Predložená dizertačná práca sa zaoberá interdisciplinárnym návrhom vysokootáčkového elektrického stroja pre turbo-cirkulátor hélia z hľadiska elektromagnetického, mechanického a tepelného. Téma zodpovedá odboru dizertácie a je vysoko aktuálna nielen v akademických či univerzitných kruhoch, ale hlavne aj v priemyselných oblastiach. Napriek tomu, že sa práca zaoberá aj mechanickou analýzou pevnosti rotora alebo tepelným vyšetrením a modelom, zodpovedá odboru dizertácie, pretože všetky tieto oblasti súvisia s návrhom elektrických strojov. V súčasnosti je téma vysokootáčkových elektrických strojov a pohonov veľmi aktuálna z hľadiska súčasného stavu vedy vo svete. Toto je podporené aj použitou literatúrou a prameňmi, ktorých je 85. Taktiež veľa firiem zameraných na aplikácie s elektrickými pohonmi venujú určitú časť svojho R&D na vysokootáčkové aplikácie.

Vykazuje práca pôvodné časti s určitým prínosom, v čom spočíva originálny prínos?

Práca vykazuje pôvodné časti, ktoré sú rozpracované v kapitolách 2 až 6. Taktiež treba podotknúť, že aj kapitola 1 prináša určitý prínos, pretože porovnáva rôzne typy elektrických strojov z hľadiska ich využitia vo vysokootáčkových aplikáciách. Kapitola 2 pojednáva o troch aspektoch pri návrhu vysokootáčkových strojoch: mechanickom, elektromagnetickom a tepelnom. Z hľadiska využitia tejto kapitoly na ďalší návrh takéhoto stroja, môže slúžiť ako východiskový materiál. Za samotný originálny prínos považujem kapitolu 3, ktorá sa zaoberá samotným návrhom vysokootáčkového stroja. Doktorand využil analytické vzťahy a metódy, ktoré sa používajú pri návrhu elektrických strojov, aplikoval to na vysokootáčkový stroj, či už indukčný motor, alebo synchronne stroje s permanentnými magnetmi. Tento návrh doplnil a podporil programom Ansys a jeho podprogramami, na základe, ktorých urobil elektromagnetické, mechanické a tepelné výpočty. V kapitole 4 urobil porovnanie indukčného stroja, ktorého návrh dotiahol až do výroby prototypu, s synchronnými strojmi s PM dvoj a štvorpólový, kde taktiež urobil porovnanie z hľadiska mechanických pevností, teploty a taktiež ostatných kvalitatívnych parametrov. Veľmi dôležitá je kapitola 5, ktorá sa zaoberá zostavením vysokootáčkového indukčného motora a poukazuje na niektoré praktické aspekty pri montáži. Dôležité je aj to, že doktorand uviedol postupy, ktoré nie sú vhodné pri výrobe kľetky motora. Kapitola 6 v krátkosti uvádza niektoré základné merania na zostavenom motore. V závere autor uvádza aj možné rozšírenie a ďalšie pokračovanie možno aj s komplexnejšou optimalizáciou stroja. Na základe vyššie uvedených skutočností by som bol rád, keby doktorand počas obhajoby práce uviedol, čo všetko urobil sám a ktoré časti robil v spolupráci s kolektívom, pretože aj na základe publikovaných prác a odvolávok na ne

v texte sa nedá povedať, čo všetko urobil doktorand sám a čo je výsledkom spolupráce kolektívu.

Bolo jadro dizertačnej práce publikované na potrebnej úrovni?

Výsledky, ktoré boli dosiahnuté v tejto dizertačnej práci potvrdzujú správnosť riešenia daného problému. Dôkazom toho sú aj publikácie, kde je doktorand autorom alebo spoluautorom s celkovým počtom 6, ktoré súvisia s danou problematikou. Za najvýznamnejšiu prácu sa dá považovať práca A4 v impaktovanom časopise Q1 v IEEE Transaction on Industry Applications, hoci aj ostatné publikácie majú svoju váhu. Treba vyzdvihnúť aj medzinárodný autorský kolektív z Fínska. Doktorand je aj spoluautorom ďalších troch publikácií, ktoré sa danej problematike venujú len okrajovo.

Systematickosť, prehľadnosť, formálna a jazyková úroveň dizertačnej práce

Práca je vypracovaná na veľmi dobrej úrovni, s minimálnym množstvom chýb a preklepov. Zo systematického hľadiska by možno bolo vhodné presunúť kapitolu 4 hneď za úvod alebo kapitolou 2, pretože vo väčšine prác a sa urobí najskôr analýza viacerých elektrických strojov a potom sa výber zúži na ten najvhodnejší. Tu sa to dá rešpektovať na základe toho, že už vopred bolo stanovené, že návrh a výroba sa bude týkať hlavne indukčného motora s klieťkou nakrátko. Práca je na veľmi dobrej grafickej úrovni a všetky grafy, obrázky a aj texty sú prehľadné a čitateľné. Na základe vyššie uvedených skutočností sa dá predpokladať, že doktorand preukazuje vedeckú erudíciu.

Pripomienky a komentáre k dizertačnej práci

Formálne pripomienky k práci:

- Str.22, obr. 1.4f neexistuje
- Str. 33, obr. 2.7 má byť usazeným alebo osazeným?
- Str. 34 titánový prostenec
- Str.32, obr. 2.5, tu by mohla byť legenda trochu väčšia
- V celom texte sú premenné písané štýlom italic vo vzorcoch, ale v texte sú písané kolmo, vo väčšine technickej literatúry sa premenné vo vzorcoch aj textoch píšu štýlom italic [36]
- Niekde je uvedené Ansys Maxwell, niekde Ansys Maxwell
- Str.50 a 63, nerovnaký formát a veľkosť písma a rovníc

K predloženej dizertačnej práci mám nasledovné pripomienky resp. otázky:

1. Prečo v úvode nie je urobené krátke porovnanie aj s reluktančnými strojmi (synchronny, spínaný)? Tie sa nepoužívajú na vysokootáčkové aplikácie?
2. Na str.31, obr. 2.4a nechýba tam hriadeľ ako u ostatných topológií?
3. Napriek tomu, že je práca interdisciplinárna mohlo by byť vysvetlené, čo je napr. ekvivalentné napätie Von Mises, str. 32, obr.2.5.
4. Na str.48 je vzťah (2.55), čo je myslené zložkou P_{fund} , sú to straty vo vinutí?
5. Sú vzťahy (3.5) a (3.6) odvodené alebo zjednodušene prevzaté z lit.?
6. V práci mi chýba určenie prvkov náhradnej schémy indukčného motora, ktoré sa dajú získať z výpočtu ale aj z Ansysu, resp. keď je motor vyrobený aj z merania. Boli tieto prvky identifikované? Ak áno, tak prečo nie sú uvedené? Ak neboli, tak prečo?

7. Taktiež mi v práci chýba dynamická simulácia uvedeného motora, pre stav naprázdno a pri zaťažení. Ako vyzerajú napr. fázové prúdy, ich tvar a veľkosť?
8. Bol analyzovaný tvar a veľkosť momentu motora? Nikde v práci som sa tým nestretol.
9. Počas merania nebol meraný aj fázový prúd, resp. účinník? Bolo by vhodné uviesť aj tieto veličiny, min. účinník, ktorý by sa dal porovnať s vypočítanými hodnotami.
10. Na základe uvedených a preukázaných schopností a znalostí doktoranda, na akých maximálnych otáčkach by mohli pracovať indukčné motory navrhutej topológie?

Na základe vyššie uvedeného posudku **odporúčam** dizertačnú prácu Ing. Jana Bártu k obhajobe a po jej úspešnom vykonaní udeliť akademický titul PhD. v odbore Silnoprúdová elektrotechnika a elektroenergetika.

V Žiline 12. 1. 2018

