

Oponentní posudek

Disertační práce:

„Analýza teplot v ozubení pastorku stálého převodu“

Doktorand:

Ing. Martin Mazač

Školitel:

Doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.

Oponent:

Doc. Ing. Ivan Mazůrek, CSc.

Doktorská práce je vypracována v rozsahu 99 stran, včetně 92 obrázků, 4 tabulek a 45 stran grafických příloh. Disertační práce je po formální stránce zpracována s pečlivostí a pěknou grafickou úpravou. Práce obsahuje seznamy zkratk, použité literatury a vlastních publikací autora. Struktura disertační práce odpovídá struktuře požadované pro tento typ vědecké práce. Cíle práce jsou formulovány jasně a lze provést kontrolu jejich splnění. Práce je odborně na vysoké úrovni a je vidět velmi dobrá orientace doktoranda v oboru.

Jisté výhrady mám pouze ke stěžejní kapitole Diskuze poznatků a výsledků, pro kterou by byl přesnější název pouze Výsledky. Vzhledem ke kvalitě a rozsahu práce postrádám skutečnou diskuzi výsledků. Chybí relevantní srovnání dosažených hodnot ať už s výsledky publikovanými jinými autory, či vlastními předpoklady. Nedostatečné je také kritické hodnocení zvolené metody, ať už komparací s jiným postupem, či analýzou podílů jednotlivých komponentů řetězce na přesnosti výsledku. Uvedené nedostatky snižují z mého pohledu obecný přesah této kvalitní práce.

Aktuálnosti tématu disertační práce

Zvolené téma pokládám za významné z hlediska studia tepelných a energetických toků v ozubených převodovkách. Má velmi úzkou návaznost na proces zvyšování účinnosti automobilové dopravy. Jedná se tedy o velmi aktuální mezioborovou práci aplikovaného výzkumu. Zejména šířka záběru doktoranda od konstrukce a stavby zkušebního zařízení přes vývoj a realizaci elektronických potřebných systémů po sestavení měřicí metodiky a její aplikaci zasluhuje uznání. Právě pro tento velký rozsah práce by bylo vhodné více popsat řešitelský kolektiv a podíl vlastní práce doktoranda.

Splnění stanovených cílů práce

Doktorand si pro řešení disertační práce stanovil významově tyto dílčí cíle:

1. Návrh a sestavení zkušebního stavu pro zatěžování převodovky v laboratorních podmínkách a měření provozních veličin.
2. Návrh zařízení a sestavení metodiky pro měření teplot v zubu soukolí (pastorek stálého převodu) v reálné automobilové převodovce.
3. Měření teplot a sledování teplotních trendů v ozubení pastorku stálého převodu za různých provozních režimů převodovky.
4. Vyhodnocení naměřených dat.

Takto specifikované cíle lze označit za splněné, přičemž je škoda, že více úsilí nevěnoval autor závěrečnému hodnocení metodiky, které mohlo sloužit při dalšímu využití navržené metody.

Postup řešení problému a výsledky disertace

Práce i volba postupu řešení prokazuje značnou fundovanost autora v uvedené problematice. V rešerši autor bohužel zmiňuje pouze dva relevantní zdroje, zabývající se podobnou problematikou. V práci na této úrovni považuji za nevhodné uvádět jako literární zdroje vysokoškolské učební texty (skripta). Rozsáhlá práce nastoluje více otázek, než kolik poskytuje odpovědi, to však není ke škodě kvalitní práce. Vedle již uvedených připomínek mám k předložené práci několik dotazů:

1. Mohl by autor přesněji specifikovat řešitelský kolektiv? Mohl by specifikovat části zkušebního a měřicího řetězce, které sám navrhoval?
2. Lze odhadnout vliv chladicího efektu nástavku pastorku spolu s nosnou deskou na rozložení teplot v porovnání s původním uspořádáním převodovky?
3. Proč nebyl použit konektor pro spojení termistorů s deskou elektroniky rotoru? Výrazně by to usnadnilo konečnou montáž převodovky.
4. Proč nebyl využit pomocný blok motoru s hřídelí pro měření vstupního momentu převodovky? Umožnilo by to posuzovat tepelné toky v souvislosti s okamžitými mechanickými ztrátami převodu. Technologii přenosu signálu má doktorand vyřešenu.
5. Mohl by se autor pokusit vyjádřit sumární chybu při měření cílových teplot? Na většině protokolů je zřetelný rozdíl mezi teplotami v bodě 10 a 33. Čím je to způsobeno?
6. Jak by autor komentoval získané prostorové rozložení teplot zubů? Buď vzhledem k výsledkům měření jiných týmů, či vzhledem k vlastnímu očekávání nebo simulacím.

Význam práce pro praxi

Disertační práce pana Ing. Martina Mazače představuje výsledky teoreticky a experimentálně podloženého výzkumu v oblasti mapování teplotních polí na zuby převodovky. Dosažené výsledky jsou významným přínosem pro rozvoj poznání v oblasti konstrukce převodovek a optimalizace jejich mazání. Práce je důležitým vstupním krokem pro další navazující vědecké práce.

Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Práce je vypracována na dobré grafické a jazykové úrovni. Nalezl jsem pouze několik překlepů (např. str. 61).

Závěr

Autor prokázal schopnost samostatné vědeckovýzkumné práce. V případě úspěšné obhajoby **doporučuji udělit uchazeči akademický titul Ph.D.**

V Brně, dne 19. srpna 2016

Ivan Mazůrek

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce

Ing. Martina Mazače

Název: **Analýza teplot v ozubení pastorku stálého převodu**

Disertační práce přináší zajímavé a nové výsledky z měření teplot ozubení pastorku stálého převodu dosažené pomocí zařízení vyvinutého disertantem.

Rozbor současného stavu, stanovení cílů a jejich splnění

Úvod a shrnutí současného stavu jsou velmi stručné. Není popsáno, k jakému účelu by měly a mohly být cenné výsledky použity. Dosah provedeného měření je jistě mnohem větší než „že může podat zajímavou informaci o tom, jak bude zařízení snášet svůj běžný provoz; (str. 17).“ Očekávala bych, že ujasnění možného způsobu využití, by mohlo dát například vodítko k výběru polohy pro umístění snímačů uvnitř zubu.

Cíle disertační práce jsou čtyři; jsou stanoveny hned na druhé textové straně. Domnívám se, že čtvrtý cíl (Vyhodnocení dat) není vhodně zvolen, protože je nutnou součástí třetího cíle (Měření teplot a sledování teplotních trendů). Všechny cíle se Martinu Mazačovi povedlo splnit.

Při volbě zkušebního zařízení, na kterém chtěl splnit své cíle, byl disertant stejně stručný jako v ostatních úvodních kapitolách. Volbu otevřeného stanoviště shrnul do jedné holé věty (str. 22). Výběr měřicího stanoviště autorovi schvaluji, chybějící zdůvodnění nikoliv.

Zhodnocení metod zpracování disertační práce

V předložené disertační práci vidím přínos zejména ve vývoji měřicího zařízení a metodiky, pomocí nichž je možné za provozu zjistit teplotu různých částí uvnitř převodovky. Funkčnost zařízení byla předvedena na měření teploty pastorku stálého převodu. Zvolené metody i postup řešení považuji za správné. K popisu bych měla v některých pasážích drobné výhrady:

- Str. 34, kapitola 4.3.4: Není jasné, proč je potřeba kloubový hřídel pro spojení motoru s převodovkou, dále není jasné, proč byla zvolena konstrukce s převlečným dílcem a nikoli kompletní homokinetický hřídel. Komentář by si zasloužil otáčkový rozsah kloubového hřídele.
- Str. 44: Oceňuji sestavení zkušebního zařízení. Vzhledem ke zdůvodnění vzniku zařízení v prvním odstavci kapitoly 4.4.3, bych očekávala lepší argumentaci vysvětlující přínos. Velkou měrou k případným problémům s přenosem může přispět nevyrovnanost chodu spalovacího motoru, kterou sestavené zkušební zařízení nemůže nasimulovat.
- Str. 50 až 52: Umístění snímačů je vysvětleno pomocí obrázku 4.37, který platí pro pravou šroubovici, zatímco na pastorku je šroubovice levá. Je umístění snímačů „0b“ a „1b“ správné? Tabulka, která je součástí obrázku 4.39 by si zasloužila sloupec zohledňující kóty z obrázku 4.40 a vlastní číslování.

Hodnocení dosažených výsledků

Martin Mazač provedl čtená měření při různých zařazených stupních, různých momentových hladinách i rozdílných otáčkách. Kompletní výsledky jsou uvedeny v přílohách. V samotném textu práce uvedl ukázky jednotlivých měření s komentářem. Naměřené průběhy podávají

velmi zajímavou zprávu o průběhu teplot v pastorku stálého převodu. Jedná se o cenné, ojedinělé a nové poznatky v oboru automobilových převodovek. Výsledky také potvrzují plnou funkčnost navrženého zařízení. Za takový kus odvedené práce si pan Mazač zaslouží pochvalu.

Bohužel grafy z úvodních shrnujících kapitol (str. 76 až 87) nedává autor do kontextu s teplotou oleje. Tomu se věnuje až v samostatné kapitole 5.5. Oddělení těchto dvou informací považuji za nešťastné. Dále postrádám autorovu úvahu, nebo vysvětlení některých jevů z naměřených grafů:

- Vysvětlení počátečního průběhu teplot na obr. 5.1.
- Vysvětlení rozdílu teplot jednotlivých snímačů v zubu pastorku.
- Zhodnocení a výhled využití naměřených hodnot.

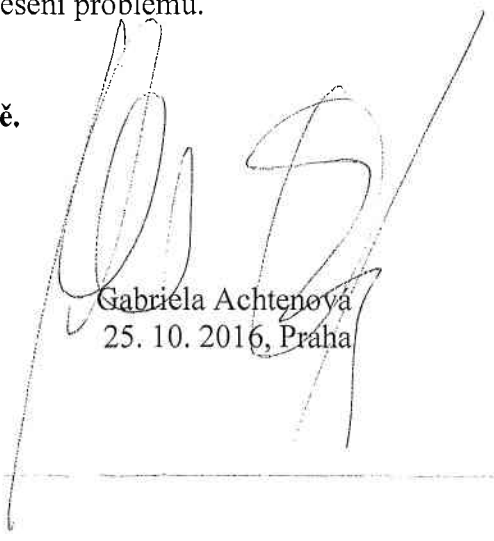
Hodnocení po formální stránce

Práce má pěknou grafickou úpravu. Škoda, že se autor nevyhnul drobným překlepům a gramatickým chybám. Text je vhodně doplněn obrazovou dokumentací. V některých případech jsou ovšem obrázky tak malé, že jsou prakticky „nečitelné“ (např. obr 2.5, 3.3, 4.12a, 4.57c, 4.59a. U obrázku 4.32 chybí popisky. V obrázku 4.6 má zpětný chod stejný smysl otáčení jako dopředné stupně. V převodovce nedochází k transformaci výkonu (str. 90), ale pouze k přenosu.

Závěr

Pan Mazač dokázal navrhnout, sestavit, elektricky zapojit a naprogramovat vlastní měřicí zařízení, se kterým byl schopen za chodu proměřit teplotu zubů pastorku stálého převodu. Naměřené průběhy jsou cenným poznatkem pro obor automobilových převodovek. Oceňuji všestrannost, konstrukční dovednosti autora a vědecký přístup při řešení problémů.

Disertační práci doporučuji k obhajobě.



Gabriela Achtenová
25. 10. 2016, Praha

Hodnocení dizertační práce

s názvem

Analýza teplot v ozubení pastorku stálého převodu

studenta

Ing. Martina Mazáče

Autor hodnocení: doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Konstrukce převodových skříní je stálou problematikou zejména v automobilovém průmyslu. Tyto skříně jsou, přes neustálý vývoj, obvykle dominantním zdrojem hluku a vibrací, zejména při nižších rychlostech jízdy, kdy se výrazně nepodílí aerodynamický hluk. Jedním z významných parametrů ovlivňujících úroveň hluku a rovněž i trvanlivost převodovek je kvalita mazání, která je ovlivňována mimo jiné i viskozitou oleje, a ta je závislá na teplotě. I při našem výzkumu v rámci výzkumného centra, kde se zabýváme chybou převodu, hlukem a vibracemi převodovek byla zjištěna významná závislost těchto parametrů na teplotě oleje. Jelikož jedním z významných zdrojů tepla je tření ve spoluzabírajících zubech, je tato práce velmi významným příspěvkem k rozvoji vědního oboru.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění stanoveného cíle

Student použil k řešení problému vhodnou metodiku měření, ve které byla použita reálná převodovka poháněná a brzděná způsobem, který se blíží reálným podmínkám fungování převodovky v automobilu. Díky tomu je možno naměřené hodnoty považovat za hodnověrné. Určitou nejistotu výsledků způsobuje to, že pohonný motor není připojen přímo k převodovce. Teplota motoru by zřejmě zvýšila teplotu oleje a tím by se výsledky dostaly blíže k reálnému provozu. Nicméně mohu konstatovat, že prezentovaná data jsou velmi zajímavá a použitelná i pro konstruktéry převodovek v automobilkách. Stanovené cíle práce jsou dle mého názoru splněny.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a významu původního konkrétního přínosu autora disertační práce

Hlavním výsledkem práce je informace o rozdílu mezi teplotou převodovky měřenou v automobilu obvykle teplotou olejové náplně a reálnou teplotou na povrchu zubu – tedy teplotou mazacího filmu v mezizubním prostoru. Jedním z možných výzkumů navazujících na tuto práci by mohlo být například výpočetní stanovení skutečné teploty tohoto filmu a tím určení jeho tribotechnických vlastností. Významným výsledkem jsou údaje o teplotách zubů pro různé režimy chodu převodovky (moment, otáčky), takže je možno při znalosti reálných

spekter zatížení spočítat skutečné teploty. Jistým nedostatkem práce je absence doporučení, jak navázat na její výsledky a závěry v dalším výzkumu a v praktickém použití.

Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Předložená práce je přehledná a srozumitelným způsobem popisuje celou realizaci experimentů včetně popisu výsledků. Formální úroveň je výborná, pouze některé fotografie (zejména v kapitole 4) by mohly být větší a s lepším rozlišením. Použitý papír s vyšší gramáží než je obvyklých 80 g/m² výrazně ztěžuje manipulaci s publikací. Jazykově je práce na vysoké úrovni. Vzhledem k tomu, že v této práci není používána absolutní teplota, by bylo vhodné používat u proměnných písmena T pro točivý (nikoliv krouticí) moment a písmeno t pro teplotu ve stupních Celsia (ČSN ISO 80000-1 - Veličiny a jednotky).

Vyjádření k publikacím studenta

Rozsah a tematické zaměření publikací autora dokladuje jeho poměrně rozsáhlou vědeckovýzkumnou publikační činnost a ta je dostatečná pro obhajobu práce a případné získání titulu Ph.D.

Dotazy k práci

- Máte představu o vlivu tepla, přecházejícího ze spalovacího motoru na převodovku, na výsledný stav teplot oleje a ozubení?
- Jaký další výzkum by mě být pokračováním Vaší práce?
- Jaké konkrétní aplikace Vašich výsledků jsou plánovány případně již realizovány?

Doporučení

na základě uvedených skutečností **doporučuji disertační práci k obhajobě.**

V Ostravě dne 4. září 2016



doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.

doc. Ing. Zdeněk Folta, Ph.D.

Fakulta strojní

VŠB - Technická univerzita Ostrava

17. listopadu 2172/15

708 33 Ostrava - Poruba

tel.: +420 59 732 3393, +420 604 308 947

email: zdenek.folta@vsb.cz