

## Oponentní posudek na disertační práci

Autor práce: Ing. Petr Polcar

Oponent: doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

Název práce: „Elektromechanický systém s magnetickou kapalinou“

Autor v práci shrnuje hlavní poznatky z fyzikální podstaty magnetických kapalin, uvádí hlavní možnosti jejich použití.

Autor navrhl a realizoval metodu měření relativní permeability těchto kapalin.

Autor experimentálně ověřil teoretické předpoklady měřením na elektromechanickém aktuátoru.

Metodiku měření, rozbor možných vlivů a zpracování výsledků a vyhodnocení experimentu považuji za příkladné.

Autor přehledně rozebírá postupy při modelování elektromechanických dějů, metodicky správně používá pro kontrolu postupy využívající vyčíslení energie magnetického pole i určení magnetického toku.

V příloze autor uvádí mimo jiné i praktické rady a poznatky pro práci s magnetickými tekutinami.

K práci mám následující dotazy a připomínky:

- V seznamu použitých symbolů je chybně rozměr magnetizace a saturační magnetizace.
- Jak rozumět tvrzení (str. 27), že „(viskozita) ...závisí na rychlosti částic kapaliny“?
- Jak rozumět tvrzení (str. 45) „...při orientaci magnetických kapalin ve směru  $\mathbf{S}$  pod vlivem magnetického pole orientovaného  $\mathbf{H}$ “?
- Opravdu by měla (str. 47) být relativní permeabilita nádoby  $\mu_r = 0$ ?
- Při měření indukčnosti můstkovými metodami obvykle využíváme střídavého proudu. Má použitá frekvence vliv na výsledek měření?
- Je otázka, jestli je (5.5) nutně maticový zápis.
- Za charakteristický rozměr kuličky se obvykle volí její průměr, u štěrbině obvykle dvojnásobek vzdálenosti třecích ploch (str. 64).
- Autor pravděpodobně není obeznámen s problematikou výroby výkonových transformátorů: možné použití magnetických tekutin je zcela iluzorní záležitost.

Závěry:

- Práci považuji pro obor „Elektrotechnika“ za přínosnou.
- Postup řešení problému a použité metody považuji za správné a vhodně zvolené.

- Cíle práce považuji za splněné.
- Výsledky považuji za správné.
- Publikační činnost autora považuji za dostatečnou.
- Jazykově a graficky je práce v pořádku.
- Práce je zpracována systematicky a přehledně.

Výše uvedené drobné připomínky nijak nesnižují velmi dobrou úroveň předložené práce. V ní pan Ing. Petr Polcar prokázal tvůrčí schopnosti, práce splňuje požadavky kladené na disertační práce v oborech teoretické elektrotechniky.

Doporučuji, aby po úspěšné obhajobě byl autorovi ve smyslu Zákona o vysokých školách udělen titul PhD.

Praha, 13. 1. 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'J. Polcar', written in a cursive style.

**Elektromechanický systém s magnetickou kapalinou.**

Disertační práce je zaměřena na aplikace s magnetickými kapalinami v oboru elektromechanických systémů s ohledem na využití možnosti snížení magnetické reluktance v pracovním prostoru. V práci jsou uvedeny dva základní druhy magnetických kapalin, (ferokapaliny s velikostí částic řádu nanometrů a magnetoreologické kapaliny s částicemi velikosti mikrometrů), způsoby mletí magnetických částic, druhy detergentů a nosných kapalin, závislosti viskozit, stupně anizotropie a řada dalších elektromagnetických vlastností, jako jsou vodivost, elektrická pevnost, nelinearita, závislosti B na H, hystereze a další. Svým rozsahem i obsahem je práce pokusem o přínos pro tento dynamicky se rozvíjející obor.

Doktorand postupoval metodicky ve smyslu zvolených cílů práce, uvedených na str.13 disertační práce. Fyzikálně-chemické vlastnosti magnetických kapalin byly čerpány z rozsáhlých literárních zdrojů, na které jsou v práci četné odkazy. V závěrech jednotlivých kapitol jsou uváděny odpovídající zhodnocení. Jako nosné aplikační obory jsou uvedeny biomedicína, která je spíše ve stadiu ideového řešení a řada dalších technických aplikací, které byly doposud realizovány.

Vlastní aktivity doktoranda spočívají v návrhu lineárního elektromagnetického transduktoru, výpočtu provedeného metodou MKP programem SW Argos 2D v jazyce Python a realizací vlastního modelu včetně řady konkrétních měření. Výsledky ukazují na nutnost zajištění působení magnetické kapaliny pouze v aktivním prostoru a nikoliv v celém prostoru původní vzduchové mezery, ve kterém dochází ke zvětšení rozptylu a následně paradoxně ke zmenšení síly transduktoru. Další aplikací je krokový transduktor.

Měření permeability a indukčnosti cívek různých tvarů bylo prováděno v laboratoři ZČU a je uvedeno, včetně názorné fotodokumentace, v kapitole 4 disertační práce.

Lze konstatovat, že cílů práce bylo dosaženo a práce jako celek je přínosem pro tento vědně se rozvíjející obor. Velký rozsah práce je však na úkor přesnosti některých formulací.

V rámci obhajoby by se měl doktorand vyjádřit k následujícím připomínkám :

- Vztah (5.1) na str.53 neodpovídá rozměrově.
- Proč je u hysterézní smyčky na obr.2.5 na vodorovné ose veličina B a ne H?
- Na obr.3.3 není jasně uvedena orientace osy x, (počátek a kladný směr), dochází tak k nejednoznačnému označení v textu a na obrázcích.
- Popište jak je na modelu realizována vrstva magnetické kapaliny o tloušťce 5 mm v pohyblivém bloku aktuátoru?
- Na obr.3.15 u krokového transduktoru by bylo vhodné specifikovat velikost „kroku“.
- Na obr.6.13 je na vodorovné ose hodnota proudu I, jaká by byla hodnota H?
- Hodnota relativní permeability 49, na str.82, je podezřele nízká.
- Názor autora ohledně použití plynného feromagnetika u elektrických strojů se zdá již z oblasti sci-fi.

Disertační práce má celkem 98 stran psaného textu, vzorců, grafů, obrázků a fotografií, včetně seznamu symbolů a zkratk. Členění práce je patrné z obsahu. Závěr na str. 84 a 85 přehledně shrnuje výsledky celé práce. Použitá literatura obsahuje celkem 49 citací. Autorových prací, kde je uveden Ing.Polcar jako autor nebo spoluautor, je celkem 23. Kladně lze hodnotit i přílohu, obsahující „Závěry plynoucí z praktických zkušeností z práce s magnetickými kapalinami“.

**Disertační práci doktoranda Ing. Petra Polcara doporučuji ,  
(dle zákona č.111/1998 Sb. § 47 ), k obhajobě.**

Oponentský posudek na disertační práci:

Ing. Petr Polcar

## **Elektromechanický systém s magnetickou kapalinou**

Oponentní posudek je vypracován dle pokynů v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. a čl. 107 odst. 1 a 2 Studijního a zkušebního řádu ZČU.

Disertační práce se zabývá využitím magnetických kapalin v elektromechanických systémech. V úvodních kapitolách je popis fyzikálně chemických vlastností magnetických kapalin a jejich aplikace, popis elektromechanických systémů využívající ferokapaliny a metodika pro měření permeability magnetických kapalin. V části 5 doktorand popisuje experimentální ověření elektromechanického systému s magnetickou kapalinou. Následuje závěr, seznam použité literatury a přílohy.

- Zhodnocení významu disertace pro obor

Doktorand popsal přehledně různé aplikace ferokapalin, simuloval magnetický obvod s ferokapalinou, dále simuloval krokový transduktor (metodou konečných prvků), uvedl měření permeability a realizoval lineární elektromechanický aktuátor na kterém provedl měření některých parametrů. Pokud jde o význam disertace pro obor, lze uvést, že autor v práci při simulaci použil metodu konečných prvků na magnetické obvody s ferokapalinou (u transduktoru a krokového aktuátoru) a výpočty potvrdil měřeními na realizovaném vzorku.

- Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určitého cíle

Autor v práci při simulaci systémů s ferokapalinami úspěšně použil metodu konečných prvků. Odvodil též dynamický model aktuátoru (ve stavovém prostoru) a uvedl v práci výsledky simulací.

- Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu autora

Autor provedl simulace, které pak potvrdil a experimentálními pokusy na realizovaném vzorku elektromechanického aktuátoru. Výsledky simulací a realizací jsou ve shodě a považují je za úspěšné

- Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti formální úpravě atd.

Práce je přehledně a systematicky zpracována, totéž se týká i přehlednosti, formální a grafické stránky. I přes některé drobné nedostatky oceňuji prezentované řešení metodou konečných prvků a především publikační činnost doktoranda.

- Vyjádření k publikacím studenta

Autor dosud publikoval 2 články v impaktovaných časopisech a 3 články v odborných recenzovaných časopisech, 8 článků na mezinárodních konferencích a 6 na tuzemských konferencích. Jde o samostatné publikace autora i společné publikace se spoluautory. Považuji počet publikací doktoranda za nadstandardní.

Disertační práce p. Ing. Petra Polcara splňuje podmínky samostatné tvůrčí vědecké práce a obsahuje původní autorem publikované a ověřené výsledky.

Podle zákona č. 111-1998 Sb. 47 **doporučuji** disertační práci k obhajobě.

Při obhajobě by autor měl zodpovědět následující otázky.

Na str. 28, v obr. 31 je  $R_{mFe}$  a  $R_{mGap}$  ve vztahu (3.1) je pak  $R_{m1}$  a  $R_{m2}$ . Toto je ještě u obr. 6.14 a vztahu na str. 82, který je bez čísla. Je  $R_{mFe} = R_{m1}$  a  $R_{mGap} = R_{m2}$  ?

Autor by se měl vyjádřit k větě na str. 50: "Pro vyvážený můstek je dle typu použitého zařízení mnohdy měřená cívka buzena nízkými hodnotami proudu (prakticky bez proudu) a je tedy ...". Dle mého názoru je nulová hodnota proudu při vyvážení můstku na diagonále, ne ve větvích.

Str. 50 (dole) - Proč bylo měření můstkem prováděno pouze při frekvenci 100 kHz ?

Na str. 53 dole je nedokončená věta " ... pro který nabývá funkcionál". Pak je uveden vztah (5.1) ale není dokončeno zda jde např. o minimum funkcionálu.

Na str. 67 se popisují dynamické charakteristiky pro a)  $\eta=0$ , b)  $\eta=6$  mPa.s c)  $\eta=60$  mPa.s, ale na str. 68 je v legendě pod obr. 5.8  $\eta=1$  Pa.s. Je to správně ?

Na str. 77, v kapitole 6.3 si autor spletl vzorkovací periodu a vzorkovací frekvenci.

V Plzni dne 7.10.2013



Prof. Ing. Milan Štork, CSc.  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací  
Západočeská univerzita v Plzni