

POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Název práce: Aspekty aplikace fluidních systémů
Autor: Ing. Jiří Ulrych
Vysoká škola: Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta: Fakulta elektrotechnická
Katedra: Katedra technologií a měření
Recenzent: doc. Ing. Pavel Mach, CSc., České vysoké učení technické v Praze,
Fakulta elektrotechnická, Katedra elektrotechnologie

Dizertační práce Ing. Jiřího Ulrycha je zaměřena na aspekty aplikace fluidních systémů. Konkrétně se zabývá biologicky odbouratelnou elektroizolační kapalinou na bázi řepkového oleje s dispergovanou povrchově upravenou nanopřísadou na bázi TiO₂. Uvedená kapalina je určena jako kapalná složka elektroizolačních systémů elektrických strojů tam, kde je dbáno zvýšeného důrazu na ochranu životního prostředí. Právě snadná biologická odbouratelnost této kapaliny minimalizuje její vliv na okolní prostředí. Snaha o vývoj ekologických materiálů, a to nejen v oblasti elektrotechniky, je zcela v souladu s moderními směry výzkumu. Také použití nanočástic pro zlepšení vlastností uvedené elektroizolační kapaliny je zcela v souladu se současnými trendy vývoje. Proto zvolené téma dizertační práce považuji za zcela aktuální.

Práce je komponována z deseti kapitol, závěru, seznamu použité literatury, seznamu odborných publikací autora a příloh.

Po první kapitole, ve které autor popisuje současný stav problematiky, jsou definovány cíle práce. Ty jsou definovány v logické skladbě a s přiměřenou vědeckou náročností.

Další kapitola popisuje interakci dielektrik a elektrického pole. Jsou zde rozděleny materiály pro různé typy aplikací v elektrotechnice, vlastnosti nosičů elektrického náboje, jsou definovány a analyzovány dielektrické ztráty, dielektrický podsystem, elektrická vodivost a jsou podrobně popsány dielektrické ztráty v stejnosměrném a střídavém elektrickém poli. V další kapitole autor uvádí parametry pro výběr základního fluidního systému a uvádí také proces pro získání biologicky odbouratelného elektroizolačního oleje ENVITRAFOL. V této části práce navazuje na výsledek projektu TAČR č. TA03020251.



V další části práce doktorand popisuje modifikace základního fluidního systému dispergováním nanopřísad vybraných typů. Následující část práce je věnována diagnostickému systému. Jsou uvedeny základní techniky pro měření základních parametrů dielektrických kapalin. Na základě přeskokového napětí byla vybrána optimální nanopřísada, kterou byl TiO_2 .

Dále jsou v práci uvedeny měřené hodnoty různých elektrických parametrů modifikované fluidní kapaliny, které jednak slouží k výběru optimální koncentrace nanopřísady ve fluidním systému a jednak potvrzují správný výběr autora.

Na závěr práce autor popisuje přípravu podkladů k žádosti o udělení užitého vzoru.

Na autora práce mám následující dotazy:

1. *Popisujete postup při úpravě řepkového oleje na elektroizolační kapalinu ENVITRAFOL. Proč byl jako základ zvolen právě řepkový olej a proč bylo použito právě takovéto úpravy?*
2. *Pro modifikaci základního fluidního systému byly ověřovány čtyři typy nanopřísad. Je známo, že nanopřísady mají silný sklon k aglomeraci částic. Jak jste se vyrovnal s tímto problémem? Jak bylo ověřováno, že nanočástice jsou ve fluidním systému rovnoměrně rozptýleny a nejsou aglomerovány?*
3. *Jak vysvětlíte extrém v hodnotě polarizačního indexu, kdy se dle obr. 8.1.1 a obr. 8.1.2 jeví nejvyšší polarizační index pro koncentraci přísady I 0.25 %?*
4. *Na obr. 8.1.7 je uvedena závislost reálné složky komplexní permitivity fluidního systému s nanopřísadou I pro různé koncentrace nanopřísady. Pro teplotu 25 °C se při rozdílu koncentrace nanopřísady mezi 0 % a 0.5 % hodnota reálné složky permitivity zvýší přibližně o 0.25 (od 2.95 do 3.21), zatímco při změně koncentrace nanopřísady mezi 0.5 % a 1 % se tato hodnota zvýší přibližně o 0.5 (od 3.21 do 3,74). Proč?*

Práce je zpracována na výborné grafické úrovni a také počet gramatických chyb je minimální. U částí práce, kde autor vychází ze známých skutečností (např. v oblasti diagnostických metod, i u některých dalších částí) oceňuji bohatou citaci literatury. Práce je psána s logickou stavbou a její rešeršní část by mohla sloužit jako výborný výukový prostředek pro danou problematiku.

Z hlediska experimentální činnosti vybral doktorand ty parametry, jejichž sledování je pro hodnocení elektroizolačních kapalin nejvýznamnější. Naměřené výsledky jsou přiměřeně diskutovány a ve finále potvrzují vhodnost výběru elektroizolační kapaliny.

Z hlediska publikační aktivity je třeba doktorandovu práci ocenit, je mimořádná.



K práci jak z hlediska odborného, tak z hlediska formálního, nemám závažnější připomínky. Předložená doktorská práce představuje značný objem experimentální i teoretické činnosti a přináší nové poznatky nejen pro pracoviště, kde byla doktorská práce zpracována, ale i pro vědní obor.

To, že takto vysoký rozsah experimentální i teoretické práce autor zvládl na tak vysoké úrovni, svědčí o jeho erudici a dokazuje jeho schopnost aplikovat teoretické poznatky také v praktických aplikacích. Proto práci, dle zákona č. 111/1998 Sb. par. 47 doporučuji k obhajobě.

doc. Ing. Pavel Mach, CSc.
ČVUT FEL Praha

V Praze dne 14. července 2017

OPONENTSKÝ POSUDOK DIZERTAČNEJ PRÁCE

Názov práce: **Aspekty aplikácie fluidných systému**

Autor: **Ing. Jiří Ulrych**

Oponent: **prof. Ing. Ján Michalík, PhD., EVPÚ a.s. Nová Dubnica**

Zhodnotenie významu dizertačnej práce pre odbor

Elektrické stroje a ostatné elektrické zariadenia, ktoré sa používajú od úrovne nízkeho napätia až po VN, kde je izolačný systém vytvorený z pevného a kvapalného izolantu, ktorý tvorí najčastejšie minerálny olej vyrábaný na báze rafinácie ropy. Okrem dobrých vlastností má aj jeden veľký nedostatok a to je vplyv na životné prostredie a možnú kontamináciu okolia.

V súčasnosti sa z hľadiska životného prostredia tejto otázky aj z pohľadu celosvetového kladie mimoriadne veľká pozornosť. Potvrďuje to aj počet prác (79) uvádzaných v časti použitá literatúra uvádzaných predovšetkým od zahraničných autorov. Pán Ing. Ulrych za svoj cieľ si stanovil zistenie možnosti modifikácie elektrických vlastností inhibovaného repkového oleja vhodnými nanoprísladami so zreteľom k praktickej aplikácii získaného fluidného systému ako elektroizolovanej kvapaliny.

Aktuálnosť a význam predloženej práce vidím predovšetkým ako príspevok k ochrane životného prostredia, ale v prípade širšieho praktického využitia aj v ekonomickej otázke.

Zhodnotenie postupu riešenia a splnenie určeného cieľa

Ciele dizertačnej práce sú uvedené v dizertačnej práci na str. 19 až 21. Práca popisuje celý rad nových výsledkov, z čoho vyplýva, že autor splnil ciele dizertačnej práce, preukázal schopnosť vedecky pracovať, ako aj dobrú experimentálnu zručnosť.

V kapitole 3, ktorá je najobsažnejšia časť práce, sú teoreticky spracované aspekty interakcie dielektrík a elektrického poľa.

Jednotlivé podkapitoly sú uvádzané veľmi podrobne. Podľa môjho názoru stačilo by ich uviesť stručnejšie, resp. niektoré vôbec neuvádzať.

Stanovisko k výsledkom dizertačnej práce

Predložená dizertačná práca rieši aktuálnu a perspektívnu problematiku v oblasti modifikácie fluidných systémov nanoprísladami. Výskumom bola zistená biologicky odburateľná elektroizolačná kvapalina s dispergovanými nanočasticami, vyznačujúca sa podstatným vylepšením elektrických vlastností. Práca p. Ing. Ulrycha prináša nové poznatky k ďalšiemu rozvoju v tejto oblasti.

Vyjadrenie k spracovaniu dizertačnej práce

Práca po formálnej stránke je spracovaná na dobrej úrovni. Na teoretické rozpracovanie riešenej problematiky vhodne nadväzuje časť experimentálna, ktorej výsledky sú podrobne uvedené v tabuľkovej forme v počte 64.

Stanovené ciele boli jednoznačne a na veľmi dobrej úrovni v plnom rozsahu splnené.

Vyjadrenie k publikáciám

V práci je uvedených 15 prác publikovaných ako na českých, tak aj zahraničných konferenciách, kde doktorand je spoluautorom, z toho ako prvý autor 11 krát. V časopisoch je spoluautorom 2 článkov a v impaktovanom časopise 1 krát.

Taktiež je spoluautorom 1 úžitkového vzoru, ktorý bol podaný na základe získaných poznatkov počas riešenia dizertačnej práce. Túto skutočnosť hodnotím vysoko pozitívne.

Záverečné hodnotenie

Záverom konštatujem, že dizertačná práca spĺňa všetky požiadavky a preto ju odporúčam k obhajobe. Po úspešnej obhajobe dizertačnej práce odporúčam Ing. Jiřímu Ulrychovi udeliť akademický titul

„Philosophiae doctor (PhD.)“

V Žiline 23.7.2017



prof. Ing. Ján Michalík, PhD.

Oponentní posudek na disertační práci

Ing. Jiřího Ulrycha

Aspekty aplikace fluidních systémů

Podstatou práce je výzkum zaměřený na zlepšení kritériálních charakteristik elektroizolačních kapalin používaných v izolačních systémech zejména transformátorů tak, aby konstrukčně bylo umožněno oproti stávajícím stavům vyšší využití stroje nebo snížení jeho užitné hmotnosti. Výzkum je zaměřený na vytipování a využití vhodných nanočástic aplikovaných patřičnou koncentrací technologickým postupem do elektroizolační kapaliny, čímž dává vznik nového fluidního systému, u něhož disertant optimalizuje jeho složení k získání zlepšených kritériálních vlastností. Práce poměřuje vlastnosti fluidních systémů jak na bázi minerálních olejů, tak i přírodních esterů a vyúsťuje v nalezení optimálního fluidního systému, čímž je vlastním původním přínosem autorova výzkumu.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor:

Elektroizolační kapaliny výkonových a distribučních transformátorů jsou předmětem snahy výrobců strojů a jejich uživatelů směrem k používání verzí jejich snadné biologické odbouratelnosti v případě úniku při haváriích a tím zamezení kontaminace životního prostředí. Jde o biodegradabilitu spontánní, nikoli pomocí přídatných technologických operací. V tom získává prioritu používání přírodních esterů s odpovídajícími fyzikálně-chemickými parametry. Význam disertační práce spočívá v nasazení takových elektroizolačních kapalin spolu s dispergovanými nanočásticemi do nich, čímž je dosaženo i lepších dielektrických vlastností kapaliny. Technologická příprava a složení byly předmětem disertantova výzkumu. Obor konstrukce transformátorů tím získává izolační systém inertní k životnímu prostředí a vyšší elektroizolační parametry ve srovnání se současnými nejen minerálními, ale i dielektriky na bázi pouhých přírodních olejů. Jde tudíž o inovaci ve zmíněném oboru.

Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle:

V první kapitole je podán výstižně současný stav problematiky, přínosy a popis zaměření mnoha autorů oboru (viz též seznam použité literatury). Na základě rozboru dosavadního stavu si autor klade úkol hledat další inovační možnosti izolačního systému a tomu podřizuje stanovení cíle disertační práce vedoucího k objevu optimálního fluidního systému na základě hodnocení rozhodujících elektrických parametrů vybraného fluidního systému. Následuje kapitola zevrubného popisu interakcí dielektrik v elektrickém poli v teoretickém podání klasické teorie dielektrik. Jsou popsány různé polarizační mechanismy, dielektrické ztráty,

elektrická vodivost a popis chování dielektrik ve stejnosměrném i střídavém poli. Pro určení reálné a imaginární složky komplexní konduktivity pomocí též reálné i imaginární složky komplexní permitivity jsou prezentovány rovnice Debye, Cole-Cole, Cole-Davidson a Havrilak-Negami. Po obecném teoretickém bloku přistupuje autor k vymezení základního fluidního systému úpravou řepkového oleje v perlokačním zařízení a přidáním antioxidantu fenolického typu. Výsledkem je biologicky odbouratelný elektroizolační olej (v rámci projektu TAČR), pojmenovaný ENVITRAFOL. Následně je základní fluidní systém modifikován disperzí nanopřísad různých typů (SiO_2 , TiO_2 , $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ a ZnO_2) s příslušnou úpravou technologickým procesem. Z hlediska diagnostiky vlastností zjišťuje přeskokové napětí, jednotlivosti dielektrických absorpcí, polarizační index, rezistivitu, reálnou složku komplexní permitivity a ztrátový činitel. Logicky pak na základě diagnostiky jsou vybrány vhodné nanopřísady a jejich koncentrace. Veškeré varianty jsou vyhodnoceny z hlediska rozhodujících elektrických parametrů (viz předchozí věta) a výsledky jsou prezentovány v přehledných názorných grafech a tabulkách. Porovnáním z této prezentace vybírá autor optimální fluidní systém. Použité metody jsou standardní a cíl vytčený zadáním považuji za splněný.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce:

Výsledkem disertační práce je stanovení optimálního fluidního systému z hlediska přeskokového napětí a dalších důležitých elektrických parametrů. Je to biodegradabilní elektroizolační kapalina s dispergovanou povrchově upravenou nanopřísadou TiO_2 . Kapalinou je inhibovaný řepkový olej s odbouratelností minimálně 95 % za 28 dní odpovídající požadavkům normy ČSN EN 62770. Z porovnání (viz tab. 10.1.) elektroizolační kapaliny ENVITRAFOL s modifikací ENVITRAFOL s 0,25% nanočástic TiO_2 plyne podstatné zlepšení touto aplikací dispergovaných povrchově upravených nanočástic. Ze studia práce je zřejmé, že řešení předkladatele je původní a též na něj byla podána přihláška užitého vzoru. Nutno zmínit, že dosažení úspěchu je podmíněno i odborným vedením školitele prof. Ing. Mentlíka, CSc. Konkrétním přínosem je inovace a průmyslová využitelnost v oblasti izolačního systému transformátorů.

Vyjádření k systematicce, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce:

Logickým postupem od vytýčení úkolu přes přehled dosavadního stavu, potřebné teoretické základy až po volby variant řešení s nezbytnou průvodní diagnostikou systematicky dospěl autor ke splnění cíle, své kroky a výsledek prezentoval komentáři a názornými grafy. Formální úprava je příkladná a jazyková úroveň bez výtek.

Počet studovaných a použitých pramenů je rozsáhlý (79) a svědčí o podrobném ponoření do problematiky. 25 odborných publikací, vesměs spoluautorských, pak svědčí o odborné angažovanosti autora.

Otázky k obhajobě:

blíže pojednat o technologii povrchové úpravy TiO₂ a diskutovat preferenční vhodnost systému u hermetizovaných versus výkonových transformátorů.

Vzhledem k vyjmenovaným pozitivům

doporučuji disertační práci k obhajobě

v souladu se zák.111 | 1998 Sb. §47.

V Plzni, dne 11.7.2017

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lumír Šašek', written in a cursive style.

Ing. Lumír Šašek, CSc