

POSUDEK OPONENTA DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Ondřej Michal

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektrotechnika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Dielektrické vlastnosti pryskyřice
modifikované nanometrickými plnivými

Školitel:

Supervisor

Prof. Ing. Václav Mentlík, CSc., FEL ZČU

Oponent:

Opponent

Doc. Ing. Pavel Mach, CSc., FEL ČVUT v
Praze

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Problematika aplikace nanokompozitních materiálů do oblasti výkonové elektrotechniky je vysoce aktuální, protože takto mohou být vyvinuty izolační materiály s lepšími elektrickými, tepelnými i mechanickými vlastnostmi ve srovnání se stávajícími, standardně užívanými, materiály. Velmi slibně se jeví i využívání nanokompozitních materiálů ve vysokonapěťové elektrotechnice.

Zaměření práce i její přínos pro obor, spočívající ve vývoji dvou typů nanokompozitních materiálů plněných nanočásticemi a jednoho typu plněného plošným nanokompozitem, optimalizace přípravy těchto materiálů i stanovení diagnostiky pro hodnocení jejich základních vlastností je významným přínosem pro obor.

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

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Práce se drží přísně vědeckého postupu řešení problému. Nejprve je provedena studie současného stavu elektroizolačních materiálů, a to jak standardně užívaných, tak perspektivních. Do studie je zahrnut i popis plniv současně užívaných pro přípravu kompozitních izolačních materiálů. Dále se autor zaměřil na otázku vlivu elektrického pole na izolační systém a na studium typů nanomateriálů s důrazem na nanomateriály s perspektivou použití jako plniv do kompozitních izolantů. Byl sledován zejména možný vliv použití nanomateriálů na základní elektrické vlastnosti kompozitních izolantů. Studijní část práce je doplněna bohatou citací relevantní literatury k dané problematice.

Poté byly stanoveny cíle práce a provedeny základní experimenty. Byly vyrobeny vzorky nanokompozitních materiálů, stanoveny diagnostické metody a provedena analýza vlastností připravených materiálů. Při výrobě nanokompozitů bylo třeba vyvinout a optimalizovat technologii, která zaručí homogenní distribuci nanočástic v matrici. Tato technologie byla vyvinuta. Pro zjištění elektrických parametrů vytvořených nanomateriálů byla použita řada diagnostických metod a zařízení, které zaručují dostatečnou inspekci sledovaných vlastností. Nedílnou součástí práce je zhodnocení a diskuse nad dosaženými výsledky.

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

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Nejprve bylo provedeno porovnání dielektrických vlastností vzorků vyrobených ze dvou epoxidových a dvou polyester-imidových pryskyřic. Důvodem bylo, že práce se zabývá vývojem a diagnostikou nových kompozitních materiálů složených z polyester-imidové pryskyřice, nanočástic SiO₂, polyamidových nanovláken a polyamidové fólie. Dále byl nalezen optimální proces pro dosažení homogenní modifikace dvou typů polyester-imidových pryskyřic nanočásticemi SiO₂ a byla stanovena optimální koncentrace těchto nanočástic. Byl také stanoven optimální proces včlenění nanovláknitého plošného plniva do polyester-imidové pryskyřice a bylo provedeno porovnání vlastností takto připraveného materiálu s vlastnostmi materiálu s plnivem konvenční struktury - polymerní fólií o tloušťce 50 μm. Práce přinesla řadu původních výsledků v problematice nanokompozitních izolačních materiálů a vytvořila dobrou základnu i směr pro pokračování prací v uvedené problematice v budoucnosti.

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

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je psána systematicky, jednotlivé kapitoly na sebe logicky navazují. Je doplněna dostatečným počtem titulů citované relevantní literatury. Má velice dobrou grafickou úroveň a je psána dobrým jazykem. Je psána čtivě, doktorand je nadán schopností vysvětlit i složitý problém krátce a jasně. Zaslíbený čtenář tedy nepotřebuje žádné dodatečné vysvětlení od autora.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Doktorand uvádí v přehledu svých publikací, vztažených k tématu práce, čtyři impaktované publikace, kde jedna je v kvantilu Q1 a tři v kvantilu Q2. U jedné publikace je autorem společně se svým školitelem, tedy je možné ho zde považovat za prvního autora, u ostatních publikací je spoluautorem. Dále je spoluautorem jednoho průmyslového vzoru, prvním autorem čtyř příspěvků na mezinárodních konferencích a spoluautorem dalších devíti příspěvků na mezinárodních konferencích. Dále je prvním autorem u tří příspěvků v národním časopisu a spoluautorem jednoho příspěvku v tomto časopisu.

Je tedy možné konstatovat, že publikační aktivita doktoranda byla velmi vysoká. To současně svědčí i o vysoké kvalitě jeho vědecké práce.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Předloženou disertační práci považuji za velmi kvalitní. Doktorand si zvolil obtížnou problematiku na pomezí několika oborů – problematiky materiálů a nanomateriálů, fyziky a elektrotechniky. Svou úlohu zvládl výborně, o čemž svědčí i kvalita a objem jeho publikací. Prokázal, že je schopen nejen nastudovat a pochopit teorii, ale také ji aplikovat v praxi. Nelze neuvést, že práce svědčí také o výborném vedení doktoranda jeho školitelem.

Práce položila dobrý základ pro další výzkum v oblasti nanokompozitních elektroizolačních materiálů na daném pracovišti.

K práci nemám zásadnější připomínky, drobné formulační nepřesnosti (např. „dodání kavitace“, často se v práci hovoří o „množství“ nanočástic - lepší výraz by byl „koncentrace“ apod.) nesnižují její hodnotu.

Otázky:

1. Pro homogenizaci distribuce nanočástic v matrici byla zkoušena metoda vmíchávání a metoda vmíchávání při současné aplikaci ultrazvuku. Byla ověřována také funkcionalizace, případně postfunkcionalizace nanočástic? Jak bylo prováděno míchání - bylo využito rotace míchacího nástroje současně s jeho planetovým pohybem, nebo jen rotace míchacího nástroje? Jak byla určena optimální doba aplikace ultrazvuku?
2. Na obr. 3.14 je prezentován „box-plot“ diagram. Co značí meze jednotlivých boxů?
3. Jak byste vysvětlil různé průběhy v obr. 7.12 e)?
4. V kapitole 6.4.2 se zabýváte stanovením optimálního množství nanočástic. Jak by se projevilo, kdyby koncentrace nanočástic byla např. několikanásobně větší než optimální?

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano yes	x	ne no
------------	---	----------

Datum
Date

20.10.2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent





POSUDEK Oponenta DISERTAČNÍ PRÁCE

Assessment of the Dissertation

Titul, jméno a příjmení studenta:

Title, name, surname of student

Ing. Ondřej Michal

Doktorský studijní program:

Doctoral study programme

Elektrotechnika a informatika

Studijní obor:

Study branch

Elektrotechnika

Téma disertační práce:

Topic of the dissertation

Dielektrické vlastnosti pryskyřice

modifikované nanometrickými plnivými

Školitel:

Supervisor

prof. Ing. Václav Mentlík, CSc.

Oponent:

Opponent

doc. Ing. Eva Müllerová, Ph.D.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Evaluation of the importance of the dissertation for the field

Disertační práce je zaměřená na oblast vývoje nových izolačních materiálů s využitím technologie začleňování nanočástic do struktury materiálu. Výběr této problematiky považuji za aktuální a odpovídající současným trendům ve vývoji moderních izolačních systémů, kde dominují požadavky na dlouhou životnost a spolehlivost zařízení, ekonomické aspekty celého procesu a environmentální dopady. Z tohoto pohledu považuji předloženou práci za cenný přínos v dané oblasti s významným potenciálem pro využití technologie v praxi. Práce také obsahuje řadu poznatků k problematice modifikace materiálů nanočásticemi.

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

Evaluation of the the problem-solving process, the methods used and the goal to be met

Postup řešení problému a použité metody jsou zcela odpovídající pro dosažení cílů disertační práce a vycházejí z aktuálních trendů v řešené problematice. Celý experiment byl vedený velmi systematicky a jednotlivé kroky jsou v práci přehledně popsány a vysvětlené. Pro ověření vlivu modifikace pryskyřic na vlastnosti materiálu jsou použity odpovídající metody a výsledný materiál byl podroben komplexnímu posouzení. Splnění cílů disertační práce, které jsou definovány v kapitole 4, je jednoznačně doloženo uvedenými výsledky a jejich zhodnocením.

Stanovisko k výsledkům disertační práce a

k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce

Statement to the results of the dissertation and on the original contribution of the submitter of the dissertation

Hlavním původním přínosem disertační práce je nově vyvinutý izolační materiál s optimalizovanými parametry. Za velmi přínosnou považuji také diskuzi k jednotlivým postupům modifikace materiálu, která přináší řadu poznatků a informací uplatnitelných v dalším výzkumu v dané oblasti, a v neposlední řadě i vyvinutou aplikaci pro zpracování dat.

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

Statement to the systematics, clarity, formal adaptation and language level of the dissertation

Práce je velmi systematicky zpracovaná. Dílčí kroky jsou vždy podrobně a fundovaně vysvětleny a popsány. Práce působí uceleným dojmem, text je přehledný, po formální a jazykové stránce na velmi dobré úrovni. Ojedinelé překlepy nemají na úroveň textu žádný vliv.

Vyjádření k publikacím studenta

Statement to student's publications

Rozsah a kvalita publikací uvedených v disertační práci je na velmi dobré úrovni. Tematické zaměření publikační činnosti autora disertační práce dokládá jeho intenzivní zájem o řešenou problematiku a značný rozsah výzkumných aktivit zaměřených na dané téma.

Celkové zhodnocení a otázky k obhajobě

Total evaluation and questions for defence

Předložená práce zcela splňuje požadavky na disertační práci zejména originálním přístupem k řešení problematiky vývoje nových izolačních materiálů splňujících současné požadavky v této oblasti. Autor prokázal schopnost samostatné tvůrčí vědecké práce při přípravě i realizaci experimentu, který také precizně a systematicky popsal a analyzoval v samotném textu práce. Jak výsledný nový nanokompozitní materiál, tak poznatky z dílčích kroků experimentu jsou významným přínosem k této problematice.

Disertační práci z výše uvedených důvodů doporučuji k obhajobě.

Otázky k práci:

V práci uvádíte, že pro měření permitivity materiálů jste používal systém Novocontrol Alpha A. Jak pracuje tento systém se složkami permitivity?

Pokud je vzorek UP1S v tabulce 7.1 totožný s materiálem UP1_1 v tabulce 6.6, jak si vysvětlujete pokles vnitřní rezistivity vzorku UP1S?

V posledním odstavci závěru navrhuje směry dalšího výzkumu, které vycházejí z uvedených výsledků. Zajímalo by mě, jaké jsou obecně zkušenosti s výrobou takových materiálů pro průmyslovou praxi a jestli bude práce pokračovat.

Doporučuji disertační práci k obhajobě
I recommend the dissertation for the defence

ano
yes

x

ne
no

Datum
Date

6. 10. 2021

Podpis oponenta:
Signature of opponent



Oponentní posudek na disertační práci

Ing. Ondřeje Michala

Dielektrické vlastnosti pryskyřice modifikované manometrickými plnivy.

Disertační práce je charakterizována systematickým postupem k nalezení a vyvinutí efektivnějšího izolačního materiálu v elektrotechnice ve srovnání se současnými moderními materiály.

Porovnáním funkčních vlastností jednotlivých reprezentantů užívaných materiálů vyplynula nová kombinace materiálu s nanovlákněným polymerním pojivem. Jde o nanokompozitní materiál pro vn aplikace složený z polyesterimidové pryskyřice, nanočástic SiO₂, polyamidových nanovláken a polyamidové folie.

Disertant prokázal vyšší hladinu dielektrických vlastností své volby a na základě rozsáhlého experimentu dospěl k optimální technologii této kombinace a to s pomocí jím vyvinutého software pro automatickou analýzu Cole-Cole diagramů. V tom spočívá **význam disertační práce pro obor.**

Postup řešení problému počíná zevrubným členěním současných elektroizolačních materiálů a popisem jejich využitelnosti a to v souvislosti s vlivem vnějšího elektrického pole na elektroizolační systém. Opět pak se souvislostí vlivu elektrického pole následuje pojednání o jednotlivých druzích nanomateriálů a jejich vhodnosti pro dielektrika. Zde již jsou zahajovány technologické kroky ke spojení jednotlivých komponent nově tvořeného izolačního systému a to podle výsledků rozhodujících dielektrických parametrů.

Podrobný rozbor je věnován začlenění polyesterimidové pryskyřice a nanovlákněnému polymernímu pojivu a výsledně pak zabudování nanočástic do matrice zmíněných komponent. To je teorií i pak vlastními experimenty potvrzený vhodný postup řešení současně s **použitými diagnostickými metodami** tj. absorpční a resorpční charakteristiky a ztrátový činitel, dále pak jeho závislost na frekvenci, teplotě a napětí.

Na výsledný systém jsou aplikovány metody strukturální analýzy a mechanické zkoušky. Dále byla použita i pulzní elektroakustická analýza. Tyto metody jsou vhodné k ověření **dosaženého cíle práce.** Který byl **vůči stanovení splněn.** Hlavním cílem disertační práce bylo vyvinutí nového typu kompozitního elektroizolačního materiálu obsahujícího nanosložky. Konstatuji, že cíle bylo dosaženo a byl tak vyvinut nanokompozitní elektroizolační materiál kombinující dvě plniva nanometrických rozměrů a plnivo modifikující vylepšení mechanických vlastností.

Výsledkem disertační práce je původní konkrétní přínos předkladatele spočívající ve vývoji nanokompozitního materiálu složeného z polyesterimidové pryskyřice, nanočástic SiO₂, polyamidových vláken a polyamidové folie a co důležité, pomocí rozsáhlého experimentu s technologickým postupem. Původním je i jím vyvinutý software pro automatickou analýzu Cole-Cole diagramů používanou při vývoji systému.

Práce vyniká **systematičností, je přehledná, dobré formální a jazykové úrovně.**

Veškeré prezentované publikace autora svědčí o hlubokém ponoření do problematiky, vyspělé odborné úrovni a přínosu pro obor.

Vzhledem k výše prezentovaným pozitivním skutečnostem shledávám předloženou disertační práci za velmi přínosnou

a doporučuji ji k obhajobě v souladu se zák.111/1998 Sb. §47.

P.S. Doporučuji při odborné rozpravě uvést názor disertanta na eventuelní první průmyslové použití jeho vývoje v oboru elektrických strojů.

V Plzni, dne 12.10.2021



Ing. Lumír Šašek, CSc.