

Oponentní vyjádření k doktorské práci

Ing. Mariána KLAMPÁRA

## **Štúdium nanokompozitov pre elektrické izolácie**

zpracované v rámci jeho doktorského studia  
v oboru Fyzikální elektronika a nanotechnologie  
doktorského studijního programu Elektrotechnika a komunikační technologie  
na Ústavu fyziky Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií  
Vysokého učení technického v Brně  
Školitel doc. Ing. Karel Liedermann, CSc.

Předložená doktorská práce je věnována aktuálnímu tématu ověřování a studiu elektrických vlastností nanokompozitů na epoxidové bázi modifikovaných nanočásticemi anorganických oxidů. Vzhledem k tomu, že jedním z nejčasovějších témat řešených současným materiálovým inženýrstvím je právě problematika nanokompozitních materiálů, lze zpracované téma považovat za současné, aktuální a pro současnou materiálovou vědu více než potřebné. Nadále je nutné konstatovat, že konstruování elektroizolačních systémů pro elektrická zařízení je stále řešeným problémem nejen našeho ale i průmyslu v celosvětovém měřítku. To také svědčí o aktuální potřebě řešit problémy komponent těchto systémů. A tím je tedy také téma předložené práce skutečně současné a potřebné, neboť zasahuje i do této oblasti. Dalším aspektem aktuálnosti řešení uvedeného problému je skutečnost, že pro experimenty byla vybrána epoxidová pryskyřice používaná v současnosti brněnskou firmou ABB – tedy současný materiálový problém.

**Práce tak plně spadá do oboru disertace a plní hledisko aktuálnosti z hlediska současného stavu vědy a techniky.**

Úvodní část práce disertant věnuje nejprve obecným úvahám o dielektrikách, jejich polarizačním mechanismům včetně jejich modelování a dále pak zejména dielektrické relaxační spektroskopii. Následně pak nanokompozitům a poměrně rozsáhlou částí jsou úvahy o epoxidech. Závěr této části patří degradačním procesům v polymerech. Celá tato část je napsána čtivou formou, disertant v ní prokazuje výborné zvládnutí uvedené problematiky a plnou orientaci ve všech aspektech patřících do tématu práce.

**Tato část práce je dobrým svědectvím erudice autora a jeho schopnosti vědeckého přístupu ke studiu a uchopení řešených odborných problémů. Je výborným vstupem do problematiky práce.**

Cíle práce, tak, jak je disertant stanovil, potvrzují aktuálnost řešeného tématu. Jsou zaměřeny na proměňování a hodnocení změn elektrických vlastností plnivy modifikované epoxidové pryskyřice. Navržená plniva  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  jsou z pohledu současného stavu vědy vybrána správně. Sledování vlivu velikosti nanočástic použitých plniv jen vhodně doplňuje komplexnost pojmů problému. Jádrem řešení je pak logicky sledování a rozbor chování stanovených materiálů v elektrickém poli, zejména pak pozorování změn jejich dielektrických vlastností při teplotní expozici v co největším frekvenčním rozsahu od 10  $\mu\text{Hz}$  do 10 MHz.

**Dosažené výsledky jsou zásadním přínosem pro popsání chování vybraných dielektrik ve střídavém elektrickém poli kvantifikací jejich relaxačních charakteristik – především popsáním změn relaxací  $\alpha$  a  $\beta$ . Byl prokázán vliv nanosložek na chování kompozitu. Plnivo  $\text{SiO}_2$  při jeho rostoucí koncentraci v epoxidové matici způsobuje pokles elektrické vodivosti, na rozdíl od plniva  $\text{TiO}_2$ , které výrazně mění oblast relaxací  $\alpha$  a  $\beta$ . Výsledky dosažené řešením problému lze považovat za původní a plně přínosné pro tuto**

**vědní oblast a jsou originálním přínosem práce. Poskytují originální a původní fyzikální vysvětlení jevů v kompozitech vlivem nanosložek.**

**Jádro disertační práce bylo na potřebné úrovni publikováno původními příspěvky na mezinárodní konferenci a dalšími příspěvky na domácích konferencích, kde se v obou případech podle vyjádření autora setkaly s kladným ohlasem. Problematika je natolik nosná, že s podivem zůstává otázkou, proč ji autor nepublikovat v impaktovaném časopise, co by si plně zasloužila.**

K autorovi mám následující dotazy:

1. V úvodu práce píšete o čtyřech plnivech  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Můžete zdůvodnit tento výběr! Ve vlastní práci je však podrobně popsán vliv jen  $\text{SiO}_2$  a  $\text{TiO}_2$  – co je důvodem této skutečnosti?
2. Na straně 16 píšete o aplikaci písku jako plniva kompozitů v elektrotechnice, toto tvrzení opakujete na straně 33 – můžete toto tvrzení přiblížit a vysvětlit!
3. Na straně 50 píšete, že materiál bez problému zvládá teplotní namáhání do  $300^\circ\text{C}$ . Termogravimetrický záznam však při této teplotě vykazuje změnu hmotnosti – zjistil jste jakou – skutečně je bezvýznamná?
4. Jaké změny relaxací lze zaznamenat u  $\text{WO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ?
5. Výsledky ostatních experimentálních metod jste pouze konstatoval a dále s nimi nepracoval – proč?
6. V cílech práce hovoříte o naznačení možností použití daných materiálů pro komerční využití v elektronickém průmyslu – přiblížte je !

**Závěrem konstatuji, že práce je nesporným přínosem pro fyzikální poznání vlivu studovaných nanopřísad do kompozitů na chování těchto látek ve střídavém elektrickém poli. Dosažené výsledky jsou původní, originální a svědčí o vědecké erudici autora.**

**Práci doporučuji k obhajobě a posléze po jejím úspěšném průběhu udělení  
Ing. Mariánu Klampárovi titul Ph.D.**

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

V Plzni 29.10.2015.