

ANALYSIS OF INFLUENCE CLIMATIC CONDITIONS ON DIELECTRIC SPECTRA OF CERAMIC MATERIALS DURING CYCLICAL MOISTENING

Zdeněk Makovský

Master Degree Programme (5), FEEC BUT
E-mail: xmakov07@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Frk

E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The object of this thesis is to measure and analyses selected dielectric properties of high porous ceramic materials in the frequency range from 100 Hz to 1 MHz in 0 %, 33 %, 55 %, 75 % and 95 % of relative atmospheric humidity during cyclical moistening.

1. ÚVOD

Ke sledování dielektrických vlastností keramických materiálů slouží řada zkušebních metod. Jednou z nich je metoda dielektrické relaxační spektroskopie (DRS), která se zabývá získáváním poznatků o jednotlivých relaxačních a vodivostních procesech vyskytujících se ve zkoumaném dielektriku a směřuje k nalezení vhodné fyzikální interpretace na mikroskopické úrovni. Tématem předložené práce je prošetření dielektrických vlastností vybraných druhů vysokoteplotní pórovité keramiky v průběhu cyklického navlhávání v prostředích o relativních vlhkostech vzduchu 0 %, 33 %, 55 %, 75 % a 95 %. Změny dielektrických vlastností jsou zkoumány při teplotě 23 °C, v kmitočtové oblasti 100 Hz až 1 MHz.

2. TEORETICKÁ ČÁST

Působí-li na dielektrikum střídavé elektrické pole, projeví se jeho dynamické vlastnosti. Tyto vlastnosti nejlépe popisuje komplexní permitivita, kterou lze vyjádřit vztahem

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon'', \quad (1)$$

kde reálná část ε' představuje míru kapacitního charakteru dielektrika a imaginární část ε'' je úměrná polarizačním ztrátám v dielektriku a nazývá se ztrátovým číslem [1].

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Pro experiment byly použity tři druhy keramických materiálů s obchodním označením PYROSTAT, RK5 a PORCELÁN dodaných firmou Keramtech, s.r.o., Žacléř. Chemické složení zkoumaných keramických vzorků je přehledně uvedeno v tabulce 1. Od každého druhu bylo použito 5 vzorků se jmenovitými rozměry 100 mm x 80 mm x 10 mm. Vzorky nebyly povrchově opracovány, takže byly na povrchích zřejmé mírné nerovnosti. Pro stanovení úrovně navlhání a následně změn dielektrických vlastností byly zkoumány hmotnosti jednotlivých vzorků.

oxid / obsah (%)	porcelán	pyrostat	RK5
SiO ₂	70	56,9	24,8
Al ₂ O ₃	23,8	36,6	73,2
Fe ₂ O ₃	0,7	3,1	0,6
TiO ₂	0,2	1,2	0,3
CaO	0,3	0,6	0,1
MgO	0,3	0,4	0,1
K ₂ O	2,1	1,1	0,7
Na ₂ O	1,4	0,1	0,2

Tabulka 1: Chemické složení zkoumaných keramických materiálů [2].

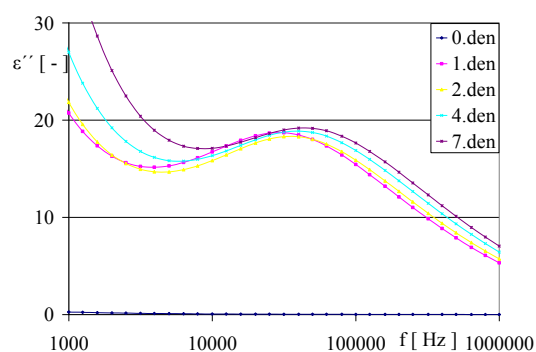
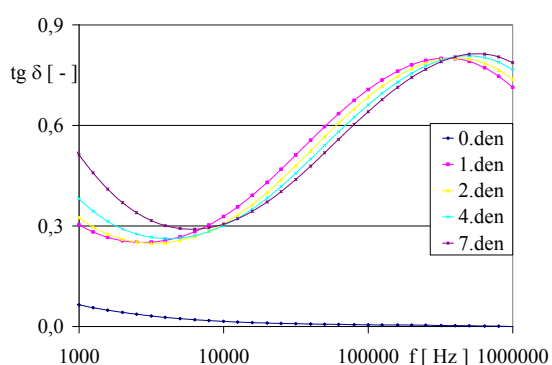
K měření v kmitočtové oblasti byl použit měřicí přístroj HP4284A od firmy Hewlett-Packard, který využívá tříelektrodový systém Agilent 16451B. Tento RLC-metr měří kapacitu a ztrátové číslo v kmitočtovém rozsahu 20 Hz až 1 MHz.

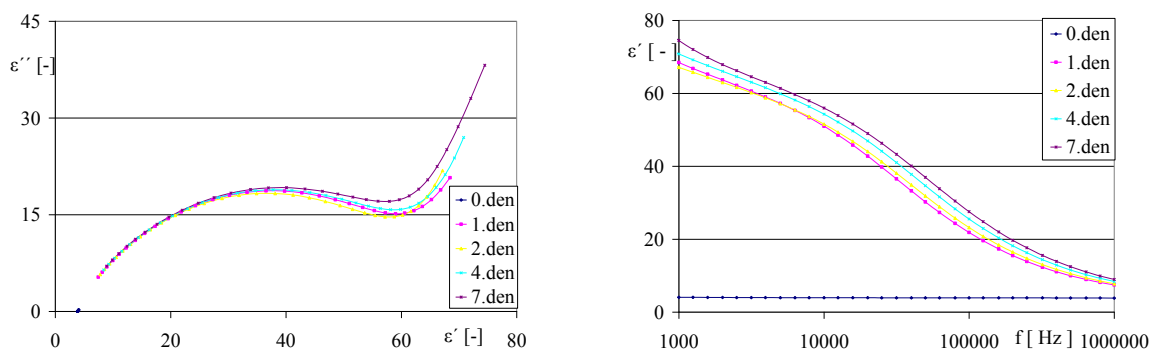
Před samotnou expozicí keramických materiálů v prostředí o relativních vlhkostech byly jednotlivé experimentální vzorky vysušeny v prostředí s relativní vlhkostí 0 %. Pro tento účel posloužil exsikátor s regenerovaným molekulovým sítem. Pro nastavení ostatních zvolených relativních vlhkostí v exsikátorech byly použity nasycené roztoky solí.

Tříelektrodový systém byl umístěn v měřicí klimatické komoře, kde byla nastavena hodnota relativní vlhkosti stejná jako v exsikátoru, ve kterém byl měřený vzorek exponován.

4. VÝSLEDKY EXPERIMENTU

Naměřené a vypočítané hodnoty z kmitočtové oblasti jsou graficky zpracovány a znázorněny v podobě závislostí $\varepsilon' = F(f)$, $\varepsilon'' = F(f)$, $tg\delta = F(f)$ a ve formě tzv. Cole-Coleho kruhového diagramu $\varepsilon'' = F(\varepsilon')$.





Obrázek 1: Frekvenční závislosti složek komplexní permitivity materiálu RK5 exponovaného v prostředí o relativní vlhkosti 95 % s dobou expozice jako parametrem.

5. ZÁVĚR

Dielektrické vlastnosti zkoumaných druhů elektrotechnické keramiky jsou zřetelně závislé na přítomnosti vlhkosti, přičemž míra změn je ovlivněna výší relativní vlhkosti a doby expozice. S úrovní navlhání se zvyšují obě složky komplexní permitivity ϵ' , ϵ'' . Největší změny v dielektrických vlastnostech se projevují bezprostředně po zahájení procesu navlhání či vysoušení zkoumaných materiálů. Podstatnější změny se projevují u vzorků RK5 a PYROSTATU, které jsou pórovitější než PORCELÁN. Výsledky experimentu poukazují na relaxační charakter navlhklých keramických materiálů, který se projevuje ve výskytu typických relaxačních maxim v kmitočtovém průběhu v průbězích Coleho-Coleho diagramu. Po dokončení několika cyklů navlhání a získání dostatečného množství dat se v další části práce předpokládá vyhodnocení získaných kmitočtových závislostí dielektrických spekter vhodnou matematickou funkcí popisující rozložení relaxačních dob. Nejvhodnější se jeví Havriliakova-Negamiho rozdělovací funkce, kterou bude nutné doplnit s největší pravděpodobností o vodivostní příspěvek. Získané poznatky mohou být využity při praktických aplikacích pórovitých i nepórovitých keramických materiálů v elektrických zařízeních.

LITERATURA

- [1] Kocman, V.: Fyzika a technologie elektrotechnických materiálů – Izolanty A. Skriptum VUT Brno. SNTL Praha, 1971
- [2] Heftejš, V.: Interní dokumentace firmy KERAMTECH, s.r.o, Žacléř