

THE INFLUENCE OF HUMIDITY AND TEMPERATURE ON CERAMIC MATERIALS PROPERTIES

Milan Spohner

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xspohn00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Frk

E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

The presented thesis drala with the methods of dielectric relaxation spectroscopy in the frequency domain. Furthermore, the behavior of dielectric materials in the AC electric field is studied as well. The practical part of the thesis deals with experimental examination of basic dielectric properties of three samples of electro-technical ceramics at various temperatures and relative humidity.

1. ÚVOD

1.1. TEORIE VLHKÉHO VZDUCHU

Vlhký vzduch je směs suchého vzduchu, jenž neobsahuje molekuly vody ani vodní páry. Nenasycený vlhký vzduch je směs suchého vzduchu s přehřátou vodní párou, a nasycený vlhký vzduch je směsí vzduchu se sytou vodní párou.

Většina výpočtů pro vlhký vzduch se počítá pro tlaky blízké tlaku atmosférickému [1].

Vlhký vzduch je směsí suchého vzduchu a vodní páry, proto je celkový tlak vlhkého vzduchu součtem částečných tlaků suchého vzduchu p_v a vodní páry p_p :

$$p = p_v + p_p \quad (2)$$

Sloučení základních tří stavových veličin vznikne pro ideální plyn stavová rovnice vlhkého vzduchu:

$$p \cdot V = m \cdot r \cdot T, \quad (3)$$

kde p je tlak plynu, V objem plynu, T termodynamická teplota ve stupních Celsia, r měrná plynová konstanta a m hmotnost plynu [1].

Stav (vlhkosti) vzduchu je udáván dvěma základními stavovými veličinami a veličinou vyjadřující složení směsi. Stavovými veličinami jsou nejčastěji tlak a teplota.

Za normální prostředí pro zkoušení vlastností materiálů se považuje takové prostředí, v němž je teplota $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ a vlhkost $50 \pm 5 \text{ } \%$ (dle ČSN 34 6401) [1].

1.2. ZPŮSOB NAVLHÁNÍ PEVNÝCH LÁTEK

Navlhavost (hygroskopičnost) je schopnost látky přijímat vlhkost z okolního ovzduší. Základním fyzikálním jevem u navlhavosti je adsorpce (= proces probíhající na povrchu tuhé látky nebo kapaliny) molekul vody. Adsorpce molekul vody je výsledkem adsorpčních sil mezi sorbetem a sorbendem.

Doba pobytu τ je doba setrvání vázané molekuly vody na povrchu tuhé látky, po uplynutí této doby molekula desorbuje, tj. opouští povrch sorbetu. Proto je τ je silně závislé na teplotě T a na vazební energii W , proto platí:

$$\tau = A \cdot e^{\frac{W}{kT}}, \quad (4)$$

kde k je Boltzmannova konstanta a A materiálová konstanta [2].

Navlhání a vysoušení navlhých látek je dlouhodobý proces. Při navlhání probíhá v látce, uložené v prostředí o dané stálé relativní vlhkosti a stálé teplotě, postupné zvyšování počátečně malého obsahu vlhkosti v jednotkovém objemu látky a asymptoticky se blíží k rovnovážnému stavu vlhkosti v látce, který odpovídá relativní vlhkosti okolního prostředí.

2. ROZBOR

V předložené práci je zkoumána metoda dielektrické relaxační spektroskopie ve frekvenční oblasti a prostudováno chování dielektrických materiálů ve střídavém elektrickém poli. Praktická část se zabývá experimentálním prošetřením základních dielektrických vlastností tří vzorků elektrotechnické keramiky při různých teplotách a vlhkostech.

2.1. DIELEKTRICKÉ MATERIÁLY

Fyzika dielektrik se zabývá fyzikálními ději, které v materiálech probíhají působením elektrického pole. Elektrické vlastnosti jsou určovány chemickým složením, strukturou, skupenstvím a stavem. Dielektrika jsou složena z atomů, molekul, iontů. Ideální dielektrikum (izolant) obsahuje vázané elektrické náboje. Reálné dielektrikum obsahuje vázané i volné elektrické náboje. Základní elektrické veličiny: permitivita (relativní) ϵ' , komplexní permitivita ϵ^* , vnitřní rezistivita ρ_v , povrchová rezistivita ρ_p , ztrátový činitel $\text{tg } \delta$ a elektrická pevnost E_p [3].

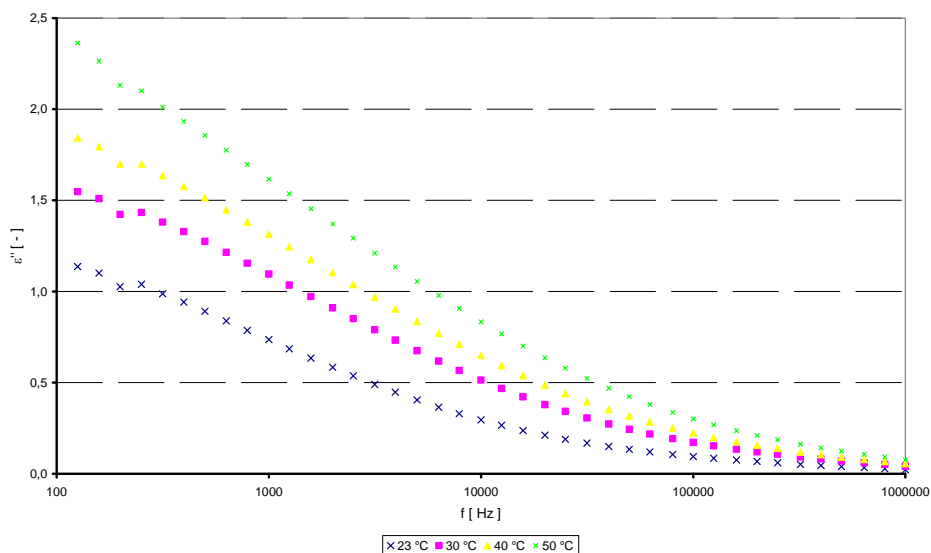
2.2. KERAMICKÉ MATERIÁLY

Keramický materiál je anorganický polykrystalický materiál, často se sklovitými, silikáty obsahujícími tavící a vazané látky, vzniklý ze surovin vypálením za vhodné teploty. Směsi těchto surovin jsou zpravidla po zformování plastické a svoje významné vlastnosti, jako tuhost a pevnost, získávají až po výpalu. Velikost teploty výpalu je volena přibližně ve výši 80 – 90 % teploty tavení dané směsi [4].

Pyrostat je shodný název pro hořečnatou pórovinu a má tyto výhody – schopnost pracovat při vysokých teplotách s odolností do teploty 1100 °C, odolnost proti náhlým změnám teploty až 250 °C, nevýhodou je velká násákovost 10-15% a navlhavost. Materiál se používá na nosiče odporových drátů a na topná tělesa el. spotřebičů.

2.3. VYHODNOCENÍ HODNOT A ZPRACOVÁNÍ DO GRAFU

Z naměřených hodnot bylo zjištěno, že největší vliv na zvýšení hodnoty permitivity, ztrát a ztrátového činitele má zvýšení vlhkosti (z 33 % na 75 % a poté na 95 %) po každé z další měřené vyšší vlhkostí se hodnota u závislosti permitivity na frekvenci zvyšovala přibližně desetinásobně, u dalších charakteristik bylo zvýšení hodnot také zásadní. Zvyšováním teploty se hodnoty také zvyšovali, ale ne tolik jako u zvyšování vlhkosti.



Obrázek 1: Graf závislosti ztrát na frekvenci pro pyrostat

3. ZÁVĚR

V této práci proběhlo seznámení se s měřením na vzorcích pyrostatu pomocí RLCG-metru Agilent 4284A v klimatické komoře Climacell. Měřené vzorky byly vkládány do elektrodového systému, který byl připojen k RLCG-metru čtyřvodičovou metodou. RLCG-metrem byla měřena kapacita a ztrátový činitel (pro frekvenci od 50 Hz do 1 MHz).

LITERATURA

- [1] BLAHNÍK, R.: *Vlhkost vzduchu*. Státní pedagogické nakladatelství SPN Praha, 1964, 133 stran.
- [2] SÝKORA, R.: Comet Systém s.r.o., *Vlhkost plynu*. 2005-2006, 32 stran.
- [3] JIRÁK, J.: *Materiály a technická dokumentace (část Materiály v elektrotechnice)*. Interní učební texty FEKT VUT, Brno 2004, 149 stran.
- [4] KAZELLE, J.: *Elektrotechnické materiály a výrobní procesy*. Interní učební texty FEKT VUT, Brno 2006, 273 stran.