

THERMAL AGEING OF THERMIKANIT 26.000

Jiří BEDNÁŘ, Master Degree Programme (5)
Dept. of Electrical and Electronic Technology, FEEC, BUT
E-mail: xbedna12@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Martin Frk

ABSTRACT

The topic of this work is to measure and to analyze dielectric spectra of Thermikanit 26.000 in the frequency range 100 Hz – 1 MHz and at temperatures from 20 °C to 300 °C. Thermikanit 26.000 is a high-temperature mica-based insulation material.

1 ÚVOD

V předložené práci jsou ve frekvenční oblasti 100 Hz až 1 MHz sledovány složky komplexní permitivity vysokoteplotního slídového elektroizolačního materiálu s obchodním označením Thermikanit 26.000, který je produktem společnosti EIT a.s. Tábor, člena skupiny COGEBI Group. Zkoumaný materiál je analyzován a vyhodnocen v teplotním rozsahu 20°C až 300°C při dvou cyklech tepelného stárnutí při teplotě 420°C.

Pro sledování a vyhodnocení parametrů složek komplexní permitivity byla zvolena metoda dielektrické relaxační spektroskopie. Je to metoda na rozhraní fyziky, chemie a materiálového inženýrství, kterou lze použít ke studiu různých materiálových soustav ve frekvenční a časové oblasti.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Vlastnosti dielektrik ve střídavém elektrickém poli je účelné vyjádřit pomocí komplexní permitivity. Komplexní permitivita ε^* se skládá ze dvou složek. Reálná složka komplexní permitivity ε' , která je mírou kapacitního charakteru dielektrika, se často označuje jako relativní permitivita. Imaginární složka komplexní permitivity ε'' , která je úměrná celkovým dielektrickým ztrátám (polarizačním a vodivostním) ve střídavém elektrickém poli, se nazývá též ztrátovým číslem [1]. Komplexní permitivita jako frekvenčně závislá veličina se uvádí vztahem

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

Princip dielektrické relaxační spektroskopie spočívá ve sledování odezvy elektrického dipólu na působení vnějšího elektrického pole v časové nebo frekvenční oblasti. Ve frekvenční oblasti se dielektrická relaxační spektroskopie zabývá měřením frekvenční

závislosti jednotlivých složek komplexní permitivity dielektrik. Velká část dielektrik se skládá z různých molekul, které se rozdílně stácejí ve směru elektrického pole. Projevuje se zde výskyt více relaxačních dob; proto je potřeba počítat s distribucí relaxačních dob.

Pro popis dielektrické relaxace existuje několik různých funkcí, které vycházejí z experimentálně zjištěných průběhů vybíjecího či nabíjecího proudu v závislosti na čase nebo složek komplexní permitivity v závislosti na frekvenci (Coleovo-Coleovo, Coleovo-Davidsonovo a Havriliakovo-Negamiho rozdělení) [3]. Všechny empirické funkce jsou definovány několika parametry a studuje se závislost těchto parametrů na vnějších vlivech. K nejvýznamnějším faktorům patří teplota a intenzita elektrického pole. Havriliakovo - Negamiho rozdělení, které zohledňuje i vodivostní složku ztrátového čísla, je velice často používáno pro popis relaxace. Pro komplexní permitivitu zde platí vztah

$$\bar{\epsilon}(\omega) = \epsilon_{\infty} + \frac{\epsilon_s - \epsilon_{\infty}}{[1 + (j\omega\tau_0)^{-\alpha}]^{\beta}} + \frac{\gamma}{\omega\epsilon_0}, \quad (2)$$

v němž α vyjadřuje šířku rozdělení relaxačních dob (čím vyšší α , tím je rozdělení širší), β je parametr charakterizující rozptyl relaxačních dob, τ_0 udává nejpravděpodobnější relaxační dobu a γ je konduktivita.

Stárnutím se nazývá souhrn fyzikálních a chemických změn, ke kterým dochází v závislosti na čase působením vlivů a podmínek, jimž je materiál vystaven. Projevuje se postupným znehodnocováním dielektrických vlastností materiálu a dochází k trvalému zhoršení funkčních vlastností. Pro kvantitativní vyjádření tepelného stárnutí a jeho matematickou formulaci je často používán Montsingerův vztah, který experimentální výsledky vyjadřuje exponenciální funkcí, která udává závislost doby života izolace na teplotě ve tvaru

$$t = A \cdot e^{-m\vartheta}, \quad (3)$$

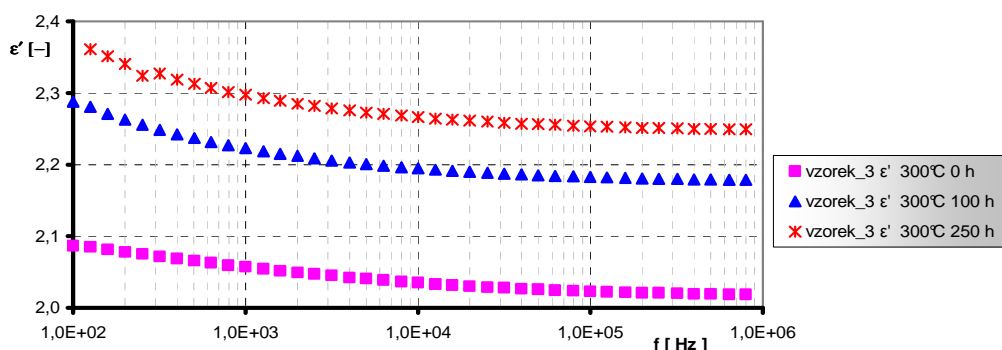
kde t je doba života; m , A jsou materiálové konstanty, přičemž A má význam fiktivní doby života (t_0) při teplotě $\vartheta = 0^{\circ}\text{C}$ a ϑ je konstantní teplota stárnutí.

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

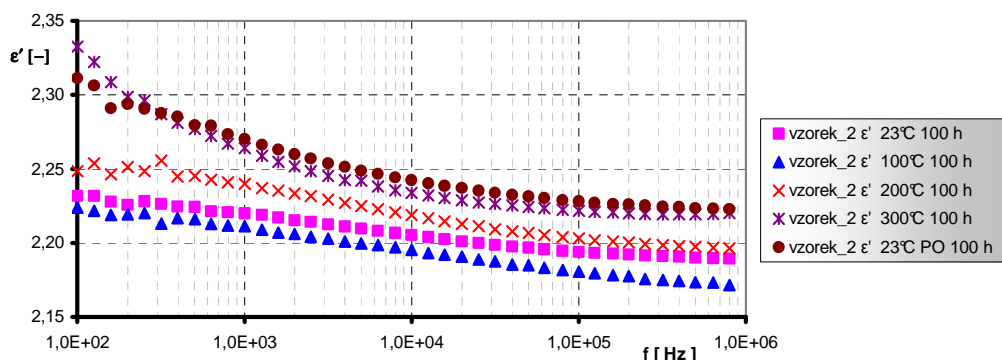
Thermikanit 26.000 je elektroizolační materiál tvořený z 91 ± 1 % hm. nekalcinovaným slídovým papírem Remika na bázi slídy muskovit a z 9 ± 1 % hm. silikonovým pojivem Silres MK, které výrazně přispívá k teplotní odolnosti celé složené soustavy. Materiálový list udává tyto vlastnosti Thermikanitu: hustotu $2100 \pm 0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, elektrickou pevnost $3 \cdot 10^7 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ a měrnou tepelnou vodivost $0,3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ [4]. Thermikanit byl dodán ve formě tuhých desek o rozměrech 200 x 300 mm a jmenovité tloušťce 0,3 mm. Z dodaného materiálu byly připraveny zkušební vzorky obdélníkového tvaru o rozměrech 75 x 80 mm. Za účelem odstranění vlivu parazitních sériových vzduchových kapacit při dielektrických měřeních, vzniklých vlivem povrchových nerovností vzorků, byla část vzorků opatřena stříbrným tříelektrodovým systémem, který byl vytvořen procesem vakuového napařování.

Dielektrická měření ve frekvenční oblasti v rozsahu 100 Hz – 1 MHz probíhala na LCR metru HP4284 firmy Hewlett Packard, který pracuje na principu mostové metody s automatickým vyvažováním [2]. Byl použit speciální tříelektrodový systém s průměrem měřicí elektrody 38 mm a šířkou vzduchové mezery mezi měřicí a stínicí elektrodou 1 mm. Vzorky byly podrobeny tepelnému stárnutí postupně v cyklech 100 a 150h při teplotě 420°C . Vlastní experiment probíhal při teplotách 20, 100, 200 a 300°C . Byla měřena kapacita

a ztrátový činitel, z nichž se následně stanovovaly obě složky komplexní permitivity ϵ' a ϵ'' . Vliv doby stárnutí na průběh $\epsilon' = F(f)$ je znázorněn na obr.1. Na obr.2 je uvedena závislost $\epsilon' = F(f)$ během jednoho cyklu měření s teplotou jako parametrem.



Obr. 1: Frekvenční závislost permitivity vzorku č.3 při 300°C po třech cyklech stárnutí



Obr. 2: Frekvenční závislost permitivity vzorku č.2 při cyklu měření na úrovni 100h stárnutí

4 ZÁVĚR

Obě složky komplexní permitivity v souladu s teoretickými předpoklady klesají s rostoucí frekvencí. Tepelné stárnutí vede u všech zkušebních vzorků při všech experimentálních podmínkách ke zvýšení hodnot ϵ' a ϵ'' . Vzorky Thermikanitu vykazují značnou nehomogenitu, která je patrná i při vizuálním pozorování. S touto skutečností je proto nutné počítat a zajistit identické uložení vzorku do elektrodového systému během všech fází experimentů.

LITERATURA

- [1] Hassdenteufel, J. a kol. Elektrotechnické materiály. Bratislava: ALFA, 1978.
- [2] HP 4284A Precision LCR meter – Operation manual. Yokogawa: Hewlett – Packard LTD, 1989.
- [3] Liedermann, K., jun. Dielektrická relaxační spektroskopie polymerních látek: habilitační práce. Brno: VUT, 1996.
- [4] Materiálový list "Thermikanit 26.000". Tábor: Elektroisola a.s., 2002.