INFLUENCE OF ELECTRODE MATERIAL ON HIGH-TEMPERATURE DIELECTRIC MEASUREMENT

Vladimír MATOUŠEK, Master Degree Programme (5)
Dept. of Electrical and Electronic Technology, FEEC, BUT
E-mail: vmatousek@email.cz

Martin ODEHNAL, Master Degree Programme (5)
Dept. of Electrical and Electronic Technology, FEEC, BUT
E-mail: mar10@email.cz

Supervised by: Ing. Martin Frk

ABSTRACT

This paper describes the influence of electrode material on the process of complex permittivity components during the high-temperature measurement. An experiment is to examine how various types of steel and oxide layers (which are created on them) affect the results of the measurement.

1 ÚVOD

Měření dielektrických vlastností materiálu při vyšších teplotách může být ovlivněno měřicím systémem, konkrétně typem materiálu elektrod. V daném experimentu se zkoumá vazba mezi naměřenými daty a použitým typem elektrodového materiálu. Experiment je realizován s vysokoteplotním materiálem a zkoumá chování měřicího systému v teplotním rozsahu 20 °C až 350 °C.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Při vložení dielektrického materiálu do střídavého elektrického pole probíhá v materiálu polarizace, které jsou spojovány se vznikajícími ztrátami v dielektriku. Při tomto jevu dochází ke zpoždění elektrické indukce $\hat{D}$ za intenzitou elektrického pole $\hat{E}$. Indukce dostává ve střídavém elektrickém poli tvar

$$\hat{D}(\omega) = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon^*(\omega) \cdot \hat{E}(\omega), \tag{1}$$

kde ε^* je relativní komplexní permitivita vyjádřitelná vztahem (2) a ω značí úhlový kmitočet, platí

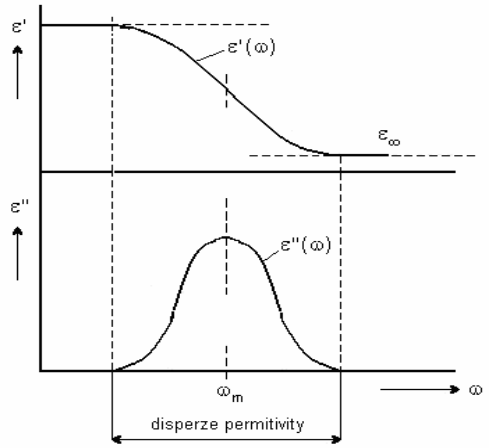
$$\varepsilon^*(\omega) = \varepsilon'(\omega) - j\varepsilon''(\omega). \tag{2}$$

Fázový posun mezi $\hat{E}$ a $\hat{D}$ se vyjadřuje ztrátovým úhlem δ, jehož tangenta se nazývá ztrátový činitel, pro který platí

$$tg\,\delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}. \tag{3}$$

Reálná část komplexní permitivity ε' je spojována s kapacitou vzorku a imaginární část ε'' s dielektrickými ztrátami.

Dielektrické ztráty ve střídavém elektrickém poli jsou zapříčiněny natáčením dipólových momentů ve směru působícího elektrického pole. Vlivem elektrického pole dochází k nežádoucímu zahřívání dielektrika. Dielektrické ztráty lze popsat jako rozptýlenou energii za časovou jednotku. Působením vyšší teploty dochází ke zvýšení ztrát v dielektriku. Závislosti obou složek komplexní permitivity jsou uvedeny na obr.1, v kmitočtové závislosti ε'' se objevuje maximum, které nastává při kruhovém kmitočtu ω_m. Zvýšení teploty má za následek posun charakteristických průběhů směrem doprava [2].



Obr. 1: *Průběh složek komplexní permitivity v závislosti na kruhovém kmitočtu*

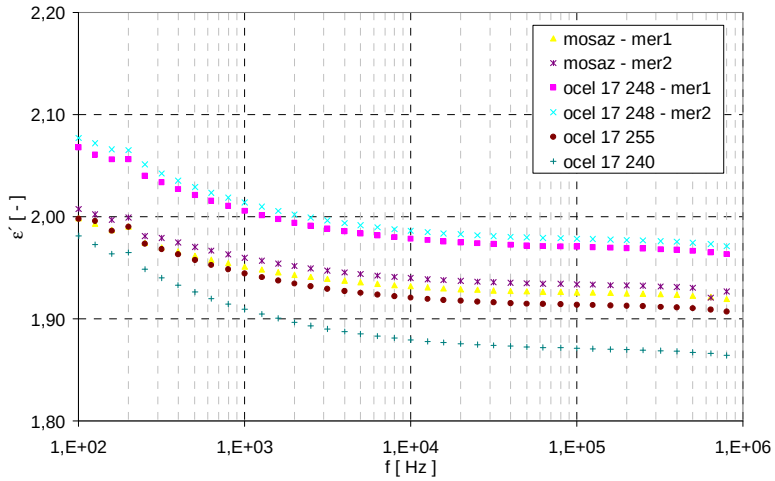
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Předmětem zkoumání je vysoce teplotně odolný Thermikanit 26.000. Jedná se o kompozit složený ze slídového papíru a silikonové pryskyřice; jeho oblast použitelnosti je do teploty 500 °C.

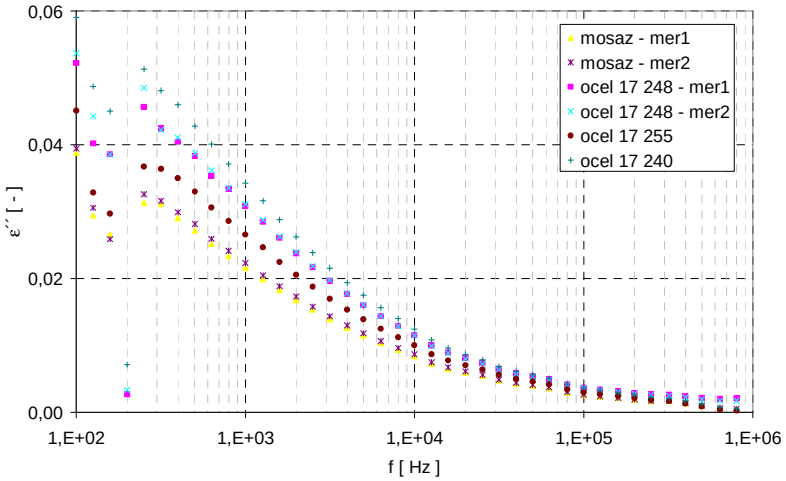
Složky komplexní permitivity byly měřeny přesným LCR metrem HP 4284A a k němu příslušným komerčním elektrodovým systémem 16451B, který však nelze použít pro vyšší teploty. Z tohoto důvodu byl komerční systém nahrazen novým, schopným odolat teplotám 300 °C. Konstrukčním materiálem byla mosaz ČSN 423223 složení CuZn40Pb2. Při opakovaných měřeních s mosazným elektrodovým systémem byly zjištěny maximální odchylky do 2% od hodnoty permitivity ε' měřené elektrodovým systémem 16451B.

Z důvodů měření při teplotách do 400 °C, které jsou nutné k ověření dielektrických vlastností, bylo nutné zvolit teplotně odolnější materiál elektrod. Zvoleny byly tři typy legované nerezové oceli typového označení ČSN 17248, 17255 a 17240. U legované oceli se do základní nízkouhlíkové oceli přidávají legující prvky, které podstatně zlepšují antioxidační vlastnosti materiálu. Na nelegované oceli se při interakci jejího povrchu s okolní atmosférou vytváří vrstva oxidu FeO, případně vyšší oxidy. Přidáním některého legujícího prvku jako Cr, Ni, Al, Be nebo Si, do základního materiálu pak dochází přednostně na povrchu materiálu ke vzniku oxidu legujících příměsí. Má-li oxidová vrstva ochranný charakter, jako Cr_2O_3, Al_2O_3, SiO_3 nebo BeO, zastaví se její růst a povrch oceli je chráněn vůči další oxidaci. Výběr materiálu se řídil dle obsahu množství jednotlivých legujících příměsí [4].

Experiment s různými elektrodami byl realizován při teplotě 21 °C. Výsledky měření jsou prezentovány v grafu v obr. 1 a obr. 2. Z grafické závislosti je patrné, že různé typy elektrodového materiálu ovlivňují naměřená data více než opakovatelnost měření.



Obr. 2: *Frekvenční průběh ε´ – různé druhy elektrod*



Obr. 3: *Frekvenční průběh ε“ – různé druhy elektrod*

4 ZÁVĚR

Z naměřených dat je patrné, že materiál elektrod ovlivňuje výsledky měření více, než chyba vznikající při opakovaných měřeních. Povrch elektrod opticky nevykazoval žádné oxidové vrstvy, které by se mohly vyskytovat při měření vyšších teplot. Z grafické závislosti na obr. 2 a obr. 3 je patrné, že ocel ČSN 17 255 se nejvíce přibližuje hodnotám, které byly změřeny pomocí mosazných elektrod při teplotě 21 °C.

LITERATURA

[1] Mentlík, V.: Diagnostika izolantů, Plzeň, Ediční středisko VŠSE v Plzeň 1986,

[2] Hassdenteufel, J. a ost.: Elektrotechnické materiály. ALFA Bratislava, 1978,

[3] Ashby, M. F., Jones, D. R. H.: Engineering Materials 1, Pergamon Press 1993