

ACCURACY OF DIELECTRIC MEASUREMENT OF LIQUID DIELECTRIC MATERIALS

Petr Škranc

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: petr.skranc@karneval.cz

Supervised by: Martin Frk
E-mail: frkmar@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

This paper is focused on the accuracy of dielectric measurement of liquid dielectric materials. The point is experimental measurement of dielectric properties of liquid oligobutadiene depending on frequency and temperature. This measurement helps to determine accuracy of measuring instruments – precision LCR meter HP 4284A and liquid test fixture Agilent 16452A.

1. ÚVOD

Na materiály používané v elektrotechnice a elektronice jsou kladeny stále větší nároky při aplikaci. Při studování a stanovování vlastností těchto látek je proto vyžadováno provádět experimenty s nimi s co největší možnou přesností. Daný experiment je zaměřen na přesnost měření při studiu dielektrických vlastností kapalných dielektrických materiálů v závislosti na kmitočtu a teplotě.

2. TEORETICKÝ ROZBOR

Chování dielektrika ve střídavém elektrickém poli popisuje komplexní permitivita ε^* . Je funkcí kmitočtu elektrického pole a lze ji vyjádřit vztahem

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

kde $\varepsilon'(\omega)$ je reálná složka, představující míru kapacitního charakteru dielektrika a nazývá se relativní permitivita. $\varepsilon''(\omega)$ je imaginární složka úměrná ztrátám v dielektriku a nazývá se ztrátovým číslem.

3. PŘESNOST MĚŘENÍ

Měření bylo provedeno pomocí přesného LCR metru HP 4284A a elektrodového systému pro kapalně materiály Agilent 16452A. Pomocí těchto přístrojů byly měřeny kapacita C_p a ztrátový činitel $tg \delta$. Na základě těchto veličin byla výpočtem stanovena ε' podle vztahu

$$\varepsilon' = \frac{C_p}{C_0}, \quad (2)$$

kde C_0 je geometrická kapacita elektrodového systému. Ztrátové číslo ε'' bylo vypočteno ze vztahu

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \operatorname{tg} \delta \quad (3)$$

3.1. PŘESNÝ LCR METR HP 4284A

Obecně je absolutní přesnost přístroje HP 4284A dána součtem dvou složek, a to součtem relativní přesnosti a kalibrační přesnosti [1]. Pro měření různých kombinací veličin je přitom výpočet relativní i absolutní přesnosti různý. U kapacity C_p je absolutní přesnost A_a dána vztahem

$$A_a = A_e + A_{cal} \quad (4)$$

A_{cal} je kalibrační přesnost a určuje se podle grafu stanoveného výrobcem (viz. [1]). Relativní přesnost A_e je dána vztahem

$$A_e = \pm [A + (K_a + K_{aa} + K_b \cdot K_{bb} + K_c) \cdot 100 + K_d] \cdot K_e \quad (5)$$

kde A je základní přesnost, K_a , K_b jsou tzv. impedanční faktory, K_{aa} , K_{bb} , K_d jsou tzv. faktory délky měřicího kabelu, K_c je tzv. kalibrační interpolační faktor, K_e je tzv. faktor teploty. Veličiny K_x vyjadřují míru vlivu faktorů působících na přesnost měření. Jejich velikost se stanovuje podle tabulek a grafů (viz. [1]) v závislosti na velikosti hodnoty měřené veličiny, délce kabelu, velikosti okolní teploty a dále v závislosti na kmitočtu, napětí a délce doby ustálení testovacího signálu.

U ztrátového činitele $\operatorname{tg} \delta$ pro absolutní přesnost D_a platí

$$D_a = D_e + \theta_{cal} = \pm \frac{A_e}{100} + \theta_{cal} \quad (6)$$

kde D_e je relativní přesnost a θ_{cal} je kalibrační přesnost v radiánech.

3.2. ELEKTRODOVÝ SYSTÉM AGILENT 16452A

Pro přesnost elektrodového systému podle [2] platí

$$Err = A + B \quad (7)$$

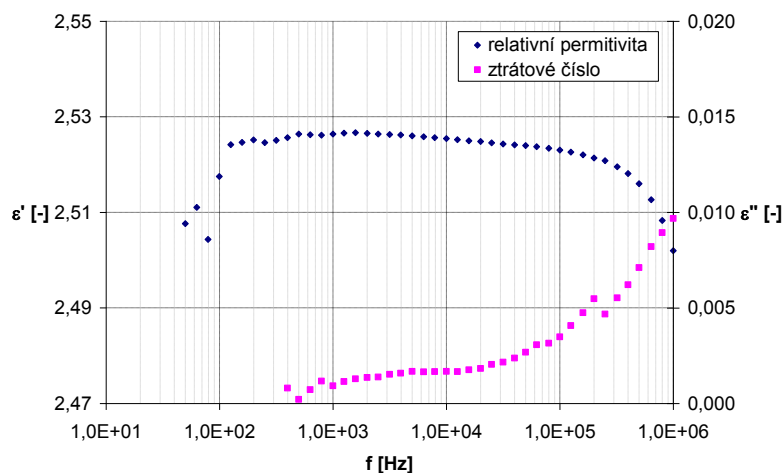
kde A je složka závislá na absolutní velikosti komplexní permitivity $|\varepsilon^*|$ a B je složka závislá na měřicím kmitočtu.

Celková přesnost soustavy přesný LCR metr HP 4284A – elektrodový systém Agilent 16452A je dána vztahem:

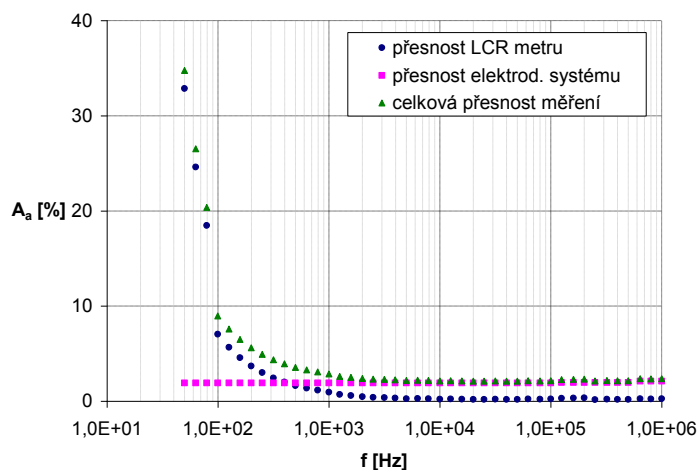
$$Err + A_a \quad (8)$$

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experiment byl proveden se vzorkem kapalného oligobutadienu KRASOL LB 5000 při teplotě okolí 21 °C. Bylo provedeno deset měření s časovou prodlevou pět minut mezi jednotlivými měřeními v kmitočtovém rozsahu 50 Hz až 1 MHz. Z průměrných hodnot C a $\operatorname{tg} \delta$ pak byly stanoveny složky ε^* . Obrázek 1 ukazuje zjištěnou kmitočtovou závislost složek ε^* . Obrázek 2 ukazuje přesnost LCR metru, elektrodového systému a celkovou přesnost měření.



Obrázek 1: Kmitočtová závislost složek komplexní permitivity vzorku LB 5000



Obrázek 2: Celková přesnost měření zahrnující jednotlivé složky chyb

5. ZÁVĚR

Z kmitočtových průběhů je patrné relaxační maximum v oblasti kmitočtů 10^6 až 10^7 . Z obrázku 2 je patrné, že v oblasti nízkých kmitočtů je chyba měření velká. Byla způsobena přesným LCR metrem, přesnost elektrodového systému je přibližně konstantní. Pro lepší pochopení a pro možnou matematickou a fyzikální interpretaci relaxačního mechanismu se předpokládá měření v teplotní závislosti v oblasti vyšších teplot. V další části práce bude sledována teplotní závislost a současně bude zkoumán i vliv délky řetězce uvedené skupiny oligobutadienů na dielektrické relaxační spektrum.

LITERATURA

- [1] AGILENT Technologies: *Agilent 4284A Precision LCR Meter – Data Sheet*. [online]. USA, 2004, [cit. 2007-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.agilent.com>>.
- [2] AGILENT Technologies: *Agilent 16452A Liquid Test Fixture: Operation and Service Manual*. 3. vydání, Japonsko, 2000. Agilent Part No. 16452-90000.