



Úloha č. 2

Frekvenční a teplotní závislosti vybraných dielektrických parametrů elektroizolačních materiálů

1 Zadání úlohy

Pro předložený plošný vzorek polymerního materiálu (polymethylmethakrylát – PMMA) proměřte teplotní závislost ztrátového činitele $\tan\delta$ a kapacity C_p pro dvě frekvence. Teplotu postupně zvyšujte v intervalu dle tabulky uvedené v Postupu měření. Hodnoty kapacity přepočítejte na hodnoty relativní permitivity ϵ_r .

Získané teplotní závislosti $\tan\delta$ a ϵ_r pro dvě nastavované frekvence vyneste do společného grafu a uveďte i tabulky se všemi změřenými hodnotami. Určete teplotu odpovídající lokálnímu maximu zjištěných závislostí (teplota β přechodu polymeru) a v závěru uveďte diskuzi ke změně zjišťovaných parametrů vlivem teploty a frekvence.

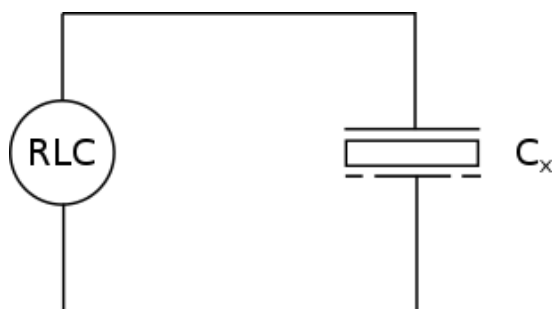
2 Teoretický rozbor problematiky

Vypracujte teoretický rozbor tématiky související s měřením teplotní závislosti ztrátového činitele (podstata dielektrických ztrát a jejich vývoj v závislosti na teplotě, definice ztrátového činitele a permitivity, vliv teploty na vnitřní strukturu izolantu a přechodové teploty polymerů) v rozsahu **2 normostrany** (1 normostrana = 1800 znaků včetně mezer). V textu **aktivně používejte** citace na použitou odbornou literaturu. Použitou literaturu formátujte v souladu s normou ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

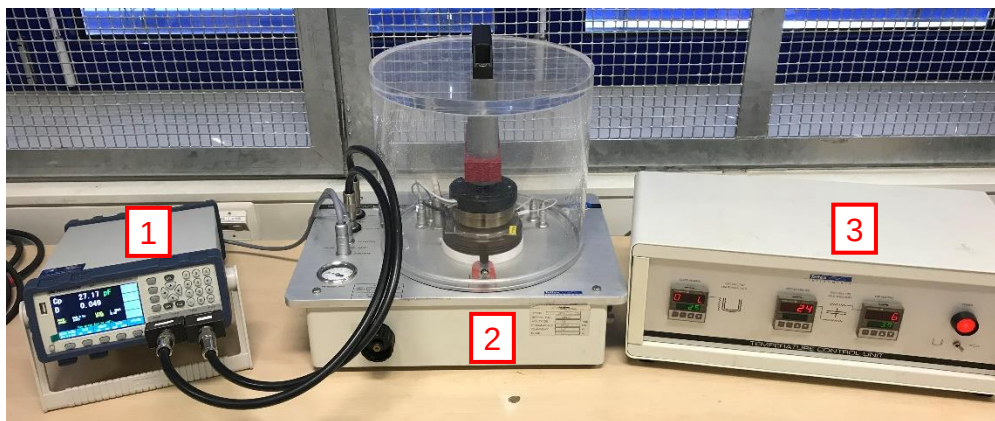
3 Používané přístrojové vybavení a jeho stručný popis

- RLC můstek
- vysokonapěťový tříelektrodivý systém s vyhřívanými elektrodami
- zařízení pro regulaci teploty (vyhřívání) elektrod

Schéma zapojení



Obr. 1: Zapojení RLC můstku a měřeného vzorku v elektrodovém systému.



Obr. 2: Zobrazení kompletní sestavy pro měření teplotních závislostí (1 – RLC můstek, 2 – elektrodový systém, 3 – zařízení pro regulaci teploty).

4 Postup měření

1. Vzorek elektroizolačního materiálu vložte do tříelektrodového systému. S pomocí otočného regulátoru (na čelní straně elektrodového systému) nastavte přítlak mezi elektrodami přibližně na 8 N/cm^2 a na elektrodový systém umístěte plastový kryt tak, aby se magnet na spodní straně krytu nacházel ve vymezené zóně (zazní slyšitelné sepnutí kontaktu).
2. Zapněte RLC můstek tlačítkem POWER a na čelním panelu přístroje proveďte základní nastavení měření. Pomocí tlačítka volby měření se nejprve přepněte na měření kapacity (C – D) a v kontextovém menu nastavte měření kapacity z paralelního modelu (C_p) a ztrátového činitele ($D = \tan \delta$). S pomocí šipek pak najedte na volbu nastavení veličin a s pomocí numerické klávesnice nebo kontextových tlačítek nastavte jednotlivé veličiny na čelním panelu na následující hodnoty (aktuální nastavovaná veličina je podbarvena červeně):
 - a. FREQ (měřicí frekvence) = v průběhu měření nastavovat 500 Hz a 2 kHz,
 - b. LEVEL (napětíová úroveň) = 1 VRMS,
 - c. RANGE (měřicí rozsah) = AUTO,
 - d. SPEED (rychlost měření) = SLOW.
3. Zjistěte teplotní závislost kapacity a ztrátového činitele pro frekvence 500 Hz a 2 kHz. Hodnoty teploty T nastavujte na zařízení pro regulaci teploty (nastavování teploty horní a spodní elektrody) dle uvedené tabulky.



Tab. 1: Teploty pro měření kapacity a ztrátového činitele.

Měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$T (^{\circ}\text{C})$	32	35	38	40	42	44	46	48	50	52	55
Měření	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
$T (^{\circ}\text{C})$	58	60	63	66	69	72	75	80	85	90	95

4. Zapněte zařízení pro regulaci teploty elektrod elektrodového systému. Na regulátorech teploty horní a spodní vyhřívané elektrody průběžně nastavujte požadované teploty (změna hodnoty šipkami $\uparrow$ a $\downarrow$). Pro každou teplotu odečtěte hodnoty kapacity a ztrátového činitele pro obě požadované frekvence (500 Hz, 2 kHz). **Pozor, s ohledem na teplotní setrvačnost nastavte vždy nižší hodnotu teploty, než je požadovaná.** Po dosažení požadované teploty nechte vzorek ještě temperovat pro důkladné prohřátí celého objemu měřeného vzorku PMMA.
5. Po ukončení měření zvedněte pomocí otočného regulátoru horní elektrodu elektrodového systému a vyjměte vzorek. Pomocí mikrometru změřte jeho tloušťku h na pěti místech (4x po obvodu a ve středu) a vypočtěte její aritmetický průměr.
6. Na ovládacím panelu zařízení pro regulaci teploty nastavte pro obě elektrody teplotu 20°C . Zároveň zapojte chladicí ventilátor do elektrické sítě a proud vzduchu nasměrujte mezi elektrody. Sledujte klesající teplotu až do dosažení výchozí teploty cca 25°C .



Obr. 3: Detail ovládání teploty elektrod.



Obr. 4: Čelní panel RLC můstku při zobrazení požadovaných hodnot C_p a D .

Nezapomeňte si poznamenat parametry prostředí!

- Teplota ($^{\circ}\text{C}$):
- Vlhkost (%RH):
- Tlak (mbar nebo kPa):

5 Vztahy nutné k výpočtům

Vztah pro výpočet relativní permitivity ϵ_r

$$\epsilon_r = \frac{C_x}{C_0} \quad (-), \quad (1)$$

kde C_x je kapacita měřeného vzorku a C_0 je tzv. geometrická kapacita elektrodového systému (kondenzátoru) vyplněného vakuem (vzduchem) s tloušťkou měřeného vzorku.

Uvažujeme-li geometrii (tvar a rozměry) elektrodového systému Tettex 2914, je geometrická kapacita kondenzátoru s měřeným vzorkem rovna

$$C_0 = \epsilon_0 \cdot \frac{S_{ef}}{h} = \epsilon_0 \cdot \frac{\pi(D_1+c)^2}{4h} \quad (\text{F}), \quad (2)$$

kde ϵ_0 je permitivita vakua, S_{ef} je efektivní plocha měřicí elektrody, D_1 je průměr měřicí elektrody ($D_1 = 49,5 \text{ mm}$), c je vzdálenost mezi měřicí a ochrannou elektrodou ($c = 1 \text{ mm}$) a h je tloušťka měřeného vzorku.