

<b>F2</b>	<b>Práce s měřicími přístroji:</b>	<b>3D2</b>
<b>27. 11. 2017</b>	<b>odpor, kapacita, frekvence</b>	<b>Meinlschmidt</b>

### ZADÁNÍ:

1. Popište princip činnosti Magnetoelektrického ohmmetru a můstku OMEGA I
2. Zapište hodnoty uvedené na štítcích vybraných součástek
3. Změřte odpor předložených rezistorů pomocí předložených přístrojů (ohmmetrů, můstku OMEGA I, číslicového ohmmetru) a určete relativní chybu naměřené hodnoty
4. Změřte kapacitu předložených kondenzátorů pomocí předložených přístrojů a určete relativní chybu naměřené hodnoty
5. Určete relativní permitivitu vzduchu a předložených dielektrických materiálů změřením kapacity deskového kondenzátoru
6. Na generátoru nastavte zadané frekvence, změřte tyto frekvence měřícím přístrojem a určete relativní chyby naměřených hodnot

### ODPOVĚDI NA OTÁZKY:

#### **a) Popište princip činnosti Magnetoelektrického ohmmetru**

Magnetoelektrický ohmmetr slouží k měření velikosti stejnosměrného proudu (viz. Prezentace 312 Měřicí přístroje, strana 5). Měření probíhá díky uložené cívce v magnetickém poli permanentního magnetu. Tato cívka se natáčí podle velikosti protékajícího proudu. V případě měření střídavého proudu je potřeba proud nejdříve usměrnit. Pro měření elektrického odporu je zpravidla potřeba do zařízení přidat baterii. Platí, že čím vyšší proud, tím nižší odpor. Proto má stupnice nulu na druhé straně. **Před měřením nebo po každé změně rozsahu je potřeba přístroj nulovat (tj. zkratovat svorky na nulový odpor!).** Pomocí ADJ (adjust) můžeme nastavit výchozí odpor do nuly.

#### **b) Popište princip činnosti můstku OMEGA I**

Můstek OMEGA I závisí na principu tzv. Wheatstonova můstku, kde se na jedné větvi nachází měřená zátěž a na druhé zátěž vyvažovací. Cílem měření je obě větve vyvážit. Tento princip se již ale téměř nevyužívá.

## **TEORIE:**

Kapacita kondenzátoru  $C$  [F] je dána permitivitou dielektrika  $\varepsilon$ , plochou vodivých desek  $S$  [m<sup>2</sup>] a jejich vzdáleností.

$$C = \varepsilon \cdot \frac{S}{d}$$

Náboj  $Q$  [C], který lze do kondenzátoru uložit, je dán součinem napětí  $U$  [V] a kapacity kondenzátoru  $C$ .

$$Q = U \cdot C$$

Před vysvětlením principu uskladnění elektrické energie v kondenzátoru, je potřeba stanovit pojmy vodič a izolant. Vodič je látka obsahující valenční (volné elektrony), důležité je však její chování při vložení do elektrického pole. Jelikož látka obsahuje valenční elektrony (ty nejsou pevně vázány k atomům a molekulám), tak při vložení do elektrického pole dojde k tzv. *elektrostatické indukci*, to je jev, kdy se volné elektrony přemístí na jednu stranu povrchu vodiče a na straně opačné vznikne stejně velký náboj, ale o opačné polaritě.

Naopak izolant (dielektrikum) má elektrony pevně vázané k molekulám a neumožňuje tak za normálních podmínek přenos elektrického náboje – tj. proudu (ten probíhá valenčními elektrony). Při jeho vložení do elektrického pole nedojde k indukci, ale pouze k jeho polarizaci (tzv. *polarizace dielektrika*), tzn. že všechny elektrické dipóly mají při polarizaci stejnou polaritu opačnou k polaritě vnějšího elektrického pole, ale nepřemístí se na povrch látky jako v případě vodiče.

Kondenzátor si představme jako dvě desky z vodivého materiálu, mezi nimiž se nachází izolant (dielektrikum). Ve výchozím stavu mají obě desky stejný elektrický náboj (nulový, tj. vyrovnaný počet elektronů a protonů). Vzájemnému dotyku desek brání dielektrikum mezi nimi, pokud ale desky spojíme vodičem a vytvoříme mezi nimi elektrické napětí (např. baterií), tak elektrony z jedné desky budou putovat vodičem do desky druhé. Tímto ustáleným proudem elektronů (tj. elektrický proud) získáme rozdílný potenciál v obou deskách (v jedné desce bude elektronů více, v druhé méně). Postupně tedy mezi deskami roste napětí (napětí je rozdílem dvou elektrických potenciálů) až dosáhne napětí zdroje (dle Kirchhoffových zákonů), spolu s tím roste i odpor  $R$  [ $\Omega$ ], který je při plném nabití teoreticky nekonečný.

Vytvořením elektrostatického pole mezi deskami dojde k polarizaci dielektrika v kondenzátoru, a to naopak velikost elektrostatického pole sníží (kvůli uspořádání polarit elektrických dipólů). Díky snížení elektrostatického pole dielektrikem se kondenzátor hůře přibližuje velikost napětí zdroje a umožní tak uložit více energie.

Vzniklé napětí mezi deskami má tendence rozdílný potenciál vyrovnat přesunem elektronů ze záporně nabitě desky, avšak právě dielektrikum onomu průchodu zabraňuje (elektrony dielektrikem prochází, ale ve velmi malém a téměř zanedbatelném množství; postupem času však dochází k vyrovnávání potenciálů, a tak se kondenzátor přesto vybíjí). Samovolné vybití kondenzátoru může zabrat různě dlouhý časový úsek. Vliv na kapacitu kondenzátoru má tedy především i zvolené dielektrikum. Dielektrikum s vyšší permitivitou má vliv na průchodnost elektronů a více působí proti elektrostatickému poli, které bylo vytvořené vodivými deskami (tj. snižuje napětí mezi deskami). Platí tedy, že čím vyšší permitivita, tím více energie lze do kondenzátoru uložit.

$$\varepsilon_{r-vzduch} = 1,00059$$

$$\varepsilon_{r-sklo} = 3,8 \text{ až } 19$$

S rostoucí vzdáleností schopnost kondenzátoru uložit energii klesá, a to kvůli rapidnímu poklesu intenzity elektrického pole mezi deskami a tím pádem dojde ke ztrátě napětí.

### **Relativní chyba**

$$\Delta m = M - S$$

$$\delta_m = \frac{\Delta m}{M} \cdot 100\%$$

$M$  ... veličina z kontrolovaného přístroje (popř. štítku, stupnice)

$S$  ... veličina z přístroje přesnějšího

### **Kapacita deskového kondenzátoru:**

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d} [F]$$

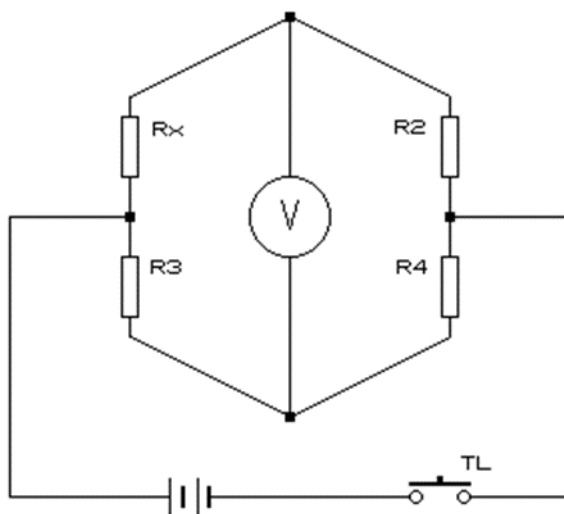
$\varepsilon_0$  ... permitivita vakua  $8,854 \text{ pF} \cdot \text{m}^{-1}$

$\varepsilon_r$  ... relativní permitivita dielektrika

$S$  ... plocha desek (elektrod kondenzátoru)

$d$  ... tloušťka dielektrika

### SCHÉMA ZAPOJENÍ:



### POUŽITÉ PŘÍSTROJE A POMŮCKY:

Název	Typové označení	Inventární číslo
PR1	UNI-T 61B	947/13
PR2	UNI-T 33A	947/3
PR3	OMEGA I 974680	857
PR4	Hung Chang HC-2020S	4860
PR5	HC-108	4857
PR6		
Rezistory	Krušnohor. stroj. – Rezistory v lib. zap.	4778
Kondenzátory	Krušnohor. stroj. – Konden. v lib. zap.	4781
Deskový kondenzátor	Elektrolaboratoř E-037	E-037
Generátor frekvence	Tesla RC Oscilator BM365	E201/4634

## **POPIS PRÁCE:**

Před samotným měřením jsem si připravil potřebné pomůcky a součástky – například zdroj elektrické energie, osciloskop, panely s usměrňovači a reostat. Jejich typové značky, evidenční čísla a jiné nutné údaje jsem řádně zapsal do protokolu o měření.

První část měření spočívala v zapsání uvedených veličin na rezistorech a jejich přeměření pomocí předložených přístrojů. Při měření můstkem OMEGA I bylo potřeba nejdříve hrubě odhadnout hodnotu a následně můstek vyvážit. Tento přístroj bylo navíc potřeba při každé změně rozsahu nulovat při zkratu. Naměřené veličiny jsem zapsal do protokolu.

Druhá část měření spočívala v opakování principu, avšak s kondenzátory. Nulování přístroje na měření kapacity probíhalo při zapojených svorkách, avšak bez zkratu.

Další část spočívala ve výpočtu přibližné permitivity dielektrika poskytnutých materiálů při deskovém kondenzátoru. Mezi desky jsem vložil materiál, desky utáhly k sobě a následně změřil stejně jako u běžných kondenzátorů. Tloušťku dielektrika jsme změřili pomocí mikrometru a velikost desek vypočítali pomocí vzorce díky znalosti poloměru, který jsme změřili přímým měřením (a to pravítkem).

Poslední část, a to měření frekvencí, probíhala velmi jednoduše. Na generátoru jsem otočným kolem nastavil frekvenci a měřením přístrojem pouze odečetl.

## **TABULKY:**

**Tabulka 1**

č.	$R_S [\Omega]$	$R_{M1} [\Omega]$	$\delta_1 [\%]$	$R_{M2} [\Omega]$	$\delta_2 [\%]$	$R_{M3} [\Omega]$	$\delta_3 [\%]$	$R_{M4} [\Omega]$	$\delta_4 [\%]$
1	$4,700 \cdot 10^3$	$4,690 \cdot 10^3$	0,213	$4,680 \cdot 10^3$	$0,426 \cdot 10^3$	$4,680 \cdot 10^3$	0,426	$4,400 \cdot 10^3$	6,383
5	$0,153 \cdot 10^3$	$0,122 \cdot 10^3$	20,261	$0,122 \cdot 10^3$	$20,261 \cdot 10^3$	$0,120 \cdot 10^3$	21,569	$0,110 \cdot 10^3$	28,105
15	$1,461 \cdot 10^3$	$1,000 \cdot 10^3$	31,554	$0,997 \cdot 10^3$	$31,759 \cdot 10^3$	$0,980 \cdot 10^3$	32,923	$0,900 \cdot 10^3$	38,398
21	$22,000 \cdot 10^3$	$22,030 \cdot 10^3$	0,136	$22,010 \cdot 10^3$	$0,045 \cdot 10^3$	$21,070 \cdot 10^3$	4,227	$20,000 \cdot 10^3$	9,091
20	$1,030 \cdot 10^3$	$9,900 \cdot 10^3$	861,165	$9,890 \cdot 10^3$	$860,194 \cdot 10^3$	$9,950 \cdot 10^3$	866,019	$8,500 \cdot 10^3$	725,243
4	$2,200 \cdot 10^3$	$2,201 \cdot 10^3$	0,045	$2,195 \cdot 10^3$	$0,227 \cdot 10^3$	$2,180 \cdot 10^3$	0,909	$2,400 \cdot 10^3$	9,091
25	$20,300 \cdot 10^3$	$20,190 \cdot 10^3$	0,542	$20,170 \cdot 10^3$	$0,640 \cdot 10^3$	$20,150 \cdot 10^3$	0,739	$20,000 \cdot 10^3$	1,478
22	$0,831 \cdot 10^3$	$0,810 \cdot 10^3$	2,527	$0,807 \cdot 10^3$	$2,888 \cdot 10^3$	$0,770 \cdot 10^3$	7,341	$0,790 \cdot 10^3$	4,934

**Tabulka 2**

č.	$C_S [F]$	$C_M [F]$	$\delta [\%]$
20	$2,700 \cdot 10^{-9}$	$2,700 \cdot 10^{-9}$	0,000
21	$47,000 \cdot 10^{-9}$	$44,000 \cdot 10^{-9}$	6,383
4	$560,000 \cdot 10^{-12}$	$575,000 \cdot 10^{-12}$	2,679
5	$2,200 \cdot 10^{-12}$	$12,200 \cdot 10^{-12}$	454,545
14	$47,000 \cdot 10^{-9}$	$47,900 \cdot 10^{-9}$	1,915
15	$10,000 \cdot 10^{-6}$	$11,640 \cdot 10^{-6}$	16,400
26	$50,000 \cdot 10^{-6}$	$62,900 \cdot 10^{-6}$	25,800
18	$200,000 \cdot 10^{-6}$	$272,000 \cdot 10^{-6}$	36,000

**Tabulka 3**

$F_S$ [F]	$F_M$ [F]	$\delta$ [%]
$32,000 \cdot 10^0$	$34,480 \cdot 10^0$	7,750
$84,000 \cdot 10^0$	$82,110 \cdot 10^0$	2,250
$8,000 \cdot 10^3$	$7,997 \cdot 10^3$	0,038
$16,000 \cdot 10^3$	$15,290 \cdot 10^3$	4,438
$3,500 \cdot 10^3$	$3,446 \cdot 10^3$	1,543
$1,900 \cdot 10^3$	$1,926 \cdot 10^3$	1,368
$0,700 \cdot 10^3$	$0,682 \cdot 10^3$	2,571
$0,350 \cdot 10^3$	$0,344 \cdot 10^3$	1,714

**Tabulka 4**

Relativní permitivita je koeficientem permitivity vakua, nemůže tak mít nižší hodnotu než 0.

Materiál	$S$ [mm <sup>2</sup> ]	$d$ [mm]	$C$ [pF]	$\epsilon_r$
Sklo	19,63	3,845	45	0,996
Papír	19,63	0,445	248	0,635
Čirá fólie	19,63	0,412	113	0,268
Fialová fólie	19,63	0,18	129	0,134
Vzduch	19,63	0,445	31	0,079

### **VÝPOČTY:**

Rozdíl při měření veličiny:

$$\Delta m = M - S$$

$$\Delta m = 4,700 \cdot 10^3 - 4,690 \cdot 10^3$$

$$\Delta m = 0,01 \cdot 10^3 \Omega$$

Relativní chyba [%]:

$$\delta_m = \frac{\Delta m}{M} \cdot 100\%$$

$$\delta_m = \frac{0,01 \cdot 10^3}{4,700 \cdot 10^3} \cdot 100\%$$

$$\delta_m = 0,213 \%$$

Relativní permitivita dielektrika:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r \frac{S}{d}$$

$$\varepsilon_r = \frac{dC}{\varepsilon_0 S}$$

$$\varepsilon_r = \frac{3,845 \cdot 10^{-3} \cdot 45 \cdot 10^{-12}}{8,854 \cdot 10^{-12} \cdot 19,630 \cdot 10^{-3}}$$

$$\varepsilon_r = 0,996$$

### **SPOLUPRACOVALI:**

Mokrejš Filip

### **ZÁVĚR:**

Všechny úkoly se zadání byly splněny, avšak v měření jsem objevil množství chyb a nepřesností. Pravděpodobně jsem nesprávně odečetl veličiny na štítku při měření rezistorů. Elektrický odpor rezistoru s číslem 20 je zřetelně velmi chybně odečten. Stejná chyba nejspíše platí i u kondenzátoru s číslem 5. Dále mne překvapily velké nepřesnosti (resp. relativní chyba) a to kolikrát až téměř 40 %. Měření deskového kondenzátoru je nejspíše chybné úplně, jelikož změřená relativní permitivita nedává ani v jednom případě smysl. Výpočet jsem několikrát po sobě kontroloval.