

Datum: 20.10.2004

Vypracoval: Tomáš Henych

Teplota: 21 °C

Tlak: 986 mbar

Vlhkost: 36 %

Název: Měření odporu, indukčnosti a vzájemné indukčnosti můstkovými metodami.

Úkol:

a) Wheatstonovým mostem změřte hodnoty odporů dvou rezistorů, jejich sériového a paralelního zapojení a ověřte platnost vztahů pro sériové a paralelní zapojení odporů. Určete citlivost můstku.

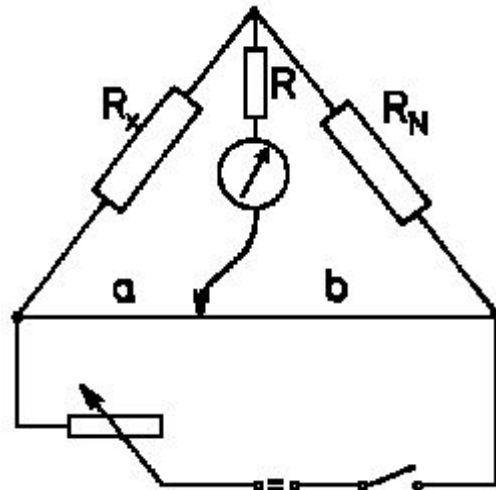
b) Pomocí střídavého můstku a normálu indukčnosti určete indukčnost dvou cívek a jejich vzájemnou indukčnost.

Teorie úlohy:

ad a) Můstková metoda se často používá k měření odporu. Dva rezistory jsou v našem případě realizovány odporovým drátem a jezdcem, který ho dělí na dva úseky. Pokud je můstek vyvážen, platí

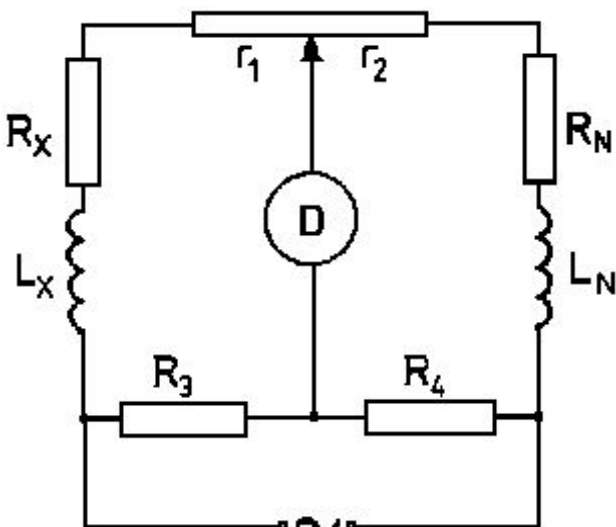
pro měřený odpor  $R_x = R_N \frac{a}{b}$ , kde  $R_N$  je známý

odpor,  $a$  a  $b$  jsou délky jednotlivých úseků odporového drátu. Schéma zapojení je na *obrázku 1*. Rozsah můstku se mění pomocí  $R_N$ . Odpor  $R$  slouží jako předřadný odpor, ke zmenšení proudu měřicím přístrojem v případě, že můstek ještě není vyvážen. Proudová citlivost můstku je velikost změny proudu vyvolaná jednotkovou změnou odporu z vyváženého stavu můstku.



Obrázek 1

ad b) Měření provádíme obdobně jako v předchozím případě, cívky zapojené do obvodu však způsobují fázový posuv proudu vůči napětí. Musí být tedy splněna další podmínka, totiž fázové vyvážení. Schéma zapojení odpovídá *obrázku 2*.



Obrázek 2

Platí  $L_x = \frac{R_3}{R_4} L_N$ ,  $L_N$  je normál indukčnosti a

$R_3$  a  $R_4$  jsou vyvažující odpory. Vzájemnou indukčnost  $L_{12}$  měříme v souhlasném a nesouhlasném směru zapojení obou cívek. Pro první případ platí:  $L_a = L_1 + L_2 + 2 L_{12}$  a pro druhý potom:  $L_b = L_1 + L_2 - 2 L_{12}$  a odtud:

$$L_{12} = \frac{1}{4} (L_a - L_b) .$$

### Výsledky:

ad a) Pozn.: Délka odporového drátu byla v našem případě 1000 mm, tedy  $b = (1000 - a)$  mm.

n	$\frac{R_N}{\Omega}$	$\frac{a}{mm}$	$\frac{R_1}{\Omega}$
1	400	537,7	465,2
2	450	508,6	465,8
3	500	482,9	466,9
4	550	459,4	467,4
5	600	438,1	467,8

Tabulka 1: První rezistor  
 $R_1 = (466,62 \pm 0,49) \Omega$

n	$\frac{R_N}{\Omega}$	$\frac{a}{mm}$	$\frac{R_2}{\Omega}$
1	800	558,4	1011,6
2	850	543,1	1010,4
3	900	529,2	1011,6
4	950	516,8	1016,1
5	1000	503,9	1015,7

Tabulka 2: Druhý rezistor  
 $R_2 = (1013,08 \pm 1,17) \Omega$

n	$\frac{R_N}{\Omega}$	$\frac{a}{mm}$	$\frac{R_s}{\Omega}$
1	1400	514,1	1481,3
2	1450	505,8	1484,0
3	1500	497,5	1485,1
4	1550	489,1	1483,9
5	1600	480,8	1481,7

Tabulka 3: Sériové zapojení rezistorů  
 $R_s = (1483,20 \pm 0,73) \Omega$

$$R_s = R_1 + R_2$$

$$R_p = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)^{-1}$$

n	$\frac{R_N}{\Omega}$	$\frac{a}{mm}$	$\frac{R_p}{\Omega}$
1	200	613,9	318,0
2	250	560,1	318,3
3	300	515,2	318,8
4	350	477,6	320,0
5	400	444,4	319,9

Tabulka 4: Paralelní zapojení rezistorů  
 $R_p = (319,00 \pm 0,41) \Omega$

Citlivost můstku je  $s_n = \frac{\Delta I}{\Delta l}$  ( $\Delta I$  je změna proudu,  $\Delta l$  je změna polohy jezdcе lineárního potenciometru a symbolizuje změnu odporu). Pro nejcitlivější uspořádání měřící soustavy mi vyšlo  $s_n = 3,8 \cdot 10^{-6} A \cdot mm^{-1}$

ad b) Pozn.: Normál indukčnosti  $L_N = 0,1 H$ .

n	$\frac{R_3}{\Omega}$	$\frac{R_4}{\Omega}$	$\frac{L_1}{H}$
1	450	1018	0,0442
2	650	1470	0,0442
3	850	1920	0,0443
4	950	2150	0,0442

Tabulka 1: První cívka  
 $L_1 = (44,225 \pm 0,025) mH$

n	$\frac{R_3}{\Omega}$	$\frac{R_4}{\Omega}$	$\frac{L_2}{H}$
1	450	1000	0,0450
2	650	1435	0,0453
3	850	1875	0,0453
4	950	2095	0,0453

Tabulka 2: Druhá cívka  
 $L_2 = (45,225 \pm 0,075) mH$

n	$\frac{R_3}{\Omega}$	$\frac{R_4}{\Omega}$	$\frac{L_b}{H}$
1	1200	1440	0,083
2	1300	1580	0,082
3	1500	1820	0,082
4	1700	2040	0,083

Tabulka 4: Nesouhlasné zapojení cívek

n	$\frac{R_3}{\Omega}$	$\frac{R_4}{\Omega}$	$\frac{L_a}{H}$
1	1200	1245	0,096
2	1300	1345	0,097
3	1500	1555	0,096
4	1700	1765	0,096

Tabulka 5: Souhlasné zapojení cívek

n	$\frac{L_{12}}{H}$
1	0,0033
2	0,0036
3	0,0035
4	0,0032

Tabulka 3: Vzájemná indukce

$$L_{12} = (3,425 \pm 0,075) mH$$

### Závěr:

Hodnoty odporů rezistorů byly naměřeny s přesností okolo 0,1%. Vztahy pro sériové a paralelní zapojení platí velmi dobře. Indukčnosti jednotlivých cívek byly také naměřeny celkem přesně, vzájemná indukčnost již méně přesně. Chyby jsou způsobeny nepřesným vyvážením můstku, závislostí odporu na teplotě a dále rušením osciloskopu vysokofrekvenčním signálem v případě střídavého mostu.