

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM

FYZIKÁLNÉ PRAKTIKUM II

Vypracoval: Patrik Žilka

Namerané: 21. 11. 2011

Obor: AF

Ročník: II

Semester: III

Testované:

Úloha č. 1: Štúdium elektromagnetickej indukcie

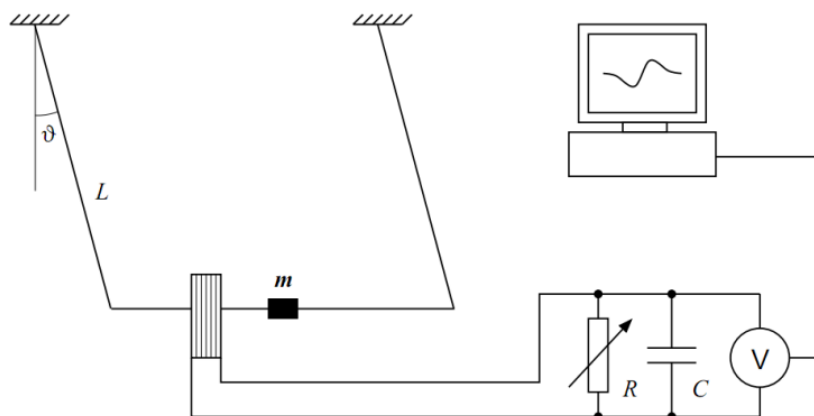
$T = 21,8 \text{ }^\circ\text{C}$

$p = 99,2 \text{ kPa}$

$\varphi = 28 \%$

Teória:

V tejto úlohe budeme študovať elektromagnetickú indukciu v systéme znázornenom na nižšie uvedenom obrázku. Zdrojom magnetického poľa je permanentný magnet upevnený nadvojitým kyvadle. Pri kmitavom pohybe magnet periodicky prelietava cievkou a indukuje v nej napäťové pulzy, ktorých časovú závislosť zaznamenávame.



Vzťah medzi napätím U indukovaným v uzavretom cykle a časovou zmenou magnetického toku Φ prechádzajúceho plochou cyklu vyjadruje Faradayov zákon:

$$U(t) = -N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{3N\mu_0 m v_{max}}{2a^2} \frac{v_{max} t/a}{[1 + (v_{max} t/a)^2]^{5/2}}$$

kde m je magnetický dipólový moment magnetu, N počet kruhových závitov cievky s polomerom a , μ_0 je permeabilita vákua a v_{max} rýchlosť magnetu pri prelete cievkou. Krivka závislosti indukovaného napätia na čase obsahuje jedno minimum a jedno maximum, ktoré nám umožní zaviesť šírku pulzu Δt ako časový rozdiel medzi okamžikom minimálneho U_{min} a maximálneho napätia U_{max} . Toto minimum a maximum by mali ležať v bodoch $t_{min} = -a/2v_{max}$ a $t_{max} = +a/2v_{max}$ a šírka pulzu je potom $\Delta t = av_{max}^{-1}$.

Tiež môžeme určiť amplitúdu napätia:

$$U_{max} = \frac{24}{25\sqrt{5}} \frac{N\mu_0 m}{a^2} v_{max}$$

kde rýchlosť preletujúceho magnetu určíme zo zákona zachovania energie:

$$\frac{1}{2} M v_{max}^2 = MgL(1 - \cos \vartheta_{max}) \quad \Rightarrow \quad v_{max} = 2\sqrt{gL} \sin\left(\frac{\vartheta_{max}}{2}\right) \approx \sqrt{gL} \sin \vartheta_{max}$$

kde M je hmotnosť megnetu s jeho nosníkom, L dĺžka kyvadla, g tiažové zrýchlenie a ϑ_{max} je uhlová amplitúda kmitov kyvadla.

Ďalšou úlohou tohto praktika bolo meranie tlmenia pohybu magnetu. Tlmenie bude mechanické (spôsobené odporom vzduchu) a aj elektromagnetické (ak je snímacia cievka zaťažená odporom). Pri mechanickom tlmení predpokladáme veľkosť odorovej sily $F = kv$.

Pre úbytok mech. energie, max. rýchlosti, amplitúdy kmitov potom platí:

$$E(t) = E_0 e^{-kt/M} \quad v_{max}(t) \sim \sqrt{E} \sim e^{-\beta t} \quad \vartheta_{max}(t) \sim e^{-\beta t} \quad \text{kde} \quad \beta = \frac{k}{2M}$$

Pri elektromagnetickom tlmení dojde k strate mechanickej energie pri prelete magnetu cievkou, kde indukované napätie vyvolá prúd v cievke a jej pole potom brzdí pohyb magnetu.

Pre úbytok amplitúdy potom pri zaťažovacom odpore R a vlastnom odpore R_c cievky platí:

$$\vartheta_{max}(t) = \vartheta_{max}(0) - \alpha t \quad , \text{kde} \quad \alpha = \frac{2K}{TM\sqrt{gL}} \quad , \quad K = \frac{45\pi}{512} \frac{N^2 \mu_0^2 m^2}{(R+R_c)a^3}$$

Z rovníc vyplíva, že pri mechanickom tlmení je exponenciálny pokles amplitúd a pri elektromagnetickom tlmení skôr lineárny pokles amplitúd.

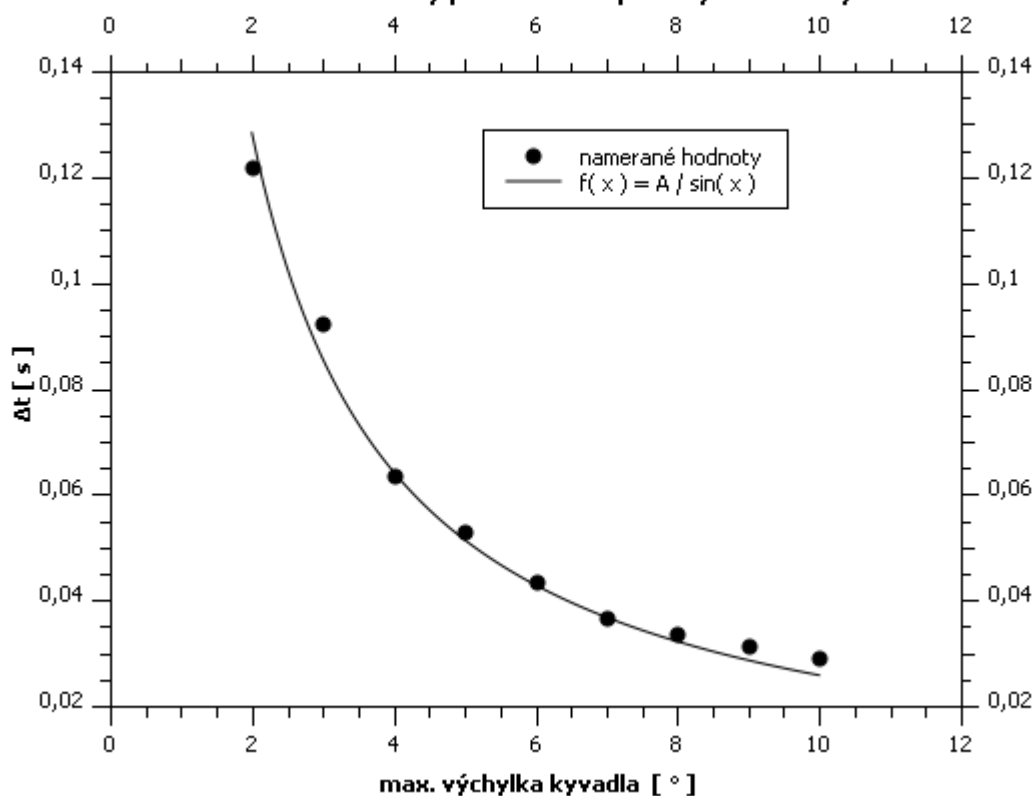
Meranie:

Pri meraní bolo použité kyvadlo s dĺžkou $L = 1,7$ m a cievka s $N = 1000$ závitmi a s vlastným odporom $R_c = 40 \Omega$ v miestach s gravitačným zrýchlením $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Tabuľka nameraných hodnôt cez snímaciu cievku:

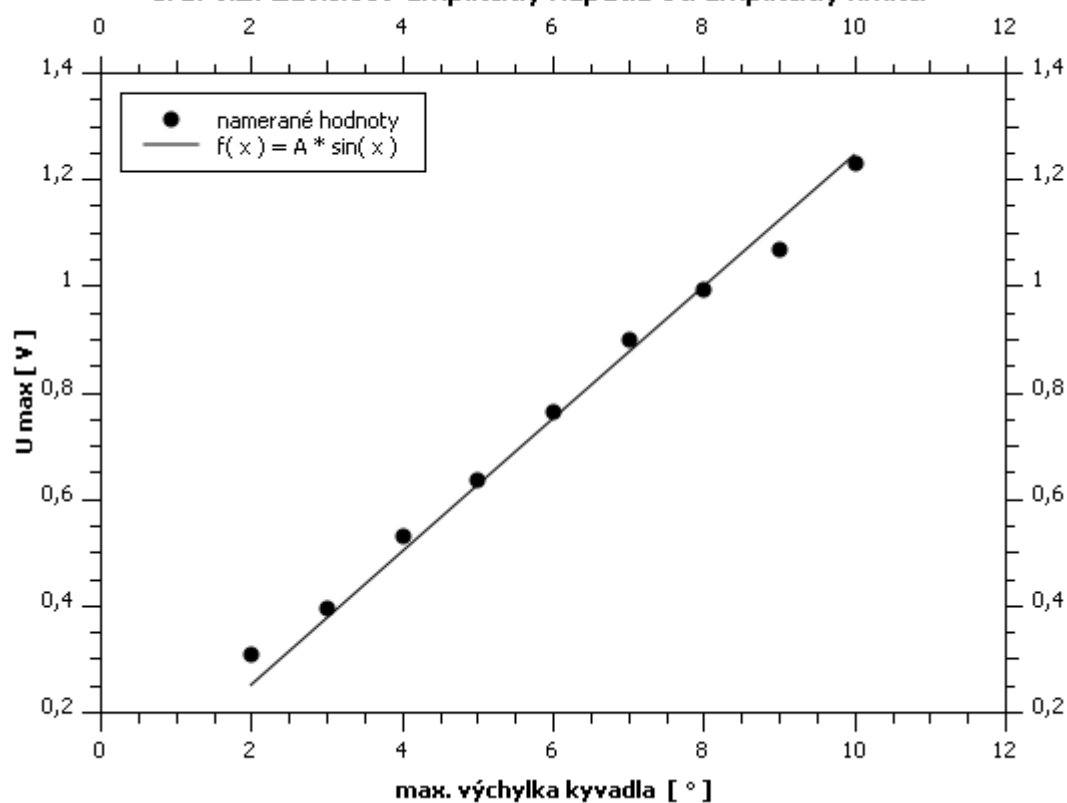
ϑ_{max} [°]	t_{min} [s]	t_{max} [s]	Δt [s]	U_{max} [V]
2,0	0,6971	0,8189	0,1218	0,308855
3,0	0,6297	0,7226	0,0929	0,397271
4,0	0,6467	0,7101	0,0634	0,531421
5,0	0,6636	0,7167	0,0531	0,637394
6,0	0,5856	0,6292	0,0436	0,765238
7,0	0,6077	0,6443	0,0366	0,899967
8,0	0,6180	0,6516	0,0336	0,992281
9,0	0,6649	0,6964	0,0315	1,068869
10,0	0,6742	0,7032	0,0290	1,231250

Graf č. 1: Závislosť šírky pulzu od amplitúdy kmitov kyvadla



Výsledok fitovanej krivky (z programu QtiPlot): $A_1 = (4,479 \pm 0,088) \text{ ms}$ $\delta r = 2,0 \%$

Graf č.2: Závislosť amplitúdy napätia od amplitúdy kmitu



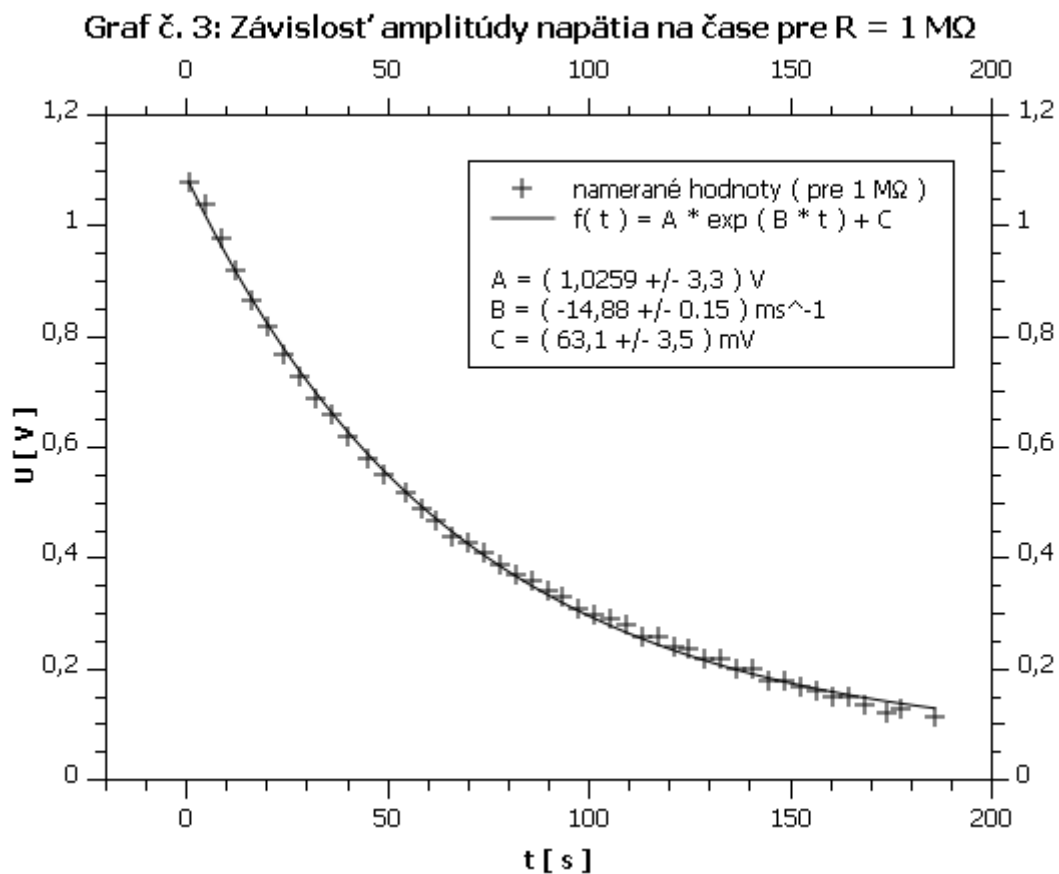
Výsledok fitovanej krivky (z programu QtiPlot): $A_2 = (7,169 \pm 0,098) \text{ V}$ $\delta r = 1,4 \%$

Výpočet polomeru cievky a magnetického momentu magnetu zo získaných hodnôt:

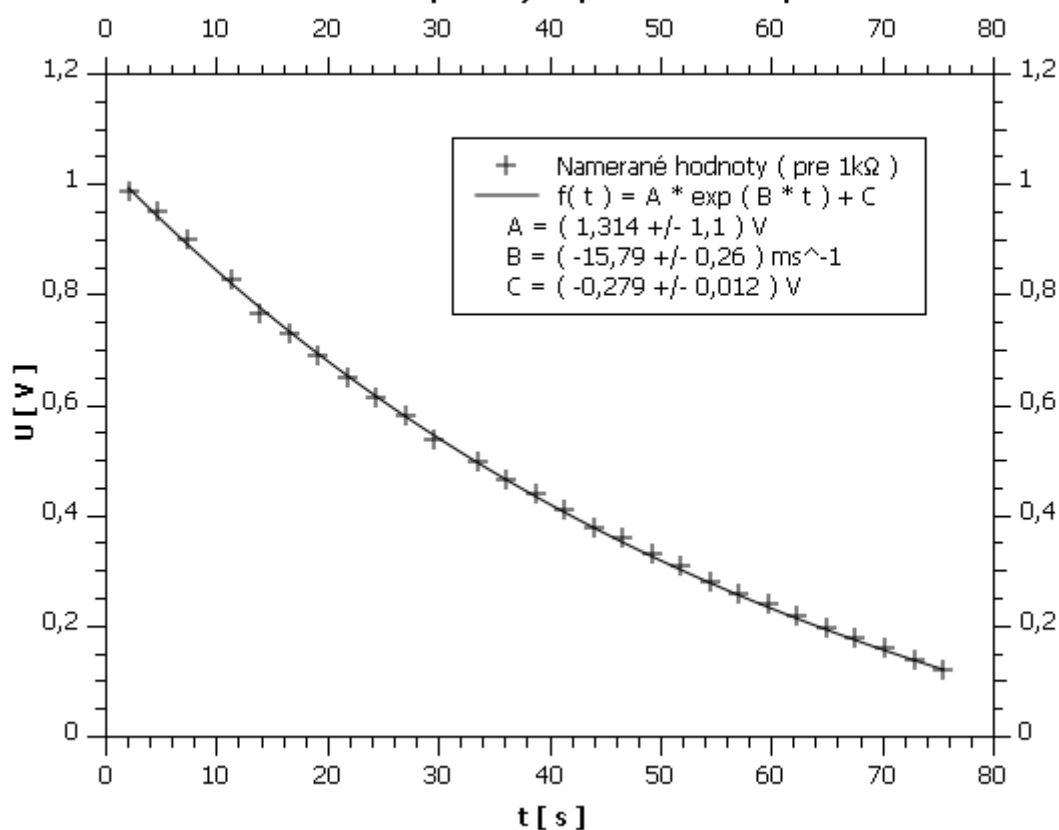
polomer cievky: $a = A_1 \sqrt{gL} = (18,29 \pm 0,36) \text{ mm}$ $\delta r = 2,0 \%$

magnetický moment $m = \frac{A_2 a^2 25 \sqrt{5}}{24 N \mu_0 \sqrt{gL}} = (1,089 \pm 0,026) \text{ A.m}^2$ $\delta r = 2,4 \%$

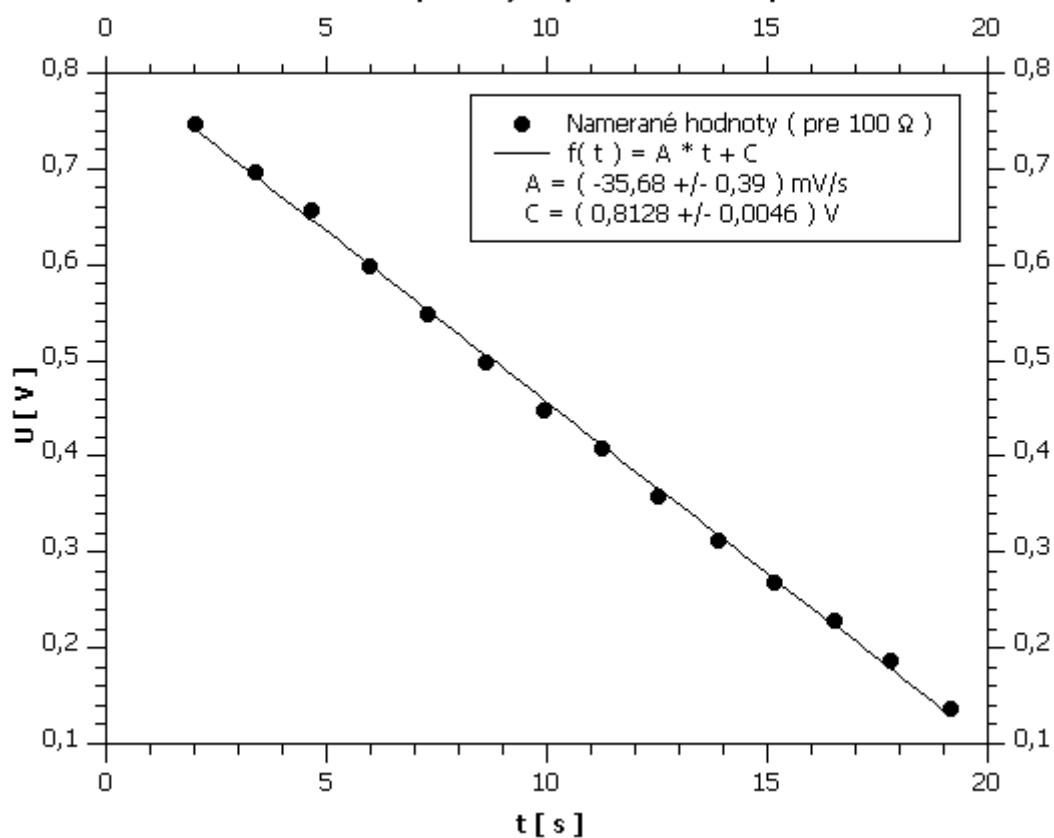
Grafy časových závislostí amplitúd napätia pre rôzne zaťažovacie odpory a ich fitovanie (cez QtiPlot) :



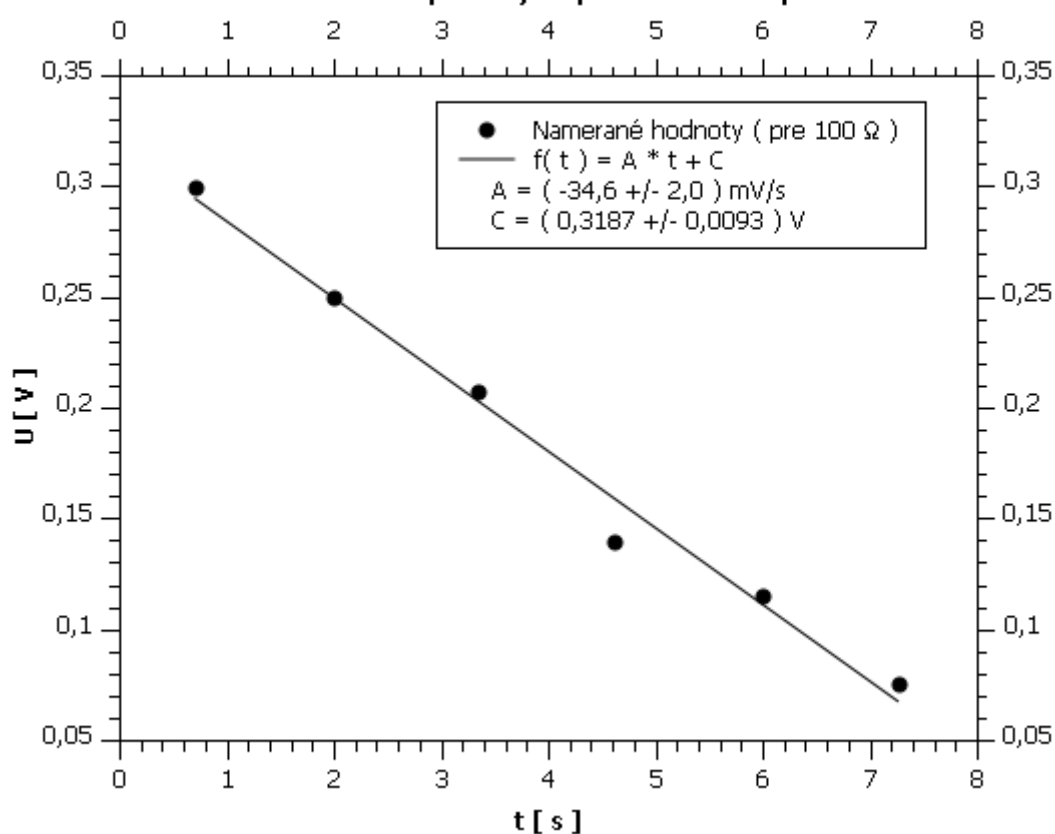
Graf č. 4: Závislosť amplitúdy napätia na čase pre $R = 1\text{ k}\Omega$



Graf č. 5: Závislosť amplitúdy napätia na čase pre $R = 100\ \Omega$



Graf č. 6: Závislosť amplitúdy napätia na čase pre $R = 20 \Omega$



Záver:

Výsledkom tohto praktika bolo zistenie polomeru cievky a magnetického momentu magnetu s relatívnou presnosťou do 2 %. Nepresnosť mohla byť spôsobená hlavne vonkajšími vplyvmi.

V ďalšej časti sa pozorovalo tlmenie, teda časovú závislosť amplitúdy napätia na čase. Pri veľkých zaťažovacích odporoch (v našom prípade pri $1 \text{ k}\Omega$ a $1 \text{ M}\Omega$) je vidieť exponenciálnu závislosť. Pri malých odporoch (20Ω a 100Ω) je zase vidieť lineárnu závislosť. Pri odpore 20Ω sa pre veľké tlmenie nameralo len niekoľko väčších výchyliek a preto bolo meranie pri tomto odpore menej presné.