

FYZIKÁLNE PRAKTIKUM

Spracoval: Vladimír Domček

Namerané: 5.12.2012

Obor: Astrofyzika **Ročník:** II **Semester:** III

Testované:

Úloha č. 1: Štúdium elektromagnetickej indukcie

$$T = 22,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p = 971 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 30 \%$$

1. Zadanie

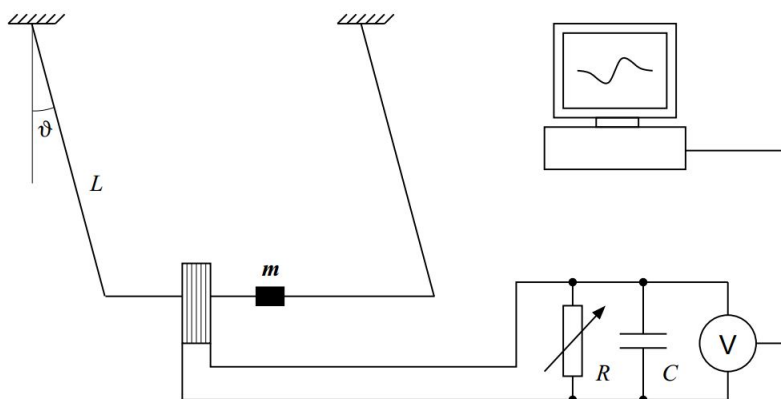
- Meranie závislosti tvaru napäťových pulzov na cievke a výchylke kyvadla s magnetom
- Určenie polomeru cievky a magnetického momentu magnetu
- Štúdium tlmených indukovaných pulzov

2. Teória

Dôležitým vzťahom v elektrodynamike je Faradayov zákon, ktorý vyjadruje vzťah medzi napätím U indukovaným v uzavretej slučke a časovou zmenou magnetického toku ϕ , ktorý prechádza plochou cievky:

$$U = -\frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

V tejto úlohe sa študuje elektromagnetická indukcia v danom systéme (obr.1). Zdrojom magnetického poľa je permanentný magnet upevnený na dvojitom kyvadle. Pri kmitavom pohybe magnet periodicky prelietava cievkou a indukuje v nej napäťové pulzy. Časovú závislosť týchto pulzov zaznamenávame. Aby mohla byť hodnota meraného napätia prenesená do počítača, je potrebné ju previesť do číselnej podoby, na čo sa používa tzv. analógovo - digitálny prevodník.



Obr.1: Schéma experimentu

Z Biot-Savartovho zákona je možné odvodiť rovnicu pre magnetický indukčný tok:

$$\phi(x) = \frac{\mu_0 m}{2} \frac{a^2}{(a^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

kde m je magnetický moment magnetu, a polomer cievky a μ_0 permeabilita vákua. Ak v čase $t=0$ s prechádza dipól stredom cievky, potom je x -ová súradnica vyjadrená vzťahom:

$$x = v_{max}t \quad (3)$$

Pri takto platiacich predpokladoch časovou deriváciou ϕ získame vzťah pre napätie indukované v cievke s N závitami.

$$U_t = -N \frac{d\phi}{dt} = \frac{3N\mu_0 m v_{max}}{2a^2} \frac{v_{max}t/a}{[1 + (v_{max}t/a)^2]^{\frac{5}{2}}} \quad (4)$$

Ďalej môžeme určiť šírku pulzu (5) amplitúdu napätia (6) a rýchlosti (7):

$$\Delta t = \frac{a}{v_{max}} \quad (5)$$

$$U_{max} = \frac{24}{25\sqrt{5}} \frac{N\mu_0 m}{a^2} v_{max} \quad (6)$$

$$v_{max} \approx \sqrt{gL\vartheta_{max}} \quad (7)$$

3. Postup

3.1. Závislosť napätového pulzu na veľkosti výchylky

- nastavíme zaťažovací odpor na $5 \text{ M}\Omega$, zapneme AD prevodník a spustíme PC s meracím programom
- v meracom programe nastavíme vzorkovaciu frekvenciu na $0,1 \text{ ms}$ a dobu merania 1 s
- vychýlime kyvadlo do určitého uhlu, spustíme program i kyvadlo a zaznamenáme tak jeden napätový pulz na cievke
- pomocou vzťahu (5) dopočítame efektívny polomer použitej cievky a vzťahu (6) magnetický dipólový moment
- do grafov vynesieme závislosti $U_{max} \sim \vartheta_{max}$, $\Delta t \sim \vartheta_{max}^{-1}$

3.2. Meranie tlmenia pohybu magnetu

- v tejto časti úlohy nastavíme vzorkovaciu frekvenciu na 1 ms a meraciu dobu podľa uváženia
- opäť vychýlime kyvadlo do určitého uhlu a zaznamenávame útlm pri hodnotách odporov $1 \text{ M}\Omega$, $1 \text{ k}\Omega$, 100Ω a 20Ω

4. Meranie

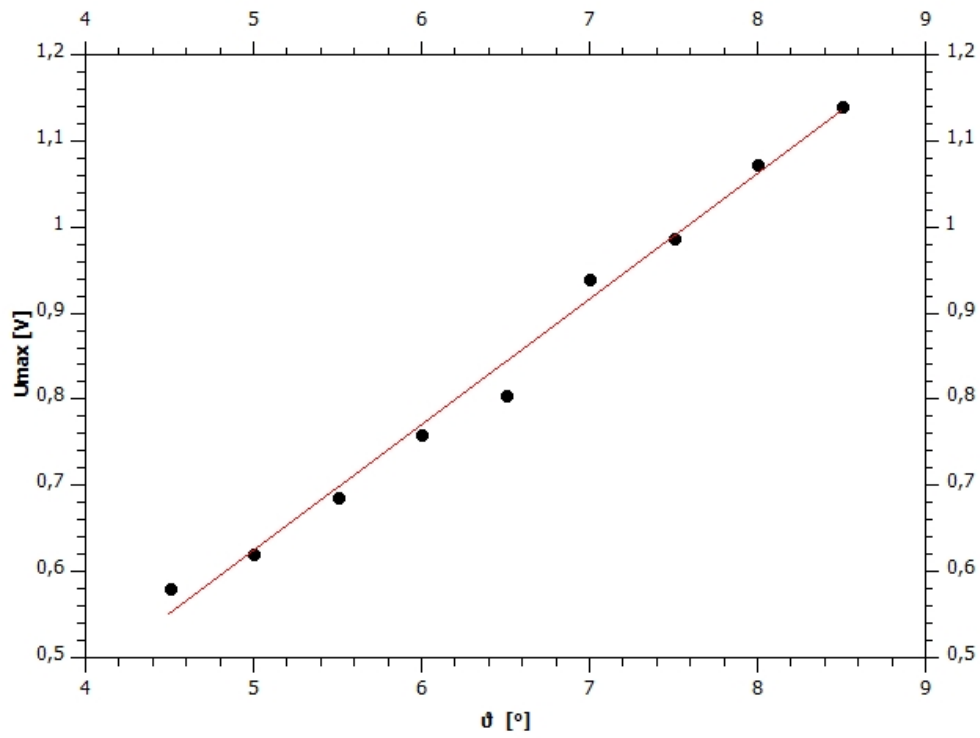
$$N = 1000, \quad L = 1,7 \text{ m}, \quad R_C = 5 \text{ M}\Omega$$

ϑ [°]	U_{max} [V]	t [s]	v_{max} [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	a [cm]	m [$\text{A}\cdot\text{m}^2$]
4,5	0,580	0,060	0,321	1,91	1,166
5	0,621	0,054	0,356	1,92	1,124
5,5	0,686	0,048	0,392	1,89	1,128
6	0,759	0,045	0,428	1,92	1,145
6,5	0,805	0,042	0,463	1,96	1,120
7	0,940	0,036	0,499	1,80	1,214
7,5	0,987	0,034	0,535	1,83	1,191
8	1,072	0,031	0,570	1,79	1,212
8,5	1,139	0,029	0,606	1,78	1,213

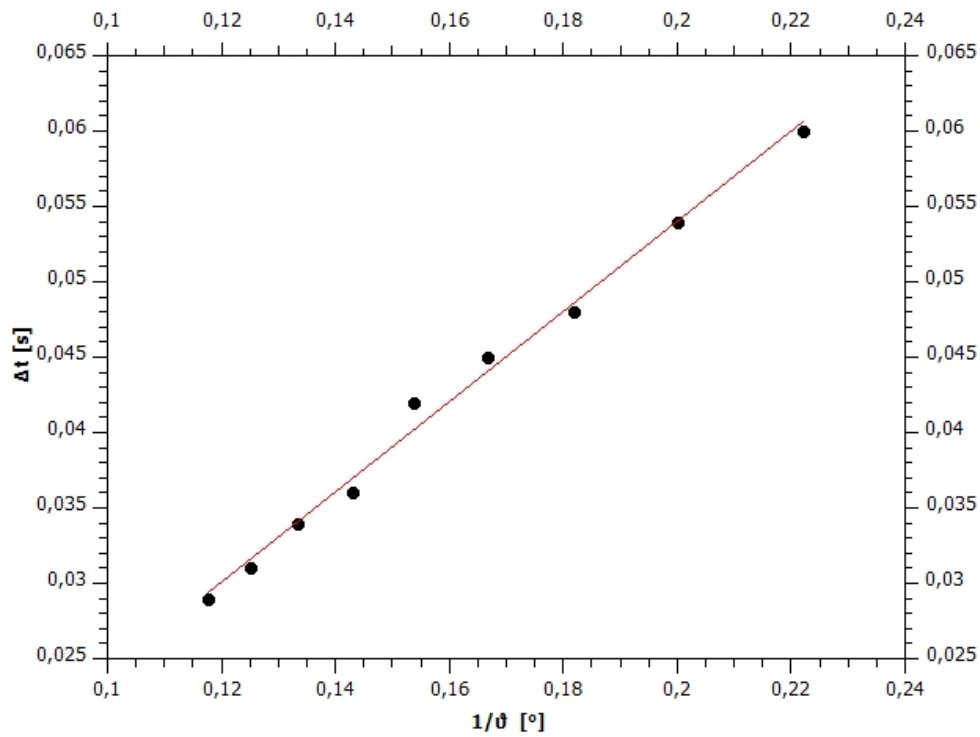
Tab.1: Namerané a vypočítané hodnoty

$$\bar{a} = (1,86 \pm 0,02) \text{ cm}$$

$$\bar{m} = (1,19 \pm 0,01) \text{ A}\cdot\text{m}^2$$

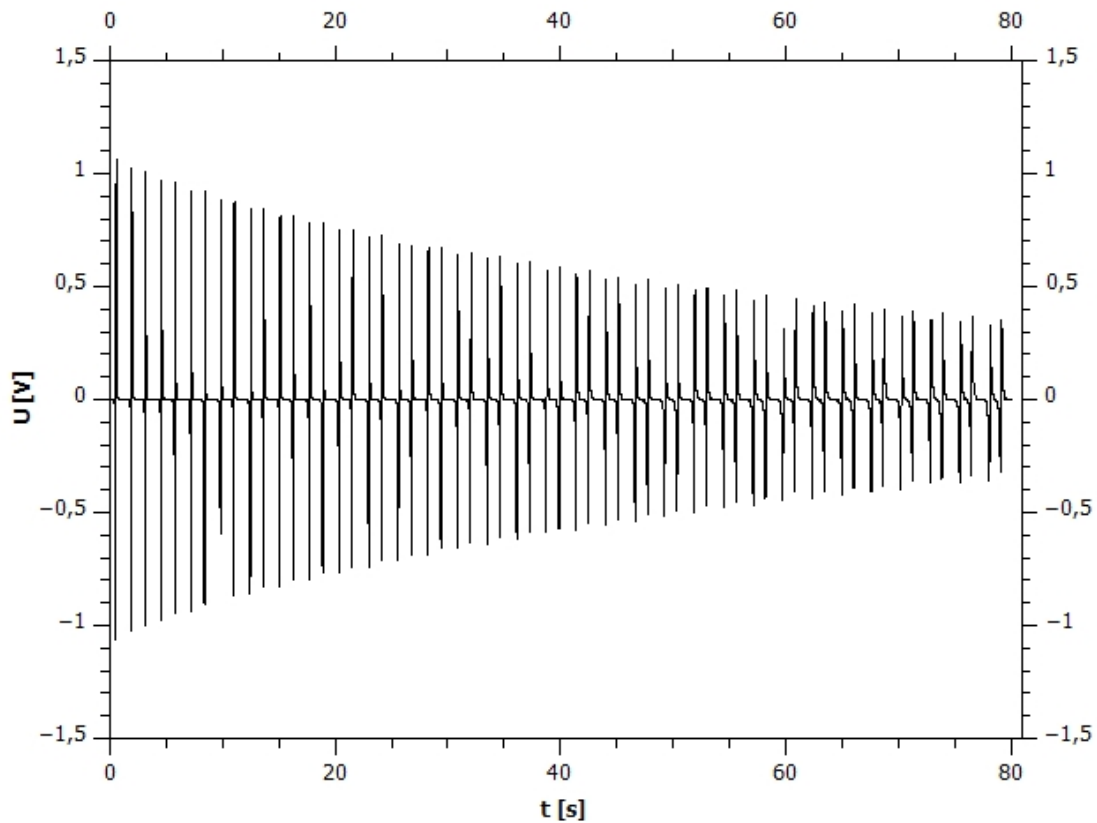


Obr.2: Závislosť $U_{max} \sim \vartheta_{max}$

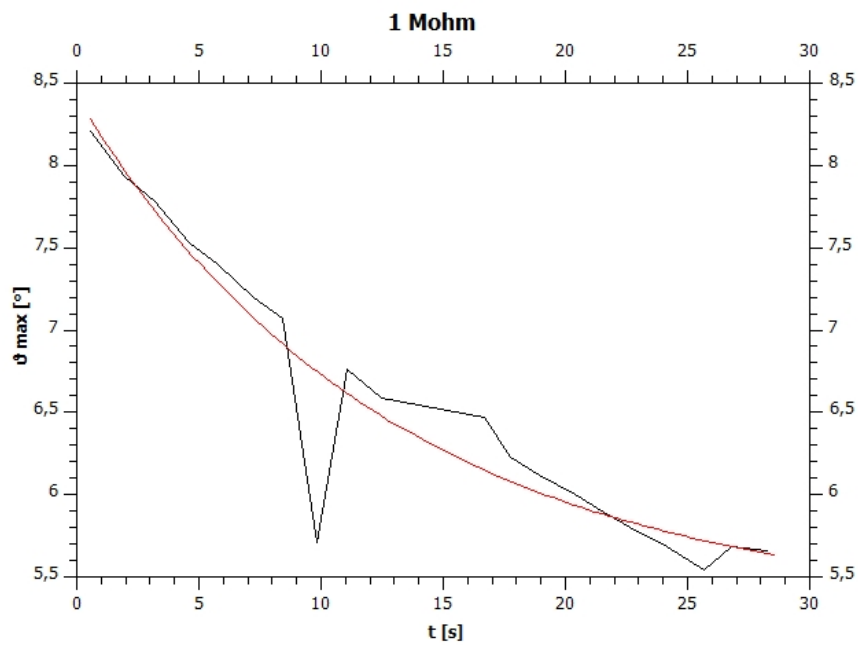


Obr.3: Závislosť $\Delta t \sim \vartheta_{max}^{-1}$

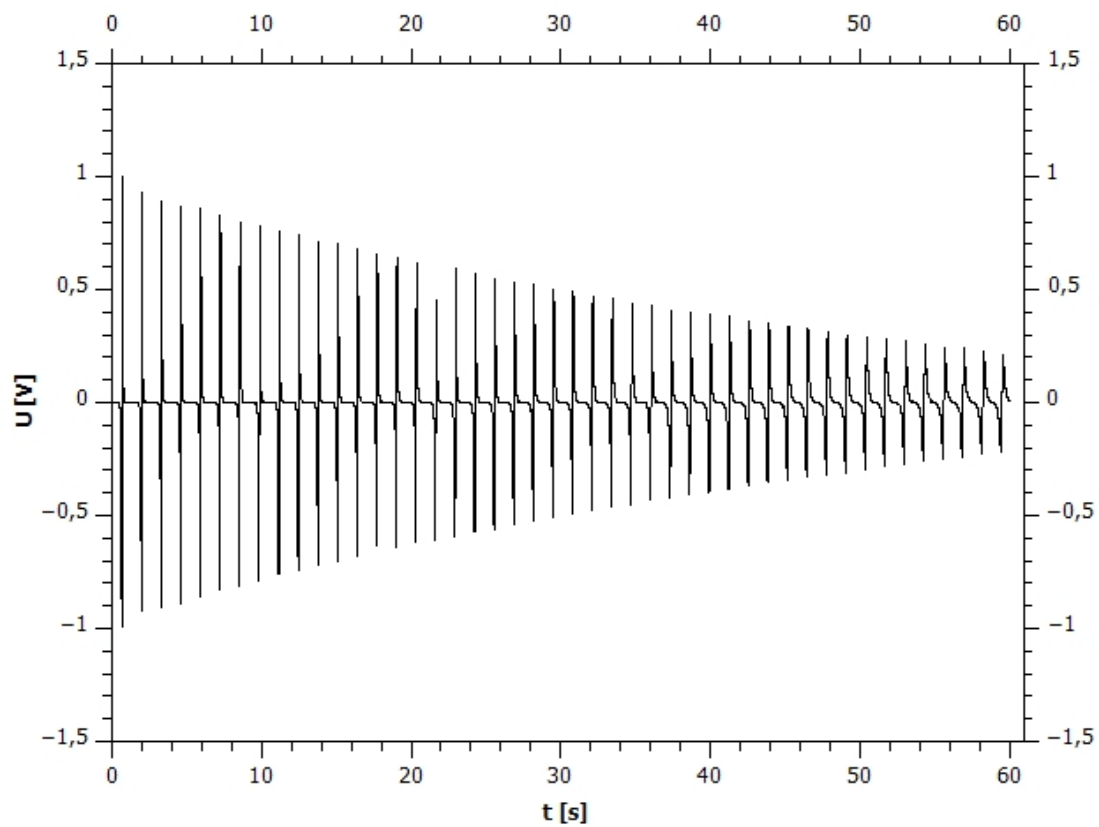
4.1. Zaťažovací odpor 1 MΩ



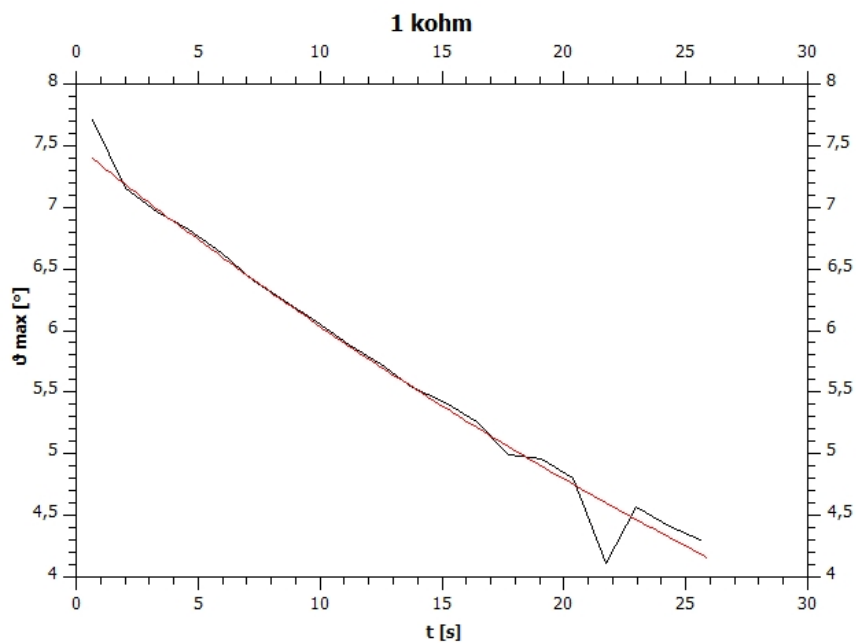
Obr.4: Graf závislosti indukovaného napätia pri použitom odpore 1 MΩ



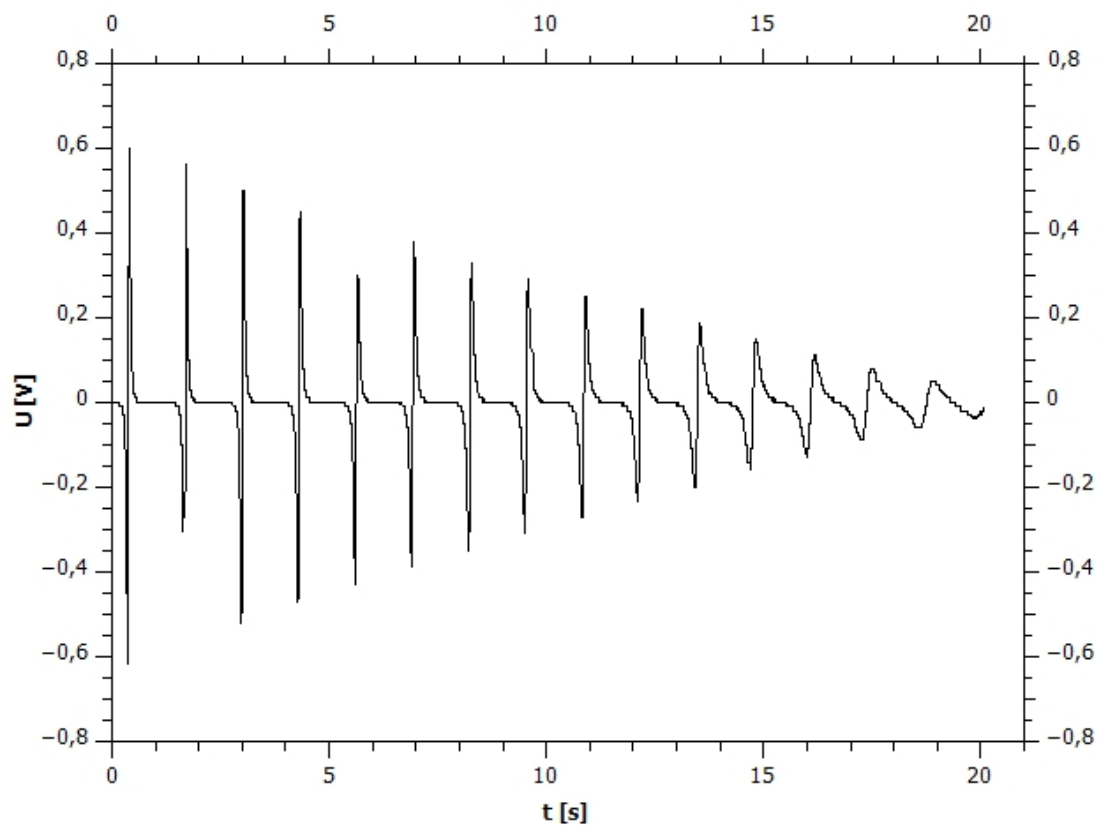
Obr.5: Pokles výchylky v čase pri použitom odpore 1 MΩ
 $\beta = (0,075 \pm 0,024)$



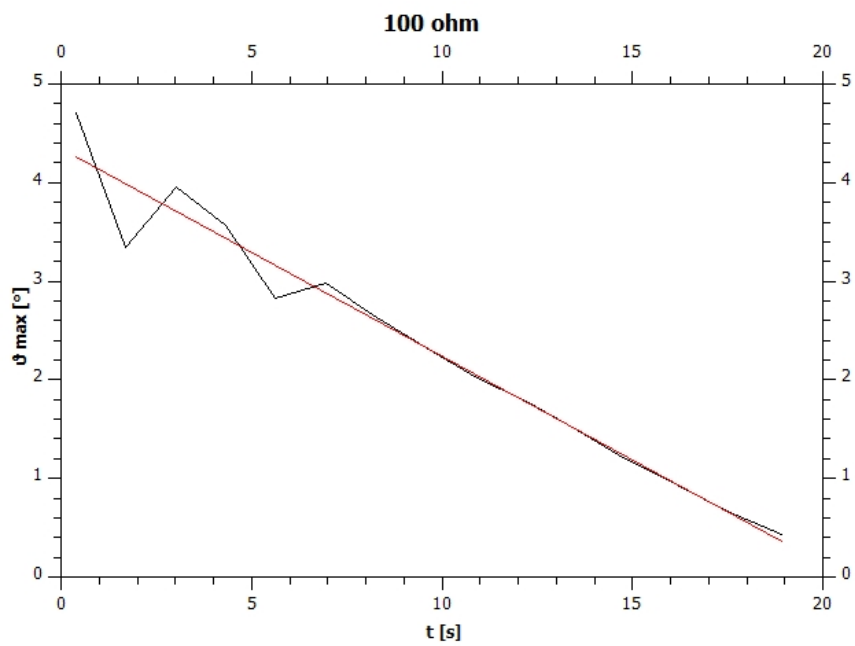
Obr.6: Graf závislosti indukovaného napätia pri použití odpore $10\text{ k}\Omega$



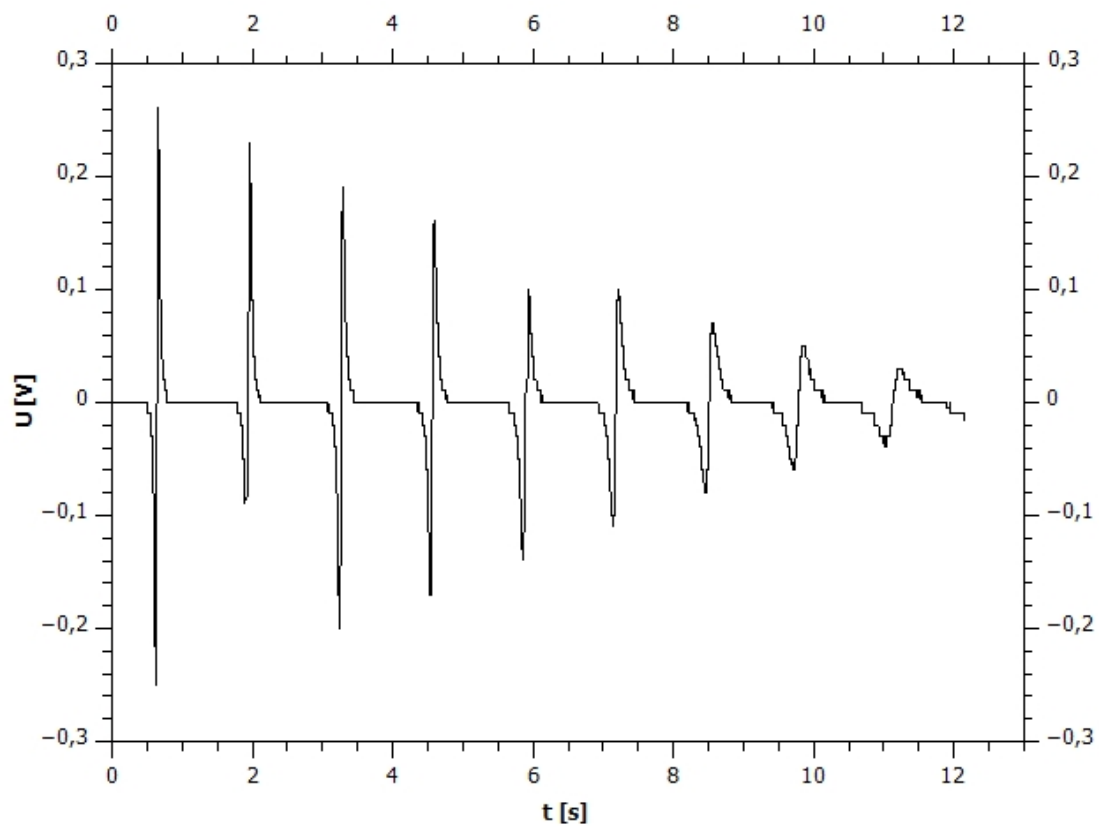
Obr.7: Pokles výchylky v čase pri použití odpore $10\text{ k}\Omega$
 $\beta = (0,03 \pm 0,01)$



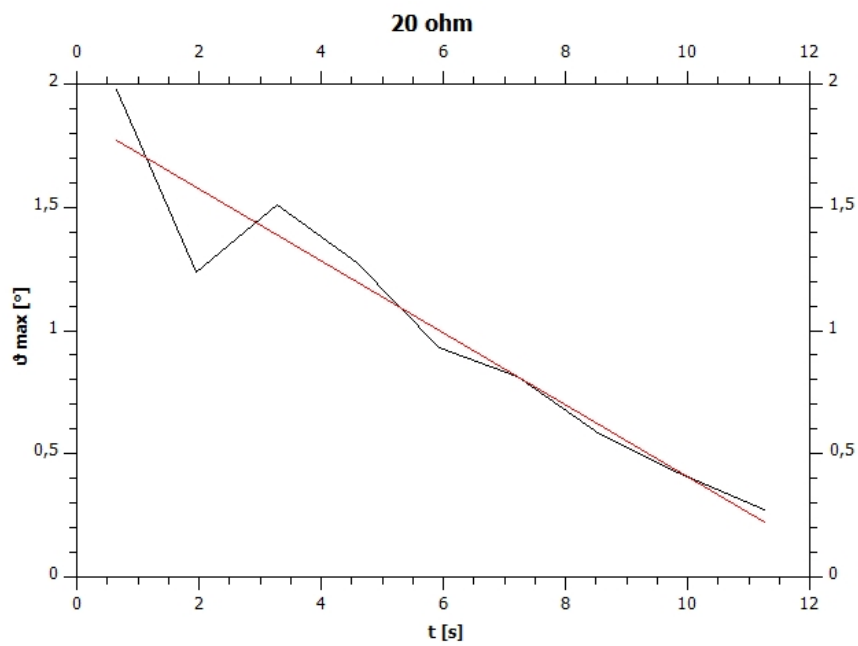
Obr.8: Graf závislosti indukovaného napätia pri použitom odpore 100Ω



Obr.9: Pokles výchylky v čase pri použitom odpore 100Ω
 $k = (-0,21 \pm 0,01)$



Obr.10: Graf závislosti indukovaného napätia pri použitom odpore 20Ω



Obr.11: Pokles výchylky v čase pri použitom odpore 20Ω
 $k = (-0,15 \pm 0,02)$

5. Záver

V prvej časti úlohy sme merali efektívny polomer použitej cievky, ktorý nam vyšiel: $\bar{a} = (1,86 \pm 0,02)$ cm a magnetický dipólový moment: $\bar{m} = (1,19 \pm 0,01)$ A·m²

Taktiež sme mali dokázať závislosti $U_{max} \sim \vartheta_{max}$, $\Delta t \sim \vartheta_{max}^{-1}$ čo sa nám podarilo na obrázkoch (2) a (3).

V druhej časti úlohy sme merali tlmenie pohybu magnetu cievkou pri rôznych odporoch. Z grafov vyplýva, že pri malom zaťažovacom odpore (20 Ω, 100 Ω) je tlmenie lineárne a teda je spôsobené magnetickým poľom. Naopak pri väčšom zaťažovacom odpore (1 MΩ) bolo spomaľovanie exponenciálne a prevládalo tak spomaľovanie mechanické. Pri odpore 1 kΩ sme si všimli, že priebeh je niekde medzi lineárnym a exponenciálnym poklesom.

V grafe na obr.5 merania útlmu s odporom cievky 1 MΩ si môžeme všimnúť miernu nepravidelnosť veľkosti amplitúd. Bolo to spôsobené jednak tým, že pri prvom meraní nám tyč kmitala aj do strán. To sa nám však pri ďalších meraniach podarilo zlepšiť. Ďalším dôvodom bolo to, že merací prístroj občas skreslil amplitúdu, čo sa prejavilo v grafe ako extrémny pokles amplitúdy. Tieto poklesy si môžeme všimnúť aj na ostatných grafoch v úlohe.