

# FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM

## Fyzikální praktikum 2

**Zpracoval:** Jakub Juránek

**Naměřeno:** 19. listopad 2012

**Obor:** UF    **Ročník:** II    **Semestr:** III

**Testováno:**

---

### Úloha č. 1: Studium elektromagnetické indukce

$$T = 22,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$p = 988 \text{ hPa}$$

$$\varphi = 37 \text{ \%}$$

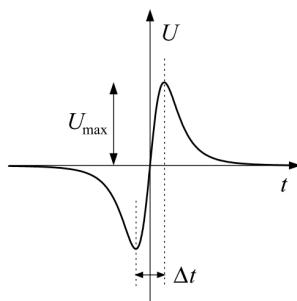
## 1. Teorie

### 1.1. Povinná část

*Měření závislosti tvaru napěťových pulzů na cívce na výchylce kyvadla s magnetem.*

*Určení poloměru cívky a magnetického momentu magnetu.*

Prolétá-li magnet na kyvadle cívkou, jeho proměnné magnetické pole indukuje v této cívce napětí následujícího průběhu:



kde  $U_{\max}$  je amplituda napěťového pulzu a  $\Delta t$  jeho šířka. Rychlosť průletu  $v_{\max}$  můžeme určit ze vztahu

$$v_{\max} = 2\sqrt{gL} \sin\left(\frac{\vartheta_{\max}}{2}\right)$$

kde  $g$  je tříhové zrychlení,  $L$  délka kyvadla a  $\vartheta_{\max}$  úhlová amplituda jeho kmitů.

Šířka pulzu je nepřímo úměrná rychlosti průletu:

$$\Delta t = av_{\max}^{-1}$$

kde  $a$  je efektivní poloměr cívky.

Amplituda napětí je přímo úměrná rychlosti průletu:

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

kde  $N$  je počet závitů cívky,  $\mu_0$  permeabilita vakua a  $m$  magnetický dipólový moment magnetu.

Označíme-li konstantu přímé úměrnosti  $b$ , můžeme magnetický dipólový moment  $m$  magnetu spočítat ze vztahu:

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

a jeho nejistotu:

$$u(m) = m \sqrt{\frac{u^2(b)}{b^2} + \frac{4u^2(a)}{a^2}}$$

## 1.2. Varianta A

### *Tlumení pohybu magnetu*

Tlumení kyvadlo s magnetem je jednak mechanické, jednak elektromagnetické. Pokud dominuje mechanické tlumení, platí pro tlumení energie vztah:

$$E(t) = E_0 e^{-\beta t}$$

Pro tlumení napětí pak platí:

$$U_{\max} \sim e^{-\frac{\beta t}{2}}$$

Pro případ dominujícího elektromagnetického tlumení platí pro tlumení úhlové amplitudy vztah:

$$\theta_{\max}(t) = \theta_0 - \alpha t$$

Protože měříme amplitudu napětí, musíme z něj amplitudu úhlu vztahem:

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

Toto tlumení by mělo být nepřímo úměrné součtu zatěžovacího odporu  $R$  a vlastního odporu cívky  $R_c$ , což ověříme tak, že označíme

$$\alpha = \frac{B}{R + R_c} \Rightarrow B = \alpha(R + R_c)$$

přičemž bychom měli pro různá měření dostat stejně  $B$ .

## 2. Měření

### 2.1. Povinná část

Nejprve si zjistíme parametry kyvadla.

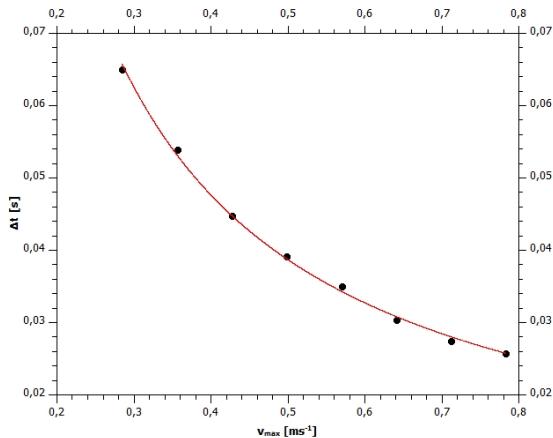
$$L = 1,7 \text{ m}$$

$$N = 1000$$

Pro různé úhlové amplitudy provedeme měření jednoho pulzu.

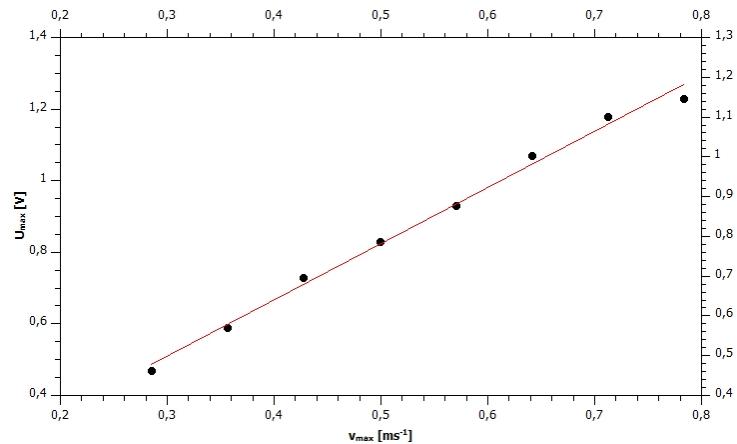
$\vartheta_{\max} [\circ]$	$U_{\max} [\text{V}]$	$\Delta t [\text{s}]$	$v_{\max} [\text{ms}^{-1}]$
4	0,47	0,065	0,29
5	0,59	0,054	0,36
6	0,73	0,045	0,43
7	0,83	0,039	0,50
8	0,93	0,035	0,57
9	1,07	0,030	0,64
10	1,18	0,027	0,71
11	1,23	0,026	0,78

Z nepřímé úměrnosti mezi šírkou pulzu a rychlostí průletu určíme efektivní poloměr cívky  $a$ .



$$a = (17,9 \pm 0,3) \text{ mm}$$

Z přímé úměrnosti mezi amplitudou napětí a rychlostí průletu určíme konstantu  $b$ , ze kterého pak dopočteme magnetický dipólový moment  $m$  magnetu.



$$b = (1,57 \pm 0,05) \text{ V s m}^{-1}$$

$$m = (0,93 \pm 0,04) \text{ A m}^2$$

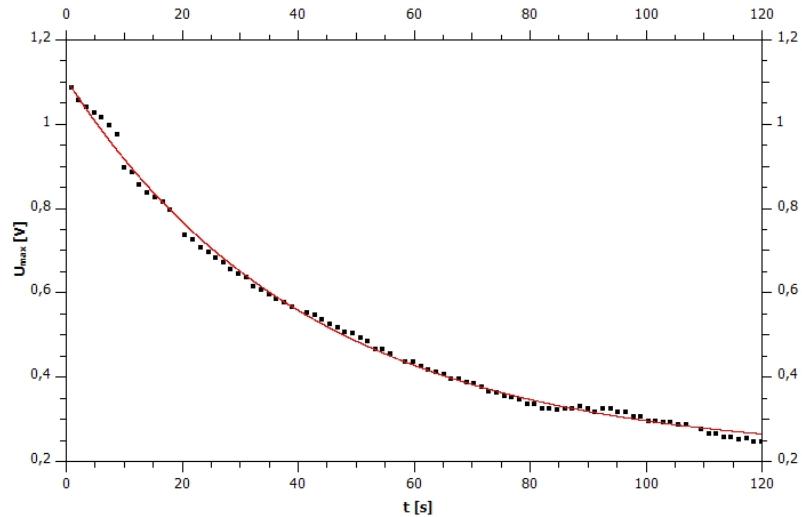
## 2.2. Varianta A

Nejprve zjistíme vlastní odpor cívky.

$$R_C = 40 \Omega$$

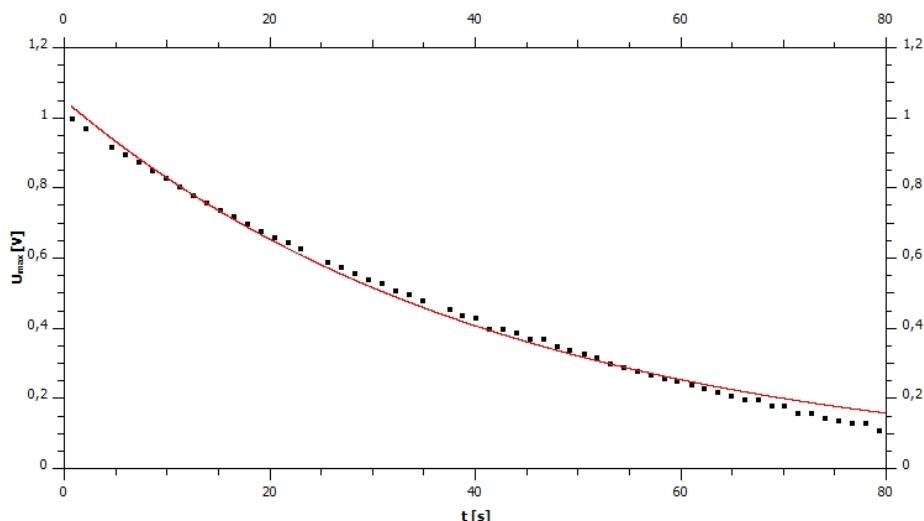
Nejprve proměříme dominující mechanické tlumení, tedy velké zatěžovací odpory, a určíme koeficient tlumení  $\beta$ .

Prvně pro  $R = 1 \text{ M}\Omega$



$$\beta_{1\text{M}\Omega} = (0,0476 \pm 0,0009) \text{ s}^{-1}$$

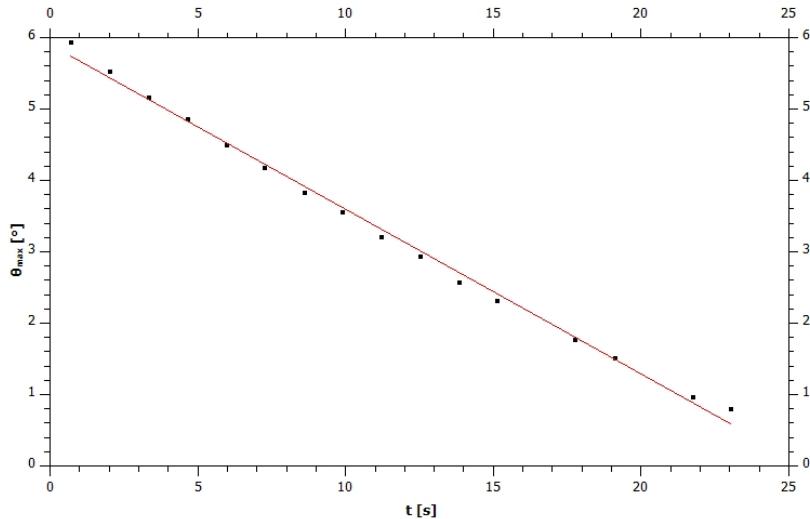
Dále pro  $R = 1 \text{ k}\Omega$



$$\beta_{1\text{k}\Omega} = (0,0474 \pm 0,0006) \text{ s}^{-1}$$

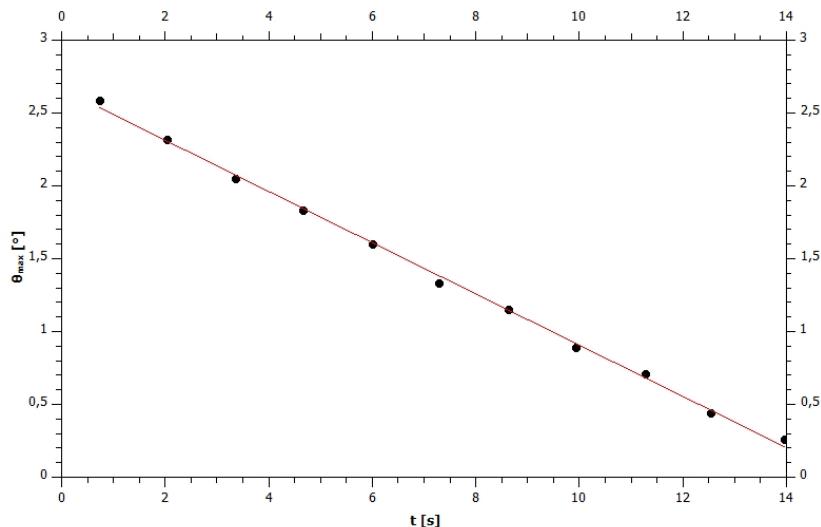
Nyní proměříme dominující elektromagnetické tlumení, tedy malé zatežovací odpory, určíme koeficient tlumení  $\alpha$  a koeficient  $B$ .

Prvně pro  $R = 100 \Omega$



$$\begin{aligned}\alpha_{100\Omega} &= (0,231 \pm 0,004)^\circ \text{ s}^{-1} \\ B_{100\Omega} &= (32 \pm 1)^\circ \Omega \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

Dále pro  $R = 20 \Omega$



$$\begin{aligned}\alpha_{20\Omega} &= (0,176 \pm 0,002)^\circ \text{ s}^{-1} \\ B_{20\Omega} &= (10,5 \pm 0,2)^\circ \Omega \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

### 3. Závěr

V první části jsem provedli měření závislostí šířky pulzu a amplitudy napětí na úhlové amplitudě. Poloměr cívky nám vyšel tak poloviční oproti tomu, co jsme z jejích opravdových rozměrů očekávali. Ve druhé části jsme nejprve proměřili dominující mechanické tlumení, pro obě měření jsme v rámci jejich nejistot dostali stejné hodnoty.

Ovšem pro dominující elektromagnetické tlumení se nám nepotvrnila závislost nepřímé úměrnosti na součtu odporů. Tento fakt nejspíš bude způsoben chybou v první části měření.