

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
Ústav elektrotechnologie

LABORATORNÍ CVIČENÍ Z PŘEDMĚTU  
VYBRANÉ PARTIE Z OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ A  
UKLÁDÁNÍ ENERGIE (BPC-OZU)

Číslo úlohy: 5

Název úlohy: Akumulace elektrické energie pomocí setrvačníku

Jméno a příjmení, ID: Tomáš Vavrinec, 240893	Atmosférický tlak: 988.2 hPa	Teplota okolí: 23.2°C	Relativní vlhkost: 30.9%
Měřeno dne: 25.2.2023	Odevzdáno dne:	Ročník, stud. skupina: 2	Kontrola:
Spolupracovali: Kateřina Koudelková			

## Zadání

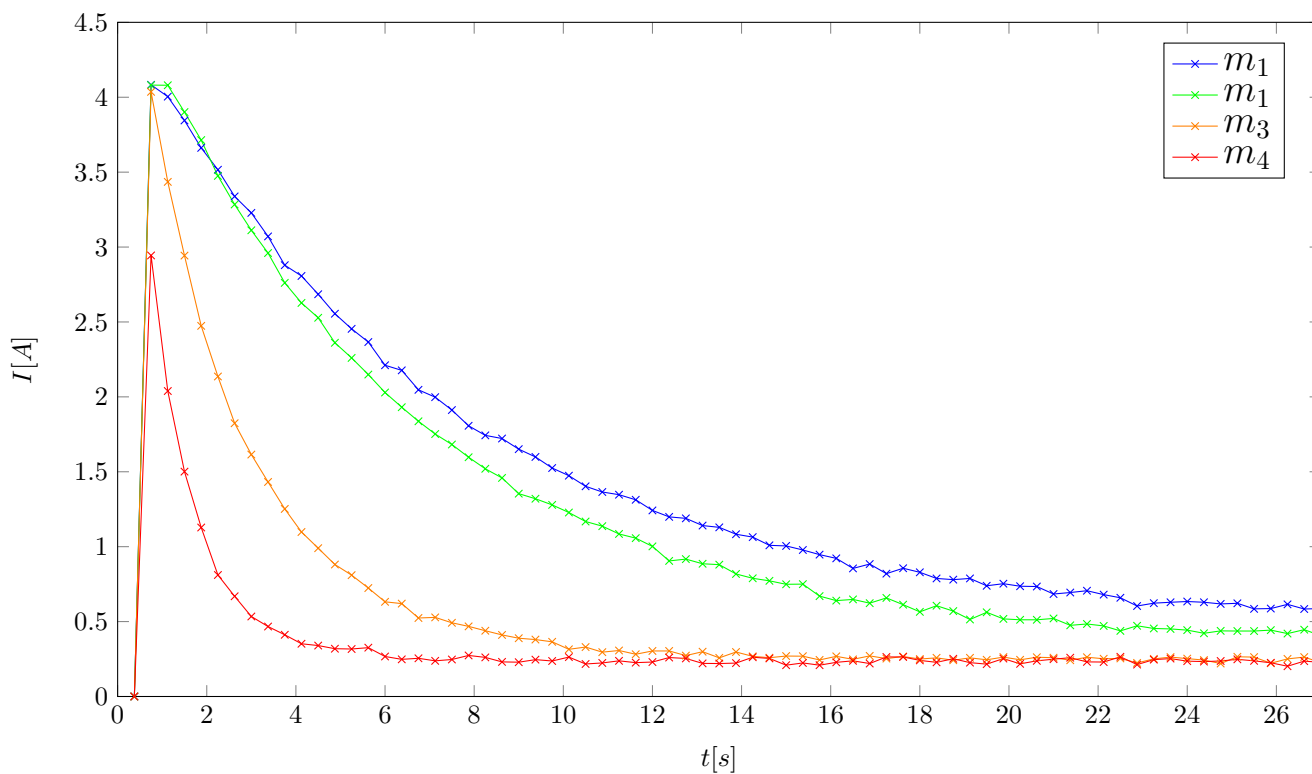
U předložených setrvačníků zjistěte hodnotu výsledné práce  $W$ , kterou je setrvačník schopen po získání kinetické energie dodat do zátěže. Vyneste do grafu rozběhové a brzdící křivky setrvačnicku  $I = F(t)$ , dále okamžité hodnoty výkonu setrvačnicků  $P = F(t)$ . V grafu rozběhové křivky identifikujte ztráty způsobené konstrukcí zařízení. Porovnejte velikosti výkonů dodaných setrvačnický vzhledem k odporové zátěži. Zjistěte velikost momentu hybnosti a kinetické energie akumulované setrvačnický. Setrvačnický seřaďte dle množství akumulované energie. Definujte, které parametry setrvačnický jsou k akumulaci energie nejdůležitější. Na základě hmotnosti a přiložené výkresové dokumentace setrvačnický zjistěte, z jakých materiálů jsou vyrobeny.

Hmotnosti setrvačnicků:  $m_1 = 9,3\text{kg}$ ;  $m_2 = 8,25\text{kg}$ ;  $m_3 = 3,05\text{kg}$ ;  $m_4 = 3,055\text{kg}$

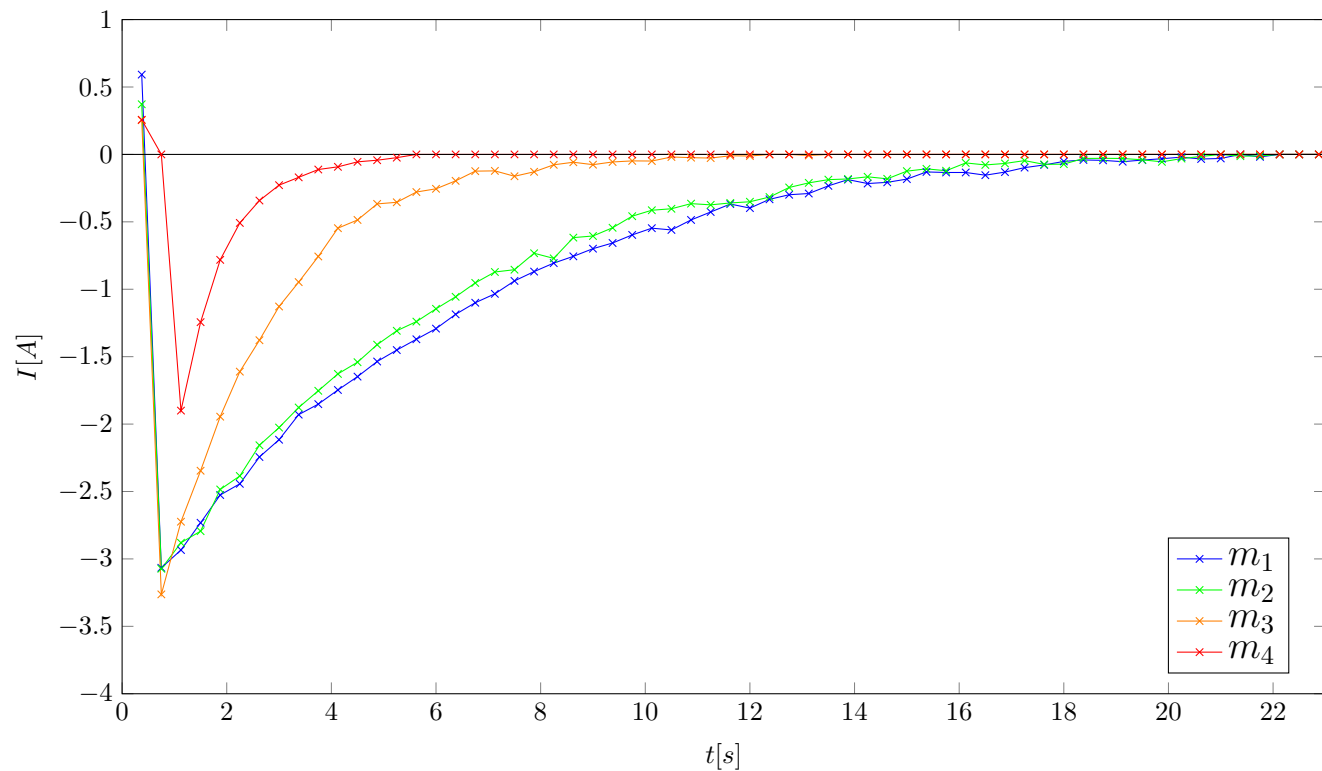
Hodnoty odporů zátěže:  $R_1 = 1\Omega$ ;  $R_2 = 2,2\Omega$ ;  $R_3 = 4\Omega$ ;

### 0.1 Měření

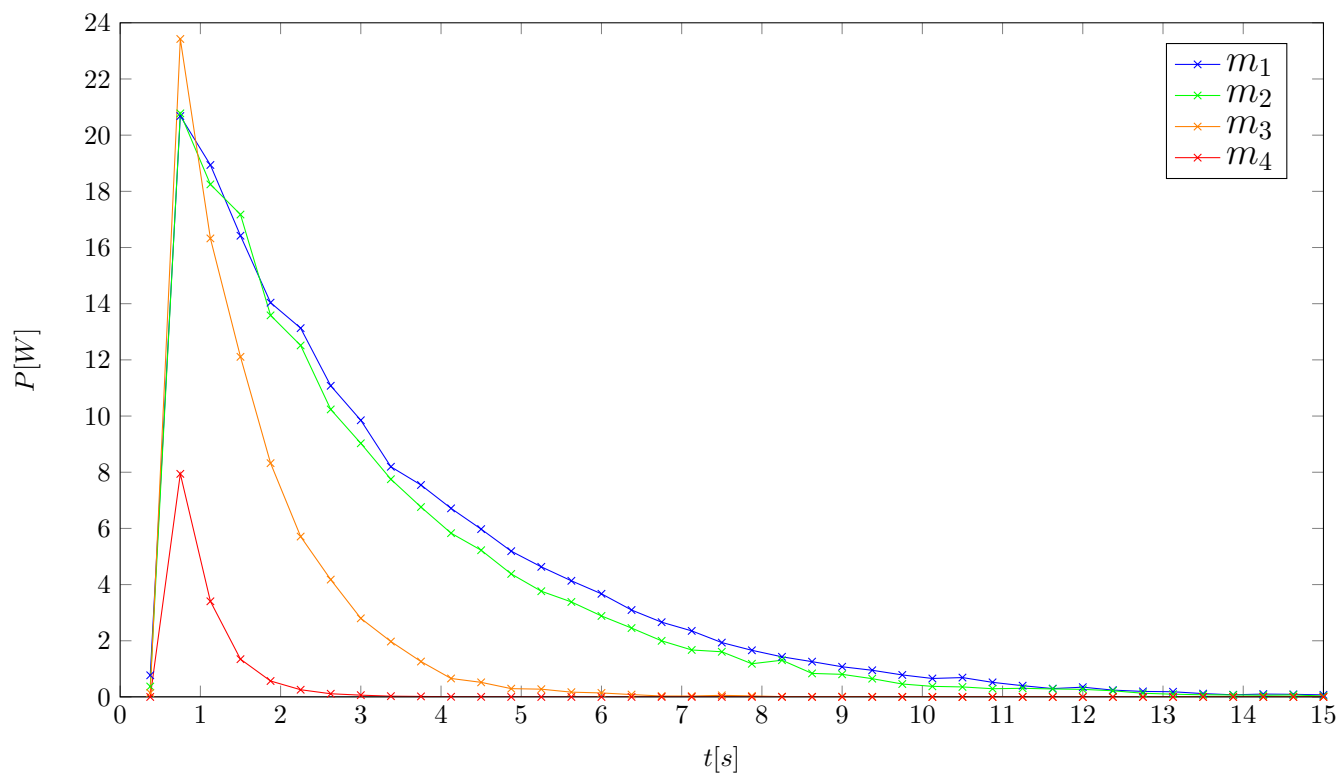
Proud motorgenerátorem v čase při roztáčení setrvačnický



Proud motorgenerátorem v čase při připojení odporové zátěže  $R_z = 2,2[k\Omega]$



Výkon motorgenerátoru při připojení odporové zátěže  $R_z = 2,2[k\Omega]$



setrvačník	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
výkon $P[W]$	1,429	0,805	0,013	0,000

Table 1: Porovnání výkonu setrvačnicků v čase  $t = 8,250[s]$  při zátěži  $2,2[\Omega]$

Příklad výpočtu:

$$P_{m1} = UI = I^2 R = (0,806^2 \cdot 2,2)[W] = 1,429$$

setrvačník	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
práce $W[J]$	64,813	55,097	29,502	5,267

Table 2: Porovnání práce setrvačnicků předané zatěžovacímu rezistoru  $2,2[\Omega]$

Příklad výpočtu:

$$\begin{aligned} W_{m1} &= \int_a^b P(t) dt \doteq h \left( \frac{P(t_0) + P(t_n)}{2} + P(t_1) + P(t_2) + \dots + P(t_{n-1}) \right) = \\ &= 0,375 \left( \frac{0,771 + 0,000}{2} + 20,681 + 18,938 + \dots + 0,000 \right) = 64,813[J] \end{aligned}$$

setrvačník	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
otáčky $n[ot/min]$	676	650	663	674
hmotnost $m[kg]$	9,3	8,25	3,05	3,055
moment setrvačnosti $J[kgm^2]$	0,071	0,075	0,073	0,032
kinetická energie $E_k[J]$	177,708	173,746	175,117	78,833
poloměr $r[mm]$	123,5	127	125	82,5
průměrný udržovací výkon $P_u[W]$	0,809	0,431	0,136	0,120
náročnost udržování energie $\frac{P_u}{E_k}[ms]$	4,776	2,406	0,784	1,540

Table 3: Porovnání momentů setrvačnosti a kinetických energií

Příklady výpočtů:

$$J_{m1} = \frac{1}{2}mr^2 = \left(\frac{1}{2}9,3 \cdot (123,5 \cdot 10^{-3})^2\right)[kgm^2] = 0,071[kgm^2]$$

$$E_{k-m1} = \frac{1}{2}J_{m1}\omega_{m1}^2 = \frac{1}{2} \cdot 0,071 \cdot \left(\frac{676 \cdot 2\pi}{60}\right)^2 = 177,708[J]$$

$$P_{u-m1} = \frac{1}{n} \sum_{t(a)}^{t(b)} I(t)^2 \cdot R_z = \left(\frac{1}{8} \sum_{t(23,250)}^{t(29,625)} I(t)^2 \cdot 2,2\right)[W] = 0,759[W]$$

$$\frac{P_u}{E_k} = \frac{0,809}{177,708}[s] = 0,004776[s] = 4,776[ms]$$

K akumulaci energie je z měřených setrvačnicků nejvhodnější setrvačník  $m_3$ , protože má nejmenší náročnost udržení energie. Pro uchování kinetické energie jednoho joulu je zapotřebí dodávat jen  $0,784[W]$ .

setrvačník	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
objem $O[cm^3]$	1065	1065	1108	442
hustota $\rho[kg/m^3]$	8732	7559	2753	6907
materiál	Nikl	Železo	Hliník	Cín

Table 4: Materiál setrvačnicků

Příklady výpočtů:

$$\begin{aligned}
O_{m1} &= \left(\frac{247 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot 38 \cdot 10^{-3} - \left( \frac{\pi \cdot 16 \cdot 10^{-3}}{3} \left( \left(\frac{182 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 + \frac{182 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \frac{157 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \left(\frac{157 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 \right) + \right. \\
&+ \left. \frac{\pi \cdot 17 \cdot 10^{-3}}{3} \left( \left(\frac{182 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 + \frac{182 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \frac{157 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \left(\frac{157 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 \right) + \left(\frac{50 \cdot 10^{-3}}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot ((21 + 22) - 38) \cdot 10^{-3} \right) = \\
&= 0,001065[m^3] = 1065[m^3]
\end{aligned}$$

$$\rho_{m1} = \frac{9,3}{0,001065} = 8732[kg/m^3]$$

## 0.2 Závěr

Parametr setrvačnicku který určuje jeho schopnost akumulovat energii je jeho moment hybnosti, který je určen geometrií a vahou setrvačnicku. Neustálí odběr energie i po roztočení setrvačnicku je způsoben primárně třením v uložení setrvačnicku.

K akumulaci energie je z měřených setrvačnicků pravděpodobně nejvhodnější setrvačník  $m_3$ , protože má nejmenší náročnost udržení energie. Pro uchování kinetické energie jednoho joulu je zapotřebí dodávat jen 0,784[W].

setrvačník	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$
objem $O[cm^3]$	1065	1065	1108	442
hustota $\rho[kg/m^3]$	8732	7559	2753	6907
materiál	Nikl	Železo	Hliník	Cín

Table 5: Materiál setrvačnicků