

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

## PRAKTIKUM II

Úloha č.: LI

Název: Měření osciloskopem

Vypracovala: ..... stud. sk. .... dne: 05.04.04.....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: ..... vráceno: .....

Odevzdal dne: .....

Posuzoval: ..... dne ..... výsledek klasifikace .....

Připomínky:

---

## I. Pracovní úkol

- I. Pomocí osciloskopu změřte špičkovou hodnotu napětí na sekundáru převodního transformátoru a porovnejte ji s hodnotou naměřenou voltmetrem.
- II. Podle vlastní volby sledujte činnost jednocestného nebo dvoucestného usměrňovače s křemíkovými diodami KY711
  - A. při maximální hodnotě zatěžovacího odporu  $10\text{k}\Omega$  sledujte závislost stejnosměrného napětí na filtrační kapacitě  $C$  v intervalu  $0 - 10\text{ }\mu\text{F}$ . Hodnotu usměrněného napětí při  $C = 0\text{ }\mu\text{F}$  srovnajte se špičkovou hodnotou pulzního průběhu
  - B. změřte závislost filtrační kapacity  $C$ , potřebné k tomu, aby střídavá složka usměrněného napětí tvořila 10% špičkové hodnoty (tj. asi 1V), na odebíraném proudu.
  - C. Naměřené závislosti zpracujte graficky. Do grafu uvádějícího závislost filtrační kapacity  $C$  na proudu vynesete také závislost časové konstanty  $\tau = R_Z C$  na proudu.

## II. Teorie

Osciloskop je jedním z nejčastěji používaných přístrojů ve fyzikální laboratoři. Je sestaven tak, že na obrazovce dokáže zobrazit časově rozvinutý průběh libovolného signálu. Osciloskop pracuje na principu elektrostatického vychylování elektronového paprsku dvěma páry na sebe kolmých destiček, paprsek dopadá na stínítko pokryté luminiscenční vrstvou, na němž při dopadu elektronového svazku dochází k luminiscenci viditelného světla. Pomocí osciloskopu dokážeme určit maximální hodnotu signálu, např. amplitudu napětí. Ručičkovými a digitálními přístroji měříme obvykle efektivní hodnotu elektrických veličin. Pro efektivní hodnotu platí:

$$U_{ef}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt \quad (1)$$

$T$  ..... perioda

$u$  ..... okamžitá hodnota napětí

$t$  ..... čas

Pro harmonický průběh napětí potom platí:

$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

$U_0$  ..... amplituda napětí

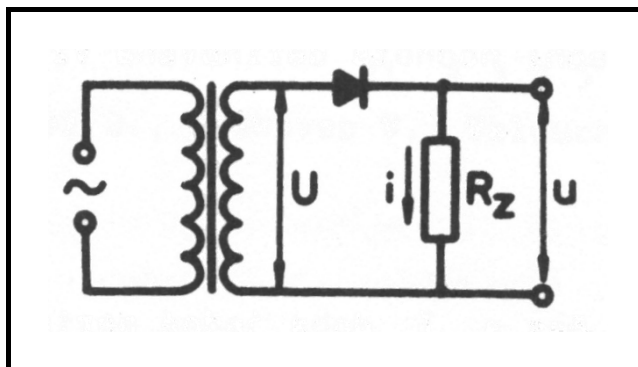
Při měření střídavých rozsahů se musí signál nejprve usměrnit. Výchylka je potom úměrná střední hodnotě usměrněného proudu. Stupnice je však udělána tak, aby při harmonickém průběhu signálu jsme mohli přímo číst efektivní hodnoty.

---

### A. Jednocestný usměrňovač

Jednocestný usměrňovač získáme podle zapojení na obr. 1. Při tomto zapojení propustí dioda vždy jen kladnou půlvlnu. Střední hodnota jednocestně usměrněného harmonického napětí je dána vztahem:

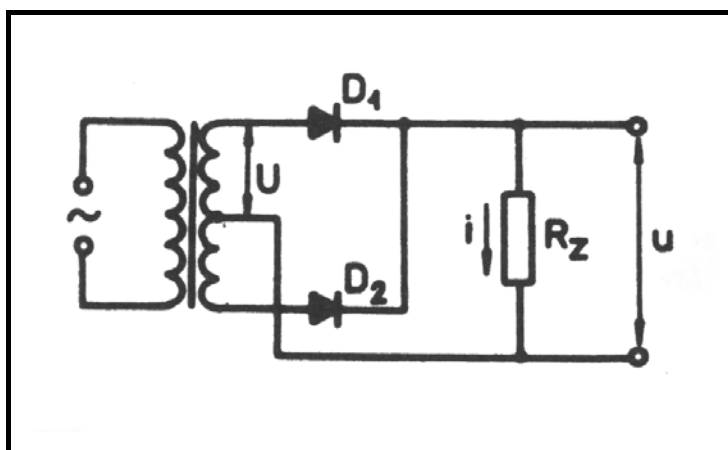
$$U_{ef} = \frac{U_0}{\pi} \quad (3)$$



obr. 1

### B. Dvoucestný usměrňovač

Zapojení dvoucestného usměrňovače je na obr. 2. V tomto zapojení propouští jedna z diod kladné napětí a druhá záporné. Směr proudu  $I$  zátěží však zůstane stejný. Proud v zátěži opět pulzuje, avšak s dvojnásobnou frekvencí, což je výhodnější pro filtraci.

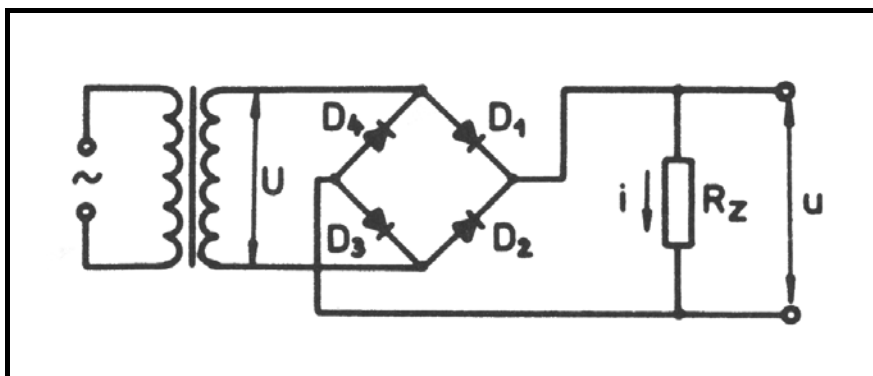


obr. 2

### C. Můstkové zapojení

S tímto zapojením dosáhneme stejného průběhu napětí na zátěži, jako s dvoucestným. Zapojení viz obr. 3. Střední hodnota usměrněného napětí na dvoucestném usměrňovači i na můstkovém zapojení je:

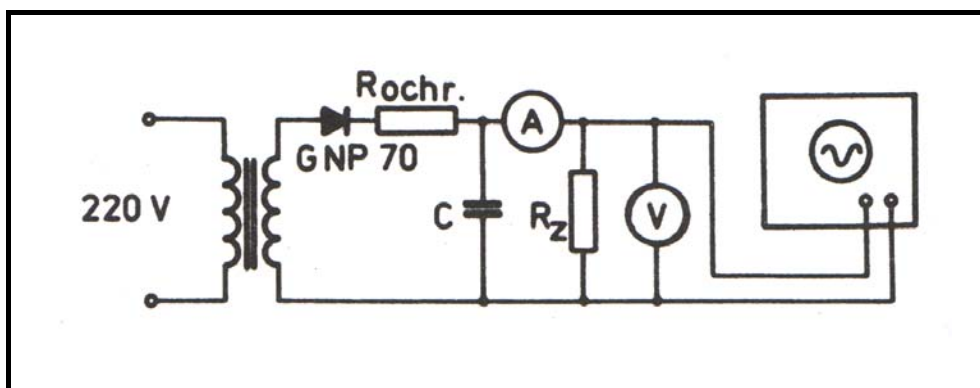
$$U_{ef} = \frac{2U_0}{\pi} \quad (4)$$



obr. 3

### D. Filtrace napětí

Usměrněné napětí z diod je pulzující. Toto napětí můžeme vyhladit (filtrovat), připojíme-li paralelně k zátěžovému odporu  $R_Z$  kondenzátor o kapacitě  $C$  (zapojení viz obr. 4).



obr. 4

Pokud by byl odpor  $R_Z$  nekonečně velký, kondenzátor by se nabil na špičkovou hodnotu usměrněného napětí a déle by napětí na kondenzátoru zůstalo konstantní. Při konečném odporu se kondenzátor vybíjí přes odpor  $R_Z$  s časovou konstantou  $\tau = R_Z C$ . Časový průběh proudu potom je:

$$u = U_0 e^{-\frac{t}{R_Z C}} \quad (5)$$

Budeme-li předpokládat, že časová konstanta  $\tau = R_Z C$  je mnohem menší, než doba mezi jednotlivými pulzy, pak lze rozvinout vztah (5) na:

$$u = U_0 \left( 1 - \frac{t}{R_Z C} \right) \quad (6)$$

Činitel filtrace  $k_f$  definujeme vztahem:

$$k_f = \frac{U_0}{\Delta U} \quad (7)$$

$\Delta U$  ..... špičková hodnota střídavé složky usměrněného napětí

Pro jednocestný usměrňovač pak platí:

$$k_f = \frac{R_Z C}{T} \quad (8)$$

Pro dvoucestný usměrňovač platí:

$$k_f = 2 \frac{R_Z C}{T} \quad (9)$$

Pro proud zátěží  $I_{SS}$  platí vztah:

$$I_{SS} = \frac{U_{SS}}{R_Z} \quad (10)$$

$U_{SS}$  ..... stejnosměrná složka napětí na zátěži

Pokud je činitel filtrace  $k_f \gg 1$ , je  $U_{SS} = U_0$ . Pro filtrační kapacitu jednocestného usměrňovače dostaneme vztah:

$$C = \frac{T k_f I_{SS}}{U_0} \quad (11)$$

### III. Výsledky měření

I.

Pomocí digitálního voltmetru jsme změřili efektivní hodnotu síťového zdroje:

$$U_{ef1} = (6,15 \pm 0,01) \text{ V}$$

$$U_{ef2} = (3,60 \pm 0,01) \text{ V}$$

Na obrazovce osciloskopu jsme odečetli amplitudu napětí:

$$U_{01} = (8,5 \pm 0,5) \text{ V}$$

$$U_{02} = (6,0 \pm 0,5) \text{ V}$$

Po dosazení do vzorce (2) nám vyjde efektivní hodnota napětí:

$$U_{01} = (6,0 \pm 0,4) \text{ V}$$

$$U_{02} = (4,2 \pm 0,4) \text{ V}$$

II. A

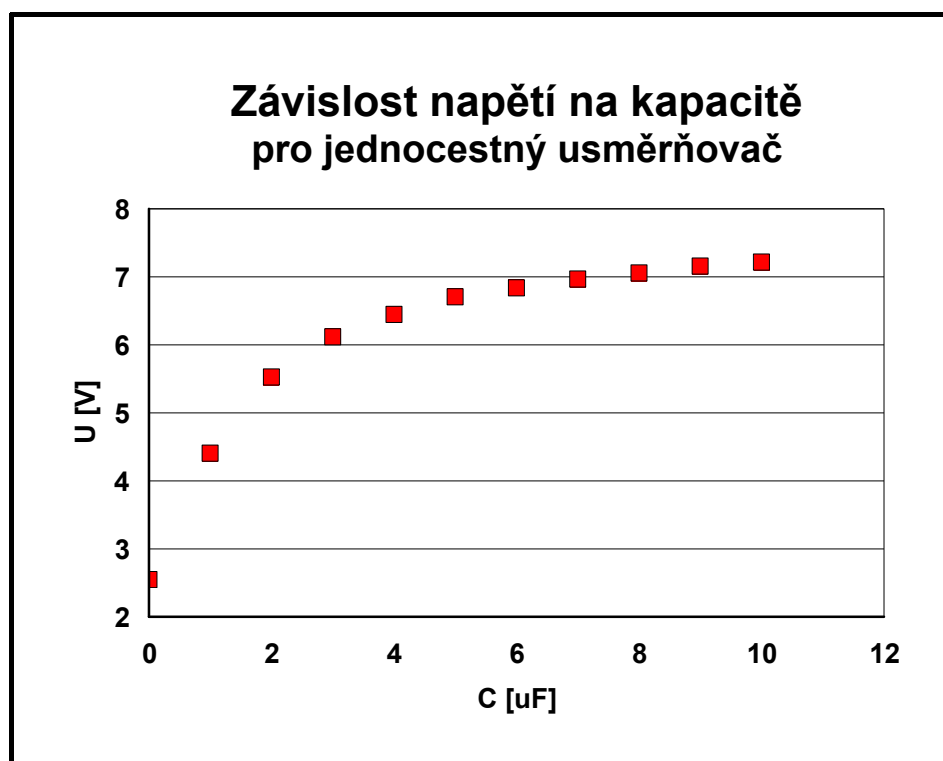
tab. 1 – závislost stejnosměrného napětí na kapacitě u jednocestného usměrnění

| C [μF] | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| U [V]  | 2,55 | 4,41 | 5,53 | 6,12 | 6,45 | 6,71 | 6,84 | 6,97 | 7,06 | 7,16 | 7,22 |

Hodnota zátěžového odporu byla  $8 \text{ k}\Omega$

Naměřená špičková hodnota usměrněného napětí byla  $U = (8,0 \pm 0,5) \text{ V}$

Teoretická špičková hodnota usměrněného napětí byla  $U = (8,01 \pm 0,03) \text{ V}$



graf 1

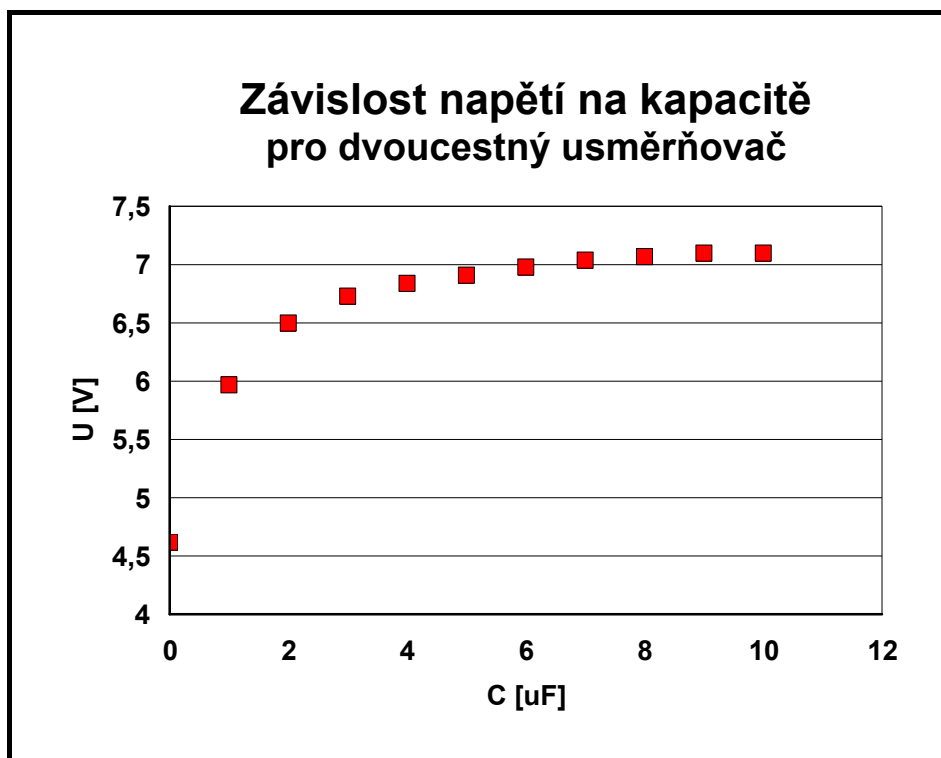
tab. 2 – závislost stejnosměrného napětí na kapacitě u dvoucestného usměrnění

| C [ $\mu$ F] | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| U [V]        | 4,62 | 5,97 | 6,50 | 6,73 | 6,84 | 6,91 | 6,98 | 7,04 | 7,07 | 7,10 | 7,10 |

Hodnota zátěžového odporu byla  $8\text{ k}\Omega$

Naměřená špičková hodnota usměrněného napětí byla  $U = (7,6 \pm 0,5)V$

Teoretická špičková hodnota usměrněného napětí byla  $U = (7,26 \pm 0,02)V$

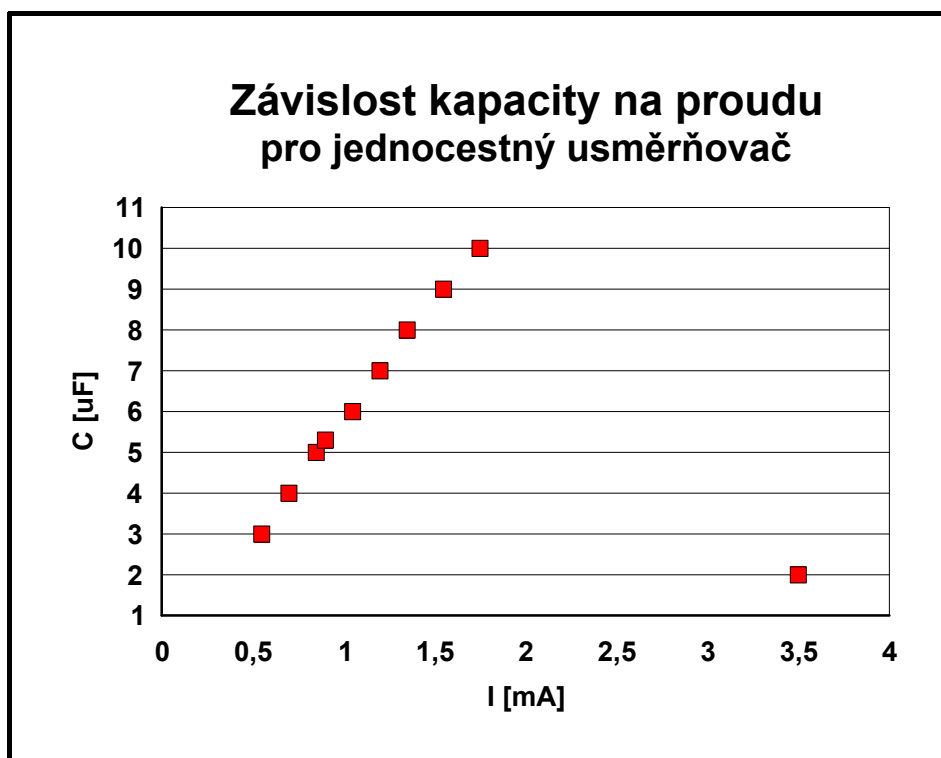


graf 2

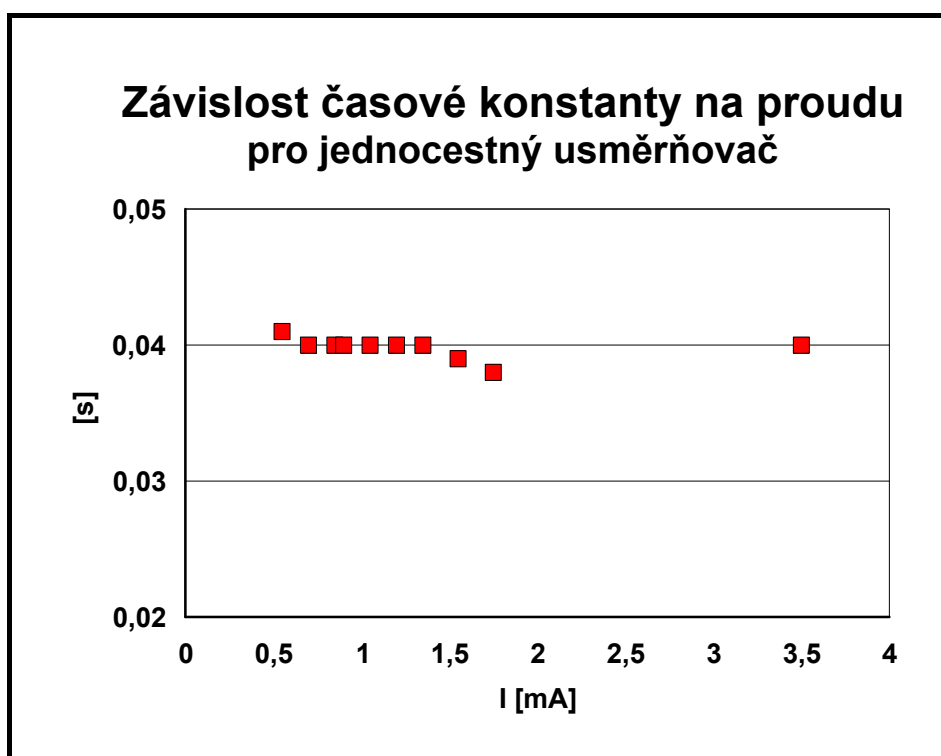
## II. B

tab. 3 – závislost  $C$  na  $I$  pro jednocestný usměrňovač

| I [mA]                 | 0,85  | 1,35  | 1,75  | 3,50  | 0,70  | 1,05  | 1,20  | 1,55  | 0,55  | 0,90  |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| C [ $\mu$ F]           | 5,0   | 8,0   | 10,0  | 2,0   | 4,0   | 6,0   | 7,0   | 9,0   | 3,0   | 5,3   |
| R [ $\text{k}\Omega$ ] | 8,0   | 5,0   | 3,8   | 20,0  | 10,0  | 6,6   | 5,7   | 4,3   | 13,5  | 7,5   |
| $\tau$ [s]             | 0,040 | 0,040 | 0,038 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,040 | 0,039 | 0,041 | 0,040 |



graf 3



graf 4



---

## IV. Diskuse

I.

Naměřené hodnoty v rámci chyb splňují vztah (2).

II.

Hodnota stejnosměrné složky napětí se se zvyšující hodnotou filtrační kapacity  $C$  blíží k hodnotě špičkové. Té by dosáhla až v případě nekonečné kapacity. Měření s nulovou filtrační kapacitou se shodovalo s předpoklady plynoucími ze vztahu (3).

Závislost filtrační kapacity na odebíraném proudu nám vyšla lineární, přesně podle předpokladu. Také hodnota časové konstanty  $\tau$  je podle předpokladu konstantní. Podařilo se nám tedy prokázat, že použitý model platí s dostatečnou přesností.

Největším zdrojem chyb je odečítáním hodnot z obrazovky osciloskopu. Obrazovka je bez číselných hodnot a malá, její nízké rozlišení nám neumožňuje odečíst dané hodnoty s dostatečnou přesností.

## V. Závěr

V této úloze jsme potvrdili vztah mezi efektivní hodnotou napětí a amplitudou napětí. Potvrdili jsme také, že závislost filtrační kapacity  $C$  na proudu je lineární a že  $\tau$  je konstanta.

## VI. Literatura

Bakule, R., Štenberk, J.: Fyzikální praktikum II., SPN Praha, 1989

Spružil, B., Zieleniecová, P.: Úvod do teorie fyzikálních měření, SPN Praha, 1986