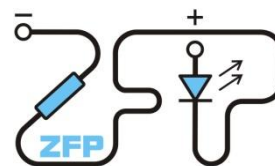


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum II



Úloha č. 5

Název úlohy: Měření osciloskopem

Jméno: Katarína Križanová

Obor: FOF

Datum měření: 17.10.2016

Datum odevzdání: 25.10.2016

Připomínky opravujícího:

| | Možný počet bodů | Udělený počet bodů |
|---------------------------|------------------|--------------------|
| Práce při měření | 0 - 5 | |
| Teoretická část | 0 - 1 | |
| Výsledky měření | 0 - 8 | |
| Diskuse výsledků | 0 - 4 | |
| Závěr | 0 - 1 | |
| Seznam použité literatury | 0 - 1 | |
| Celkem | max. 20 | |

Posuzoval:.....

dne:

I. Pracovní úloha

1) Pomocí osciloskopu změřte špičkovou hodnotu napětí na svorkách sekundárního vinutí transformátoru a porovnejte ji s hodnotou naměřenou na střídavém rozsahu digitálního voltmetru.

2) Podle vlastní volby sledujte činnost jednocestného nebo dvoucestného usměrňovače s křemíkovými diodami **KY711**

a) při maximální hodnotě zatěžovacího odporu 10 k Ω sledujte závislost stejnosměrného napětí na filtrační kapacitě C v intervalu 0–10 μ F. Hodnotu usměrněného napětí

při C = 10 μ 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 1 V), na odebíraném proudu. U jednocestného usměrňovače měřte do proudu 0,6 mA, u dvoucestného do proudu 1 mA

c) naměřené závislosti zpracujte graficky. Do grafu uvádějícího závislost filtrační kapacity C na proudu vynesete také závislost časové konstanty $\tau = R_2 C$ na proudu.

3) Zobraďte na osciloskopu V–A charakteristiku vakuové diody **EZ81** a Zenerovy diody **KZ703** podle schématu připojeného k úloze. Orientačně načrtněte pozorované charakteristiky a vyznačte měřítka na osách. Odhadněte napětí na diodách při proudu 20 mA v propustném směru. Určete Zenerovo napětí.

II. Teoretický úvod

Pri meraní nerovnomerného napätia sa podľa typu prístroja, ktorý použijeme, dopracujeme k rozdielnym hodnotám. Špičkové napätie U_0 je maximálna nameraná hodnota napätia.

Stredná hodnota napätia je definovaná ako

$$U_S = \int_0^T u(t) dt. \quad (1)$$

Pre efektívne napätie platí vzťah

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

kde u je okamžitá hodnota napätia a T je perióda napätia.

Ak pozorujeme harmonický priebeh, platí nasledujúci vzťah medzi efektívnym a špičkovým napätím:

$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}. \quad (3)$$

Usmerňovač funguje vďaka vhodne zapojeným diódam, prípadne jednej dióde. Pre jednocestný usmerňovač platí vzťah:

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

Aby sme priebeh napätia vyhladili, musíme použiť do obvodu paralelne zapojený kondenzátor. Jeho vybíjanie môžeme vyjadriť vzťahom z [1]

$$u = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \approx \frac{RC}{T}, \quad (5)$$

kde R je odpor a C kapacita kondenzátoru a ich súčin dáva časovú konštantu τ .

Definujeme tiež činiteľ filtrácie ako

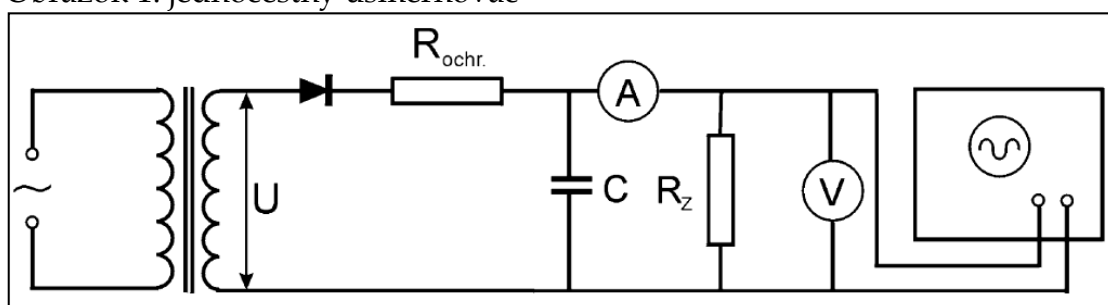
$$k_f = \frac{U_0}{\Delta U} = \frac{RC}{T}. \quad (6)$$

Tento vzťah približne platí pre jednosmerný usmerňovač podľa [1]. V jednocestne usmernenom obvode teda dostávame

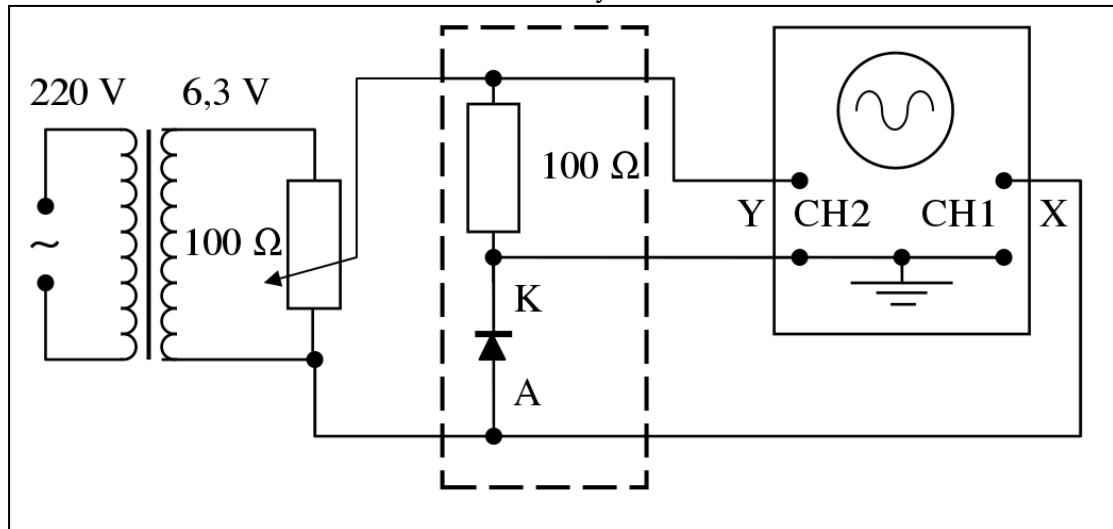
$$C = \frac{T k_f}{U_0} I, \quad (7)$$

kde I je prúd záťaži.

Obrázok 1: jednocestný usmerňovač



Obrázok 2: V-A charakteristika diódy



III. Výsledky merania

3.1.1. Spracovanie chýb

Pri výpočte chýb odvodených veličín budem používať Gaussov vzťah:

$$\Delta f(x_i) = \sqrt{(\sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i)^2}. \quad (8)$$

3.1.2. Chyba meracích prístrojov

Oveľa väčšiu chybu pri meraní predstavovala nestálosť posledných cifier, ako údaje o chybe pre dané digitálne prístroje, preto budem uvažovať chybu plynúcu z nestálosti posledných cifier meracích multimetrov ako za tú podstatnú.

Odporová dekáda má chybu uvádzanú na 0,1% a kondenzátorová dekáda má presnosť 1%.

3.2.1. Špičková hodnota napätia

V prvej časti merania som si pomocou osciloskopu zmerala hodnotu špičkového napätia U_0 na svorkách sekundárneho vinutia transformátora. Potom som zmerala efektívne napätie U_{ef} na svorkách sekundárneho vinutia transformátora za pomoci digitálneho voltmetru.

Namerané hodnoty sú $U_0 = (11,3 \pm 0,4) V$, $U_{ef} = (8,09 \pm 0,02) V$.

Pomer hodnôt napätia je $\frac{U_0}{U_{ef}} = (1,40 \pm 0,07)$, čo v rámci chyby zodpovedá vzťahu (3).

3.2.2. Jednocestný usmerňovač

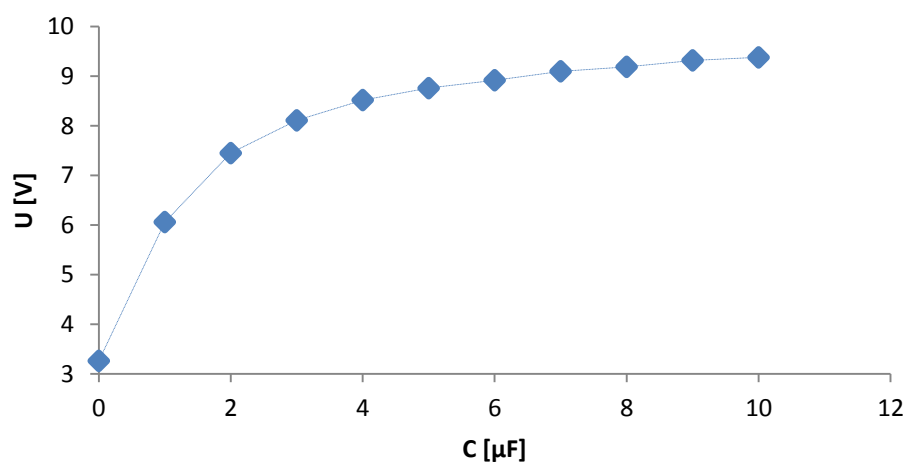
Podľa obrázku 1 som zapojila obvod a meniac kapacitu C na kapacitnej dekáde som študovala zmenu napätia nameraného na digitálnom voltmetri,

výsledky merania sú zaznačené v tabuľke T1 a vynesené v grafe 1. Taktiež som určila špičkové napätie pre kapacitu $C=0\mu\text{F}$, $U_0(0\mu\text{F}) = 10\text{V}$.

Tabuľka T1: Jednocestný usmerňovač

| C [μF] | U [V] |
|---------------------|-------|
| 0 | 3,26 |
| 1 | 6,06 |
| 2 | 7,45 |
| 3 | 8,11 |
| 4 | 8,52 |
| 5 | 8,76 |
| 6 | 8,92 |
| 7 | 9,10 |
| 8 | 9,19 |
| 9 | 9,32 |
| 10 | 9,38 |

Graf 1: Napätie v závislosti na kapacite



V ďalšej časti merania som menila filtračnú kapacitu C a odpor R tak, aby striedavá zložka usmerného napätia tvorila 10% špičkovej hodnoty, čo zodpovedalo 1V. Výsledky merania sú zapísané v tabuľke T2. Taktiež je v tejto tabuľke dopyčítaná $\tau=RC$.

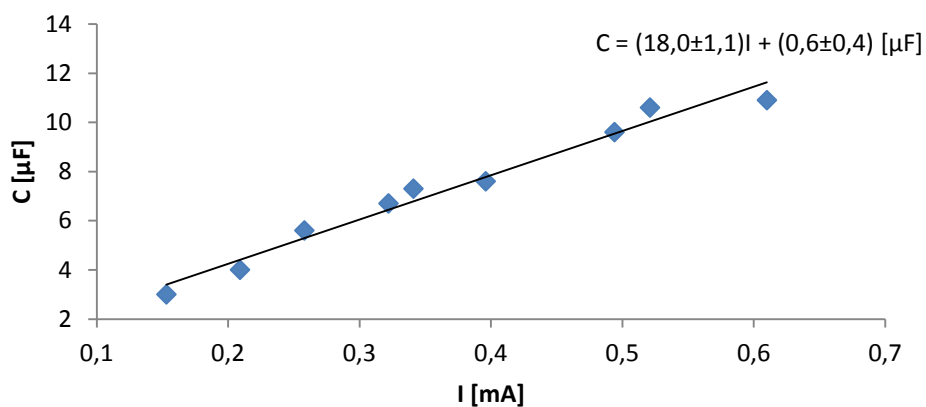
Z grafu 2, kde sú nanosené hodnoty C a I , preložené lineárnou regresiou vieme určiť $\tau = (18,0 \pm 1,1)$ ms (chyby koeficientov funkcie prislúchajúcej fitu sú vypočítané pomocou funkcie LINEST v tabuľkovom editore Excel).

V grafe 3 som naniesla hodnoty časovej konštanty v závislosti na prúde I . Keďže posledná hodnota τ (pre $I=0,61$ mA) je výrazne odlišná od ostatných hodnôt a bola nameraná pre jemne vyššiu hodnotu prúdu než bolo odporúčané v pokynoch merania a preto som sa ju rozhodla nebrať do úvahy. V grafe 3 je tiež zobrazený priemer hodnôt τ .

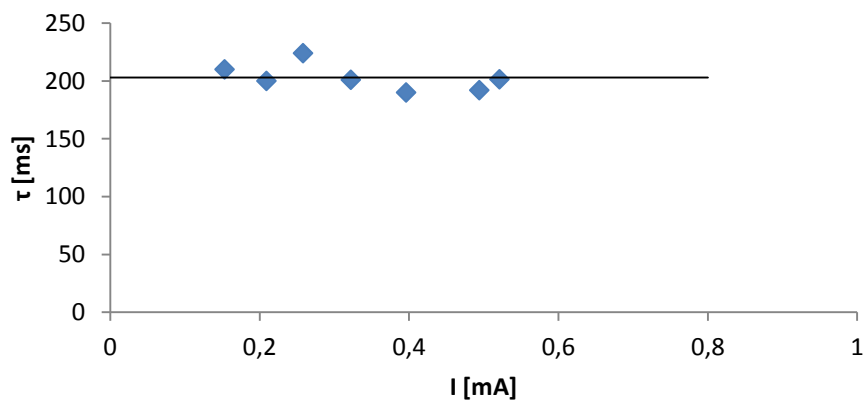
T2: Závislosť kapacity na prúde, aby striedavá zložka tvorila 10% napätia

| R [kΩ] | I [mA] | C [μF] | τ [ms] |
|--------|--------|--------|--------|
| 70 | 0,153 | 3,0 | 210 |
| 50 | 0,209 | 4,0 | 200 |
| 40 | 0,258 | 5,6 | 224 |
| 32 | 0,341 | 7,3 | 234 |
| 30 | 0,322 | 6,7 | 201 |
| 25 | 0,396 | 7,6 | 190 |
| 20 | 0,494 | 9,6 | 192 |
| 19 | 0,521 | 10,6 | 201 |
| 16 | 0,610 | 10,9 | 174 |

Graf 2: Kapacita C v jednocestnom usmerňovači



Graf 3: Časová konštanta



3.3. V-A charakteristika a Zenerovo napätie

V poslednej časti merania som zapojila podľa obrázka 2 Zenerovu a potom aj vákuovú diódu. Pomocou osciloskopu som sledovala ich V-A charakteristiku, ktorá je načrtnutá v grafoch 3 a 4.

V obvode sme mali zapojený odpor o veľkosti 100Ω a práve túto hodnotu odporu som použila pri prepočte napätia na prúd. Prúd mal veľkosť 20mA , v prípade Zenerovej diódy pri napätí $(0,7\pm 0,1)\text{V}$ a v prípade vákuovej diódy $(4,2\pm 0,2)\text{V}$. Prierné Zenerovo napätie pre Zenerovu diódu v zápornom smere som určila na hodnotu $U_z = (-6,7 \pm 0,2)\text{V}$.

Pri vákuovej dióde bol dosiahnutý nulový prúd až pri hodnote napätia $(0,45\pm 0,05)\text{V}$.

Graf 3: Zenerova dióda

Graf 4: Vákuová dióda

3. *Diskusia výsledkov*

Overila som platnosť vzťahu (2), ktorý sedí v rámci chyby merania, z čoho vyplýva, že transformátor vyrába (takmer) harmonické napätie. Avšak z priebehu napätia na osciloskope viem, že je to iba takmer harmonické

napätie, keďže vrchole každej vlny bola zakaždým plošinka.

Vzhľadom na radovo väčšie nepresnosti osciloskopu, pri ktorom bola vnesená nepresnosť kvôli obtiažnosti presného odčítania hodnôt a taktiež nepresnosti pri meraniach s digitálnym multimetrom, kde posledné cifry neustále menili svoju hodnotu, som mohla zanedbať chybu odporov a kapacít.

Pri charakteristike vákuovej diódy som overila, že i pri nulovom napätí prechádza diódou prúd, čo je spôsobené žeravením, ktoré sme pred začatím merania uskutočnili. Vo vákuovej dióde prenášajú prúd práve dodané elektróny žeravením a teda i pri nulovom napätí sa dané elektróny v dióde nachádzajú, čo zapríčinilo, že som namerala nenulový prúd.

Pri Zenerovej dióde som taktiež vypožorovala prieraz do druhého smeru.

V-A charakteristika je taktiež zobrazená v grafoch 3 a 4, hodnoty prúdu sú prepočítané Ohmovým zákonom za použitia odporu veľkosti 100Ω .

4. Záver

Špičková hodnota napätia na svorkách sekundárneho vinutia je

$$U_0 = (11,3 \pm 0,4) \text{ V}$$

$$U_{ef} = (8,09 \pm 0,02) \text{ V}.$$

Výsledky merania pozorujúc závislosť napätia na kapacite C je zaznamenané v tabuľke T1 a spracované v grafe 1.

Výsledky merania pozorujúc filtračnú kapacitu C a prúd I sú v tabuľke T2 a spracované v grafe 2. V grafe 3 sú vynesené hodnoty časovej konštanty v závislosti na prúde.

V grafoch 3 a 4 sú nanosené V-A charakteristiky vákuovej a Zenerovej diódy. Zistené napätia pri prúde 20mA sú $(0,7 \pm 0,1) \text{ V}$ pri Zenerovej dióde a $(4,2 \pm 0,2) \text{ V}$ pri vákuovej dióde. Zenerové napätie pri Zenerovej dióde je $U_Z = (-6,7 \pm 0,2) \text{ V}$.

5. Zoznam použitej literatúry

[1] Webové stránky Základní fyzikální praktikum

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/media/zadani/texty/txt_205.pdf