

PRAKTIKUM 2

Úloha č.: 5.

Název: Měření napětí osciloskopem

Vypracoval: Mária Šoltésová stud. sk. F – 14 dne 31. 10. 2005

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne: vráceno:

Odevzdal dne:

Posuzoval:dne výsledek klasifikace

Připomínky:

Pracovní úloha:

1. Pomocou osciloskopu zmerajte špičkovú hodnotu napätia na sekundári prevodného transformátoru a porovnajete ju s hodnotou nameranou voltmetrom.
2. Podľa vlastnej voľby sledujete činnosť jednocestného alebo dvojcestného usmerňovača s kremíkovými diódami KY711
 - a. pri maximálnej hodnote zaťažovacieho odporu $10\text{ k}\Omega$ sledujte závislosť jednosmerného napätia na filtračnej kapacite C v intervale $0 - 10\text{ }\mu\text{F}$. Hodnotu usmerneného napätia pri $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ porovnajete so špičkovou hodnotou pulzného priebehu
 - b. zmerajte závislosť filtračnej kapacity C , potrebnej k tomu, aby striedavá zložka usmerneného napätia tvorila 10% špičkovej hodnoty (t. j. asi 1 V), na odoberanom prúde. U jednocestného usmerňovača merajte do prúdu $0,6\text{ mA}$, u dvojcestného do prúdu 1 mA .
 - c. zmerané závislosti spracujte graficky. Do grafu uvádzajúceho závislosť kapacity C na prúde vynesť tiež závislosť časovej konštanty $t = R_z C$ na prúde.
3. Charakteristiku vákuovej diódy EZ81 a Zenerovej diódy KZ703 zobrazte na osciloskope podľa schémy priloženej k úlohe. Orientačne načrtnite pozorované charakteristiky a vyznačte mierky na osách. Odhadnite napätie na diódach pri prúde 20 mA v priepustnom smere. Určte Zenerovo napätie.

Teoretická časť:

Ručičkovými alebo digitálnymi prístrojmi meriame spravidla strednú alebo efektívnu hodnotu napätia. Osciloskop umožňuje naproti tomu prehliadnúť si časový priebeh napätia. Presnosť odčítavania je síce menšia ako na voltmetri, ale môžeme odčítavať výšky s šírkou pulzu, zvlnenie jednosmerného napätia a pod.

Stredná hodnota periodicky sa meniaceho napätia je daná vzťahom

$$U_e = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt, \quad (1)$$

v ktorom u je okamžitá hodnota napätia, t je čas a T je doba jednej periódy. Voltmeter nastavený na meranie striedavého napätia ukazuje efektívnu hodnotu napätia. Efektívna hodnota napätia U súvisí s okamžitou hodnotou $u(t)$ integrálnym vzťahom

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

Ak je závislosť napätia na čase daná harmonicky ako $u(t) = U_0 \sin(\omega t + j)$, plynie zo vzťahu (2) pre efektívnu hodnotu U_{ef}

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

Voltmeter nastavený na meranie jednosmerného napätia meria strednú hodnotu. Striedavé napätie môžeme usmerniť napríklad pomocou jednocestného usmerňovača. Stredná hodnota usmerneného napätia je potom daná ako

$$U_s = \frac{U_0}{P}. \quad (4)$$

Usmernené napätie je síce jednosmerné, ale pulzujúce. Toto napätie môžeme vyhladiť (filtrovať) pripojením kondenzátoru o kapacite C paralelne k zaťažovaciemu odporu R_z . Kondenzátor sa nabije pri nábehu pulzu napätia a potom sa vybíja cez odpor R_z s časovou konštantou $R_z C$. V čase medzi dvoma pulzmi bude časový priebeh u na odpore R_z rovný

$$u = U_0 \exp\left(-\frac{t}{R_z C}\right). \quad (5)$$

Predpokladajme, že časová konštanta vybíjania $t_v = R_z C$ je podstatne dlhšia ako doba medzi dvoma než doba medzi po sebe nasledujúcimi pulzmi (u jednocestného usmerňovača perióda T) a doba nabíjania je zanedbateľne krátka. Tieto predpoklady sú pomerne dobre splnené, ak je dostatočne veľký činiteľ filtrácie k_f daný vzťahom

$$k_f = \frac{U_0}{\Delta U}, \quad (6)$$

kde U_0 je špičková hodnota striedavého prúdu na sekundári usmerňovača a ΔU je špičková hodnota striedavej zložky usmerneného napätia. Ak je zmena napätia na kondenzátore malá, môžeme priebeh napätia medzi dvoma pulzmi na kondenzátore vyjadriť tak, že vo vzťahu (5) nahradíme exponenciálu prvými členmi Taylorovho rozvoja

$$u \approx U_0 \left(1 - \frac{t}{R_z C}\right). \quad (7)$$

Stredná hodnota napätia potom bude podľa (7)

$$U_s = U_0 \left(1 - \frac{T}{2R_z C}\right) \quad (8)$$

a činiteľ filtrácie bude

$$k_f = \frac{R_z C}{T}. \quad (9)$$

Prúd záťažou, ktorý označíme I_s , je daný ako

$$I_s = \frac{U_s}{R_z}. \quad (10)$$

Ak je činiteľ filtrácie $k_f \gg 1$, je $U_s = U_0$. Zo vzťahov (9) a (10) vyplýva pre závislosť filtračnej kapacity na prúde odoberanom záťažou približný vzťah

$$C = \frac{T k_f}{U_0} I_s = \frac{T}{\Delta U} I_s \quad (11)$$

pri jednocestnom usmerňovači.

Výsledky meraní:

Najprv sme podľa prvej úlohy zmerali napätie na svorkách transformátoru. Voltmetrom sme zmerali hodnotu

$$U_{ef} = (7,50 \pm 0,05) \text{ V},$$

chyba bola určená odhadom podľa toho, ako veľmi sa hodnota na voltmetri menila. Pomocou osciloskopu sme určili špičkovú hodnotu napätia ako

$$U_0 = (11,0 \pm 0,5) \text{ V},$$

chyba je určená z delenia stupnice na osciloskope. Pomer týchto hodnôt je

$$\frac{U_0}{U_{ef}} = (1,47 \pm 0,8),$$

čo sa v rámci chyby zhoduje s teoretickým vzťahom (3), priebeh napätia však nebol harmonický, pretože dochádza k magnetickému nasýteniu jadra cievky v blízkosti amplitúdy, priebeh napätia nemá presný tvar sínusoidy.

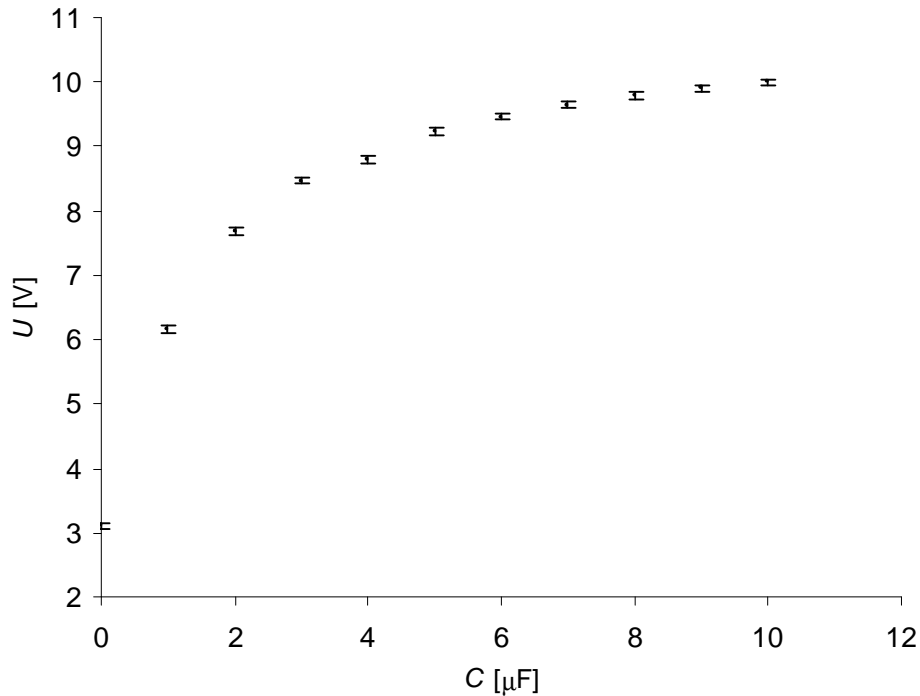
Potom sme zostavili jednocestný usmerňovač (schéma vid' [1]) s diódou KY711 a paralelne zapojenou kapacitnou dekádou pri hodnote zaťažovacieho odporu $R_z = 10 \text{ k}\Omega$. Merali závislosť strednej hodnoty jednosmerného napätia na filtračnej kapacite C . Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 1, závislosť je vynesená v grafe 1.

Tabuľka 1: Závislosť jednosmerného napätia na filtračnej kapacite

C [μ F]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U [V]	3,11	6,16	7,68	8,46	8,89	9,23	9,46	9,64	9,79	9,91	10,00

Chyba merania napätia je odhadnutá ako 0,05 V z toho, ako veľmi sa menila hodnota na voltmetri.

Graf 1: Závislosť jednosmerného napätia na filtračnej kapacite



Špičková hodnota usmerneného napätia pri kapacite $C = 0 \mu\text{F}$ odčítaná na osciloskope bola

$$U_0 = (10,1 \pm 0,5) \text{ V},$$

jej hodnota je menšia ako hodnota nameraná priamo na svorkách transformátora, lebo v obvode je navyše zapojená kremíková dióda. Pomer špičkovej a strednej hodnoty napätia pri $C = 0 \mu\text{F}$ je

$$\frac{U_0}{U_s} = 3,2 \pm 0,2,$$

čo sa v rámci chyby zhoduje s π zo vzťahu (4).

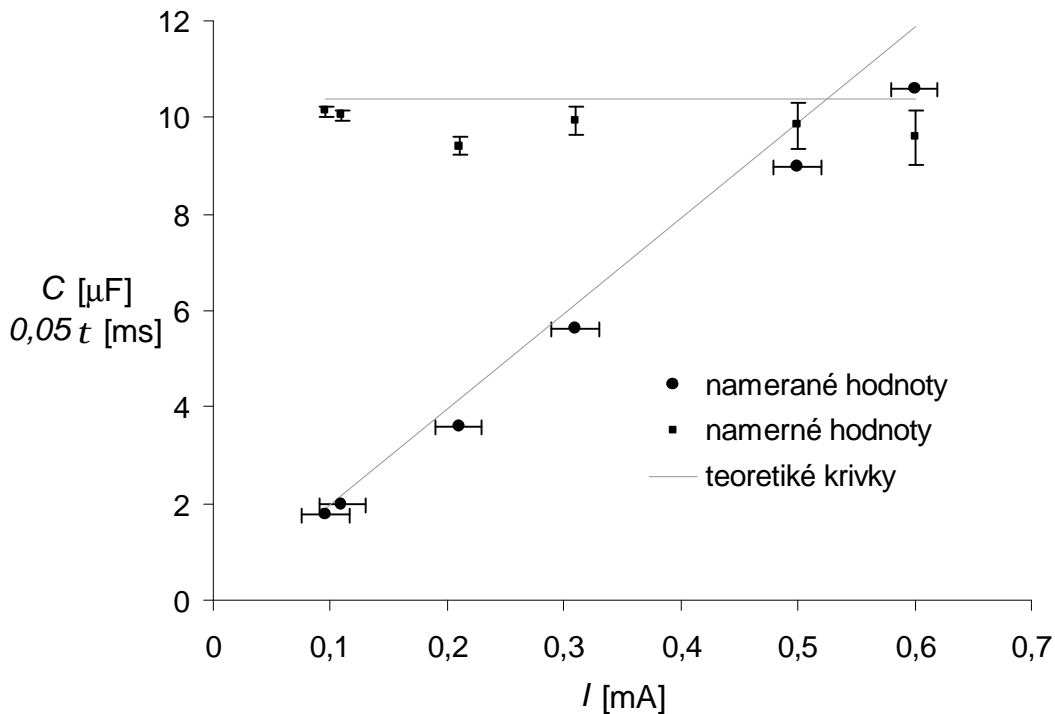
Ďalej sme merali závislosť filtračnej kapacity C na odoberanom prúde I_s , pričom striedavá zložka usmerneného napätia bola konštantná. Ako zaťažovací odpor bola zapojená odporová dekáda, na ktorej sme nastavili odpor tak, aby obvodom pretekal požadovaný prúd. Na kapacitnej dekáde sme nastavili kapacitu, aby hodnota striedavej zložky napätia na osciloskope bola 1 V. Potom koeficient filtrácie $k_f = 10$. Hodnota U_0 je rovnaká ako v predošlom prípade. Namerané hodnoty sú uvedené v tabuľke 2, závislosť kapacity na odoberanom prúde vrátane časovej konštanty $t = R_z C$ je vynesená v grafe 2.

Tabuľka 2: Nameraná hodnoty

R_z [kΩ]	18	21	34	50	98	110
I [mA]	0,60	0,50	0,31	0,21	0,11	0,10
C [μF]	10,60	9,00	5,62	3,62	1,97	1,77

Chyba merania R_z je odhadnutá ako 1 kΩ z toho, ako veľmi sme mohli meniť odpor na dekáde bez toho, aby sme pozorovali zmenu na osciloskope. Chyba merania prúdu bola odhadnutá z chyby ampérmetru a osciloskopu ako 0,02 A.

Graf 2: Závislosť kapacity na odoberanom prúde



Chybové úsečky v grafe udávajú chybu prúdu a chybu časovej konštanty určenú z chyby odporu R_z . V grafe sú vynesené teoretické závislosti podľa vzťahov (9) a (11). Predpokladali sme, že frekvencia striedavého napätia je 50 Hz.

Ako poslednú úlohu sme merali charakteristiky vákuovej diódy EZ81 a Zenerovej diódy KZ703. Obvod sme zapojili podľa priloženej schémy, na osi y meriame napätie na odpore 100Ω , na osi x je priamo napätie na dióde.

Vákuová dióda je charakteristická tým, že aj pri nulovom napätí ňou prechádza nenulový prúd, ktorý je spôsobený elektrónmi emitovanými z katódy s dostatočnou rýchlosťou na to, aby sa dostali na anódu. Zo zobrazenej charakteristiky sme tento tzv. prúd naprázdno určili ako

$$I = (0,6 \pm 0,2) \text{ mA.}$$

Pri hodnote prúdu prechádzajúceho diódou 20 mA bolo napätia na dióde

$$U = (4,8 \pm 0,5) \text{ V.}$$

Charakteristika Zenerovej diódy sa odlišuje od vákuovej diódy tým, že pri určitom napätí začne diódou prechádzať prúd v závernom smere. Zo zobrazenej charakteristiky sme toto tzv. Zenerovo napätie určili ako

$$U_z = (8,4 \pm 0,5) \text{ V.}$$

Pri hodnote prúdu prechádzajúceho diódou 20 mA bolo napätia na dióde

$$U = (0,65 \pm 0,05) \text{ V.}$$

Chyby sú odhadnuté z delenia stupnice na osciloskope a z faktu, že stopa na osciloskope bola rozdvojená. Charakteristiky sú načrtnuté na priložených obrázkoch 1 a 2.

Diskusia:

Napätia na svorkách transformátoru nemá presne harmonický priebeh, čo je spôsobené magnetickým nasýtením jadra cievky. Uvedené teoretické vzťahy predpokladajú harmonický priebeh napätia, preto počítaním s hodnotami nameranými pri skutočnom priebehu sa dopúšťame systematickej chyby. Táto odchýlka sa prejaví napr. pri meraní závislosti kapacity na prechádzajúcom prúde, kde teoretická krivka udáva vyššie hodnoty ako sú hodnoty namerané. Lineárna povaha závislosti sa meraním potvrdila.

Hodnoty časovej konštanty sa líšia od teoretickej hodnoty, čo môže byť spôsobené zjednodušenými predpokladmi, že doba, za ktorú sa kondenzátor nabije, je zanedbateľne krátka a časová konštanta je podstatne dlhšia ako perióda, čo nemuselo byť dostatočne dobre splnené.

Pomerne veľké chyby sú spôsobené nepresnosťou odčítania hodnôt z obrazovky osciloskopu, pri meraní charakteristiky diód ešte zväčšené faktom, že stopa na obrazovke bola rozdvojená. Meranie hodnôt na digitálnych prístrojoch bolo oproti tomu pomerne presné, viac sa prejavilo kolísanie hodnôt ako udávaná chyba prístroja.

Pri meraní voltampérovej charakteristiky sa potvrdilo, že pri vákuovej dióde prechádza istý prúd aj pri nulovom napätí a pri Zenerovej dióde sa pri hodnote Zenerovho napätia objaví prúd aj v závernom smere.

Záver:

V tomto praktiku sme sa zoznámili s použitím osciloskopu, ktorý umožňuje na rozdiel od voltmetru zobrazit' aj priebeh meraného napätia. Pracovali sme s jednocestným usmerňovačom prúdu, pričom sme zmerali závislosť jednosmerného napätia na filtračnej kapacite (tabuľka 1, graf 1) a závislosť filtračnej kapacity na odoberanom prúde pri konštantnej sriedavej zložke (tabuľka 2, graf 2). Osciloskop nám takisto umožnil zobrazit' voltampérové charakteristiky vákuovej a Zenerovej diódy.

Literatúra:

[1] Doc. RNDr. Roman Bakule, CSc., Doc. RNDr. Jiří Šternberk, CSc., Fyzikální praktikum II. Elektřina a magnetismus, Státní pedagogické nakladatelství Praha