

Kabinet výuky obecné fyziky MFF UK
Fyzikální praktikum II.

Úloha č.: 5+11

Název.: Měření osciloskopem.....

Měřil.:.....*Michal Švanda*..... dne:..11. října 2000.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....vráceno:.....

odevzdal dne:.....

Posuzoval:..... dne:.....

Výsledek klasifikace:.....

Připomínky:

Pracovní úkol

1. Pomocí osciloskopu změřte špičkovou hodnotu napětí na sekundáru převodního transformátoru a porovnejte ji s hodnotou naměřenou voltmetrem.

2. 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 usměrňovaného 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 usměrňovaného napětí tvořila 10% špičkové hodnoty (tj. asi 1 V), na odebíraném proudu. U jednocestného usměrňovače měřte do proudu $0,6\text{ mA}$, 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 $\tau = R_z C$ na proudu.

3. Charakteristiku vakuové diody EZ81 a Zenerovy diody KZ703 zobrazte na osciloskopu 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.

Teoretický úvod

Osciloskop je jedním z velmi často používaných přístrojů ve fyzikální laboratoři. Je sestaven tak, že na své 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 lumiscenční vrstvou, na němž při dopadu elektronového svazku dochází k excitaci a následné luminiscenci viditelného světla. Pomocí osciloskopu dokážeme změřit maximální hodnotu signálu - například amplitudu napětí.

Ručkovými a digitálními přístroji měříme obvykle efektivní hodnotu elektrických veličin. Věnujme se nadále měření napětí:

Hodnota efektivní se vypočítá z časového průběhu $u(t)$ napětí podle vzorce:

$$U_{ef}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt, \quad [\text{R1}]$$

Pro harmonický průběh napětí pak dostáváme nový vztah mezi efektivní a špičkovou hodnotou napětí:

$$U_{ef} = U_0 / \sqrt{2}, \quad [\text{R2}]$$

Střídavé napětí můžeme usměrnit usměrňovačem, buď jednocestným (viz obr.2) nebo dvoucestným (viz obr.3). Napětí bude mít v obou případech stále ještě pulsní průběh, který se dá vyhladit například paralelním připojením kondenzátoru. Ten se při každém pulsu nabije na hodnotu U_0 a vybíjet se bude exponenciálně přibližně podle vztahu:

$$u(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad [\text{R3}]$$

Budeme však předpokládat, že časová konstanta $\tau = RC$ je mnohem menší, než doba mezi jednotlivými pulsy, pak lze bez větší újmy rozvinout vztah [R3] na vztah:

$$u(t) = U_0 \left(1 - \frac{t}{RC}\right) \quad [\text{R4}]$$

Provedeme-li předpoklad, že doba nabíjení je vůči době vybíjení zanedbatelná a frekvence signálu je dostatečná (což při síťové frekvenci 50 Hz je bohatě splněno), můžeme voltmetrem měřit ve stejnosměrných voltech střední hodnotu napětí, definovanou vztahem:

$$U_s = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt, \quad [\text{R5}]$$

Pro náš model bude mít střední napětí hodnotu:

$$U_s = U_0 \left(1 - \frac{T}{2RC}\right), \quad [\text{R6}]$$

pro $C=0$ pak nabyde speciálního tvaru:

$$U_s = U_0/\pi \quad [\text{R7}]$$

Usměrněné pulsní napětí však stále vykazuje střídavou složku - tu vypočteme podle vzorce:

$$\Delta U = U_0 \frac{T}{RC} \quad [\text{R8}]$$

Odebíraný proud bude přímo úměrný $1/R$. Dle zadání bude $T/RC=0.1$, lze tedy předpokládat, že C bude přímoúměrné odebíranému proudu, zatímco časová konstanta $\tau=RC$ bude konstantní.

Třetím úkolem je zachytit voltampérovou charakteristiku vakuové a Zenerovy diody. To se provádí zapojením podle schématu na obr. 4. Na ose y pak měříme napětí na odporu $R=100\Omega$, potřebný proud pro voltampérovou charakteristiku pak vypočteme z Ohmova zákona. Na ose x obrazovky osciloskopu je pak přímo napětí na diodě. U Zenerovy diody můžeme pozorovat tzn. *Zenerův jev*, kdy se při určité hodnotě napětí v závěrném směru náhle prudce zmenší odpor diody a ta začne propouštět proud. Tento jev bychom u vakuové elektronky neměli pozorovat.

Výsledky měření

Proměřoval jsem jeden transformátorový síťový zdroj, na kterém byla uvedena hodnota napětí 6,3 V.

1) Pomocí digitálního voltmetru jsem změřil efektivní hodnotu $(6,390 \pm 0,009)$ V, chybu jsem určil podle tabulky přiložené k voltmetru. Na obrazovce osciloskopu jsem pak odečetl časově rozvinutý průběh střídavého napětí a určil tak amplitudu napětí $(9,4 \pm 1,3)$ V, chybu jsem určil odhadem s jakou přesností jsem schopen rozlišit vrchol na obrazovce. Výpočtem podle [R2] jsem určil efektivní hodnotu napětí $(6,6 \pm 0,9)$ V. Jak je vidět, obě hodnoty se v rámci svých chyb shodují. Na obrazovce osciloskopu však bylo vidět, že napětí nemá čistě sinusový průběh. Hodnoty shrnuje tabulka [T1].

2) Po sestavení obvodu jsem proměřoval závislost velikosti střídavé složky usměrněného pulsního napětí na filtrační kapacitě. Měření shrnuje tabulka [T2] a grafy [G1] a [G2].

Poté jsem držel špičkovou hodnotu střídavé složky usměrněného napětí na hodnotě 1 V a měnil parametry C a R_z a proměřoval odebíraný proud. Chybu určení proudu jsem stanovil

jako chybu přístrojovou, třída přesnosti použitého ampérmetru byla 1,5. Naměřené hodnoty a závislosti shrnuje tabulka [T3] a grafy [G3] a [G4].

3) *Zenerova dioda*: v propustném směru jsem pozoroval proud již pro hodnotu 0,7 V, k Zenerovu jevu, tedy tečení proudu v záporném směru, došlo při napětí 7,6 V. Určení obou hodnot je spíše orientační. Proud 20 mA jsem v propustném směru pozoroval přibližně pro napětí 0,8 V.

Vakuová dioda: Závislost v propustném směru byla mírně konvexní, nebyl pozorován žádná proud v závěrném směru. Proud 20 mA tekl přibližně při napětí 4,5 V. I pro nulovou hodnotu napětí bylo možné pozorovat nenulový proud v propustném směru.

Velmi zajímavé bylo pozorovat postupný nárůst proudu při žhavení katody. Pozorované charakteristiky jsou zobrazeny na grafu [G5].

Diskuse

Zdroje chyb

- největším zdrojem chyb, možná i hrubých, je odečítání hodnot z obrazovky osciloskopu. Obrazovka je bez číselných hodnot a malá, tedy její nízké rozlišení neumožňuje odečíst dané hodnoty s dostatečnou přesností.
- dalším problémem, který by se mohl projevit při hledání závislosti časové konstanty na odebíraném proudu - měla by být konstantní. Při přepínání rozsahu ampérmetru by však mohlo dojít k porušení této závislosti, protože by došlo ke změně odporu v obvodu.

Závěr

1) Hodnoty špičkového napětí změřeného osciloskopem a vypočítaného z efektivní hodnoty změřené digitálním voltmetrem si v rámci experimentální chyby odpovídají. Na osciloskopu dovedeme zobrazit časový průběh napětí, ale odečet hodnot byl s velmi malou přesností.

2) Závislost filtrační kapacity na odebíraném proudu se podařilo prokázat jako lineární, přesně podle předpokladu. Také hodnota časové konstanty τ je podle předpokladu konstantní. Podařilo se mi tedy prokázat, že použitý model platí s dostatečně velkou přesností.

3) U Zenerovy diody bylo možné velmi dobře pozorovat Zenerův jev i to, že proud v propustním směru začne náhle narůstat až po překročení určité hodnoty napětí. U vakuové diody nebyl pozorován podle předpokladu žádný proud v závěrném směru.

Literatura

- [L1] Bakule, R. a Šterneberk, J. - Fyzikální praktikum II.
[L2] Brož J. a kol. - Základy fyzikálních měření I.

[L3] Mikulčák J. a kol. - Matematické, fyzikální a chemické tabulky pro SŠ

Poznámka:

Všechny chyby (není-li uvedeno jinak) použité a vypočtené v tomto protokolu jsou chybami na hladině σ (střední kvadratické odchylky).

Křivky v grafech byly prokládány váženou regresí programem Origin 5.0.