

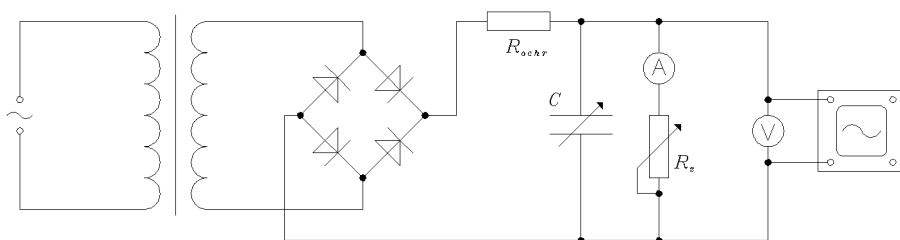
50. Meranie osciloskopom

Úloha

1. Pomocou osciloskopu zmerajte špičkovú hodnotu napätia na sekundárnom vinutí prevodného transformátora a porovnajte ju s hodnotou nameranou voltmetrom.
2. Sledujte činnosť mostíkového 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 $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ porovnajte 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. Merajte do prúdu 1 mA .
 - c. Namerané závislosti spracujte graficky. Do grafu uvádzajúceho závislosť filtračnej kapacity C na prúde vynesť tiež závislosť časovej konštanty $\tau = R_z C$ na prúde.
3. Charakteristiku vákuovej diódy EZ81 a Zenerovej diódy KZ703 zobrazte na osciloskope podľa schémy pripojenej k úlohe. Orientačne načrtnite pozorované charakteristiky a vyznačte mierky na osiach. Odhadnite napätie na diódach pri prúde 20 mA v priepustnom smere. Určte Zenerovo napätie.

Teória

Pri výrobe jednosmerného prúdu zo striedavého je potrebný usmerňovač. Použil som mostíkové zapojenie so 4 diódami, ktoré využíva obe polvlny (obr. 1). Keďže však má vstupné napätie sínusový priebeh, je potrebné pridať na výstup usmerňovača filter, ktorý čiastočne (v závislosti na záťaži) vyhladí výstupné napätie.



Obr. 1: Mostíkový usmerňovač s premenlivou záťažou

Pri charakterizácii daného usmerňovača bolo potrebné najprv zmerať špičkové napätie U_0 na výstupe z transformátora bez záťaže. Na to sa musí použiť osciloskop. Digitálny merací prístroj možno použiť na meranie efektívneho napätia U_{ef} za predpokladu, že vstupné napätie má sínusový priebeh. Vtedy platí:

$$U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

Pri usmerňovaní vzniká na diódach napäťový spád, takže špičkové napätie na výstupe U_{\max} je nižšie ako U_0 . Pri zapojení záťaže R_z bude priebeh napätia medzi nasledujúcimi pulzmi rovný (podľa [1]):

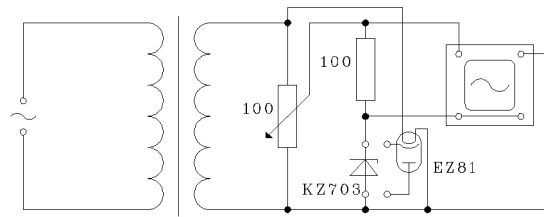
$$u = U_{\max} \cdot e^{-\frac{t}{R_z C}} \approx U_{\max} \cdot \left(1 - \frac{t}{R_z C}\right) \quad (2)$$

Osciloskopom možno odmerať U_{\max} . Digitálny voltmeter bude merať strednú hodnotu napätia na záťaži $U_e = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt$.

Pri konštantnom pomere striedavej zložky k maximálnemu napätiu (resp. konštantnej strednej hodnote na voltmetri), by podľa (2) mal byť súčin $R_z C$ konštantný - je to tzv. časová konštanta. Pri jej výpočte z nameraných dát je potrebné vychádzať z prúdu, lebo odpor R_z nie je priamo známy kvôli zapojeniu ampérmetra k záťaži (meria strednú hodnotu prúdu I_e):

$$\tau = R_z C = \frac{U_e C}{I_e} \quad (3)$$

Poskytnutý nízkonapäťový striedavý zdroj sa ďalej použil na zmeranie voltampérovej charakteristiky Zenerovej diódy a vákuovej diódy (obr. 2). Keďže obidva vstupy osciloskopu fungujú ako voltmetre, bolo treba k Y-zložke pripojiť paralelne známy odpor, čím sa jeho funkcia zmenila na ampérmeter.



Obr. 2: Meranie voltampérovej charakteristiky

Meranie

Neistota merania osciloskopom bola daná delením obrazovky, neistota merania digitálnym prístrojom bola ovplyvnená najmä fluktuáciami vstupného napätia (špičkovej, resp. efektívnej hodnoty).

Hodnoty namerané osciloskopom:

$$U_0 = (9,4 \pm 0,5) \text{ V}$$

$$U_{\max} = (8,3 \pm 0,4) \text{ V}$$

Digitálny voltmeter:

$$U_{ef} = (6,91 \pm 0,05) \text{ V}$$

Špičková hodnota podľa digitálneho voltmetra za použitia (1):

$$U'_0 = \sqrt{2} \cdot (6,91 \pm 0,05) = (9,77 \pm 0,07) \text{ V}$$

čo v rámci chyby odpovedá výsledku osciloskopu.

Výsledky úlohy 2a sú spracované v tabuľke 1 a grafe 1. Chyba kapacitnej dekády a voltmetra bola zanedbateľná, väčšiu úlohu hrali náhodné fluktuácie, ktorých veľkosť som odhadol na 0,05 V. Výsledky úlohy 2b,c sú v tabuľke 2 a grafe 2. Neistotu určenia kapacity som určil ako interval, v ktorom som na osciloskope (v rámci jeho chyby) odčítaval 10% podiel striedavej zložky (= 0,83 V) v usmernenom napätí. Časovú konštantu τ som počítal pomocou vzorca (3) s uvažovaním strednej hodnoty napätia $U_e = (7,98 \pm 0,05) \text{ V}$.

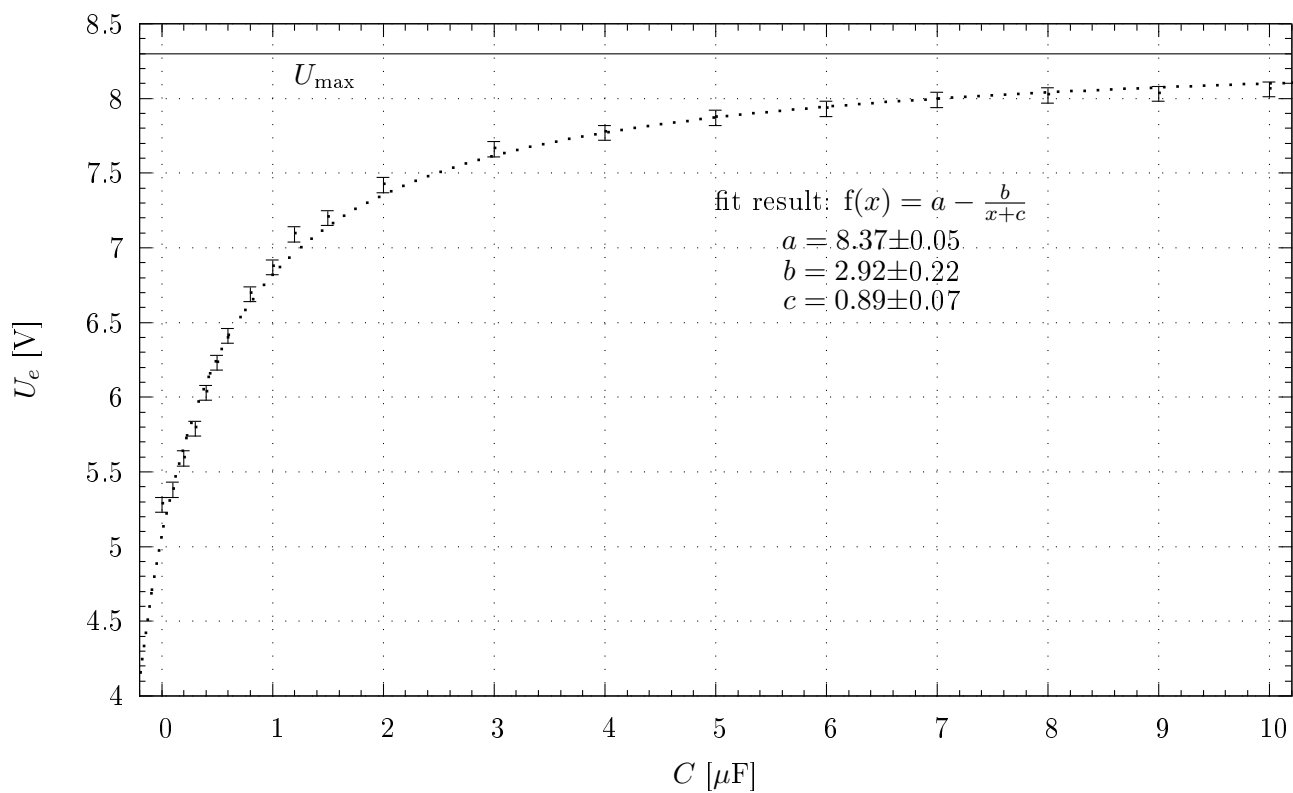
C [μF]	U_e [V]
0,0	5,28
0,1	5,38
0,2	5,59
0,3	5,79
0,4	6,03
0,5	6,23
0,6	6,41
0,8	6,69
1,0	6,87
1,2	7,09
1,5	7,20
2,0	7,42
3,0	7,66
4,0	7,77
5,0	7,87
6,0	7,93
7,0	7,99
8,0	8,02
9,0	8,03
10,0	8,06

Tabuľka 1

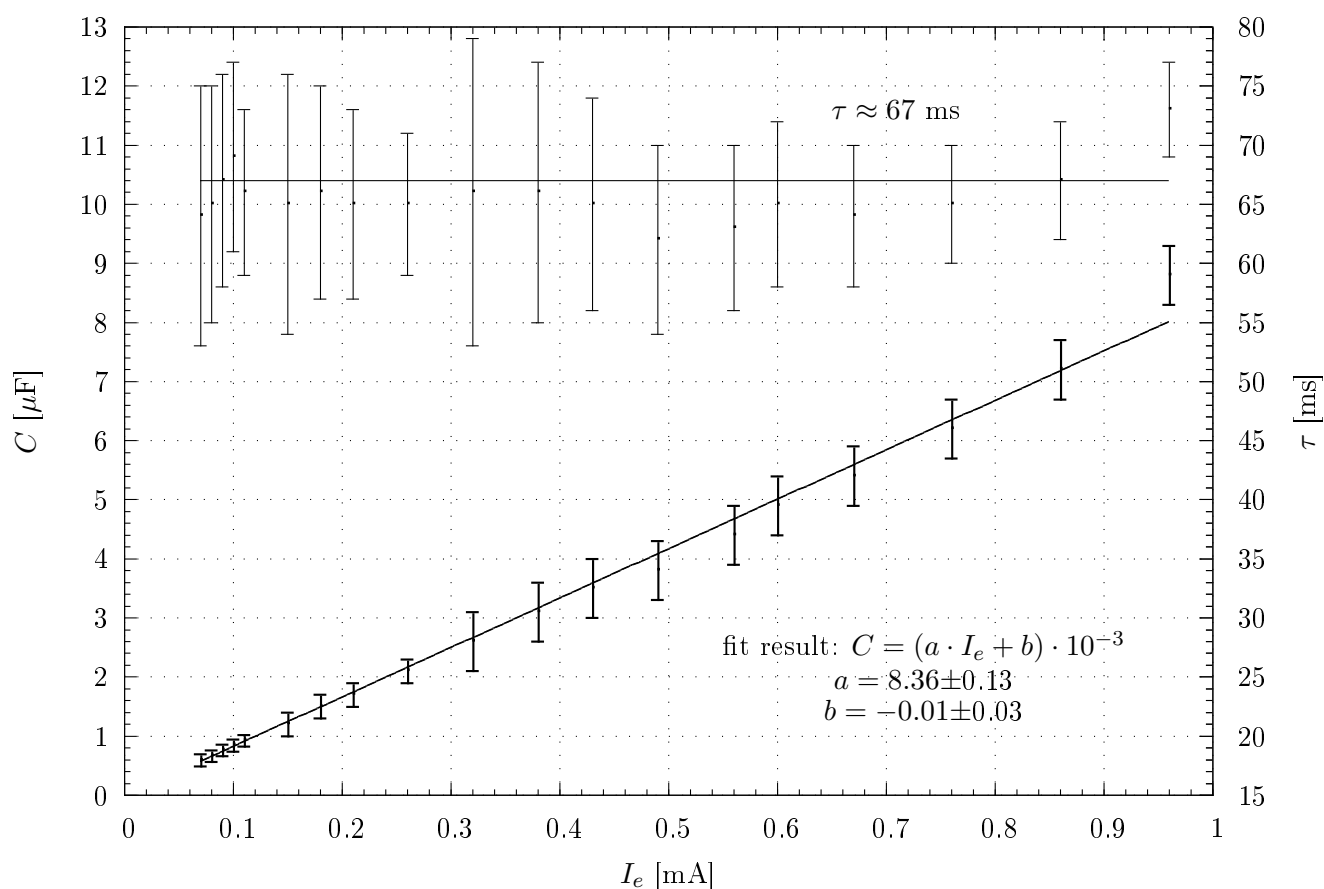
I_e [mA]	C [μF]	τ [ms]
0,07	0,59(10)	64(11)
0,08	0,66(10)	65(10)
0,09	0,76(10)	67(9)
0,1	0,84(10)	69(8)
0,11	0,92(10)	66(7)
0,15	1,2(2)	65(11)
0,18	1,5(2)	66(9)
0,21	1,7(2)	65(8)
0,26	2,1(2)	65(6)
0,32	2,6(5)	66(13)
0,38	3,1(5)	66(11)
0,43	3,5(5)	65(9)
0,49	3,8(5)	62(8)
0,56	4,4(5)	63(7)
0,6	4,9(5)	65(7)
0,67	5,4(5)	64(6)
0,76	6,2(5)	65(5)
0,86	7,2(5)	67(5)
0,96	8,8(5)	73(4)

Tabuľka 2

Graf 1: Závislosť U_e na C pri $R_z = 10 \text{ k}\Omega$



Graf 2: Závislosť C na I_e pri $\frac{\Delta U}{U_{\max}} = 0,1$



V grafoch 3 a 4 sú znázornené voltampérové charakteristiky vákuovej a Zenerovej diódy. Pri 20 mA v priepustnom smere bolo na vákuovej dióde napätie 4,7 V, na Zenerovej 0,67 V. Zenerovo napätie bolo $(-6,7 \pm 0,1) \text{ V}$.

Diskusia

Úloha 2a využívala pomerne presné súčiastky - digitálny voltmeter a kapacitnú dekádu, ktorej presnosť som si overil meracím prístrojom. Najväčšie odchýlky vnášali do merania fluktuácie napájacieho napätia. Úlohy 2b a 2c však už boli zaťažené značnou chybou spôsobenou malou rozlišovacou schopnosťou osciloskopu ako aj spomínanými fluktuáciami (nebolo možné naraz presne merať U_{\max} aj ΔU a tým zabezpečiť konštantný podiel striedavej zložky).

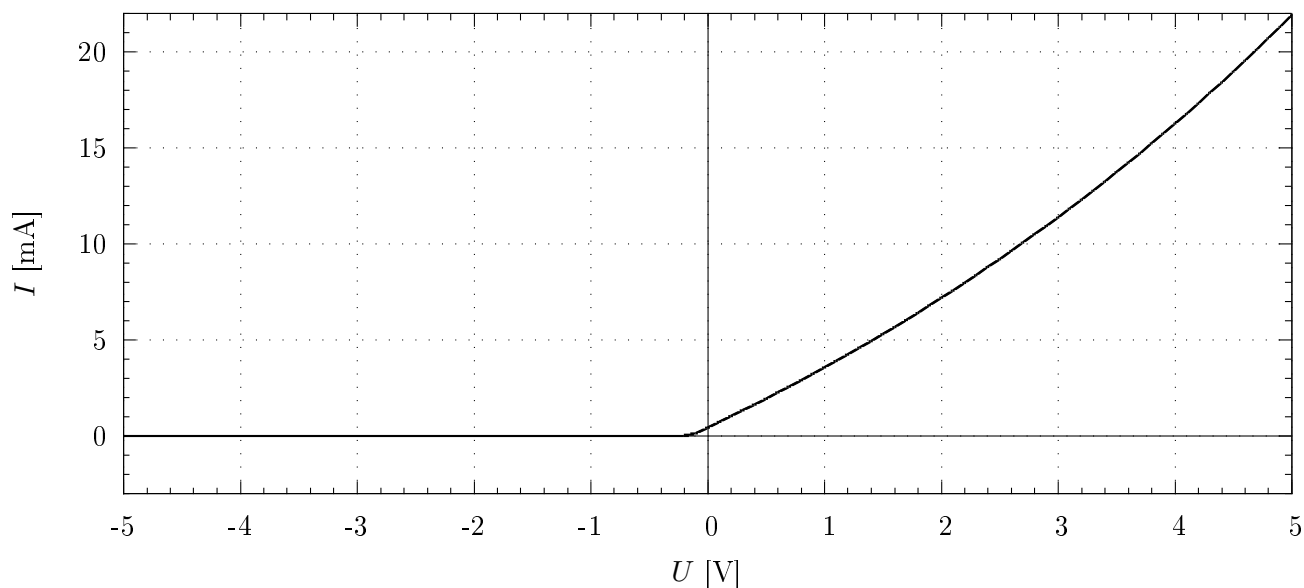
Voltampérová charakteristika vákuovej diódy vykazuje pomalý nárast prúdu s napätím a malý nenulový prúd pri nulovom napätí, čo sa dá vysvetliť termoemisiou. Naproti tomu polovodičová dióda vykazuje v oboch smeroch prahové napätia, po presiahnutí ktorých prúd narastá veľmi výrazne. Relatívne, vzhľadom k celkovému napäťovému spádu na dióde, je strmší nárast v závernom smere po presiahnutí prierného/Zenerovho napätia, čo sa využíva v stabilizovaných zdrojoch napätia.

Záver

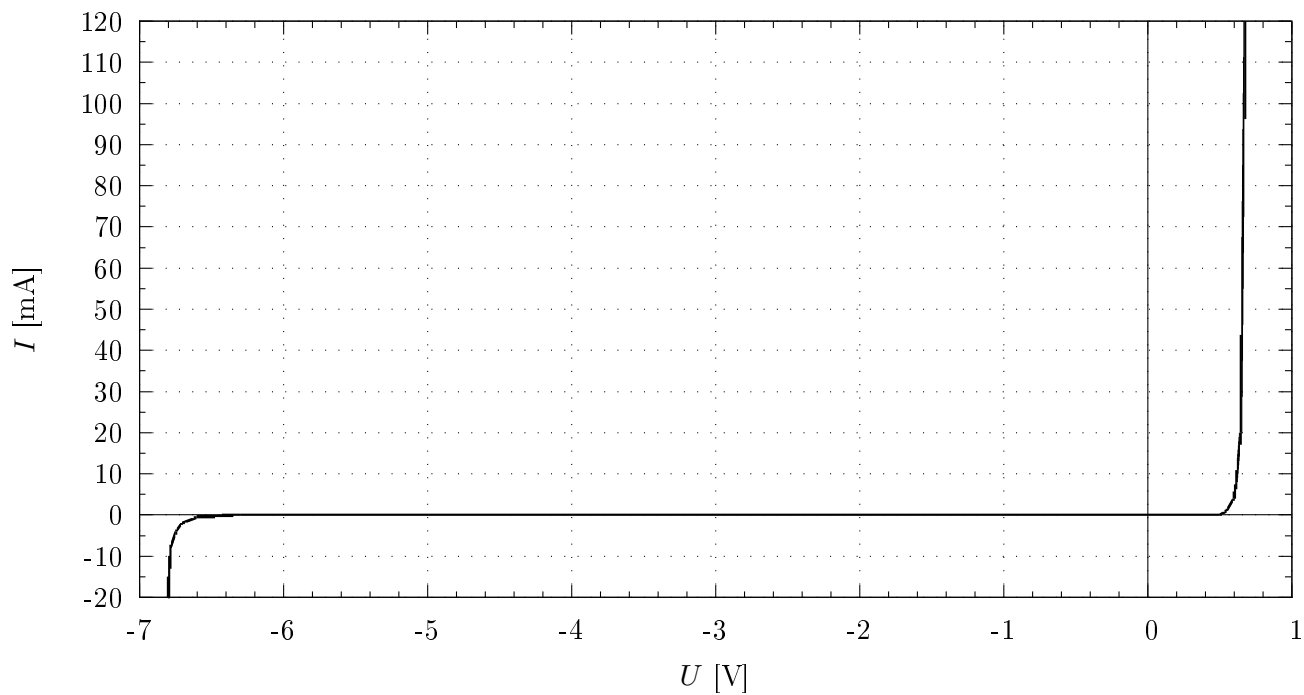
Meranie potvrdilo správnosť určenia efektívnej hodnoty striedavého napätia digitálnym voltmetrom za predpokladu sínusového priebehu.

Ďalej sa potvrdilo, že je obtiažne úplne vyhladiť usmernené napätie prostým zvyšovaním kapacity. Vhodnejšie je použiť buď komplikovanejšie zapojenie s induktormi alebo pridať stabilizátor, čím však získame nižšie napätie (t.j. nižšia účinnosť).

Graf 3: Vákuová dióda EZ81



Graf 4: Zenerova dióda KZ703



Literatúra

- [1] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II. SPN, Praha 1989