

1 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 usměrněného napětí při $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ 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 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 $\tau = R_z C$ 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 měřítko na osách. Odhadněte napětí na diodách při proudu 20 mA v propustném směru. Určete Zenerovo napětí.

2 Teorie

2.1 Efektivní hodnota

Efektivní hodnota veličiny A je dána vztahem

$$A_e = \frac{1}{T} \int_0^T A(t) dt. \quad (1)$$

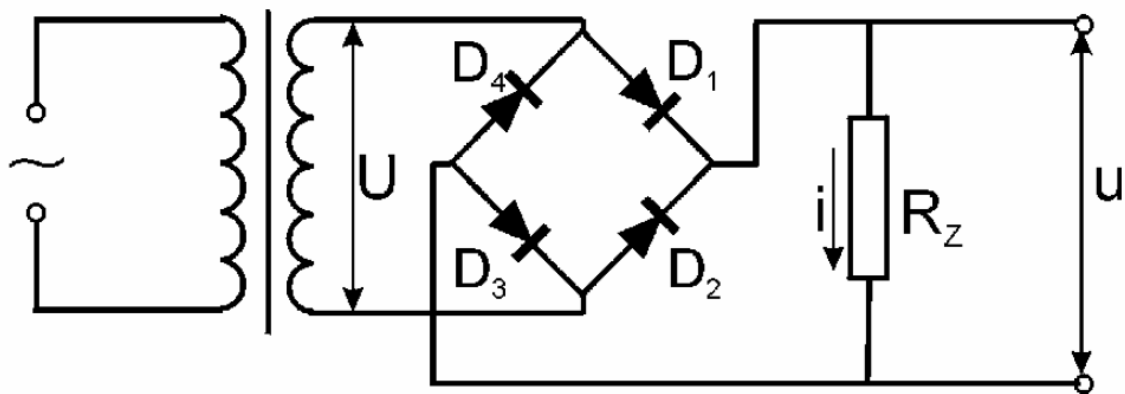
Pro periodické veličiny, jako třeba napětí střídavého proudu, by tato hodnota byla nulová, proto pro její charakteristiku užívá

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

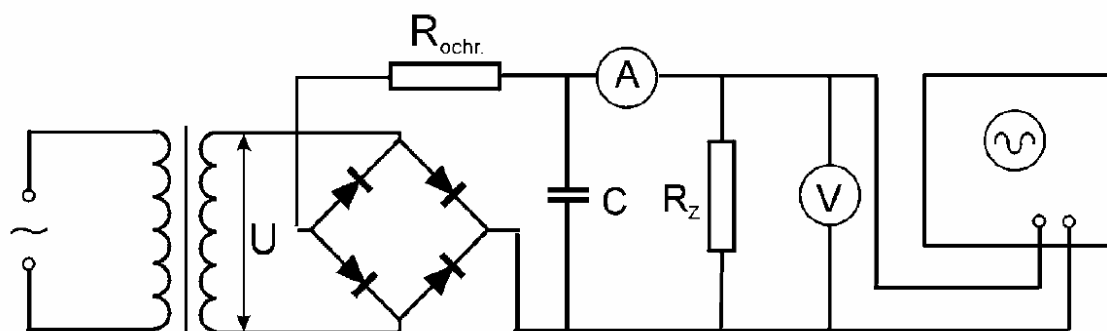
což je pro speciálně pro sinový průběh

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

Přesně tuto hodnotu nám ukazuje běžný voltmetr. Analogický vztah platí pro střídavý proud.



Obrázek 1: Schéma zapojení Graetzova můstku.



Obrázek 2: Schéma pro měření usměrněného proudu s filtrční kapacitou.

2.2 Graetzův můstek

Na obrázku (1) je Graetzův můstek, který se používá jako dvoucestný uměrnovač. Jeho princip je popsán v [1]. Pro efektivní hodnotu napětí při tomto zapojení platí

$$U_e = \frac{2}{\pi} U_0. \quad (4)$$

2.3 Filtrace napětí

Při zapojení dle obrázku (2) dochází k filtraci napětí. V závislosti na velikosti C a R_z se bude měnit průběh napětí přibližně dle vztahu

$$u = U_0 \left(1 - \frac{t}{R_z C} \right). \quad (5)$$

Velikost filtrace je popsána veličinou činitel filtrace k_f , která je definována vztahem

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

kde ΔU je špičková hodnota střídavé složky napětí.

V [1] je dále odvozen vztah pro velikost filtrační kapacity

$$C = T k_f I \cdot (n U_0)^{-1}, \quad (7)$$

kde n je pro případ dvoucestného usměrnění roven dvěma.

3 Měření

3.1 Špičkové napětí

Nejprve jsem změřil efektivní hodnotu napětí v sekundárním obvodu, která byla

$$U_e = (6.97 \pm 0.04) \text{V}, \quad (8)$$

čemuž by u čistě sinusového proudu odpovídala velikost špičkového napětí

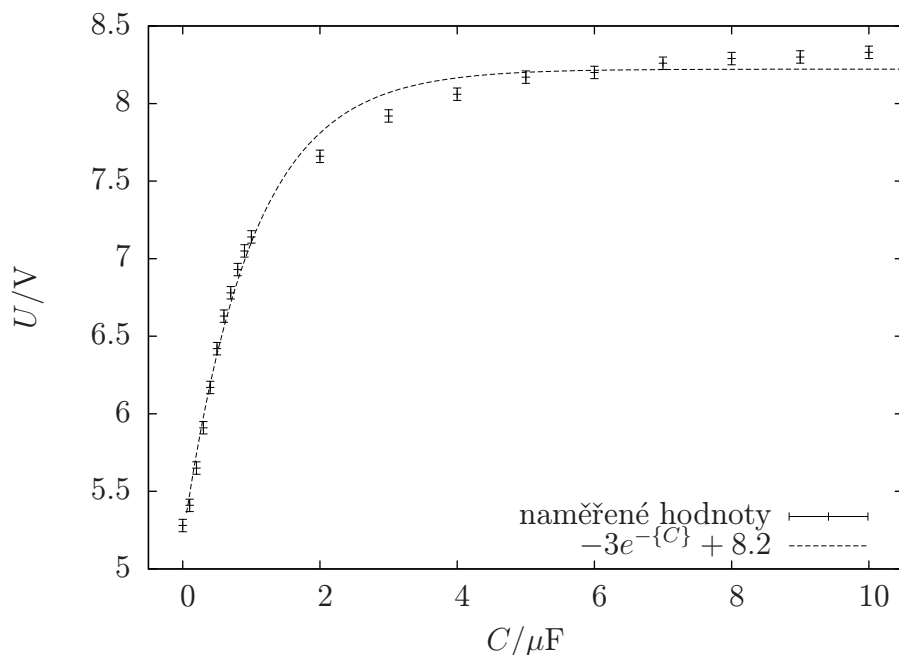
$$U_0 = (9.86 \pm 0.06) \text{V}. \quad (9)$$

Na osciloskopu jsem však naměřil hodnotu

$$U_0 = (10.0 \pm 0.2) \text{V}. \quad (10)$$

$C/\mu\text{F}$	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
U/V	5.28	5.41	5.65	5.91	6.17	6.42	6.63	6.78	6.93	7.05
$C/\mu\text{F}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U/V	7.14	7.66	7.92	8.06	8.17	8.20	8.26	8.29	8.30	8.33

Tabulka 1: Velikost stejnosměrné složky napětí U v závislosti na filtrační kapacitě C .



Obrázek 3: Graf závislosti stejnosměrné složky napětí U na velikosti filtrační kapacity C .

3.2 Závislost stejnosměrné složky napětí

Zvolil jsem si dvoucestné uměření a sestavil zapojení dle obrázku (2). Proměřil jsem velikost stejnosměrného napětí na velikosti filtrační kapacity při konstantním odporu $10\text{ k}\Omega$. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1 a výsledná závislost je na obrázku (3), kterou jsem pro názornost proložil křivkou. Pro filtrační kapacitu $10\text{ }\mu\text{F}$ byl činitel filtrace

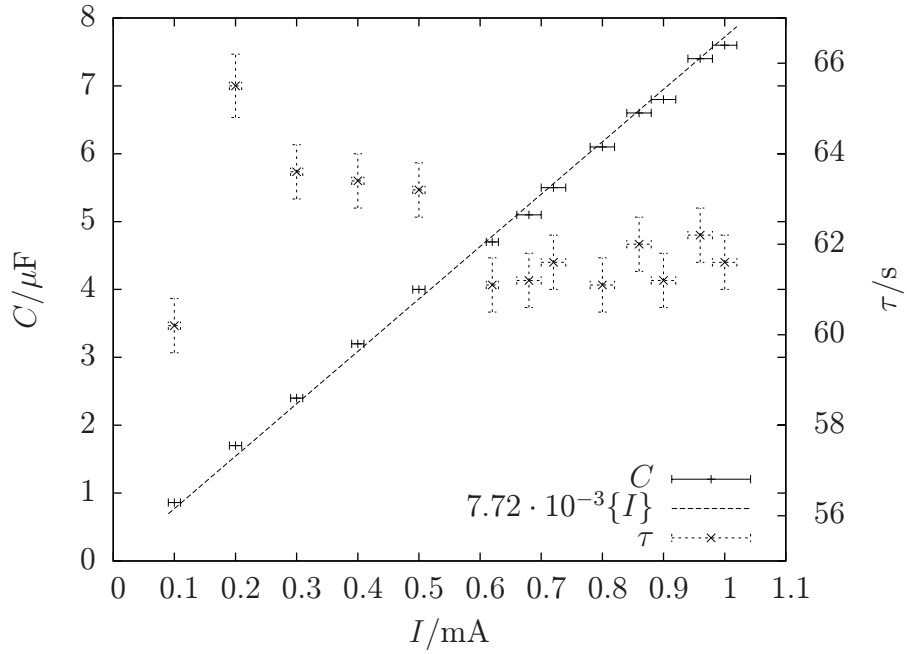
$$k_f = 13.43 \quad (11)$$

3.3 Závislost filtrační kapacity

Následně jsem měřil potřebnou filtrační kapacitu pro různé proudy, aby $\Delta U = 1\text{ V}$. Tyto hodnoty jsou i s potřebným R_z uvedeny v tabulce 2 a zaneseny do obrázku (4) spolu s závislostí časové konstanty τ .

I/mA	$C/\mu\text{F}$	$R_z/\text{k}\Omega$
0.10 ± 0.01	0.86	70.0 ± 0.7
0.20 ± 0.01	1.7	38.5 ± 0.4
0.30 ± 0.01	2.4	26.5 ± 0.3
0.40 ± 0.01	3.2	19.8 ± 0.2
0.50 ± 0.01	4.0	15.8 ± 0.2
0.62 ± 0.01	4.7	13.0 ± 0.1
0.68 ± 0.02	5.1	12.0 ± 0.1
0.72 ± 0.02	5.5	11.2 ± 0.1
0.80 ± 0.02	6.1	10.0 ± 0.1
0.86 ± 0.02	6.6	9.40 ± 0.09
0.90 ± 0.02	6.8	9.00 ± 0.09
0.96 ± 0.02	7.4	8.40 ± 0.08
1.00 ± 0.02	7.6	8.10 ± 0.08

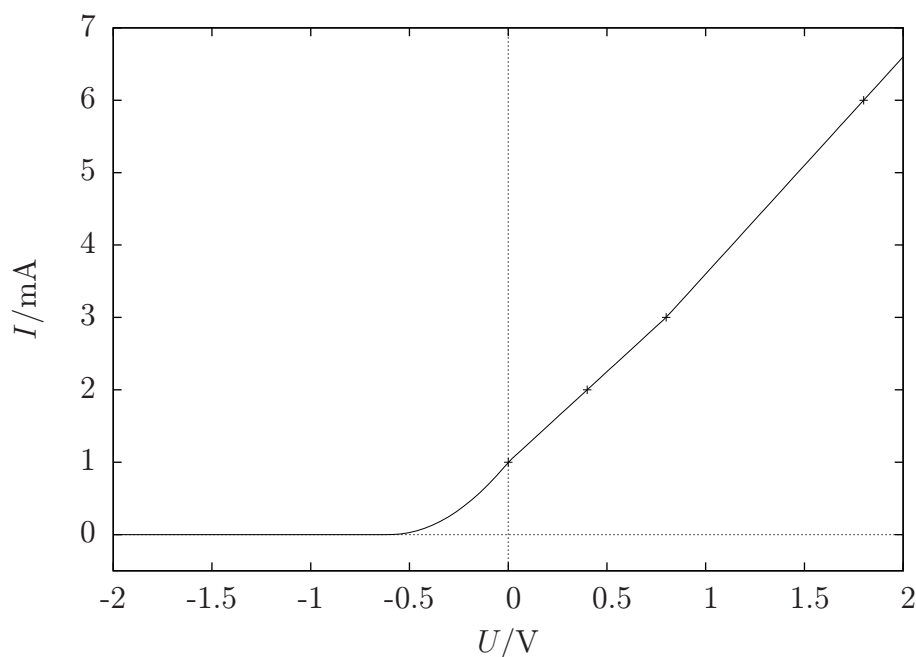
Tabulka 2: Závislosti filtrační kapacity C a odporu R_z na proudu I .



Obrázek 4: Graf závislosti filtrační kapacity C a časové konstanty τ na proudu I .

U/V	I/mA
< -0.6	0
0	1
0.4	2
0.8	3
1.8	6

Tabulka 3: Klíčové hodnoty VA charakteristiky diody



Obrázek 5: VA charakteristika diody

3.4 Dioda

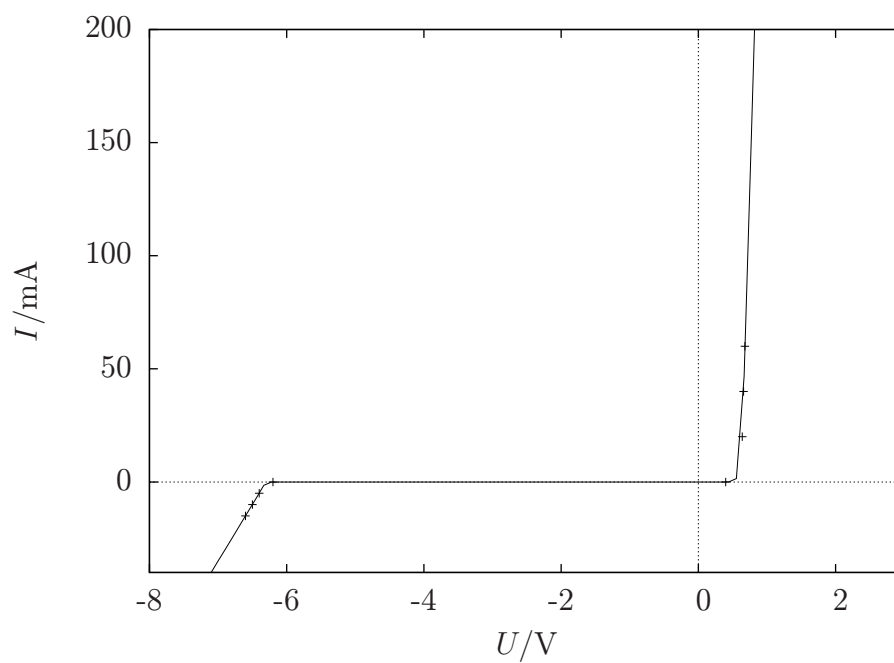
Za pomoci osciloskopu proměřil VA charakteristiku diody. Klíčové body jsou v tabulce 3 a výsledná charakteristika je na obrázku (5). Nebylo možné stanovit přesnou chybu měření, protože na osciloskopu vznikaly dvě křivky a i při postupu po bodech byla špička křivky těžko určitelná. Při proudu 20 mA by mělo na diodě být napětí asi 60.6 V.

3.5 Zenerova dioda

Stejný postup jako u diody jsem zvolil u Zenerovy diody. Klíčové body jsou v tabulce 4 a výsledná charakteristika na obrázku (6). Při proudu 20 mA bylo na Zenerově diodě přibližně 0.64 V a Zenerovo napětí je přibližně -6.2 V.

U/V	I/mA
-6.6	-15
-6.5	-10
-6.4	-5
-6.2	0
0.4	0
0.64	20
0.66	40
0.68	60

Tabulka 4: Klíčové hodnoty VA charakteristiky Zenerovy diody



Obrázek 6: VA charakteristika Zenerovy diody

4 Diskuze

Proud v sekundárním obvodu nemá čistě sinuový charakter. To bylo nejlépe vidět na jeho průběhu zobrazeném na osciloskopu. Z toho důvodu efektivní a špičková hodnota napětí nesplňuje zcela přesně vztah 3.

Závislost stejnosměrné složky napětí na filtrační kapacitě jasně splňuje exponenciální závislost. Při maximální filtrační kapacitě byl činitel filtrace vysoký a výsledný proud již měl téměř stejnosměrný charakter.

Závislost filtrační kapacity na proudu v sekundárním obvodu vyšla dle předpokladu lineární, a to dokonce s velmi malou chybou fitu. Závislost časové konstanty již měla jistou odchylku u nižších hodnot proudů, která byla zřejmě způsobena vyšší chybou na odporové dekádě.

Charakteristiky diod jsou podle mého jen přibližné, ač vystihují charakter těchto součástek. Naměřené hodnoty totiž mají značnou chybu způsobenou rozdělením křivky na osciloskopu.

5 Závěr

Za pomoci osciloskopu jsem stanovil hodnotu špičkového napětí v sekundárním obvodu

$$U = (10.0 \pm 0.2)V \quad (12)$$

a porovnal ji s hodnotou odpovídající výpočtu z voltmetru, která byla

$$U = (9.86 \pm 0.06)V. \quad (13)$$

Proměřil jsem závislost stejnosměrné složky proudu na filtrační kapacitě pro proud uměrnění za pomoci Graetzova můstku. Naměřené hodnoty jsou v tabulce 1 a závislost na obrázku 3. Hodnotu špičkového napětí jsem porovnal s hodnotou pulzního průběhu. Výsledný činitel filtrace byl

$$k_f = 13.43 \quad (14)$$

Proměřil jsem závislost filtrační kapacity na proudu. Výsledky jsou v tabulce 2. Závislost je zobrazena na obrázku 4 spolu se závislostí časové konstanty τ .

Proměřil jsem charakteristiku diody respektive Zenerovy diody. Výsledná VA charakteristika je na obrázku 5 respektive 6.

Stanovil jsem hodnoty napětí na diodách při proudu 20 mA

$$U = 60.6V, \text{ resp.} \quad (15)$$

$$U = 0.64V. \quad (16)$$

Stanovil jsem hodnotu Zenerova napětí na

$$U_z = -6.2V \quad (17)$$

Reference

- [1] **Studijní text na praktikum II**
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/txt_205.htm (3. 11. 2011)
- [2] *J. English: Zpracování výsledků fyzikálních měření*
LS 1999/2000