

Pracovní úkoly

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**
 1. při maximální hodnotě zatěžovacího odporu $10\text{k}\Omega$ sledujte závislost stejnosměrného napětí na filtrační kapacitě C v intervalu $0\text{--}10\text{ }\mu\text{F}$. Hodnotu usměrněného napětí při $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ srovnajte se špičkovou hodnotou pulzního průběhu
 2. 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
 3. 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. Zobrazte 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.

Teoretická část

Střídavý proud lze usměrnit dvoucestným nebo jednocestným usměrňovačem. Jednocestný usměrňovač propustí pouze kladné půlperiody. Dvoucestný navíc obrací polaritu záporné půlperiody. Takto usměrněný proud je však pulsního charakteru a musí být filtrován. V našem případě probíhá filtrování kondenzátorem o kapacitě C zapojeným paralelně k zátěži (viz schéma 1).

Zatěžový odpor označíme R_z , proud procházející ampérmetrem označíme I , amplitudu střídavého napětí označíme U_0 a efektivní hodnotu stejnosměrného napětí U_{ef} . Efektivní hodnotu střídavého napětí lze spočítat integrací okamžité hodnoty napětí. Pokud je průběh harmonický vychází vztah U_{ef} a U_0 následující [1]:

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

Během se pulsu kondenzátor nabíjí na špičkové napětí pulsu. Poté se kondenzátor začne vybíjet, časovou konstantu vybíjení kondenzátoru označíme τ . Pro tuto konstantu platí [1]:

$$\tau = R_z \cdot C \quad (2)$$

Chceme-li osciloskopem zkoumat V-A charakteristiku diod, zapojíme obvod podle schématu 2. Osciloskop zaznamenává napětí, proto je nutné do větve připojené na druhý kanál připojit odpor známé velikosti, aby bylo možné pomocí Ohmova zákonu přepočítat napětí zjištěné osciloskopem na proud.

Metoda měření

Nejprve jsme změřili špičkové napětí a efektivní napětí na výstupu transformátoru. Poté jsme zapojili jednocestný usměrňovač podle schématu 1. Přeměřili jsme špičkové napětí v nefiltrovaném obvodu a při konstantním odporu $R_z = 10\text{k}\Omega$ jsme měnili kapacitu C . V tomto obvodu jsme měřili efektivní stejnosměrné napětí U_{ef} . Dále jsme měnili parametry R_z a C aby střídavá složka tvořila usměrněného napětí tvořila přibližně 10%. V tomto případě jsme zkoumali závislost kapacity C na proudu I v obvodu.

Na konec jsme zkoumali V-A charakteristiku dvou diod. Tuto charakteristiku jsme zkoumali v obvodu zapojeném podle schématu 2.

Pomůcky

- transformátor
- vodiče
- multimetr M6860M zapojený jako voltmetr
- multimetr MY65 zapojený jako ampérmetr
- kondenzátorové dekády
- odporové dekády
- osciloskop
- vakuová dioda
- Zenerova dioda
- jednocestný usměrňovač

Schémata

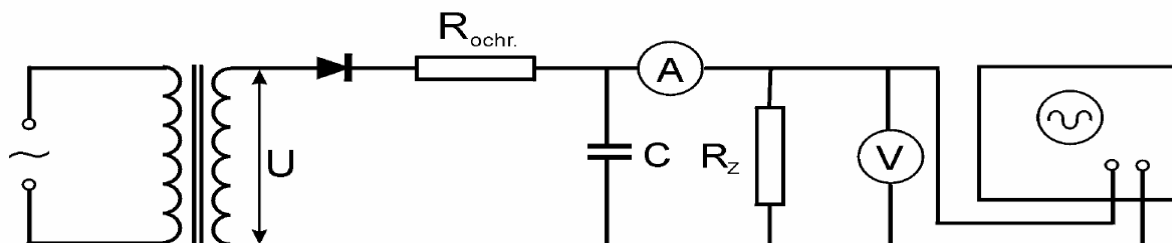


Schéma 1 - zdroj [1]

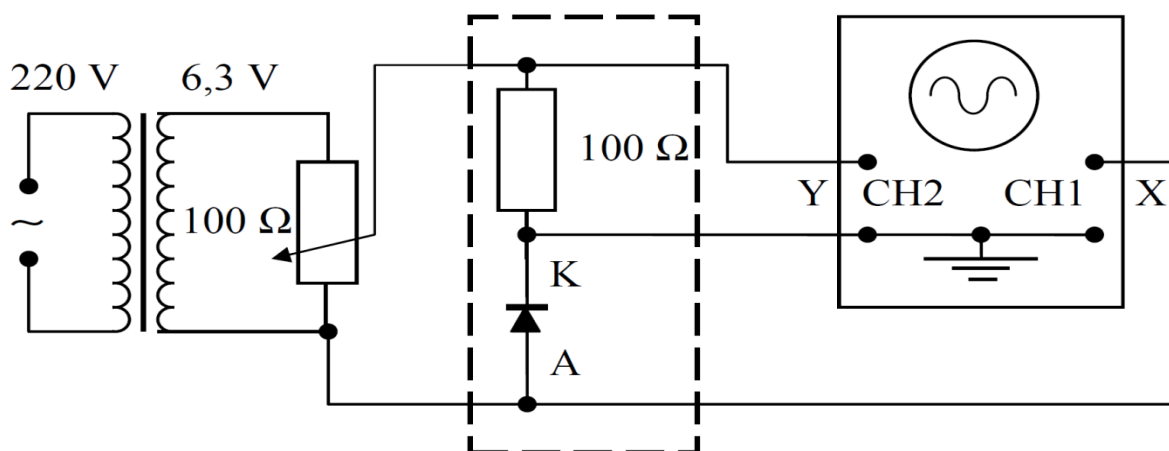


Schéma 2 - zdroj [1]

Výsledky měření

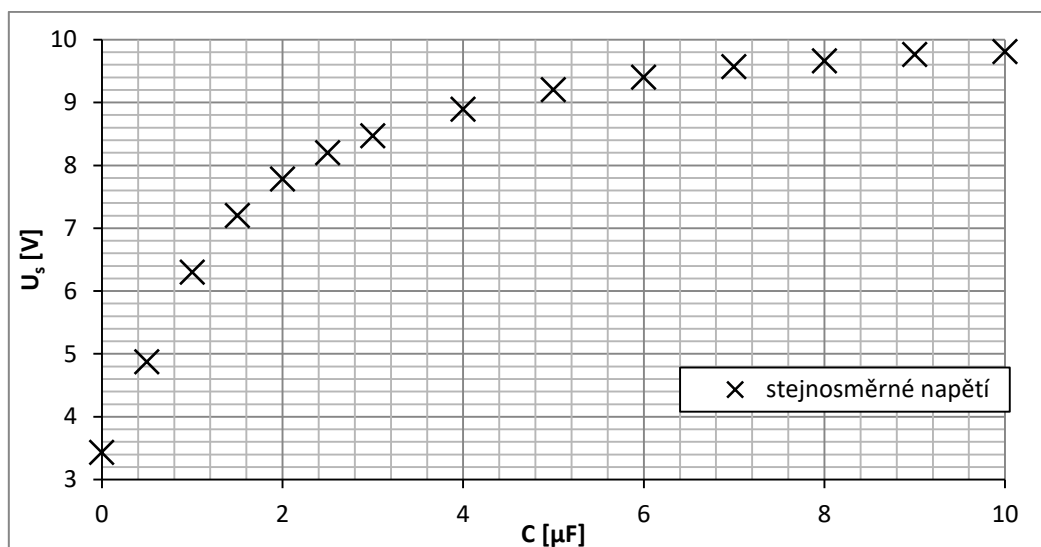
Laboratorní podmínky by experiment ovlivnit neměly. Přestože V-A charakteristika různých elektrických přístrojů na teplotě závisí, v našem případě se elektrické součástky zahřály na vyšší teplotu než byla teplota okolí.

Tabulka 1: špičkové a efektivní hodnoty napětí		
veličina	hodnota [V]	chyba [V]
U_0	11.0	0.5
U_{ef}	8.18	0.09

V tabulce č. 1 je zaznamenaná hodnota špičkového napětí U_0 . Chyba této veličiny byla odhadnuta.

V tabulce je také hodnota efektivního napětí U_{ef} , která byla změřena multimetrem, chyba je v tomto případě dána chybou přístroje.

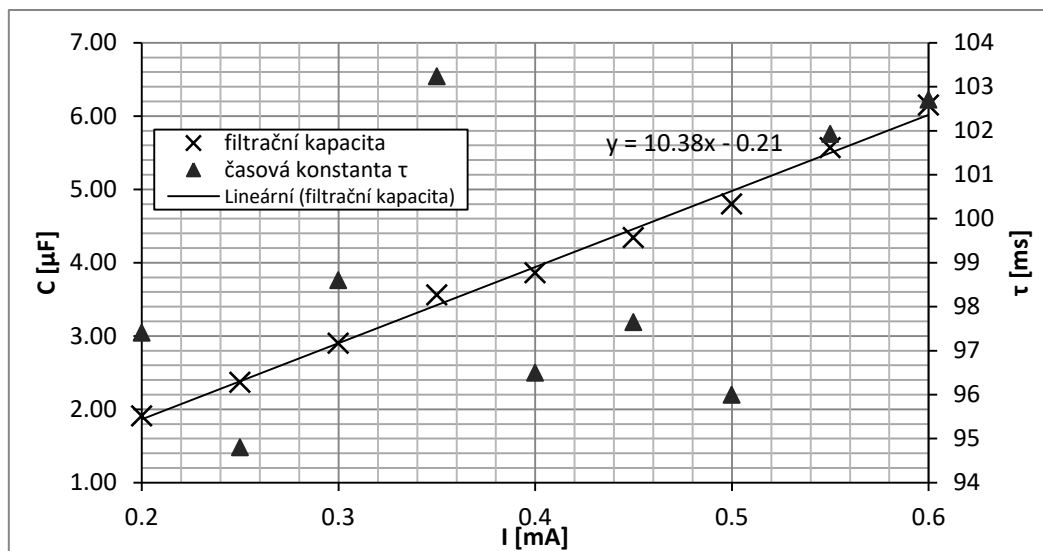
V grafu č. 1 je zobrazena závislost stejnosměrného napětí na filtrační kapacitě. Hodnota stejnosměrného napětí při kapacitě $10\mu\text{F}$ byla 9.18V . Špičková hodnota pulsního napětí se při této kapacitě pohybovala okolo 11V .



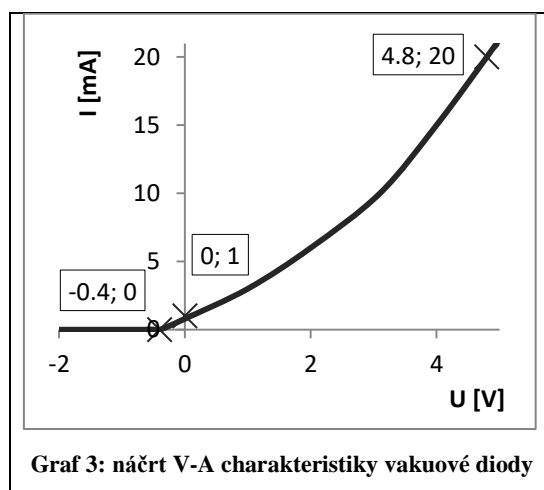
Graf 1: závislost stejnosměrné složky napětí na filtrační kapacitě

V grafu č. 2 je zobrazena časová závislost kapacity C , potřebné k tomu, aby střídavá složka usměrněného napětí tvořila 10% na proudu I , v grafu je rovněž lineární fit této závislosti. Zároveň na vedlejší ose je zobrazena časová konstanta τ pro daný měřený proud spočtená podle (2).

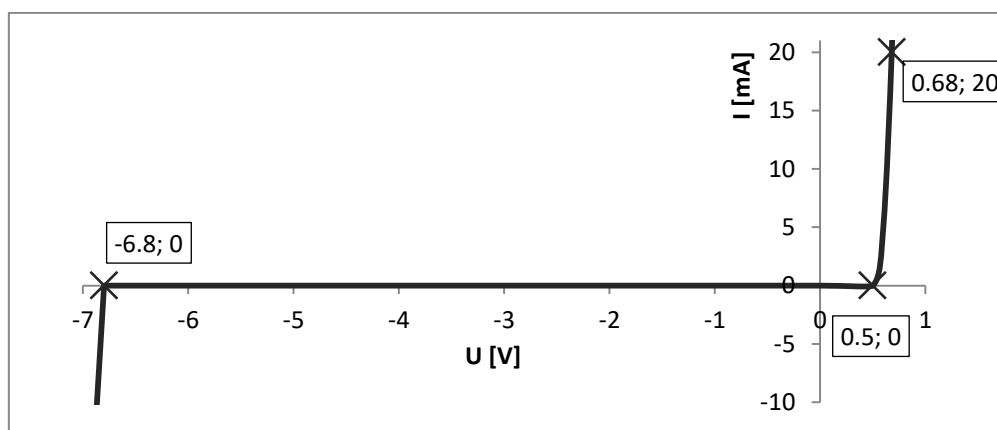
V grafech č. 3 a 4 je načrtnuta V-A charakteristika diod. Ve třetím grafu jsou vyznačeny body, kde křivka V-A charakteristiky vakuové diody protíná osy a při jakém napětí prochází diodou proud 20mA . Ve čtvrtém grafu je vyznačeno prahové a Zenerovo napětí Zenerovy diody a také napětí při kterém prochází diodou proud 20mA .



Graf 2: závislost filtrační kapacity a časové konstanty τ na proudu při konstantní stejnosměrné složce napětí



Graf 3: náčrt V-A charakteristiky vakuové diody



Graf 4: náčrt V-A charakteristiky Zenerovy diody

Diskuse

Poměr U_0 a U_{ef} neodpovídá vztahu (1). To je způsobeno tím, že průběh napětí není harmonický, což bylo možné sledovat na osciloskopu.

V grafu č. 1 lze vidět, že stejnosměrné napětí se se zvyšující se kapacitou zvyšuje. Chyby hodnot zobrazených v grafu jsou dány chybou měřicího přístroje. Ale také chybami kondenzátorových a odporových dekád.

V grafu č. 2 můžeme spatřit, že potřebná filtrační kapacita roste se zvyšujícím se proudem lineárně. Časová konstanta τ se nejeví jako konstanta, ale pokud bychom ji vzali jako konstantu a statisticky zpracovali, zjistíme, že relativní chyba činí přibližně 3%. Zároveň ze zdánlivě náhodného uspořádání konstanty můžeme odhadnout, že τ je konstanta nezávislá na procházejícím proudu. Chyby naměřených hodnot jsou opět dány chybami měřicích přístrojů a chybami dekád. Chyba konstanty τ vzniknuvší zanedbáním odporu přírodních drátů je vzhledem k velikosti R_z zanedbatelná.

U V-A charakteristiky je chyba přibližně 3%. Tato chyba je daná nepřesností odečtu na osciloskopu a zároveň je největší chybou, ostatní chyby jsou ve srovnání s touto zanedbatelné. Vakuovou diodou protéká proud i při nulovém napětí, což je způsobeno žhavicím napětím.

Závěr

Amplituda U_0 a efektivní hodnota U_{ef} napětí je:

$$U_0 = (11 \pm 0.5)V$$

$$U_{ef} = (8.18 \pm 0.09)V$$

Usměrněné napětí při filtrační kapacitě $10\mu F$ bylo:

$$U_s = (9.81 \pm 0.11)V$$

Střední hodnota časové konstanty τ byla:

$$\tau = (98.8 \pm 3.1)ms$$

Napětí na diodách potřebné k proudu 20mA:

$$U_{20vak} = (4.8 \pm 0.1)V$$

$$U_{20zen} = (0.68 \pm 0.02)V$$

Zenerovo napětí:

$$U_{zen} = (-6.8 \pm 0.2)V$$

Literatura

- [1] Měření napětí osciloskopem. *Fyzikální praktikum* [online].
[cit. 23.5.2016]. Dostupné z:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_205.pdf