

Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM II – Elektřina a magnetismus

Úloha č.: XIV

Název: Relaxační kmity

Pracoval: Pavel Brožek

stud. skup. 12

dne 5.12.2008

Odevzdal dne:

Hodnocení:

Připomínky:

Kapitola referátu	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0 – 3	
Výsledky měření	0 – 10	
Diskuse výsledků	0 – 4	
Závěr	0 – 2	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval: dne

1 Pracovní úkol

1. Proměřte voltampérovou charakteristiku diaku a z ní určete:

- spínací napětí při obou polaritách U_{B01} , U_{B02}
- pokles napětí na diaku při překročení spínacího napětí ΔU (při obou polaritách)
- tzv. symetrii diaku $|U_{B01} - U_{B02}|$.

Všechny určené hodnoty porovnejte s katalogovými.

- Zapojte diak jako zdroj relaxačních kmitů a změřte závislost periody těchto kmitů T na časové konstantě $\tau = RC$ obvodu při konstantním napětí zdroje (cca 40 V). Kmitočet relaxačních kmitů měřte běžně čítačem, při několika řádově různých hodnotách však též přímo osciloskopem a porovnáním s kmitočtem generátoru (pomocí Lissajousových obrazců). V referátu porovnejte přesnost použitých metod měření kmitočtu.
- Změřte závislost frekvence kmitů f na napětí zdroje U_0 . Pomocí osciloskopu určete z amplitud relaxačních kmitů hodnoty zhášecího napětí U_{zh} a naměřené hodnoty ověřte výpočtem.

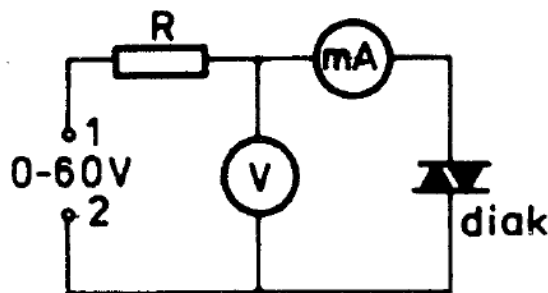
2 Teorie

Hodnotu spínacího napětí U_{B0} diaku můžeme měřit při zapojení podle obrázku 1. Symetrii diaku pak nazýváme $|U_{B01} - U_{B02}|$, kde U_{B01} a U_{B02} jsou spínací napětí při zapojení v různých směrech. Při průrazu přechodu zapojeného v závěrném směru dojde k poklesu napětí z U_{B0} na diaku o ΔU . Velikost ΔU závisí na proudu I , který diakem po průrazu bude procházet a tedy na odporu R . Pro proud procházející diakem I musí platit

$$I = \frac{U_{B0} - U}{R} . \quad (1)$$

Pokud tedy změříme voltampérovou charakteristiku diaku, můžeme ΔU určit jako rozdíl U_{B0} a napětí v bodu voltampérové charakteristiky $I(U)$ diaku, který splňuje rovnici (1).

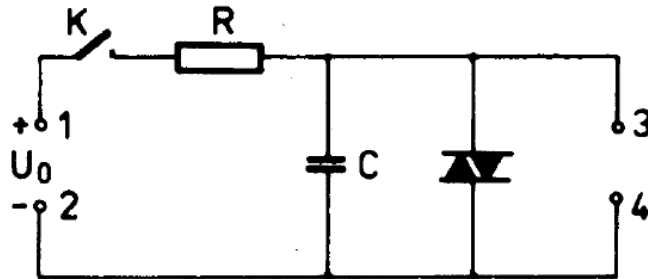
Obrázek 1: Zapojení pro měření voltampérové charakteristiky



Jestliže zapojíme diak podle obrázku 2, dojde při zapojení zdroje o napětí U_0 k nárůstu napětí na kondenzátoru. Ve chvíli, kdy napětí na kondenzátoru dosáhne hodnoty U_{B0} , dojde k průrazu diaku a kondenzátor se začne vybíjet. To trvá do doby než napětí na diaku dosáhne zhášecího napětí U_{zh} , pak se kondenzátor začne opět nabíjet a celý děj se opakuje. Vzhledem k tomu, že odpor R je značně větší než odpor diaku, je doba vybíjení kondenzátoru zanedbatelná vůči době jeho nabíjení. Průběh napětí na kondenzátoru při nabíjení je popsán rovnicí

$$U = U_{zh} + (U_0 - U_{zh})(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) , \quad (2)$$

Obrázek 2: Zapojení pro relaxační kmity



odkud dostaneme čas t_1 ve chvíli, kdy napětí dosáhne hodnoty U_{B0} a dojde tedy k průrazu.

$$t_1 = RC \ln \left(\frac{U_0 - U_{zh}}{U_0 - U_{B0}} \right) \quad (3)$$

Tento čas je tedy úměrný časové konstantě obvodu $\tau = RC$.

3 Výsledky měření

Všechna měření byla prováděna s odporem $R = 5\text{k}\Omega$. Diak jsem zapojil podle obrázku 1 a naměřil jsem spínací napětí diaku v obou směrech (chyba je určena odhadem, byla zřejmě větší než chyba měřicího přístroje)

$$U_{B01} = (32,3 \pm 0,3) \text{ V} \quad (4)$$

$$U_{B02} = (33,0 \pm 0,3) \text{ V} \quad (5)$$

Symetrie diaku je tedy

$$|U_{B01} - U_{B02}| = (0,7 \pm 0,4) \text{ V} . \quad (6)$$

Naměřená voltampérová charakteristika je uvedena v tabulce 1. Číselným indexem je odlišena orientace zapojení diaku v obvodu. Voltampérová charakteristika je také znázorněna v grafu 1. Z voltampérové charakteristiky s pomocí vzorce (1) určíme

$$\Delta U_1 = (9,4 \pm 0,6) \text{ V} \quad (7)$$

$$\Delta U_2 = (9,9 \pm 0,6) \text{ V} \quad (8)$$

Diak jsem zapojil podle obrázku 2. Při napětí $U = 40 \text{ V}$ a odporu $R = 5 \text{ k}\Omega$ jsem měnil kapacitu C kondenzátoru a měřil periodu t_1 kmitů na osciloskopu a frekvenci f na čítači. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2 včetně periody kmitů t'_1 vypočítané z frekvence f a časové konstanty obvodu $\tau = RC$. Závislosti $t_1(\tau)$ a $t'_1(\tau)$ a přímka lineární regrese pro $t_1(\tau)$ je znázorněna v grafu 2. Dále jsem měřil periodu kmitů t_L pomocí Lissajousových obrazců. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.

Při odporu $R = 5 \text{ k}\Omega$ a kapacitě $C = 1 \mu\text{F}$ jsem změřil závislost frekvence kmitů f a zhášecího napětí U_{zh} na napětí zdroje U_0 . Naměřené hodnoty a teoreticky vypočítaná hodnota frekvence f' jsou uvedeny v tabulce 4. Naměřené hodnoty závislosti frekvence f na napětí zdroje U_0 jsou také v grafu 3 včetně teoretické závislosti, kterou dostaneme ze vzorce (3) za předpokladu, že hodnota zhášecího napětí je konstantní $U_{zh} = 16 \text{ V}$.

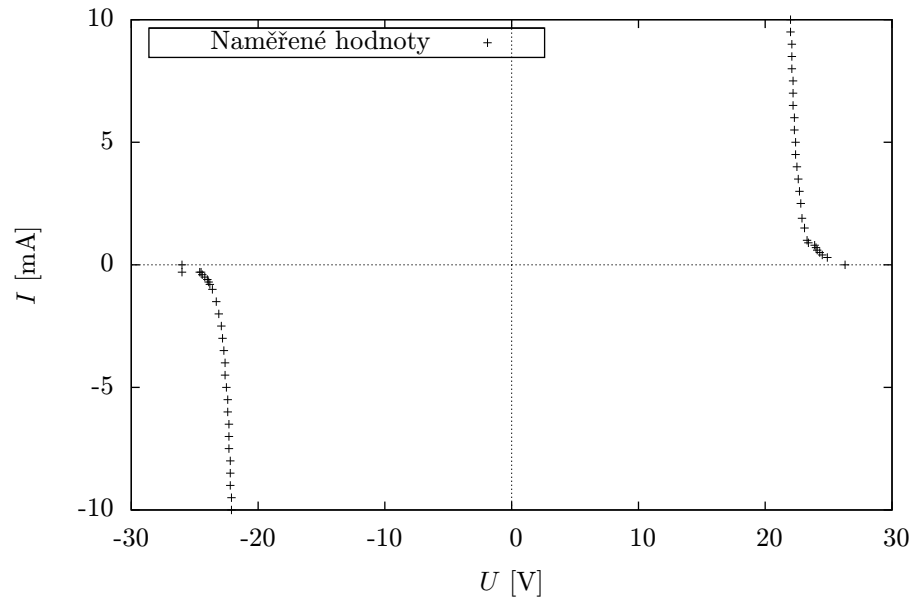
Tabulka 1: Voltampérová charakteristika

U_1 [V]	I_1 [mA]	U_2 [V]	I_2 [mA]
22,9	1,9	22,1	10,0
22,8	2,5	22,1	9,5
22,7	3,0	22,2	9,0
22,6	3,5	22,2	8,5
22,5	4,0	22,2	8,0
22,4	4,5	22,3	7,5
22,4	5,0	22,3	7,0
22,3	5,5	22,3	6,5
22,3	6,0	22,4	6,0
22,2	6,5	22,4	5,5
22,2	7,0	22,5	5,0
22,2	7,5	22,6	4,5
22,1	8,0	22,6	4,0
22,1	8,5	22,7	3,5
22,1	9,0	22,8	3,0
22,0	9,5	22,9	2,5
22,0	10,0	23,1	2,0
23,1	1,5	23,3	1,5
23,3	1,0	23,6	1,0
23,4	0,9	23,8	0,8
23,9	0,8	23,9	0,7
24,0	0,7	24,0	0,6
24,1	0,6	24,2	0,5
24,3	0,5	24,4	0,4
24,5	0,4	26,0	0,3
24,9	0,3	24,5	0,3
26,3	0,0	24,6	0,3
		26,0	0,0

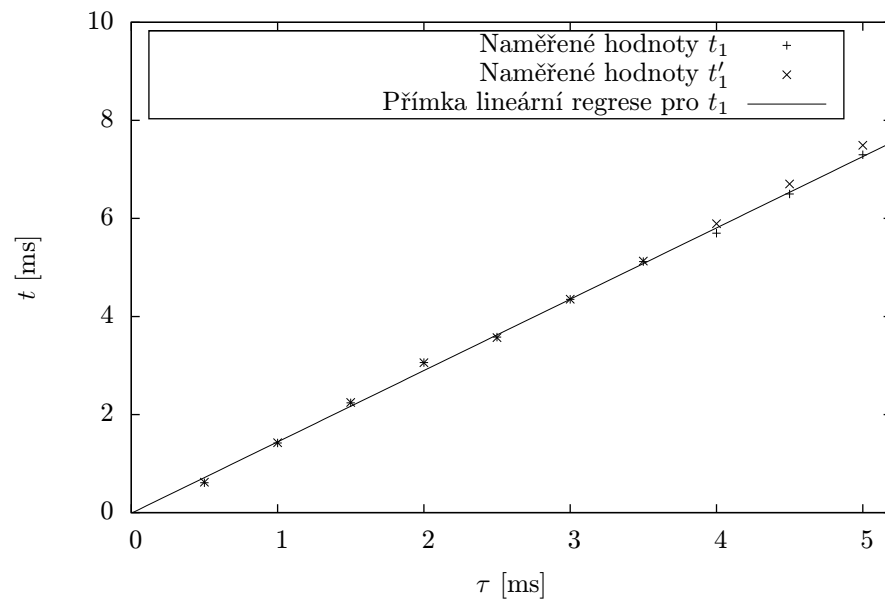
Tabulka 2: Závislost doby kmitu na τ

C [μF]	t_1 [ms]	f [Hz]	t'_1 [ms]	τ [ms]
0,1	0,61	1610	0,621	0,5
0,2	1,42	702	1,425	1,0
0,3	2,24	445	2,247	1,5
0,4	3,06	327	3,058	2,0
0,5	3,58	280,3	3,568	2,5
0,6	4,35	229,8	4,352	3,0
0,7	5,12	194,9	5,131	3,5
0,8	5,70	169,7	5,893	4,0
0,9	6,50	149,2	6,702	4,5
1,0	7,30	133,5	7,491	5,0

Graf 1: Voltampérová charakteristika diaku



Graf 2: Závislost doby kmitu na konstantě τ



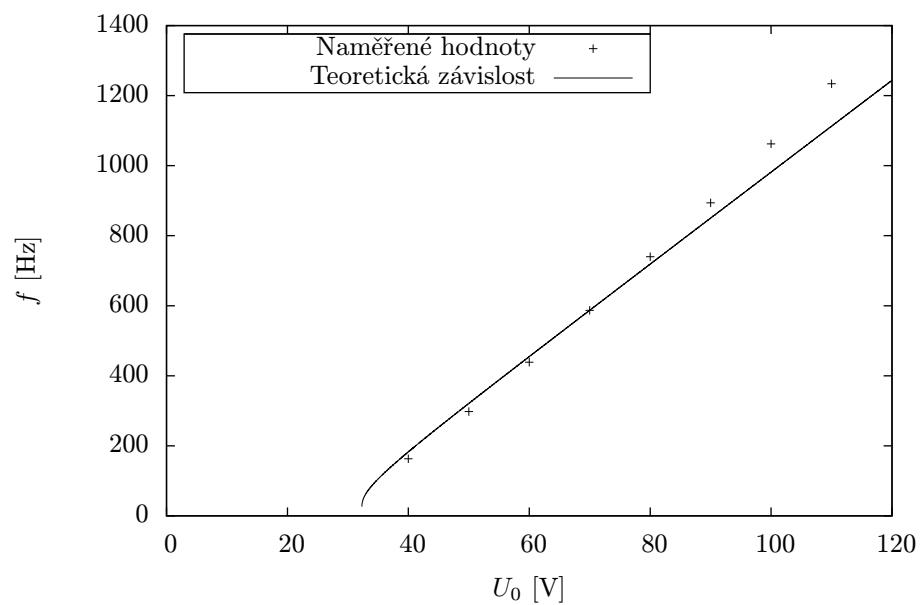
Tabulka 3: Závislost doby kmitu na τ - Lissajousovy obrazce

C [μF]	f [Hz]	t_L [ms]	τ [ms]
0,1	1900	0,526	0,5
0,5	320	3,125	2,5
1,0	150	6,67	5,0
10,0	17	58,8	50,0

Tabulka 4: Závislost frekvence a zhašecího napětí na napětí zdroje

U_0 [V]	U_{zh} [V]	f [Hz]	f' [Hz]
40	15	162,9	151,9
50	16	297,7	281,3
60	16	438,8	400,4
70	17	587	545
80	17	740	668
90	17	894	791
100	17	1062	915
110	17	1234	1038

Graf 3: Závislost frekvence na napětí zdroje



4 Diskuse výsledků

Protože pokles napětí na diaku při průrazu roste s proudem (jak je vidět v grafu 1), který diakem prochází, nelze ΔU určit jednoznačně, tuto hodnotu jsem určil pro daný odpor $R = 5 \text{ k}\Omega$. Symetrie $|U_{B01} - U_{B02}|$ diaku je nenulová, diak má tedy pro zapojení v různých polaritách různé spínací napětí. Hodnota symetrie je však v porovnání se spínacím napětím malá.

Přesnost měření periody kmitů byla lepší při měření čítačem, do měření osciloskopem byla vnášena chyba kvůli nepřesnosti nastavení měřeného časového úseku na monitoru osciloskopu. Metoda Lissajousových obrazců umožňovala velmi dobře porovnat frekvenci generátoru a kmitání obvodu, avšak kvůli měření frekvence generátoru čítačem nemohlo být dosaženo větší přesnosti určení frekvence kmitů v obvodu než přímým měřením čítačem.

Naměřené hodnoty periody relaxačních kmitů byly podle předpokladu přímo úměrné konstantě obvodu $\tau = RC$, což je dobře vidět v grafu 2.

Zhášecí napětí závisí na napětí zdroje U_0 . Nelišilo se však příliš od hodnoty $U_{zh} = 16 \text{ V}$, pro kterou byla sestrojena teoretická závislost v grafu 3. Je vidět, že pokud se vzdalujeme od napětí zdroje, při kterém $U_{zh} = 16$, dochází k větším odchýlkám naměřených hodnot od teoretické závislosti. Bohužel neznáme závislost U_{zh} na U_0 , abychom mohli vynést do grafu 3 správnou teoretickou závislost $f(U_0)$ na celém měřeném oboru U_0 .

5 Závěr

Změřil jsem voltampérovou charakteristiku diaku (tabulka 1). Určil jsem spínací napětí při obou polaritách

$$U_{B01} = (32,3 \pm 0,3) \text{ V} \quad (9)$$

$$U_{B02} = (33,0 \pm 0,3) \text{ V} , \quad (10)$$

pokles napětí na diaku při překročení spínacího napětí (při obou polaritách)

$$\Delta U_1 = (9,4 \pm 0,6) \text{ V} \quad (11)$$

$$\Delta U_2 = (9,9 \pm 0,6) \text{ V} \quad (12)$$

a symetrii diaku

$$|U_{B01} - U_{B02}| = (0,7 \pm 0,4) \text{ V} . \quad (13)$$

Změřil jsem závislost periody relaxačních kmitů na časové konstantě $\tau = RC$ obvodu při konstantním napětí zdroje. Frekvenci jsem měřil čítačem a osciloskopem (tabulka 2) a pomocí Lissajousových obrazců (tabulka 3), porovnal jsem přesnost metod.

Změřil jsem závislost frekvence kmitů f na napětí zdroje U_0 a zhášecí napětí U_{zh} (tabulka 4).

Reference

- [1] J. English: Úvod do praktické fyziky I, Matfyzpress, Praha 2006
- [2] R. Bakule, J. Šternberk: Fyzikální praktikum II - Elektřina a magnetismus, SPN, Praha