

1 Pracovní úkol

1. Proměřte voltampérovou charakteristiku diaku a z ní určete:
 - (a) spínací napětí při obou polaritách U_{B01} , U_{B02}
 - (b) pokles napětí na diaku při překročení spínacího napětí ΔU (při obou polaritách)
 - (c) tzv. symetrii diaku $|U_{B01} - U_{B02}|$.

Všechny určené hodnoty porovnejte s katalogovými.

2. 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.
3. 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 Teoretický úvod

2.1 Voltampérová charakteristika diaku

Diak je spínací třívrstvý polovodičový systém s dvěma elektrodami. Díky své struktuře téměř nepropouští napětí nižší než je hodnota spínacího napětí U_{B0} . Při hodnotě napětí U_{B0} dochází k lavinovému průrazu přechodu zapojeného v závěrném směru a napětí na diaku poklesne o ΔU . Hodnota ΔU je závislá na velikosti proudu diakem, s rostoucím proudem se ΔU zvětšuje.

Voltampérová charakteristika diaku je téměř symetrická (viz obr.1, příloha 1). Odchyly od symetrie jsou způsobeny technologií výroby. Symetrií charakteristiky diaku je nazývána hodnota $|U_{B01} - U_{B02}|$. Schéma zapojení obvodu pro měření voltampérové charakteristiky viz obr.2 (příloha 1).

2.2 Relaxační kmity

Frekvenci relaxačních kmitů v obvodu s diakem měříme v zapojení podle obr.3 (příloha 1). Po zapnutí klíče K začne na kondenzátoru vzrůstat napětí. Jakmile dosáhne hodnoty $U = U_{B0}$, dojde k sepnutí diaku, diakem poteče proud a kondenzátor se vybije až na hodnotu zhášecího napětí U_{zh} , při které přestane diakem téct proud. Kondenzátor se znovu nabíjí a celý děj se opakuje. V ideální případě (pokud by odpor sepnutého diaku byl nulový) by $U_{zh} = 0$, ve skutečnosti je vždy $U_{zh} > 0$. Velikost zhášecího napětí se bude zmenšovat k nule s rostoucí kapacitou kondenzátoru.

Časový průběh nabíjecího napětí na kondenzátoru je dán vztahem:

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

který platí tehdy, pokládáme-li odpor nesepnutého diaku za nekonečně velký.

Teoretická závislost periody kmitů na časové základně $\tau = RC$ je dána vztahem:

$$T = RC \ln \frac{U_0 - U_{zh}}{U_0 - U_{B0}} \quad (2)$$

kde U_0 je napětí na zdroji, U_{zh} zhášecí napětí a U_{B0} spínací napětí. V této rovnici předpokládáme, že doba vybíjení je ve srovnání s dobou nabíjení mnohem menší.

3 Výsledky měření

3.1 Voltampérová charakteristika

tab.1: voltampérová charakteristika diaku pro obě polarity

$U_{B01} = (31,2 \pm 0,5)V$		$U_{B02} = (32,5 \pm 0,5)V$	
I (mA)	U (V)	- I(mA)	-U (V)
1	23,6	-1	-23,6
2	23,1	-2	-23,0
3	22,8	-3	-22,7
4	22,6	-4	-22,5
5	22,5	-5	-22,3
6	22,3	-6	-22,2

Grafické zpracování charakteristiky viz graf 1 (příloha 2).

Pokles napětí:

$$\Delta U_1 = (7.6 \pm 1.0)V$$

$$\Delta U_2 = (8.9 \pm 1.0)V$$

Symetrie charakteristiky diaku: $|U_{B01} - U_{B02}| = (1,35 \pm 1)V$

3.2 Závislost periody kmitů na $\tau = RC$

Parametry měření:

napětí na zdroji: $U=40\text{ V}$

odpor na dekádě: $R=3000\Omega$

tab.2

$C\ (\mu F)$	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16
$\tau\ (\text{ms})$	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,42	0,48
$T_o\ (\text{ms})$	0,163	0,195	0,247	0,287	0,320	0,378	0,400	0,490	0,570
$T_c\ (\text{ms})$	0,172	0,208	0,245	0,285	0,322	0,379	0,418	0,502	0,584
$C\ (\mu F)$	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55
$\tau\ (\text{ms})$	0,54	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50	1,65
$T_o\ (\text{ms})$	0,650	0,780	1,000	1,250	1,470	1,750	1,970	2,100	2,250
$T_c\ (\text{ms})$	0,667	0,797	1,008	1,256	1,481	1,761	1,984	2,132	2,257
$C\ (\mu F)$	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	
$\tau\ (\text{ms})$	1,80	1,95	2,10	2,25	2,40	2,55	2,70	2,85	
$T_o\ (\text{ms})$	2,490	2,710	2,990	3,230	3,450	3,670	3,850	4,050	
$T_c\ (\text{ms})$	2,513	2,732	3,003	3,226	3,472	3,690	3,953	4,184	

V tabulce 2 T_o znamená periodu kmitů odečtenou z osciloskopu, T_c je perioda kmitů zjištěná jako převrácená hodnota frekvence odečtená na čítači.

Grafické zpracování závislosti viz graf 2 (příloha 2).

3.3 Závislost frekvence kmitů na napětí zdroje

parametry měření:

kapacita kondenzátoru: $C=0,5\mu F$

odpor na dekádě: $R=3000\ \Omega$

tab.3

$U\ (\text{V})$	40,0	45,3	50,0	54,8	60,5	64,8	70,1	75,5
$f\ (\text{kHz})$	0,521	0,713	0,914	1,1	1,324	1,571	1,714	2,011
$U_{zh}\ (\text{V})$	6,5	7,5	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
$U\ (\text{V})$	80,7	85,0	90,4	95,6	100,2	104,6	110,2	
$f\ (\text{kHz})$	2,151	2,41	2,558	2,858	2,995	3,227	3,454	
$U_{zh}\ (\text{V})$	12,0	12,5	12,5	13,0	12,8	13,0	13,3	

Grafické zpracování závislosti viz graf 3 (příloha 2).

V grafu je uvedena i teoretická závislost, vypočtená podle vzorce 2.

4 Diskuze

Naměřená voltampérová charakteristika diaku velmi dobře odpovídá teoretické předpovědi. Naměřené hodnoty spínacího napětí, poklesu napětí při překročení spínacího napětí a symetrie charakteristiky v mezích chyby odpovídají katalogovým hodnotám.

Závislost τ na T vyšla podle předpokladu lineární. Nejpřesnější metoda měření je podle našeho názoru měření frekvence pomocí čítače. Naopak na osciloskopu lze vidět celý průběh kmitů obvodu. Největší chyba měření pomocí osciloskopu vznikla podle našeho názoru při odečítání periody kmitů z obrazovky osciloskopu. Neprováděli jsme měření pomocí Lissajousových obrazců.

Závislost frekvence kmitů na napětí zdroje přibližně odpovídá teoretické závislosti vypočtené pomocí vzorce (2). Velikost zhašecího napětí U_{zh} roste s rostoucí hodnotou napětí na zdroji.

5 Závěr

spínací napětí:

- $U_{B01} = (31,2 \pm 0,5)V$
- $U_{B02} = (32,5 \pm 0,5)V$

pokles napětí:

- $\Delta U_1 = (7.6 \pm 1.0)V$
- $\Delta U_2 = (8.9 \pm 1.0)V$
- symetrie charakteristiky: $|U_{B01} - U_{B02}| = (1,35 \pm 1)V$

6 Literatura

- [1] Bakule,R., Šternberk,R.: Fyzikální praktikum II. - elektřina a magnetismus, SPN Praha 1989
- [2] Brož,J.:Základy fyzikálních měření, SPN Praha 1967