

Pracovní úkoly

- Proměřte voltampérovou charakteristiku diaku a z ní určete:
 - spínací napětí při obou polaritách U_{BO1} , U_{BO2}
 - pokles napětí na diaku při překročení spínacího napětí ΔU (při obou polaritách)
 - tzv. symetrii diaku $|U_{BO1} - U_{BO2}|$.
- Zapojte diak jako zdroj relaxačních kmitů. Změřte závislost periody těchto kmitů T na časové konstantě $\tau = RC$ obvodu při konstantním napětí zdroje (cca 40 V). Změřte závislost zhášecího U_{zh} a spínacího U_{BO} napětí na časové konstantě τ .
- Při několika řádově různých hodnotách časové konstanty τ stanovte periodu kmitů též přímo osciloskopem a porovnáním s kmitočtem generátoru (pomocí Lissajousových obrazců).
- V závislosti na napětí zdroje U_0 změřte frekvenci kmitů f , zhášecí U_{zh} a spínací U_{BO} napětí diaku. Naměřené hodnoty periody ověřte výpočtem.
- Sestrojte závislost spínacího napětí U_{BO} na frekvenci kmitů f . (Využijte dat změřených v pracovním úkolu 2 i 4.)

Teoretická část

Diak je polovodičová součástka sestávající ze dvou P-N přechodů. Chová se podobně jako tranzistor se společným emitorem. Pokud na diak přiložíme napětí, které překročí hodnotu spínacího napětí U_{BO} dojde k lavinovému průrazu přechodu v závěrném směru a hodnota odporu se prudce změní. To vede k poklesu napětí na diaku o hodnotu ΔU .

Pro měření voltampérové charakteristiky zapojíme diak podle schématu 1. Pokud v obvodu obrátíme polaritu diaku, může vliv nesymetrie přechodů dojít k malé změně V-A charakteristiky. Označíme-li spínací napětí v jednom směru U_{BO1} a ve směru druhém U_{BO2} , pak veličina definovaná jako $|U_{BO1} - U_{BO2}|$ se nazývá symetrie diaku [1].

Pokud zapojíme diak podle schématu 2 a napětí zdroje U_0 je větší než spínací napětí diaku, tak se kondenzátor bude nabíjet až do času t_1 , ve kterém na kondenzátoru bude napětí U_{BO} a dojde k sepnutí diaku, přes který se kondenzátor vybije až na napětí U_{zh} , toto vybití trvá dobu t_2 , která je v ale prakticky zanedbatelná. Napětí na diaku se tedy bude měnit periodicky s „pilovitým“ charakterem mezi hodnotami U_{zh} a U_{BO} . Pro dobu t_1 , která je téměř shodná s periodou kmitů T platí podle [1]:

$$T \cong t_1 = RC \ln \left(\frac{U_0 - U_{zh}}{U_0 - U_{BO}} \right) \quad (1)$$

Kde R je hodnota odporu v obvodu a C je hodnota kapacity kondenzátoru zařazeného paralelně k diaku.

Metoda měření

Nejprve jsme měřili voltampérovou charakteristiku diaku. Obvod byl zapojen podle schématu 1. Spínací napětí jsme určili pomocí funkce hold na digitálním voltmetru.

Dále jsme měřili periodu kmitů v závislosti na zařazené kapacitě a napětí zdroje. K měření frekvence jsme použili čítač frekvence. Zhášecí a spínací napětí jsme zjišťovali pomocí osciloskopu. Obvod zapojen dle schématu 2.

Bohužel po skončení měření byla objevena závada na osciloskopu. Závada se projevovala zobrazováním napětí, i když na vstupu osciloskopu žádné napětí nebylo. Naměřená data jsme proto korigovali o tuto „klidovou“ hodnotu.

Pomůcky

- Diak II
- Ampérmetr (třída přesnosti 0.2)
- Voltmetr ME21
- Osciloskop
- Vodiče
- Čítač frekvence
- Laboratorní zdroj

Schémata

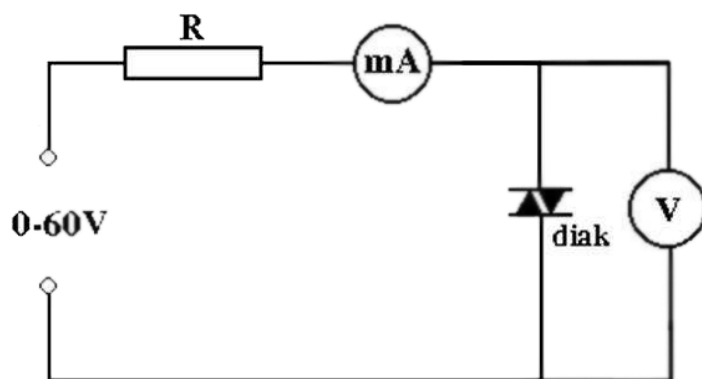


Schéma 1: měření V-A charakteristiky diaku [1]

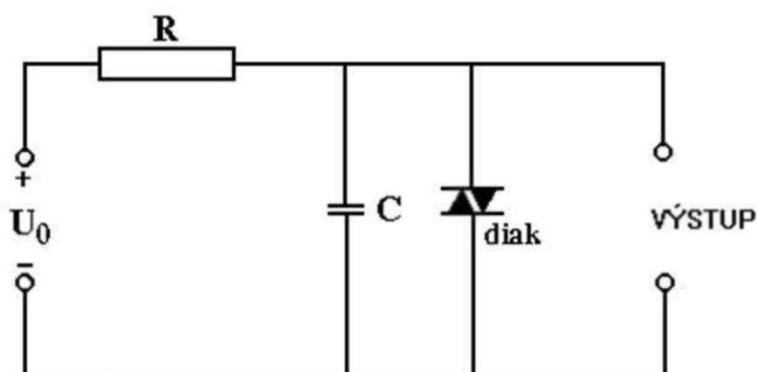


Schéma 2: měření relaxačních kmitů [1]

Výsledky měření

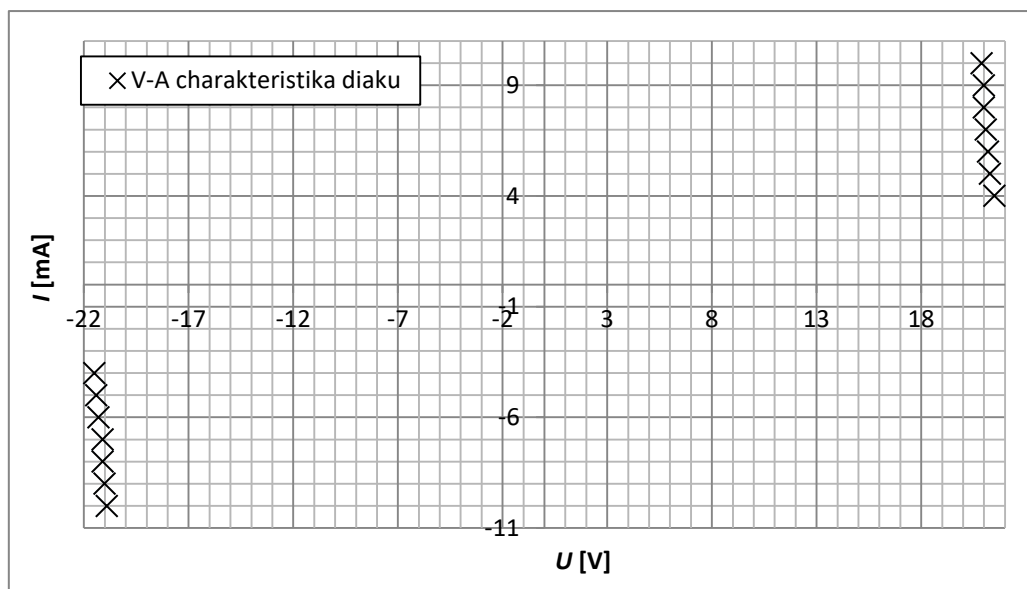
Laboratorní podmínky by neměly výsledky experimentu ovlivnit.

Tabulka 1: Spínací napětí diaku

	hodnota	chyba
U_{BO1} [V]	34.4	0.2
U_{BO2} [V]	34.0	0.2
ΔU_1 [V]	12.9	0.2
ΔU_2 [V]	12.5	0.2

Tabulka č. 1 obsahuje spínací napětí při obou polaritách. Toto spínací napětí jsme určili za pomoci funkce hold na digitálním voltmetru. Pomocí této funkce jsme zaznamenali nejvyšší hodnotu na voltmetru. Chyba této veličiny je tedy daná nepřesností přístroje. Snadno spočteme, že tzv. symetrie diaku, tedy hodnota $|U_{BO1} - U_{BO2}|$, je 0.4V. Chyba této hodnoty je však přibližně 0.3V, tuto chybu jsme spočetli ze vzorce pro chybu nepřímého měření. V tabulce jsou rovněž uvedeny hodnoty poklesu napětí ΔU při sepnutí diaku.

Voltampérová charakteristika je zachycena v grafu č. 1. Zde jsme pro každý směr změřili deset hodnot. Chyba těchto veličin je daná nepřesností měření přístrojů.



Graf 1: V-A charakteristika diaku

Tabulka 2: Doba kmitu změřená pomocí Lissajousových obrazců

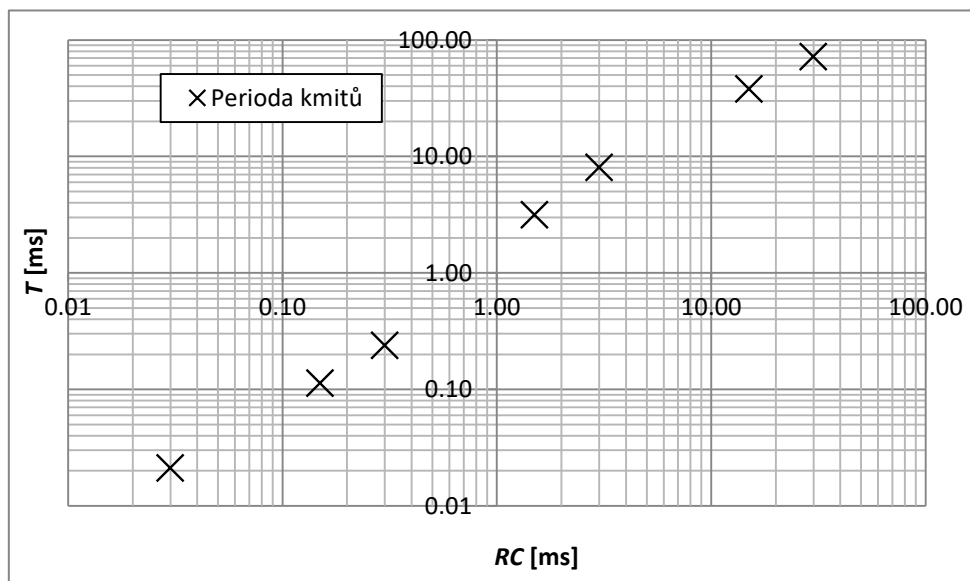
RC [ms]	chyba RC [ms]	T [ms]	chyba T [ms]
15.0	0.2	38.5	0.4
3.00	0.04	7.87	0.08
0.300	0.004	0.224	0.002

Graf č. 2 obsahuje závislost doby periody kmitů na časové konstantě RC . Na obou osách je použito logaritmické měřítko, protože jsme měřili pro několik řádově odlišných hodnot kapacity C , odpor R byl po celou dobu měření $(3003 \pm 1\%) \Omega$. Napětí na zdroji bylo konstantní po celou dobu měření, jeho velikost byla přibližně 37V.

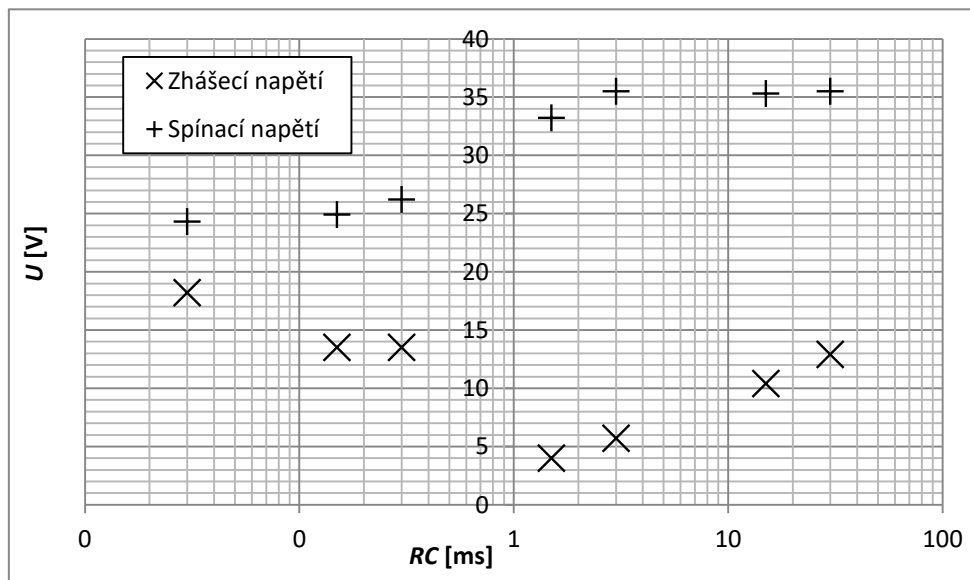
Graf č. 3 zachycuje závislost zhasacího a spínacího napětí na časové konstantě RC , tyto hodnoty byly odčítány z osciloskopu, který se po skončení měření ukázal být vadný, a proto jsou nejspíše nesmyslné.

Tabulka č. 2 obsahuje periodu kmitů T pro různé hodnoty konstanty RC , tyto hodnoty jsme získali pomocí porovnání kmitočtu generátoru kmitů a diaku na osciloskopu (pomocí Lissajousových obrazců). Vzhledem k zahřívání diaku a s tím souvisejícími změnami v jeho

charakteristice, se frekvence kmitů neustále měnila, proto jsme jako chybu měření odhadli na 1 %.

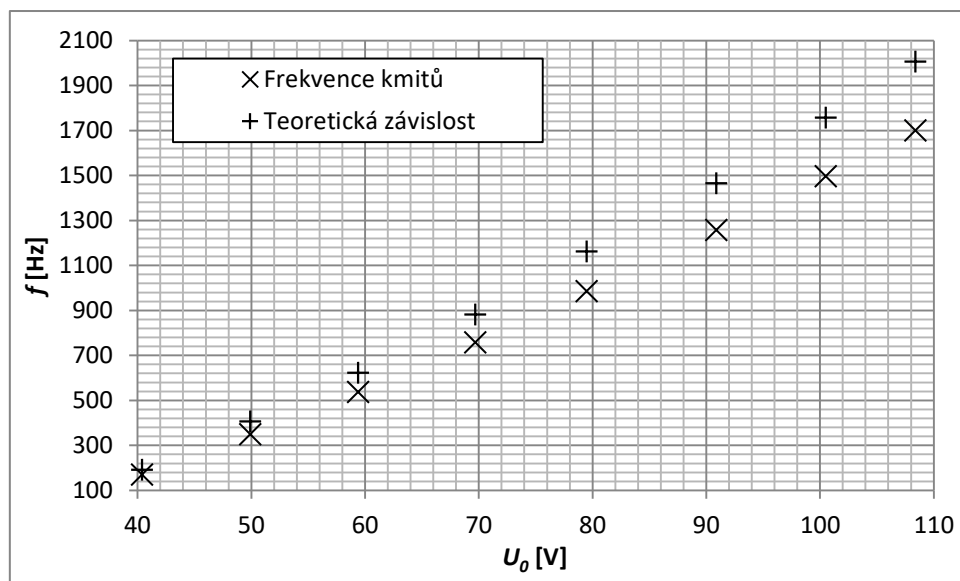


Graf 2: Závislost periody kmitů na RC

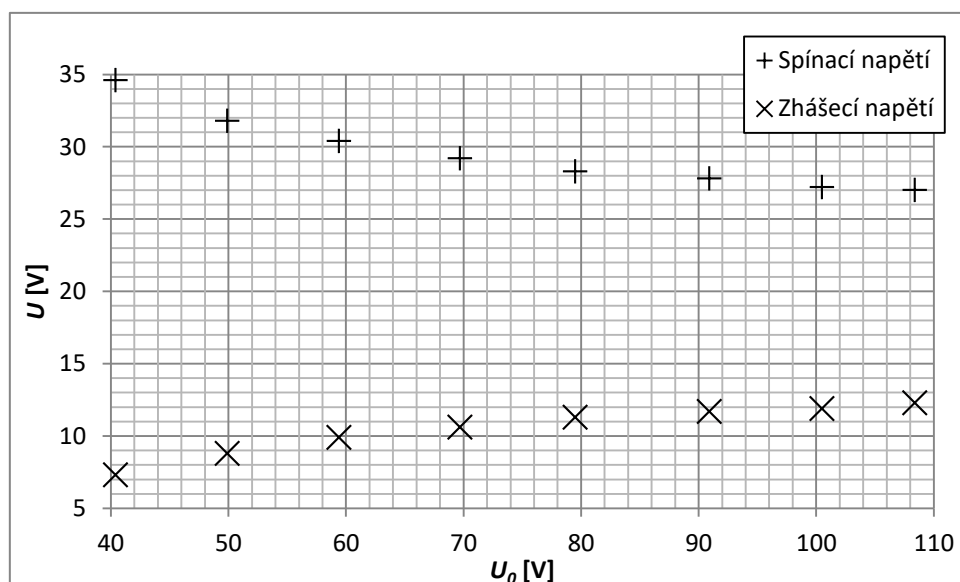


Graf 3: Závislost spínacího a zhášecího napětí na RC

Graf č. 4 ukazuje závislost frekvence kmitů na napětí zdroje. Do grafu jsou také zaneseny teoretické hodnoty spočtené podle vzorce (1). Kapacita kondenzátoru byla $1 \mu\text{F}$, odpor rezistoru činil 3003Ω . Graf č. 5 obsahuje závislost zhášecího a spínacího napětí na napětí zdroje U_0 . Tyto hodnot byly opět odčítány z chybného osciloskopu.

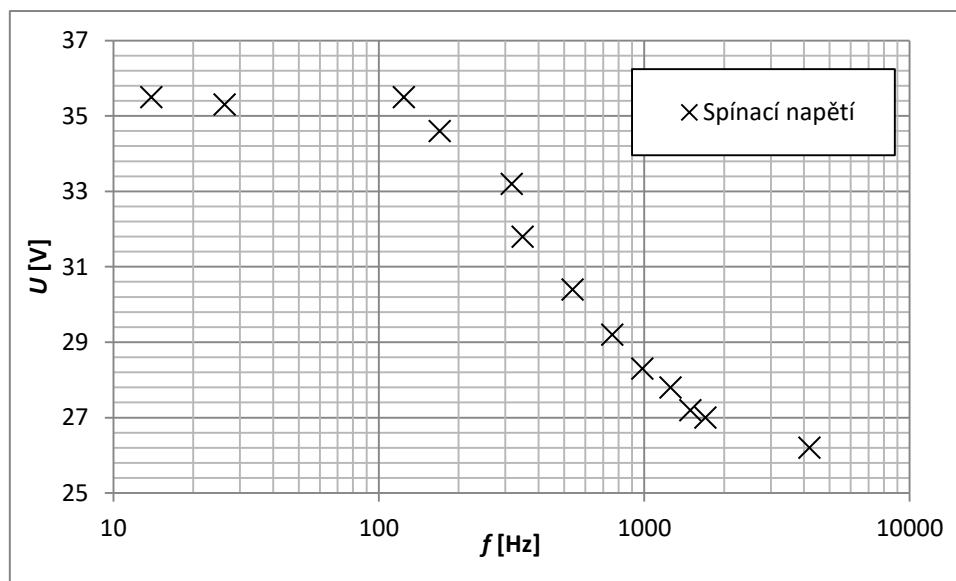


Graf 4: Závislost frekvence kmitů na napětí zdroje



Graf 5: Závislost spínacího a zhášecího napětí na napětí zdroje

Graf č. 6 obsahuje závislost spínacího napětí na frekvenci kmitů. Jsou zde data naměřená, jak v případě konstantního napětí zdroje, tak v případě konstantní kapacity. Frekvence kmitů je vynesena na logaritmické měřítko.



Graf 6: Závislost spínacího napětí na frekvenci kmitů

Diskuse

V-A charakteristika odpovídá teoretickým předpokladům. Chyba měření u V-A charakteristiky je daná nepřesností přístrojů. Při určování spínacího napětí jsme využili funkce hold na voltmetru. Pokud jsme zvyšovali napětí zdroje, zvyšovala se i hodnota na voltmetru až do spínacího napětí. Ovšem pokud, jsme napětí zdroje měnili příliš rychle, nestačil voltmetr reagovat. Přestože jsme se snažili měnit napětí na zdroji co nejpomaleji, může odtud plynout systematická chyba.

Závislost periody kmitů na součinu RC byla zjištěna lineární. To znamená, že podíl $\frac{U_0 - U_{zh}}{U_0 - U_{BO}}$ musí být konstantní, což z grafu 3 není patrné. Napětí U_{BO} a U_{zh} byly změřeny pomocí vadného osciloskopu, který ukazoval napětí vyšší než skutečná, tento fakt jsme se pokusili korigovat odečtením napětí, který osciloskop ukazoval při nulovém přiloženém napětí.

Z grafu 4 plyne, že námi naměřená závislost frekvence kmitů na napětí zdroje je lineární, stejně jako teoretická. Ovšem experimentální data nejspíše obsahují systematickou chybu. Teoretická hodnota je totiž spočtená dle vzorce (1), který obsahuje spínací a zhášecí napětí, změřené vadným osciloskopem.

Celkově jsme zjistili, že při zvyšování napětí zdroje nebo snižování kapacity kondenzátoru dochází k zvyšování frekvence kmitání, toto zvýšení je lineární. Zároveň se snižuje amplituda střídavé složky průběhu napětí, jak je patrné z grafu 5.

Závěr

Naměřené výsledky byly ovlivněny chybou osciloskopu, nicméně naměřené závislosti odpovídali teoretickým.

Spínací napětí diaku ve dvou směrech bylo změřeno:

$$U_{BO1} = (34.4 \pm 0.2) \text{ V}$$

$$U_{BO2} = (34.0 \pm 0.2) \text{ V}$$

Pokles napětí na diaku byl změřen:

$$\Delta U_1 = (12.9 \pm 0.2) \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = (12.5 \pm 0.2) \text{ V}$$

Symetrie diaku byla určena jako:

$$|U_{BO1} - U_{BO2}| = (0.4 \pm 0.3) \text{ V}$$

Literatura

- [1] Relaxační kmity. *Fyzikální praktikum* [online].
[cit. 11.12.2016]. Dostupné z:
http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_214.pdf