

Literatura

- [1] Brož a kol.: Základy fyzikálních měření I, SPN, Praha 1983
čl. 4.1.3.2 , 4.5.2.4 , 4.5.2.5

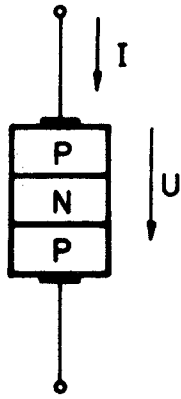
14. RELAXAČNÍ KMITY

Pracovní úkol

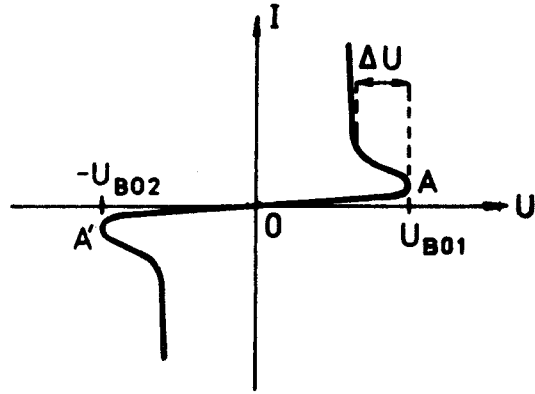
- Proměřte voltampérovou charakteristiku diaku a z ní určete :
 - spínací napětí při obou polaritách U_{B01} , U_{B02}
 - pokles napětí na diaku při překročení spínacího napětí ΔU (při obou polaritách)
 - tzv. symetrii charakteristiky diaku $|U_{B01} - U_{B02}|$Všechny určené hodnoty porovnejte s katalogovými hodnotami.
- Zapojte diak jako zdroj relaxačních kmitů a změňte závislost periody těchto kmitů T na časové základně $\tau = RC$ obvodu při konstantním napětí zdroje. Kmitočet relaxačních kmitů měřte běžně čítačem, při několika řádově různých hodnotách RC však též přímo osciloskopem a porovnáním s kmitočtem generátoru (pomocí Lissajousových obrazců).
V referátu porovnejte přesnost použitých metod měření kmitočtu.
- Změňte závislost frekvence kmitů f na napětí zdroje U_0 . Pomocí osciloskopu určete z amplitud relaxačních kmitů hodnoty zhasacího napětí U_{zh} a naměřené hodnoty ověřte výpočtem.
- Naměřené výsledky zpracujte graficky.

Diak

Diak je spínací třívrstvý symetrický polovodičový systém s dvěma elektrodami. Na obr.1 je zakresleno schema jeho struktury. Jedná se v podstatě o zapojení tranzistoru se společným emitorem s nulovým proudem bazí, který pracuje ve spínacím provozu na rozhraní aktivní oblasti a oblasti průrazu. Část charakteristiky mezi body O , A (obr.2), při opačné polaritě O , A' , je proto shodná s výstupní charakteristikou tranzistoru pro $I_B = 0$. Jakmile napětí na diaku překročí hodnotu spínacího napětí U_{B0} , dochází k lavinovému průrazu přechodu zapojeného v závěrném směru a napětí na diaku poklesne o ΔU , tj. zmenší se jeho stejnosměrný odpor. Hodnota ΔU je závislá na velikosti proudu diakem, s rostoucím proudem se ΔU zvětšuje. Pro diak KR 105 je při proudu 1A ΔU téměř rovné U_{B0} , což znamená, že $U_{zh} \approx 0$. Proud 1 A však nemůže téci diakem trvale, neboť maximální přípustný výkon přeměněný v teplo na diaku může být 300 mW. Charakteristika diaku je téměř



Obr. 1



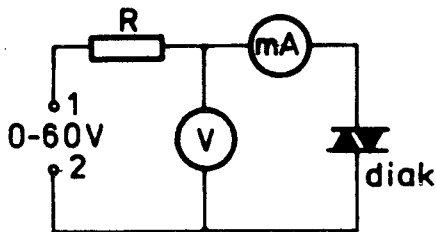
Obr. 2

symetrická, odchylky od symetrie jsou způsobeny technologií výroby. Symetrií charakteristiky diaku je nazývána hodnota $|U_{B01} - U_{B02}|$. Diaky typu KR vyráběné u nás mají spínací napětí U_{B0} v intervalu 20 až 40 V.

Diaku se nejčastěji používá v kombinaci s dalším spínacím prvkem, triakem. Pomocí diaku se zpravidla spíná triak.

Měření voltampérové charakteristiky diaku

Použijeme zapojení na obr.3 . Na svorky 1, 2 je připojen regulovatelný zdroj stejnosměrného napětí 0 až 60 V . Odpor R musí být nastaven na hodnotu nejméně 3 k Ω . Zvyšujeme napětí na diaku až do okamžiku,



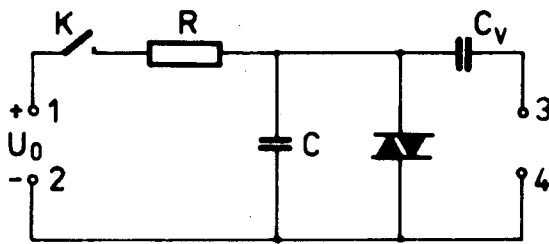
Obr. 3

kdy dojde k průrazu, což se projeví vzrůstem proudu v obvodu a poklesem napětí na diaku. Charakteristiku proměříme postupnými změnami odporu R a případně i zvyšováním napětí zdroje U_0 . Na přístrojích odečítáme hodnoty proudu a napětí, přičemž dbáme na to, abychom nepřekročili ztrátový výkon $P = 300 \text{ mW}$. Zároveň nesmíme překročit proud odporovou dekádou nad hodnotu stanovenou výrobcem.

Relaxační kmity v obvodu s diakem

Voltampérová charakteristika diaku je částečně podobná charakteristice doutnavky (viz obr.2 úlohy 13). Diaku proto můžeme použít mimo jiné též ke generování relaxačních kmitů. Schéma takového zapojení je zakresleno na obr.4 . Paralelně k diaku je připojen kondenzátor C a oba tyto prvky jsou přes odpor R připojeny ke zdroji U_0 , $U_0 > U_{B0}$. Po zapnutí klíče K (v okamžiku $t = 0$) začne na kondenzátoru vzrůstat napětí podle vztahu

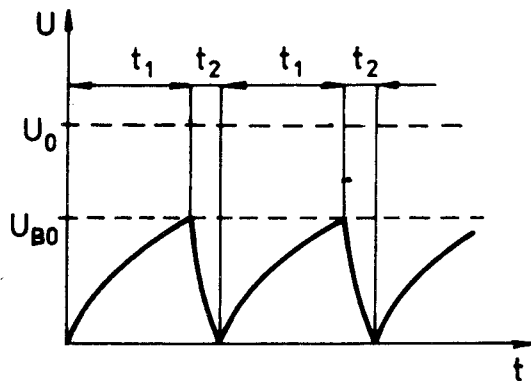
$$U = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right) \quad (1)$$



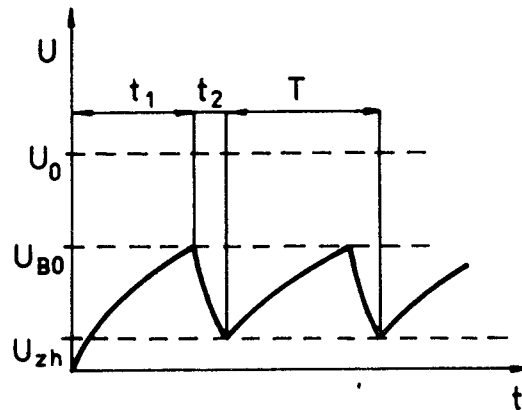
Obr. 4

Jakmile dosáhne hodnoty $U = U_{B0}$ (v čase t_1), dojde k sepnutí diaku, diakem poteče proud a kondenzátor se vybije až na hodnotu zhášecího napětí U_{zh} , při které přestane diakem téci proud. Diak přejde do neseprnutého stavu a jeho odpor se o několik řádů zvýší. Kondenzátor se znovu nabíjí a celý děj se opakuje.

V ideálním případě (pokud by odpor seprnutého diaku byl nulový) by průběh pozorovaný na oscilografu připojeném ke svorkám 3, 4 odpovídal průběhu na obr. 5a. Ve skutečnosti však poklesne při vybíjení napětí na diaku pouze na hodnotu $U_{zh} > 0$. Skutečný průběh pak odpovídá obr. 5b.



Obr. 5a



Obr. 5b

Napětí U_{zh} závisí na velikosti proudu, který teče diakem v seprnutém stavu. Tento proud je však časově závislý, takže i při známé charakteristice diaku není jednoduché předem stanovit U_{zh} . Tato veličina se však bude zmenšovat k nule s rostoucí kapacitou kondenzátoru. Kondenzátor se nabíjí na napětí U_{B0} a s růstem kapacity se zvětšuje náboj $Q \approx C \cdot U_{B0}$, a tím i celkový proud, který projde diakem.

Činnost diaku při tvorbě relaxačních kmitů se příliš neliší od činnosti doutnavky. V dalším textu proto jen stručně zopakujeme vztahy, uváděné již u předchozí úlohy 13.

Časový průběh nabíjecího napětí na kondenzátoru je dán vztahem

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

který platí tehdy, pokládáme-li odpor neseprnutého diaku za nekonečně velký. Napětí U se nezvyšuje až na hodnotu U_0 , ale jen do hodnoty U_{B0} , při které diak sepne. Z toho můžeme vypočítat závislost nabíjecí doby t_1 na hodnotě relaxační doby $\tau = RC$ a na napětí zdroje U_0 . Uvažujme jediný kmit, který začne v čase $t = 0$, kdy $U = U_{zh}$, napětí na diaku se pak zvyšuje podle vztahu (2) až do doby, ve které $U = U_{B0}$. Příslušný čas bude t_1 , takže

$$U_{B0} - U_{zh} = \left(U_0 - U_{zh} \right) \left(1 - e^{-\frac{t_1}{RC}} \right). \quad (3)$$

Z této rovnice vypočítáme t_1

$$t_1 = RC \ln \frac{U_0 - U_{zh}}{U_0 - U_{B0}}. \quad (4)$$

Pokud by odpor diaku v seprnutém stavu r_s byl nulový, byla by nulová i doba vybíjení t_2 a t_1 by bylo rovno době kmitu T . Tento předpoklad není obecně splněn, ovšem při většině měření bude $t_2 \ll t_1$ a dobu t_1 můžeme pokládat za periodu kmitů T . V daném případě se t_1 bude výrazněji lišit od T , bude-li $t_1 < 10^{-4}$ s. Poměr dob t_1 a t_2 můžeme odhadnout z průběhu kmitů pozorovaných na obrazovce osciloskopu.

Pro vybíjecí dobu t_2 platí přibližně výraz formálně shodný s výrazem (4), ve kterém by místo hodnoty odporu R vystupoval odpor r_s diaku v seprnutém stavu. Odpor r_s je však závislý na proudu tekoucím diakem, tedy jak na čase, tak i na hodnotě kapacity C . Změříme-li však hodnotu t_2 , což lze pomocí osciloskopu při vysokém kmitočtu relaxačních kmitů, je možno z upraveného vztahu (4) určit přibližnou efektivní hodnotu odporu r_s .

Pokyny k měření

Relaxační kmity se vybudí v obvodu na obr.4. Doba kmitu je závislá především na hodnotě součinu RC . Doporučujeme nastavit $E \sim 40$ V, $R \sim 10^4 \Omega$, $C \sim 10$ nF až $1 \mu\text{F}$. Diak připojujeme k vertikálnímu vstupu osciloskopu (svorky 3, 4) přes vazební kondenzátor C_v , kterým oddělíme stejnosměrnou složku napětí. Pokud je osciloskop přepnut na snímání střídavého napětí, není tento vazební kondenzátor nutný. Časový průběh kmitů pozorujeme při využití vnitřní časové základny osciloskopu. V levé krajní poloze označené (I.B.cal) potenciometru plynulého nastavení horizontálního zesilovače je rychlost časové základny cejchována. Pak lze přímo na obrazovce odečíst přibližnou hodnotu doby kmitu pozorovaného průběhu.

Periodu kmitů můžeme změřit také tak, že místo vnitřní časové základny připojíme na horizontálně vychylující destičky (x-ový vstup) sinusové napětí z generátoru, jehož kmitočet je znám. Získáme tak obrazec, který odpovídá kolmému složení sinusových a relaxačních kmitů a je obdobou Lissajousových

obrazců. Zastaví-li se pohyb obrazce, odpovídá poměr maximálních výchylek v horizontálním a vertikálním směru podílu kmitočtů obou generátorů.

Nejpřesnějších výsledků však dosáhneme, změříme-li frekvenci kmitů čítačem, který lze zapojit ke svorkám vertikálního zesilovače osciloskopu (svorky y osciloskopu).

Při proměřování závislosti frekvence relaxačních kmitů na napětí zdroje U_0 , měníme toto napětí v rozsahu 30 až 60 V, odpor R a kapacitu C nastavíme tak, aby se frekvence měnila minimálně v rozsahu 200 - 1000 Hz. Pro měření frekvence opět používáme čítače, na osciloskopu odečítáme výšku kmitů, která odpovídá rozdílu $U_{B0} - U_{Zh}$. Při znalosti U_{B0} , které odečteme z naměřené statické charakteristiky, lze určit U_{Zh} . Dosazením hodnot U_0 , U_{B0} , U_{Zh} , R , C do vztahu (4) ověřujeme platnost tohoto vztahu i přesnost měření.

Literatura

- [1] H. Frank, V. Šnejdar : Principy a vlastnosti polovodičových součástek, SNTL, Praha 1976

15. STUDIUM ZESILOVAČE S TRIODOU

Pracovní úkol

1. Změřte anodové charakteristiky triody EC(C) 83 pro $U_g = 0, -1, -2, -3$ V. Anodové napětí U_a měňte po cca 10 V. Anodová ztráta $P_a = U_a I_a$ nesmí překročit 1 W.
2. Změřte závislost zesílení $A = U_{výst} / U_{vst}$ triodového zesilovače na frekvenci pro $U_g = -1$ V, $U_a = 210$ V, $R_a = 10^5 \Omega$ a $R_a = 5 \cdot 10^3 \Omega$, $U_{vst} = 0,3$ V, frekvenční rozsah 30 Hz - 10^5 Hz.
3. Změřte závislost zesílení $A = U_{výst} / U_{vst}$ na anodovém odporu pro $U_a = 210$ V při $R_a = 5 \cdot 10^3 - 10^5 \Omega$; $U_g = -1$ V při $f = 10^3$ Hz, $U_{vst} = 0,3$ V.
4. Výsledky měření zpracujte graficky.

Trioda

Je nejjednodušší zesilovací elektronkou s třemi elektrodami, anodou, mřížkou a katodou. Velikost anodového proudu lze řídit nejen anodovým napětím, ale především napětím mřížky vůči katodě, které je obvykle záporné.

Vlastnosti triody se charakterizují vnitřním odporem, strmostí a zesi-