

MERANIE DYNAMICKÉHO ODPORU POLOVODIČOVÝCH DIÓD

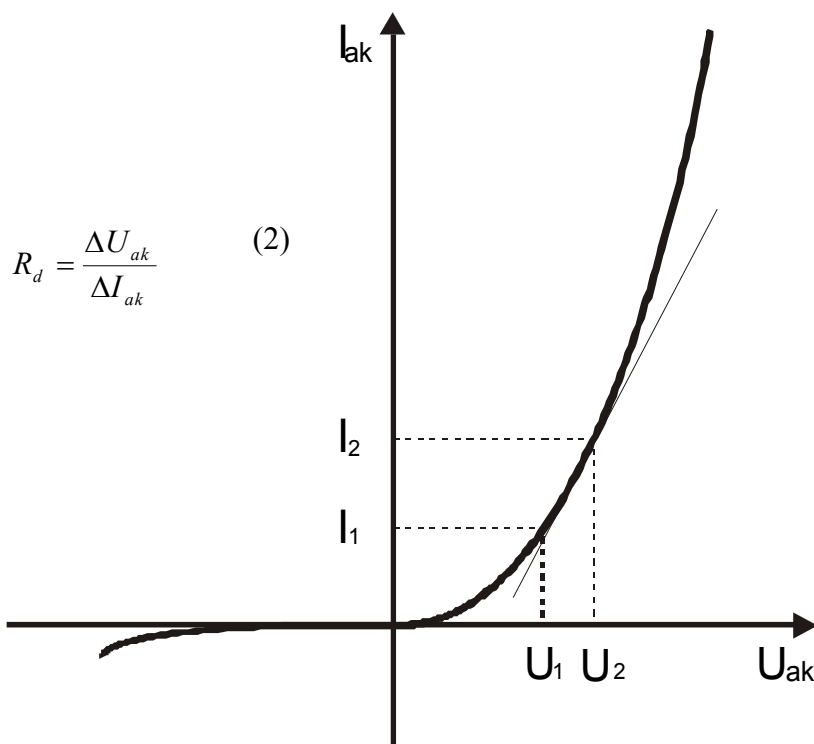
doc. Ing. Július Štelina, CSc.

Teoretický úvod:

Pre technickú prax, okrem iných význačných parametrov (pozri úlohu „Meranie V-A charakteristiky polovodičových diód“), je dôležité poznať hodnotu dynamického odporu v danom bode V-A charakteristiky. Dynamický odpor definujeme ako pomer

$$R_d = \frac{dU_{ak}}{dI_{ak}} \quad (1)$$

V limite je to vlastne prevrátená hodnota smernice priamky, ktorá je dotyčnicou v danom bode charakteristiky ku charakteristike (obr. 1).



Pretože V-A charakteristika polovodičovej diódy je nelineárna, jej dynamický odpor sa zmenou pracovného bodu mení.

Pre skutočné meranie píšeme rovnicu (1) v tvare

Metóda merania:

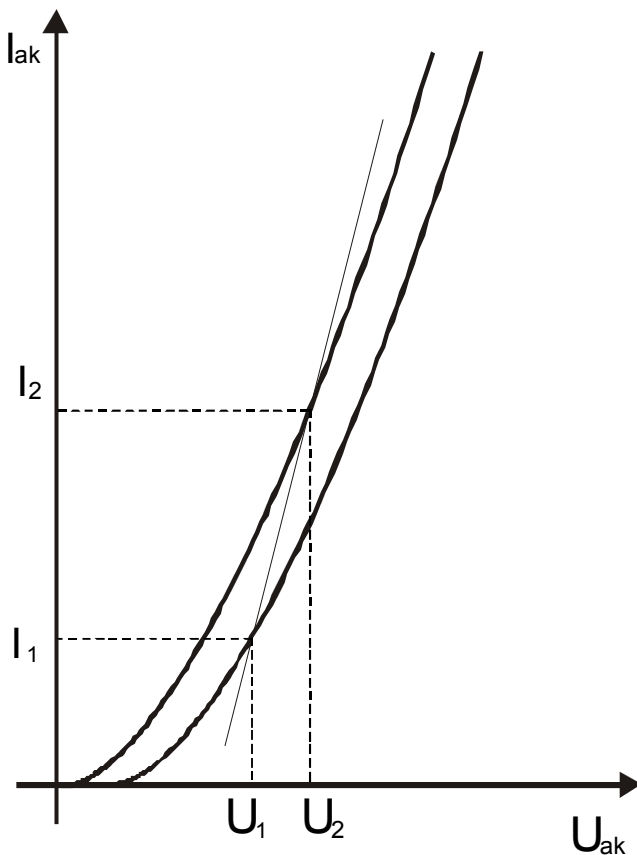
Meranie dynamického odporu by bolo možné urobiť tak, že necháme prechádzať diódou jednosmerný prúd I_1 a k nemu zmeriame príslušný úbytok napätia na dióde U_1 . Potom zvýšime prúd na hodnotu I_2 a zmeriame príslušné napätie U_2 . Dynamický odpor potom určíme zo vzťahu

$$R_d \approx \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} = \frac{\Delta U}{\Delta I} \quad (3)$$

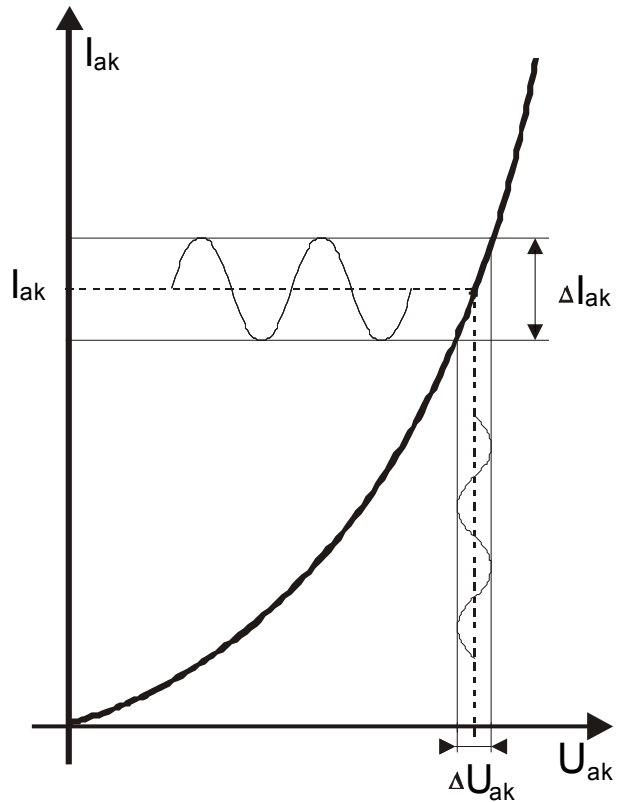
Táto hodnota bude tým presnejšia (tým viac sa budeme blížiť k hodnote danej rovnicou (1), čím bude ΔU resp. ΔI menšie. Zmerať veľmi malý rozdiel U_1, U_2 pomocou bežných voltmetrov nie je dosť dobre možné, čo je jedna z nevýhod merania R_d jednosmernou metódou. (Tento nedostatok sa dá odstrániť ak použijeme číslicový milivoltmeter s veľkým vstupným odporom).

Ďalší nežiadúci vplyv, ktorý sa vnáša do jednosmernej metódy je nasledovný. Prúd I_2 je väčší ako prúd I_1 , to znamená, že P-N prieschod diódy bude prúdom I_2 otepľovaný viac, v dôsledku čoho sa charakteristika posunie smerom nahor tak, ako to znázorňuje obr. 2. Zároveň vidíme, že meraná hodnota dynamického odporu bude menšia než je v skutočnosti.

Uvedené nedostatky jednosmernej metódy odstraňuje dynamická metóda, ktorá spočíva v meraní dynamického odporu v určitom jednosmernom pracovnom bode na charakteristike pomocou malého striedavého signálu. Princíp metódy sledujeme na obr. 3. Meranou diódou preteká



Obr. 2



Obr. 3

jednosmerný prúd I_{ak} . K nemu sa superponuje striedavá zložka prúdu ΔI_{ak} , ktorá vytvorí na dióde úbytok napätia ΔU_{ak} . Pomer ΔU_{ak} k ΔI_{ak} určuje hľadaný dynamický odpor polovodičovej diódy. Ak má striedavý prúd dostatočne veľkú frekvenciu charakteristika diódy sa vzhľadom na teplotnú zotrvačnosť nezmení, takže meranie sa deje iba po jednej charakteristike. Posun charakteristiky vplyvom jednosmerného prúdu v zmysle obr. 2 nevádi, pretože charakteristiky sú v meranej oblasti približne rovnobežné.

Postup merania:

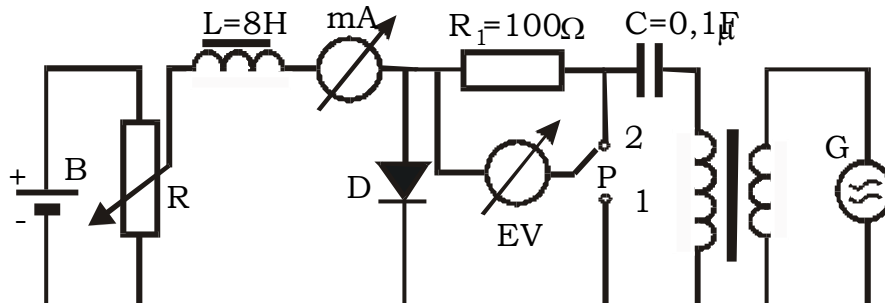
Schéma zapojenia pre meranie dynamického odporu je na obr. 4. Zvolený jednosmerný prúd I_{ak} diódou nastavujeme potenciometrom R . Tým volíme na charakteristike pracovný bod, v ktorom chceme určiť hodnotu dynamického odporu. Aby prúd I_{ak} tiekol len cez diódu do zdroja jednosmerného prúdu a nie mimo tohoto obvodu, je v pravej časti schémy zapojený do série s odporom R_1 kondenzátor $0,1 \mu\text{F}$. Striedavý milivoltmeter pripojený k odporu R_1 cez prepínač P (poloha 2) umožňuje nastaviť zvolenú hodnotu prírastku prúdu I_{ak} . Dosiahneme to zmenou amplitúdy výstupného napätia RC generátora. Pre hodnotu ΔI_{ak} potom platí

$$\Delta I_{ak} = \frac{U_{\sim}}{R_1} \quad (4)$$

kde U_{\sim} je napätie na odpore R_1 . Ak prepínačom P (poloha 1) pripojíme striedavý milivoltmeter priamo na diódu, máme možnosť na ňom odčítať úbytok napätia ΔU_{ak} vytvorený pretekajúcim striedavým prúdom ΔI_{ak} . Z rovníc (2) a (4) vyplýva pre dynamický odpor vzťah

$$R_d = \frac{\Delta U_{ak}}{U_{\sim}} R_1 \quad (5)$$

Aby striedavý prúd tiekol len cez diódu a nie cez batériu a odpor R , je do jednosmerného obvodu diódy zapojená indukčnosť 8H.



Obr. 4

Pre zaistenie dostatočnej presnosti merania, začíname merať najmenším prúdom I_{ak} tak, že je splnená podmienka. $\Delta I_{ak} \doteq 0,1 I_{ak}$. Meranie robíme pri frekvencii striedavého prúdu 1 kHz. Odporúča sa voliť $U_{\sim} = 10$ mV pri daných diódach. Transformátor v pravej časti schémy slúži ako oddeľovací transformátor.

Merané hodnoty a vypočítaný dynamický odpor zapisujeme do tabuľky I.

Tabuľka I.

i	I_{ak} [mA]	ΔI_{ak} [mV]	ΔU_{ak} [mV]	R_d [Ω]
1				
2				
3				
.				
.				
.				

ΔI_{ak} v tabuľke I. určíme podľa vzťahu (4) z najmenšieho prúdu I_{ak} a zachováme jeho hodnotu rovnakú pre všetky hodnoty I_{ak} . Pre používaný typ diód je vhodné voliť prúdy I_{ak} maximálne do 5mA. Ináč by dochádzalo už k nežiadúcemu ohrievaniu P-N priechodu meranej diódy.

Úlohy:

1. Zmerajte dynamický odpor polovodičových diód v priepustnom smere pre rôzne hodnoty I_{ak} !
2. Namerané hodnoty zapíšte do tabuľky I.!
3. Závislosť $R_d = R_d(I_{ak})$ vyneste do grafu!
4. Odhadnite chyby merania!

Spracovanie výsledkov:

Z tabuľky I vynesieme grafickú závislosť dynamického odporu $R_d = f(\Delta I_{ak})$, tak ako sme to stanovili v stati „úlohy“. Dynamický odpor rôznych typov meraných diód vynesieme do toho istého grafu.

Kontrolné otázky:

1. Ako je definovaný dynamický odpor polovodičovej diódy?
2. Akú výhodu má dynamická metóda v porovnaní s jednosmernou metódou určenia R_d ?

3. Ako vplýva veľkosť amplitúdy striedavého signálu pripojeného na diódu na nameranú hodnotu R_d ?
4. Akú funkciu plní indukčnosť L a akú kondenzátor C v uvedenej schéme zapojenia ?
5. Je možné dynamickou metódou merať dynamický odpor polovodičovej diódy zapojenej v závernom smere ? Aké úpravy by sme museli v uvedenej schéme urobiť ?

Úloha je prevzatá, doplnená a opravená, zo skrípt:

Doc. RNDr. Drahošlav Vajda, CSc., Doc. Ing. Július Štelina, CSc., RNDr. Jaroslav Kovár, Ing. Ctibor Musil, CSc., RNDr. Ivan Bellan, Doc. Ing. Igor Jamnický, CSc., „*Návody k laboratórnym cvičeniam z fyziky*“, vydala Žilinská univerzita vo vydavateľstve EDIS, 2. nezmenené vydanie, rok 2003.