

I. DIODY V USMĚRŇOVAČÍCH STŘÍDAVÉHO PROUDU

Filtrace usměrněného napětí

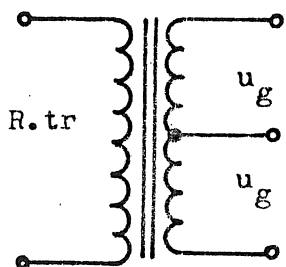
Usměrňovací účinek diod je dán jejich nesymetrickou voltampérovou charakteristikou. Odpor diody v propustném směru je malý, v závěrném směru má dioda odpor velký, o několik řádů vyšší než v propustném směru.

Rozlišujeme usměrňovače jednocestné a dvojecestné. Při jednocestném usměrnění používáme pouze jednu diodu, která propouští střídavý proud jen v jedné půlperiodě.

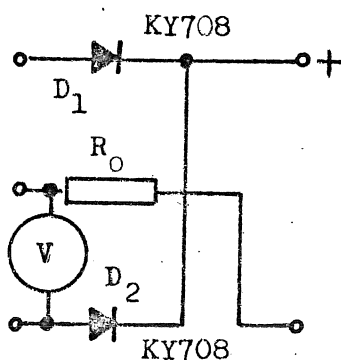
K sestavení jednocestného usměrňovače používáme transformátor s jednoduchým sekundárním vinutím, případně můžeme napětí odebírat přímo ze sítě. Získané usměrněné napětí má výrazné zvlnění, proto musíme mezi usměrňovač a zátěž zapojit vhodný filtr, který zvlnění potlačí.

K sestavení dvojecestného usměrňovače použijeme dvou diod, které připojíme k sekundárnímu vinutí transformátoru s odbočkou uprostřed. Transformátor dodává dvě stejná střídavá napětí vzájemně posunutá ve fázi o π .

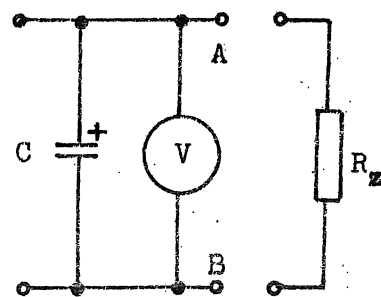
Přípravky používané v praxi k sestavení jednocestného a dvojecestného usměrňovače jsou na obr. 1a, 1b a 1c. Pro jednocestný usměrňovač použijeme diodu D_2 , pro dvojecestný usměrňovač použijeme diody obě.



Obr. 1a



Obr. 1b



Obr. 1c

Připojíme-li u jednocestného usměrňovače s vyhlazovacím kondenzátorem C mezi svorky A a B zatěžovací odpor R_z , bude mezi body A a B zvlněné stejnosměrné napětí u_{ss} , skládající se ze stejnosměrné složky $U_{stř}$ a zvlnění o amplitudě ΔU .

Stejnoseměrná složka usměrněného napětí je

$$U_{stř} = U_m \cos \alpha \cos \Theta,$$

při napětí zdroje $u_g = U_m \cos \omega t$, α je fázový posuv a Θ úhel otevření diody daný dobou t_n , po kterou prochází proud diodou. Pro dostatečně velkou kapacitu kondenzátoru C a malé proudy odporem R_z můžeme úhel α

považovat za zanedbatelně malý, $\cos \alpha \doteq 1$ a

$$U_{\text{stř}} = U_m \cos \varphi \quad (1.1)$$

Pro jednocestný usměrňovač dále platí

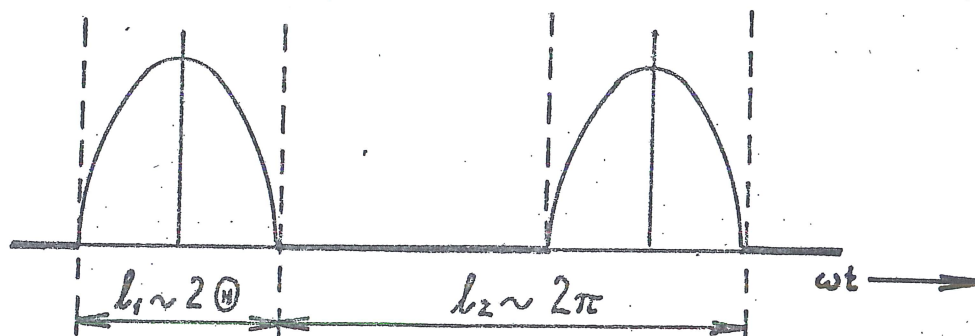
$$\operatorname{tg} \varphi - \varphi = \frac{\pi \cdot R_1}{R_z} \quad (1.2)$$

úhel otevření diody tedy závisí na velikosti zatěžovacího odporu R_z a na odporu R_1 , který představuje odpor diody v propustném směru v sérii s vnitřním odporem zdroje napětí u_g . K ověření činnosti diody v jednocestném usměrňovači použijeme přípravky podle obr. 1a až 1c. Jako zatěžovací odpor R_z použijeme proměnný odpor. Diodu D_1 nezapojujeme. Primární vinutí transformátoru napájíme z regulačního transformátoru R.tr. Měříme efektivní hodnotu napětí na vinutí transformátoru a z ní určíme amplitudu U_m . Toto napětí udržujeme během měření konstantní! Z naměřeného stejnosměrného napětí $U_{\text{stř}}$ na odporu R_z a napětí U_m vypočteme úhel otevření diody

$$\cos \varphi = \frac{U_{\text{stř}}}{U_m}$$

Do grafu vyznačíme závislost $\cos \varphi = f(R_z)$.

Úhel otevření diody můžeme stanovit také užitím osciloskopu. Napětí na odporu R_0 odpovídá průběhem průběhu proudu diodou - obr. 2.



Obr. 2

Z naměřených hodnot $l_1 \sim 2\varphi$ a $l_2 \sim 2\pi$ vypočteme

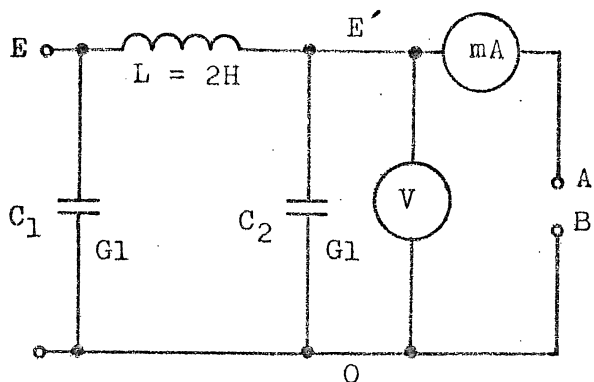
$$\varphi = \pi \frac{l_1}{l_2}$$

Osciloskopem měříme závislost úhlu otevření na proudu zatěžovacím odporem R_z . Sestrojíme graf závislosti $\varphi = f(R_z)$. Výsledky obou řad měření porovnáme.

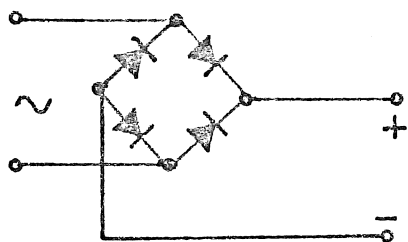
Pro velké hodnoty odporu R_z , $R_z \rightarrow \infty$, hodnota úhlu otevření se blíží nule, vztah (1.2). Ze vztahu (1.1) pak vychází, že hodnota usměrněného napětí $U_{stř} \approx U_m$, kondenzátor C se nabíjí na vrcholovou hodnotu napětí zdroje. Tohoto jevu můžeme v praxi použít pro měření vrcholové hodnoty střídavého napětí. Podmínkou je, že velikost zatěžovacího odporu R_z i kapacita kondenzátoru C musí být dostatečně veliké. Přístrojům, které měří vrcholovou hodnotu napětí, říkáme špičkové voltmetry.

Činnost špičkového diodového voltmetru ověříme napětím síťové frekvence, i když jeho nejčastější použití je v oboru vysokých frekvencí. Jako filtrační kondenzátor volíme kapacitu $C = 100 \mu\text{F}$, zatěžovací odpor R_z je odpor stejnosměrného voltmetru velikosti řádově 10^6 ohmu. Při měření zvyšujeme postupně vstupní napětí usměrňovače regulačním transformátorem a k nastaveným hodnotám střídavého napětí U_{ef} odečítáme hodnoty usměrněného napětí. Vyneseme graf závislosti $U_{stř} = f(U_{ef})$. Pro ideální diodu by závislost měla být lineární se směrnicí $k = \sqrt{2}$.

Ke stanovení průběhu proudu diodou užíváme dvoukanalového osciloskopu, který umožňuje současné sledování průběhů dvou napětí. Pro demonstraci činnosti usměrňovače s vyhlazovacím kondenzátorem můžeme druhého kanálu osciloskopu užít ke sledování průběhu napětí u_{ss} na zatěžovacím odporu R_z . Je možné demonstrovat, že napětí na kondenzátoru stoupá po dobu, kdy diodou prochází proud a klesá po dobu, kdy dioda je uzavřena.



Obr. 3



Obr. 4

Filtrace usměrněného napětí jediným kondenzátorem většinou nestačí. Proto mezi usměrňovač a zatěžovací odpor často zapojíme filtr, který může být ve tvaru podle obr. 3.

Pro další měření použijeme dvojcestného usměrňovače v můstkovém (Graetzově) zapojení. Na výstupu filtru mezi body A a B připojíme proměnný zatěžovací odpor R_z . Zvlnění usměrněného napětí na vstupu filtru (mezi body E a O) a na výstupu filtru (mezi body E' a O) měříme osciloskopem. Amplitudy napětí zvlnění jsou ΔU a $\Delta U'$.

Pro stálou hodnotu vstupního střídavého napětí usměrňovače měníme proud zátěží I_z a pro

každou nastavenou hodnotu proudu I_z změříme amplitudu zvlňujícího napětí ΔU a $\Delta U'$ a napětí na zatěžovacím odporu - U_z .

Úkoly:

1. Ověřte činnost špičkového voltmetru.
2. V jednocestném usměrňovači určete úhel otevření diody
 - a) měřením U_m a $U_{stř}$
 - b) užitím osciloskopu.
 Sestrojte graf závislosti $\varphi = f(R_z)$. Měřte pro hodnoty U_{ef} do 50 V.
3. Ve spojení s dvojcestným usměrňovačem změřte amplitudy zvlňení na vstupu ΔU a výstupu $\Delta U'$ vyhlazovacího filtru. Graficky vyjádřete závislosti

$$\Delta U/U_z = f(I_z) \quad \text{a} \quad \Delta U'/\Delta U = f'(I_z) \quad .$$

Filtr zatěžujte proudem do 200 mA.