

1.2 Násobiče napětí

Pomocí násobičů napětí lze realizovat vyšší výstupní napětí, než jaké jsme schopni získat např. ze sekundárního vinutí transformátoru nebo přímo ze sítě 220 V. S výhodou se takto realizují vysokonapěťové zdroje např. pro napájení černobílých obrazovek. Nevýhodou je, že s rostoucím počtem stupňů klesá možný odebíraný proud z násobiče, tzn. že se jedná o "měkký" zdroj napětí.

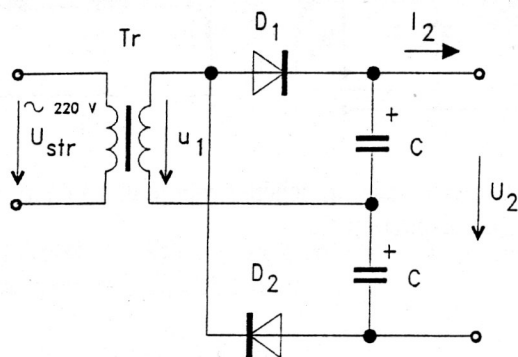
V praxi se realizují násobiče s různým počtem stupňů, tj. od dvoustupňových (zdvojovače) až po mnohastupňové s výstupním napětím až desítky kV.

Násobiče jsou realizovány jako tzv. půlvlenné nebo celovlnné podobně jako u usměrňovačů, kdy se výstupní kondenzátor nabíjí během jedné půlvlny (půlvlenné) střídavého napětí nebo v obou půvlínách (celovlnné). Zapojení obou typů násobičů s různým počtem stupňů lze nalézt ve [3].

V praxi se nejčastěji používají násobiče dvěma (zdvojovače) a pro zdroj vysokého napětí kaskádní násobiče.

1.2.1 Celovlnný zdvojovač (Greinacherův zdvojovač)

Na obr.1.9 je uvedeno zapojení zdvojovače. Toto zapojení slouží jako základ pro vytváření dalších zapojení násobičů třemi, čtyřmi, atd..



Obr.1.9 Celovlnný zdvojovač

Výstupní napětí je dáno součtem napětí na kondenzátorech

$$U_{Rm} = 2\sqrt{2}u_1 \quad (13)$$

Výstupní zvlnění je dáno též součtem zvlnění obou polovin zdvojovače, a lze pro něj psát vztah

$$p = 2 \frac{\Delta u_2}{U_2} \cdot 100[\%] \quad (14)$$

Nabíjecí kapacita [2]

$$C = 12 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{I}{pU_2} [F, A, -, V] \quad (15)$$

Proudové dimenzování diod je shodné jako u jednocestného usměrňovače

$$I > I_{2m} \quad (16)$$

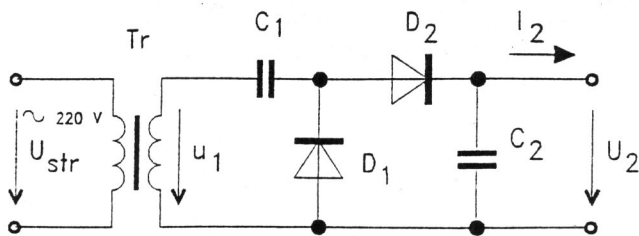
Napěťové dimenzování diod v závěrném směru

$$U_{Rm} > \sqrt{2}u_1 + \frac{U_{2m}}{2} \doteq U_{2m} \quad (17)$$

1.2.2 Půlvlnný zdvojovač (Delonův zdvojovač)

Na obr.1.10 je uvedeno základní zapojení půlvlnného zdvojovače. Zapojení slouží opět jako základní článek pro půlvlnné násobiče. Základem zapojení je jednocestný usměrňovač. Podle [4] se

jedná též o tzv. Villardovo zapojení nebo kaskádní zdvojovač napětí.



Obr.1.10 Půlvlnný zdvojovač (Delonův zdvojovač)

Princip činnosti.

Předpokládejme, že první půlvlna je polarizována tak, že spodní vývod sekundárního vinutí transformátoru má kladný potenciál. Proud bude protékat přes diodu D_1 a kondenzátor C_1 do horního vývodu sekundárního vinutí transformátoru. Kondenzátor se nabije na napětí U_{C1} , tj. na špičkovou hodnotu napětí $\sqrt{2} \cdot u_1$. Při druhé půlvlně se objeví v sérii již dva zdroje napětí, tj. sekundární vinutí transformátoru a kondenzátor C_1 s celkovým špičkovým napětím $\sqrt{2} \cdot u_1 + U_{C1} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot u_1$. Proud teče diodou D_2 a kondenzátorem C_2 . Při tomto se kondenzátor C_2 nabíjí na napětí zdroje, tj. $2 \cdot \sqrt{2} \cdot u_1 = U_{2m}$. Maximální hodnoty platí za předpokladu, že zdvojovač není zatížený.

Napětí na výstupu

$$U_{2m} = 2\sqrt{2}u_1 \quad (18)$$

Napětové dimenzování diod

$$U_{Rm} > 2U_{2m} \quad (19)$$

Proudové dimenzování diod

$$I > I_{2m} \quad (20)$$

Napětové dimenzování kapacit

Pro C_1 platí

$$U_{C1m} \geq \sqrt{2}u_1 = \frac{U_{2m}}{2} \quad (21)$$

Pro C_2 platí

$$U_{C2m} \geq 2\sqrt{2}u_1 = U_{2m} \quad (22)$$

Poznámka I

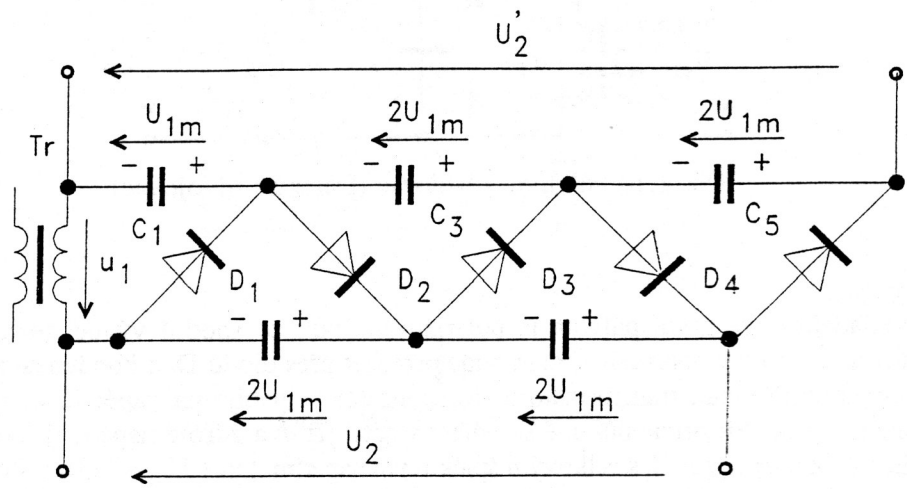
Přidáváním dalších stupňů lze vytvořit násobič třemi, čtyřmi, atd.. Výhodou půlvlnných násobičů je, že mají jeden pól výstupního napětí spojený s jedním vývodem střídavého zdroje, což umožňuje tyto násobiče napájet přímo ze sítě (na výstupu lze zajistit "zem").

Poznámka II

V literatuře se velmi často názvy obou zdvojovačů vzájemně zaměňují [3].

1.2.3 Kaskádní násobič (Delonův násobič)

Na obr.1.11 je uvedeno základní zapojení kaskádního násobiče. Jedná se o nejrozšířenější typ násobiče používaný v praxi. Základ tvoří jednoduchý půlvlnný usměrňovač.



Obr.1.11 Kaskádní násobič

Princip činnosti

Pro jednoduchost předpokládejme nezatížený násobič (kapacity se nabíjejí na špičkové hodnoty napětí). Na sekundárním vinutí je špičková hodnota napětí $U_{1m} = \sqrt{u_1}$. Vyjdeme ze situace, kdy se objeví na spodním vývodu sekundárního vinutí napětí kladné polarity vůči hornímu vývodu sekundárního vinutí (1.půlvlna).

- 1.půlvlna: Proud teče diodou D_1 přes C_1 zpět do zdroje sekundárního napětí. Kondenzátor C_1 se nabije na napětí $U_{1m} = \sqrt{u_1}$.
- 2.půlvlna: V sérii jsou dva zdroje napětí (sekundární vinutí transformátoru a C_1). Proud protéká diodou D_2 přes kondenzátor C_2 zpět do sekundárního vinutí. Kondenzátor C_2 se nabije na napětí dané součtem max. napětí obou zdrojů, tj.

$$U_{C2} = U_1 + U_{C1} = 2U_1 \tag{23}$$

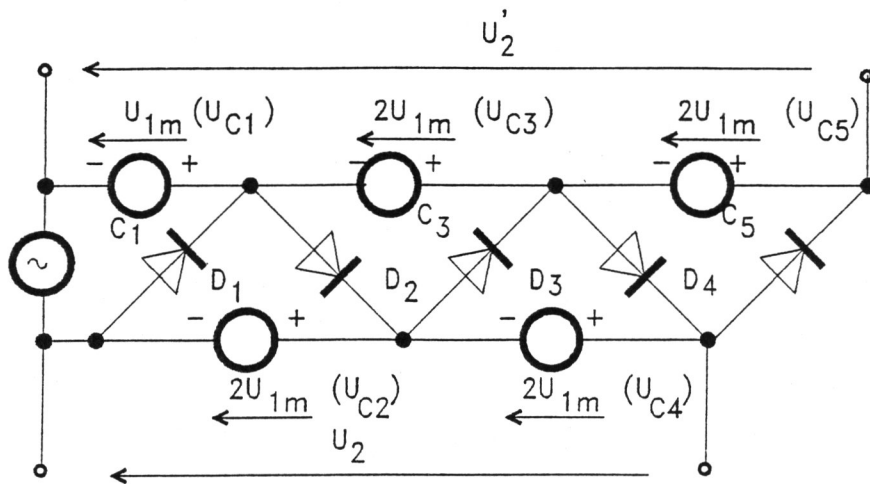
- 3.půlvlna: V sérii jsou zapojené tři zdroje napětí (sekundární vinutí, C_1 , C_2). Proud z těchto sériově zapojených zdrojů napětí se uzavírá přes diodu D_3 a kondenzátor C_3 . Napětí na kondenzátoru C_3 lze spočítat podle Kirchhoffova zákona jako

$$+U_1 - U_{C1} - U_{C3} + U_{C2} = 0 \tag{24}$$

$$+U_1 - U_1 - U_{C3} + 2U_1 = 0$$

$$U_{C3} = 2U_1$$

Další půlvlny: Postup odvození jednotlivých napětí na dalších kondenzátorech je obdobný. Jedná se o sériové skládání napěťových zdrojů. Ekvivalentní zapojení ke kaskádnímu násobiči s napěťovými zdroji je na obr.1.12.



Obr.1.12 Ekvivalentní zapojení s napěťovými zdroji kaskádního násobiče

Y

Poznámka

Existují další typy násobičů, např. kaskádní dvoucestné násobiče z Graetzových můstků, kaskádní dvoucestné násobiče ze dvou Delonových násobičů [2], násobiče na principu Gisperova zapojení [4], atd..