

Resonant converters (Rezonanční měniče)

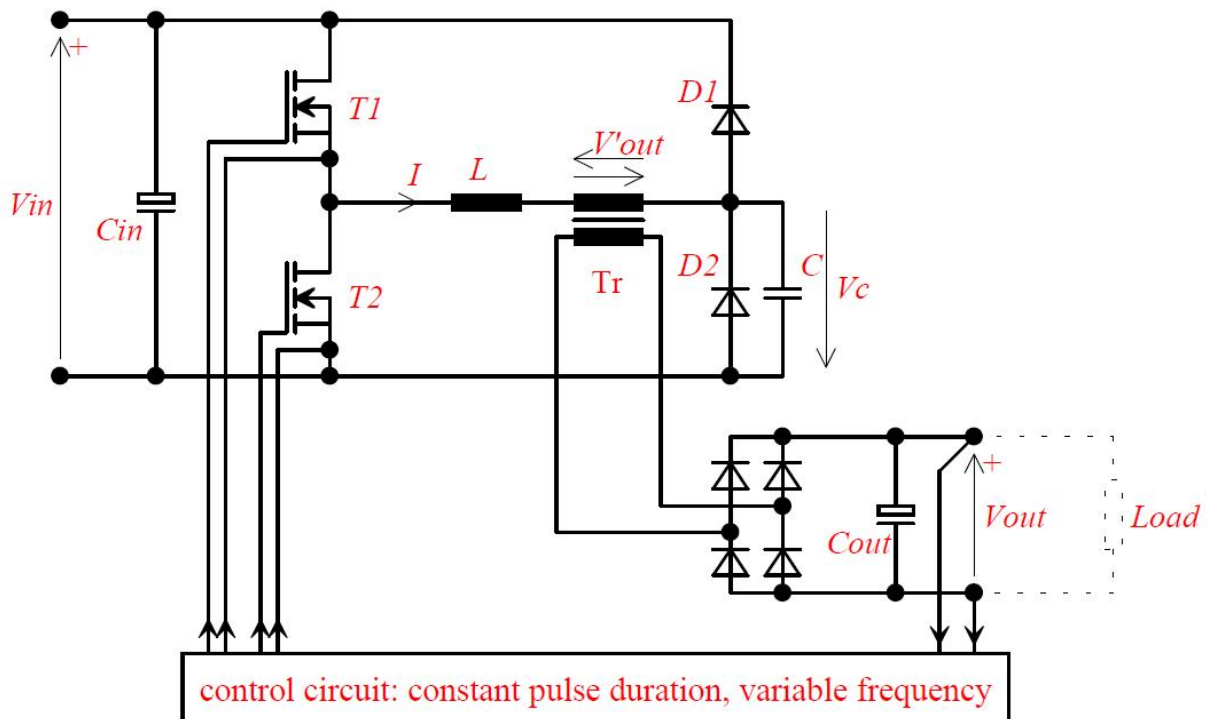
Rezonanční měniče používají rezonanční obvod pro spínání tranzistorů, když jsou v bodě nulového proudu nebo nulového napětí, což omezuje namáhání spínacích tranzistorů a elektromagnetické rušení. Rezonanční měniče dělíme na ty, které spínají v nule napětí (ZVS, Zero Voltage Switching), a na ty které spínají v nule proudu (ZCS, Zero Current Switching).

Pro řízení výstupního napětí mají rezonanční měniče konstantní délku pulzu při proměnné frekvenci. Je požadováno, aby délka pulzu byla rovna polovině periody rezonančního kmitočtu pro spínání při průchodu nulou proudu nebo napětí.

Existuje mnoho druhů rezonančních měničů. Například rezonanční obvod může být umístěn na primární nebo sekundární straně transformátoru. Další volbou je, že může být použit buď sériový, nebo paralelní rezonanční obvod v závislosti na tom, jestli chceme, aby tranzistor vypínal v nule proudu nebo v nule napětí.

Technika rezonančních měničů je popsána níže na příkladu rezonančního měniče typu ZCS-push-pull (protitaktní rezonanční měnič se spínáním v nule proudu).

Protitaktní rezonanční měnič se spínáním v nule proudu



Obr. 1: protitaktní rezonanční měnič se spínáním v nule proudu

Měnič pracuje následovně:

Rezonanční obvod je tvořen prvky L a C . Předpokládejme takovou počáteční podmínku, že napětí V_C na C je rovno nule. Jestliže je tranzistor T_1 sepnut, začne protékat sinusová půlvlna proudu *skrze* T_1 , L , T_r , C a C_{in} . Tato půlvlna nabije kondenzátor C od nuly na hodnotu V_{in} . Jestliže je tato první půlvlna dokončena, T_1

může být vypnut beze ztrát a po krátkém zpoždění může být sepnut tranzistor $T2$ a začne další půlvlna sinusovky, která vybijí C z hodnoty V_{in} zpátky na nulu Voltů.

Každá půlvlna sinusovky přenesou jisté množství energie z primární na sekundární stranu transformátoru. Transformátor Tr pracuje na primární straně jako zdroj napětí. Po dobu trvání půlvlny proudu procházející primárním vinutím, výstupní napětí V_{out} bude transformováno na primární stranu:

$$V'_{out} = V_{out} \frac{N_2}{N_1}$$

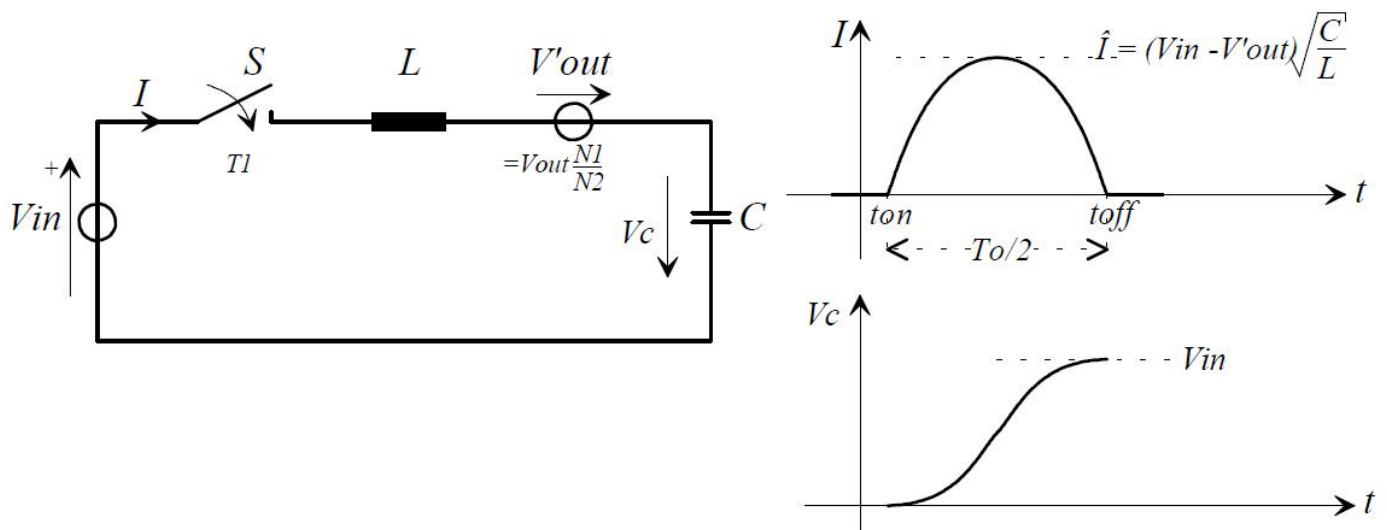
Energie, která je přenesena každou půlvlnou, je rovna:

$$W = V'_{out} \cdot \int i(t) dt$$

Tato energie bude během každé půlperiody přenesena dvakrát. Toto vede k výstupnímu výkonu, jenž je dán:

$$P_{out} = W \cdot 2f_{switching}$$

kde $f_{switching}$ je frekvence měniče. Obr. 2 ukazuje ekvivalentní obvod pro jednu půlvlnu proudu.



Obr. 2: Ekvivalentní obvod pro jednu půlvlnu proudu rez. měniče ZCS-push-pull

Rezonanční frekvence je:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Tento vztah určuje minimální dobu, po níž jsou sepnuty tranzistory. Tato doba by měla být o trochu delší, než je polovina rezonanční periody, aby se zajistilo, že proud klesne na nulu.

Pro maximální přenos energie V'_{out} musí být polovina V_{in} . To vede k poměru závitů transformátoru:

$$V'_{out} = \frac{1}{2} V_{in} \quad \Rightarrow \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

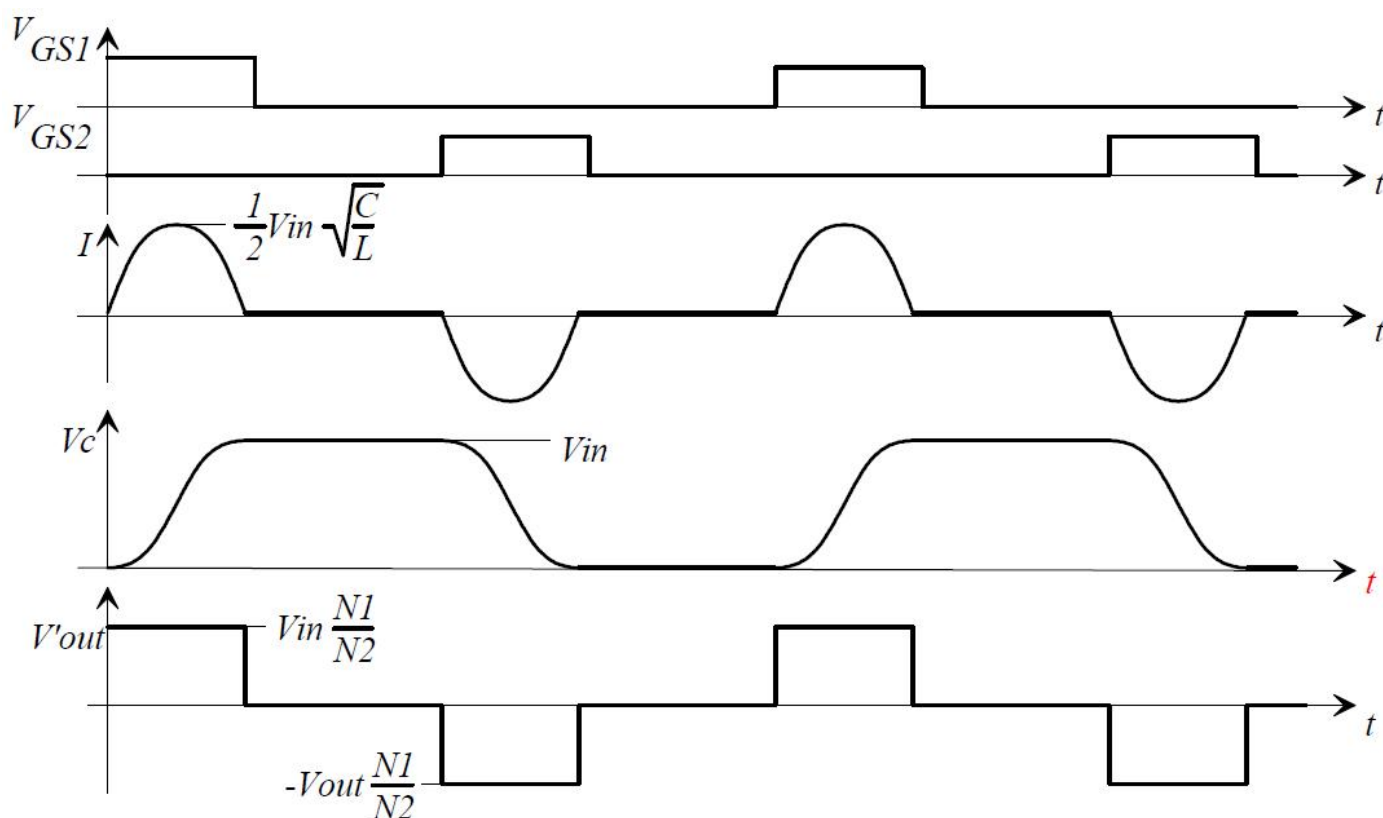
Maximální výstupní výkon je dosažen, když jedna půlvlna proudu následuje za druhou bez časové prodlevy.

Množství energie přenesené během každé půlvlny dále závisí na hodnotách C a L . Čím vyšší hodnota C a nižší hodnota L , pro udržení určité rezonanční frekvence, tím víc energie se přenesou. (Viz také špičková hodnota proudu na obr. 2 a 3.)

Pro jistý výstupní výkon P_{out} , uvažujeme-li $V'_{out} = V_{in}/2$, může být dokázáno, že platí:

$$\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{\left(\frac{V_{in}}{2}\right)^2 \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{f_{switching}}{f_0}}{P_{out}} \quad \Rightarrow \quad C = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot f_0} \quad \text{und} \quad L = \left(\sqrt{\frac{L}{C}}\right)^2 \cdot C$$

Poznámka překladatele: f_0 je rezonanční kmitočet LC obvodu. Jestliže uvažujeme maximální pracovní kmitočet, tj. $f_{switching} = f_0$, z první rovnice vypadne zlomek $f_{switching} / f_0$.



Obr. 3: Napětí a proudy v rezonančním měniči typu ZCS-push-pull

Vedle obecných výhod rezonančních měničů, jako jsou nízké spínací ztráty a nízké elektromagnetické rušení, tento konkrétní rezonanční měnič má dvě další výhody:

- Rezonanční měnič typu ZCS-push-pull může regulovat několik výstupních napětí pomocí jednoho řídicího obvodu, stejně jako blokuující měnič. Je to proto, že několik výstupních napětí se z primární strany jeví jako zapojené paralelně. Díky tomu energie vždy proudí na ten výstup, kde je nejnižší napětí, přičemž bereme v úvahu poměr počtu závitů.
- Rezonanční měnič typu ZCS-push-pull je odolný proti práci bez zátěže a proti zkratu. Výstupní napětí nemůže dosáhnout vyššího napětí než je dvojnásobek jmenovité hodnoty, protože potom platí

$$V'_{out} = V_{in}$$

Proud nemůže dosáhnout hodnoty vyšší než je dvojnásobek jmenovitého proudu, protože potom je

$$V'_{out} = 0 \quad \hat{I} = V_{in} \sqrt{C/L}$$

Zdroj: <http://schmidt-walter.eit.h-da.de/>

Překlad: Ladislav Kopecký