

3. ZÁKLADNÍ KONFIGURACE SÍŤOVÝCH IMPULSNÍCH ZDROJŮ

Pro síťové zdroje provedené impulsní regulací přicházejí v současné době v úvahu čtyři základní skupiny konstrukcí. Jsou to tyto skupiny:

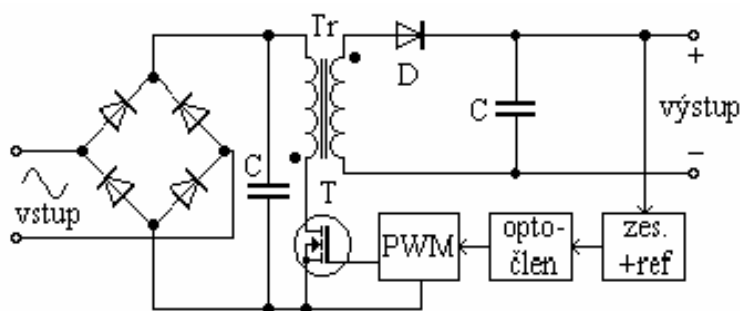
- 1) Blokující měniče (flyback converter)
- 2) Propustné měniče (forward converter)
- 3) Dvojčinné měniče - protitaktní (Push-pull converter)
- 4) Rezonanční měniče (Resonant converter)

Rezonanční měniče jsou pro tyto účely nevhodné a příliš nákladné. Používají se pro pokrytí výkonů řádu jednotek až desítek kW. Zapojení protitaktního měniče (Push-pull) najdeme u impulsních síťových zdrojů velmi zřídka, toto zapojení se spíše používá pro realizaci výkonových měničů DC/AC.

Uvedené čtyři skupiny jsou dále zjednodušeně znázorněny a jsou shrnuty jejich vlastnosti. V kapitole zabývající se vlastním návrhem impulsních zdrojů budou vybrané skupiny podrobněji vysvětleny na použitých konstrukcích. Bližší seznámení s problematikou jednotlivých skupin lze najít v literatuře [40, 41, 42, 43] a [18] ze které jsou vybrány některé údaje. Pro první tři skupiny jsou také zpracovány od výrobců feritových jader výkonové tabulky vyráběných typových řad feritů, což umožňuje základní rychlou orientaci ve vyhledávání velikostí jader transformátorů.

3.1 Blokující měnič

Typické základní zapojení blokujícího měniče je na obr. 3.1. Patří do skupiny jednočinných měničů a jedná se o primární stupeň zdroje, který je velmi rozšířen pro své jednoduché obvodové řešení.



Obr. 3.1 Zapojení blokujícího měniče

Výhody zapojení:

- jednoduché obvodové řešení (nízká cena)
- relativně nízký počet součástek
- potřeba pouze jedné indukční součástky
- nízké svodové ztráty

Nevýhody zapojení:

- dodání a odebrání energie z magnetického obvodu musí být vyrovnáno
- větší ztráty transformátoru díky mezeře v magnetickém obvodu
- poměrně velké jádro transformátoru se vzduchovou mezerou
- středně velké rušení vyzařováním do okolí

Určeno pro aplikace:

- nízké a střední výkony max. do 200W s širokým rozsahem výstupního napětí
- maximální pracovní kmitočet přibližně do 100 kHz

Požadavky na materiál jádra transformátoru:

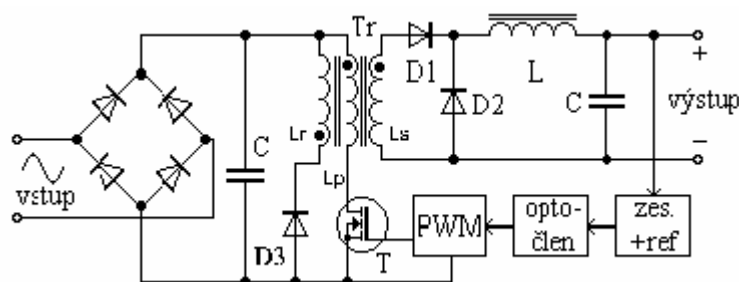
- nízké výkonové ztráty a vysoká teplota
- velmi vysoké hodnoty sycení jádra s nízkou závislostí na teplotě
- použité jádro musí mít vzduchovou mezeru (v poslední době také s garantovanou hodnotou konstanty A_L) Součinitel indukčnosti A_L je materiálová konstanta jádra, vycházející z dosažené indukčnosti použitím jednoho závitu na daném jádře.

Doporučený materiál jádra (je použito označení feritů firmy EPCOS):

- E / U jádra z materiálu N27 (standard)
 - N62 (nízko ztrátové jádro, vysoké hodnoty sycení)

3.2 Propustný měnič

Typické základní zapojení propustného měniče je na obr. 3.2. Patří také do skupiny jednočinných měničů. Zapojení propustného měniče má vůči blokujícímu měniči vyšší účinnost a vyšší výkonový rozsah. Takto konstruované impulsního zdroje mají lépe využitý magnetický obvod transformátoru (nepotřebuje vzduchovou mezeru v jádře) a to v praxi umožní použít menší jádro transformátoru.



Obr. 3.2 Zapojení propustného měniče

Výhody zapojení:

- vyšší výkonový rozsah než má blokující měnič
- vysoká účinnost

Nevýhody zapojení:

- potřeba dvou induktivních součástek
- velká výstupní filtrační cívka
- poměrně vysoké rušení vyzařováním (komplikované odrušení)

Určeno pro aplikace:

- střední a vysoké výkony (asi do 500W) obzvláště v oblasti malých výstupních napětí
- řízení pomocí PWM do kmitočtů 500 kHz

Požadavky na materiál jádra transformátoru:

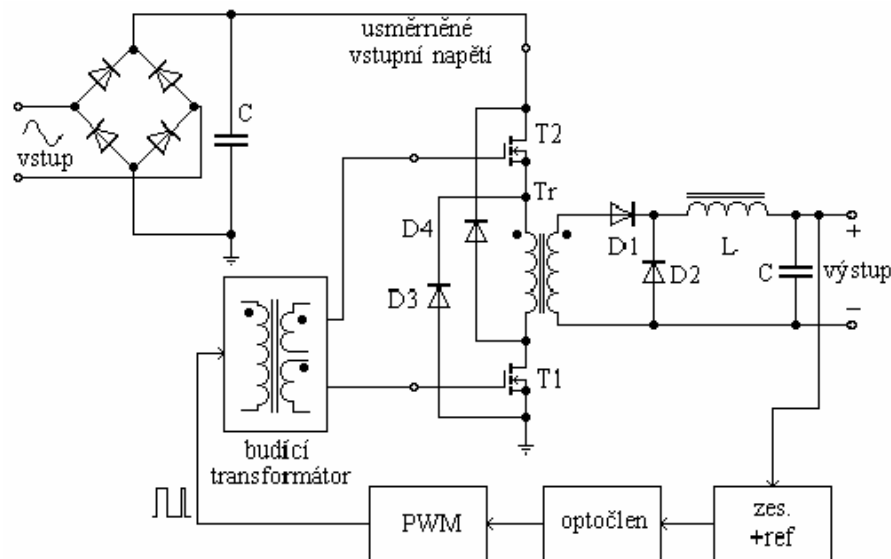
- nízko ztrátové, vysoko teplotní a vysokofrekvenční materiál s nízkými vířivými proudy
- většinou bez vzduchové mezery

Doporučený materiál jádra (je použito označení feritů firmy EPCOS):

- E / ETD jádra, malé EFD jádra, RM / PM jádra vyrobeny z materiálů
 N27, N41 (platí pro kmitočty do 100 kHz)
 N62, N67, N72 (platí pro kmitočty do 300 kHz)
 N87 (platí pro kmitočty do 500 kHz)
 N49, N59 (platí pro kmitočty od 500 kHz do 1 MHz)

Vlastnosti propustného měniče jsou poměrně dobré, ale z hlediska konstrukce transformátoru přináší některé problémy. Magnetický obvod transformátoru má lepší využití než u blokujícího měniče, což je příznivé, ale je nutné mít demagnetizační vinutí. Toto vinutí se musí na danou kostru transformátoru vejít, což většinou vede na minimálně o jeden stupeň vyšší rozměr transformátoru než by s rezervou postačoval pro přenesení daného typového výkonu. Uvedený problém je ale řešitelný v modifikaci zapojení propustného měniče, jehož zapojení je na obr. 3.3.

Stále se jedná o jednočinný měnič, protože oba spínací tranzistory spínají současně. Při použití této verze odpadá problém s rekuperačním vinutím impulsního transformátoru (výroba je jednodušší) a plocha okna pro vinutí může být menší. Protože jsou spínací tranzistory zapojeny v sérii a spínají současně, vystačíme v praxi s nižší hodnotou napětí U_{DS} . Řídící obvody jsou relativně jednoduché a lze použít všechny řídicí integrované obvody určené pro blokující nebo propustné měniče standardních zapojení.



Obr. 3.3 Základní blokové schéma propustného měniče se dvěma spínači

3.3 Dvojitý měnič (půlmůstek)

Zapojení dvojitých měničů je více, ale pro síťové impulsní zdroje se téměř výhradně používá konfigurace nakreslena na obr. 3.4.

Výhody zapojení:

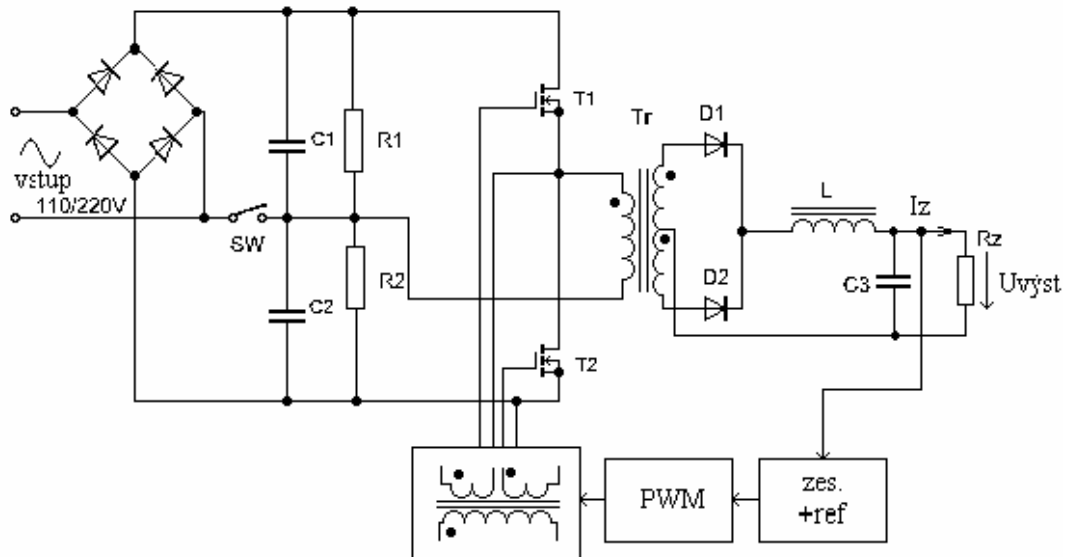
- vysoký výkonový rozsah, řádově v kW
- malé indukčnosti filtrační tlumivky
- vysoká účinnost
- poměrně nízké rušení vyzářováním

Nevýhody zapojení:

- dvě indukční součástky
- složitější vinutí transformátoru (půlené výstupní vinutí)
- vysoké nároky na součástky
- složitější obvody pro řízení
- nutnost prodlevy při spínání a rozpínání tranzistorů

Určeno pro aplikace:

- vysoké výkony, možno použít už od 100W
- PWM modulace do kmitočtů 500 kHz



Obr. 3.4 Zapojení dvojčinného měniče (spínač SW volí velikost vstupního napětí:
SW=sepnutý znamená provoz $U_{IN} = 110V$
SW=vypnutý znamená provoz $U_{IN} = 220V$)

Požadavky na materiál jádra transformátoru:

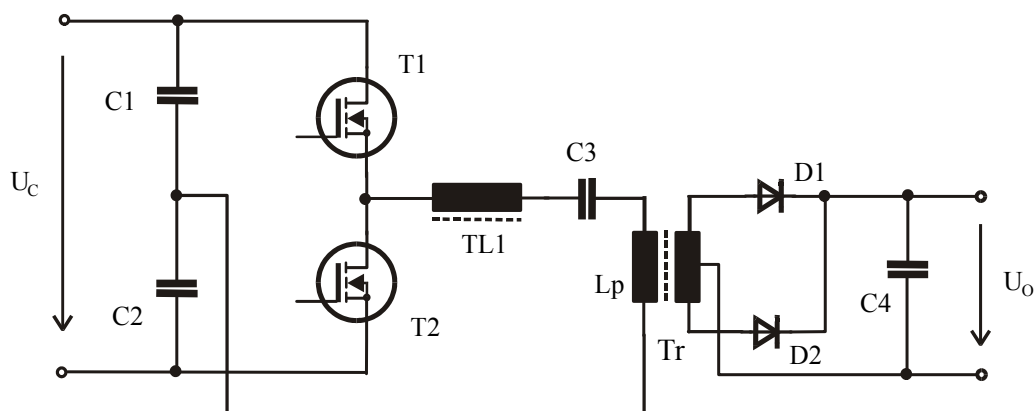
- nízké ztráty při vysokých teplotách
- nízké ztráty vířivými proudy, zvláště při aplikacích okolo 500 kHz a vyšších
- jádro bez vzduchové mezery

Doporučený materiál jádra (je použito označení feritů firmy EPCOS):

- velké E / ETD, RM / PM jádra vyrobeny z materiálů N27, N67, N87 (s velkým jádrem o průřezu $> 250\text{mm}^2$)

3. 4. REZONANČNÍ MĚNIČ

Typické zapojení základní konfigurace je na obr. 11.



Obr. 11. Zapojení rezonančního měniče

Výhody zapojení:

- vysoký výkonový rozsah, řádově v kW
- vysoká účinnost (většinou nad 80%) díky poklesu dynamických ztrát ve spínacích a usměrňovacích prvcích
- malé rozměry transformátoru
- podstatné snížení rušení vyzařováním
- sinusový tvar proudu, který prochází výstupním transformátorem

Nevýhody zapojení

- vysoké nároky na součástky
- složitý systém pro řízení
- vysoké požadavky na feritové materiály indukčností

Určeno pro aplikace

- vysoké výkony, možno s výhodou použít u výkonů nad 500W
- PWM modulace s kmitočtem nad 500 kHz (v současné době většinou 1 MHz)

Požadavky na materiál jádra transformátoru a indukčností

- velmi nízké ztráty vířivými proudy při vysokých kmitočtech a teplotách
- Curieho teplotu feritového materiálu $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ (v současné době $240\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- jádro bez vzduchové mezery

Doporučený materiál jádra (je použito označení feritů firmy Siemens):

- výhradně materiály z materiálů N49 a N59

Tato skupina měničů se začala objevovat v literatuře ve větší míře asi tak v polovině sedmdesátých let. V té době ale nebyly k dispozici takové feritové materiály, které by zajistily potřebné vlastnosti. (hlavně nízké ztráty) a proto tyto konstrukce byly většinou zkoušeny pouze jako laboratorní vzorky. V poslední době se ale dostávají opět v oblasti vysokých výkonů do popředí pozornosti.

Zapojení spínaného zdroje vychází z jeho názvu SRPS = series resonant power supply, tj. výkonový zdroj na principu sériové rezonance a je na obr.11. Vstupní napětí je přivedeno na kondenzátorový filtr. Dva spínací MOS tranzistory spolu se dvěma kondenzátory C_1 a C_2 tvoří tímto stejnosměrným napětím napájený můstek v jehož úhlopříčce se nalézá laděný sériový rezonanční obvod $C_3 + L_p$. Indukčnost L_p je tvořena primárním vinutím hlavního transformátoru. Ve správném pracovním režimu (na výstupu je požadované napětí) řídicí obvod výkonového stupně budí tranzistory impulsy s opakovacím kmitočtem f_0 . Jakmile se však z nějakých důvodů změní na výstupu požadovaná hodnota napětí, např. směrem dolů (klesá), pak řídicí obvod změní kmitočet tak, aby se pracovní kmitočet f_0 přiblížil rezonanční frekvenci f_r obvodu $C_3 + L_p$. Tím rezonančním obvodem vzrůstá proud (klesá jeho impedance), do transformátoru se dostává více energie a výstupní napětí tím roste směrem k původní velikosti. Naopak při vzrůstu výstupního napětí (např. odlehčením zdroje odpojením části zátěže) výstupní kmitočet řídicího obvodu se od rezonanční frekvence f_r vzdaluje a odpor rezonančního sériového obvodu $C_3 + L_p$ roste a tím klesá proud tímto obvodem a následkem i výstupní napětí. Vzhledem k tomu, že strmost boků rezonanční křivky je relativně vysoká, je tato regulace velmi citlivá i na malé změny výstupního napětí a samozřejmě i rychlá.