

Kvazirezonanční střídač pro řízení střídavých proudů

Václav Sládeček

Katedra výkonové elektroniky a elektrických pohonů, FEI, VŠB – Technická univerzita
Ostrava, 17. listopadu 15, 708 33, Ostrava-Poruba
vaclav.sladecek@vsb.cz

Abstrakt. Příspěvek se zabývá problematikou minimalizace ztrátového výkonu vznikajícího na spínacích tranzistorech u měničů kmitočtu, používaných pro řízení střídavých strojů. Zabývá se problematikou tzv. rezonančních a kvazirezonančních měničů, možnostmi jejich použití v oblastech průmyslové a výkonové elektroniky a možnostmi praktické realizace řídicích obvodů vybraných typů těchto měničů.

Klíčová slova: měkké spínání, spínaný zdroj, rezonanční měnič

1 Úvod

V dnešní době je v souvislosti se zvyšováním ceny elektrické energie aktuální problematika snižování ztrát elektrických zařízení a zvyšování jejich kvality. Tomu se nevyhnula ani oblast výkonové elektroniky, ve které se to týká, zejména oblasti polovodičových měničů. Největší měrou se na ztrátách polovodičových měničů podílejí ztráty spínací. Tyto ztráty snižují horní hranici spínací frekvence a tím dochází ke snížení kvality výstupních veličin. Snížení těchto ztrát lze docílit použitím měkkého spínání v nule napětí nebo proudu, které využívá rezonančních vlastností LC obvodu. Vzhledem ke stále většímu rozsahu použití spínaných napájecích zdrojů byly především v oblastech průmyslové a výkonové elektroniky kladeny požadavky na eliminaci zpětných vlivů těchto napájecích zdrojů na napájecí síť. Nedostatkem klasických spínaných zdrojů je, že parazitní reaktance ve výkonovém obvodu jsou zdrojem energie, která způsobuje ztrátové výkony, napěťové špičky a rušení elektromagnetickými vlnami, které se šíří po vodičích a vyzařují z měniče. Ztrátové výkony jsou zvláště významné při vysokých spínacích kmitočtech. Problémy zvyšujících se ztrát při vysokých spínacích kmitočtech se podařily vyřešit pomocí takzvaných rezonančních měničů. Tyto měniče využívají rezonance LC obvodu. Při použití rezonančních obvodů se omezují spínací ztráty buďto tím, že se rezonanční indukčnost připojí nebo odpojí od rezonančního obvodu v nule proudu procházejícího touto indukčností, nebo tím, že se připojuje nebo odpojuje rezonanční kapacita v nule napětí. Špičkou v této oblasti jsou měniče kvazirezonanční, které využívají rezonančních vlastností LC obvodu pouze v okamžicích komutace spínačů. Snížení strmosti nástupné a sestupné hrany výstupního napětí při použití rezonančních měničů má také příznivý vliv na elektromagnetické rušení.

Nevýhodou rezonančních měničů jsou nároky kladené na jejich řídicí obvod. Po něm je požadováno, aby pracoval v reálném čase, což například při vektorovém řízení

šířkově-pulzní modulace vyžaduje velmi rychlý mikroprocesor. V důsledku těchto požadavků je použití rezonančních měničů velmi malé a omezuje se na speciální aplikace například v leteckém průmyslu, kde jsou kladeny velké nároky na elektromagnetickou kompatibilitu a ekonomický provoz. Vzhledem ke složitosti kvazirezonančních měničů také poměr výkon/cena zatím hovoří v neprospěch těchto měničů.

2 Rozdělení rezonančních měničů

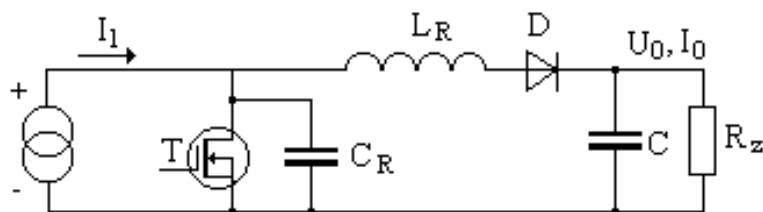
Z hlediska principu činnosti můžeme rezonanční měniče rozdělit na dvě základní provedení:

měníče se spínáním

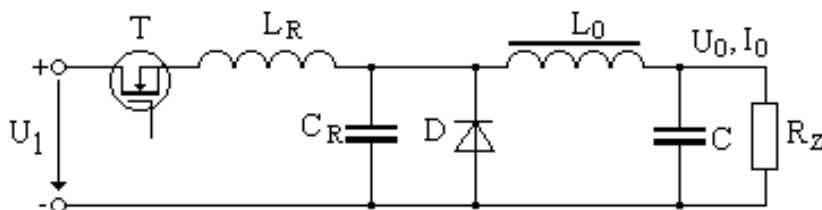
a) v nule napětí (ZVS - zero voltage switching) - rezonanční kondenzátor je připojen paralelně ke spínacímu tranzistoru

b) měniče se spínáním v nule proudu (ZCS - zero current switching) - rezonanční indukčnost je zapojena v sérii se spínacím tranzistorem

Schematická zapojení těchto dvou variant jsou uvedena na obr.1 a obr. 2.

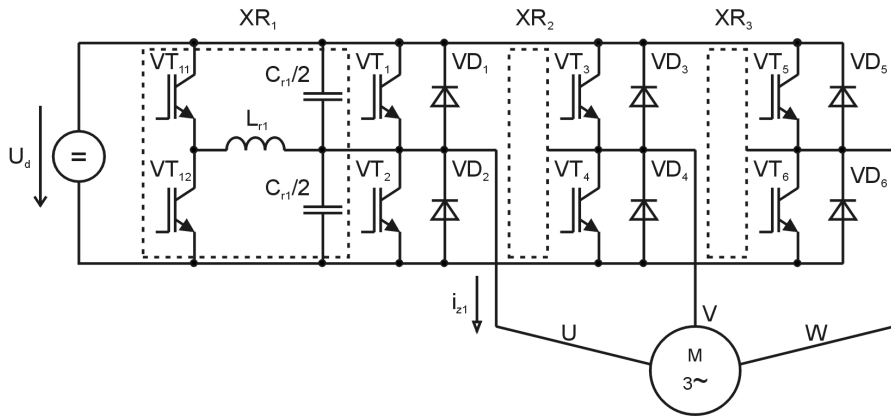


Obr. 1. Měníč se spínáním v nule napětí.



Obr. 2. Měníč se spínáním v nule proudu.

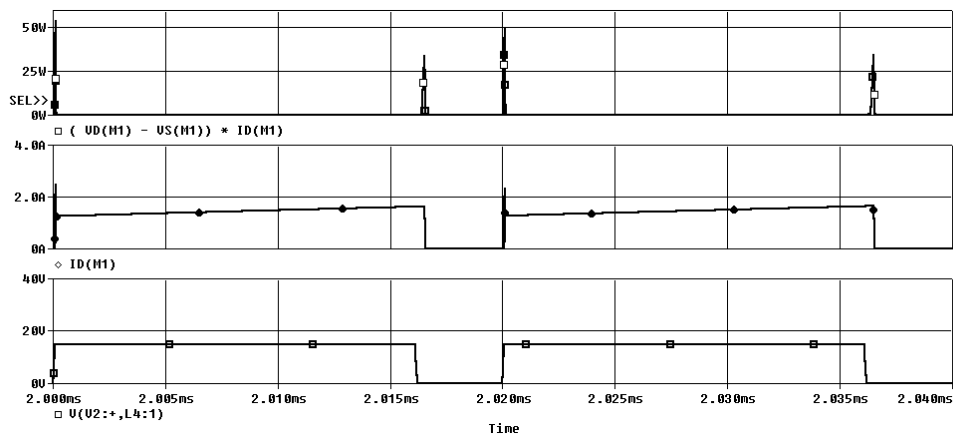
Na obr.3 je pak znázorněna výkonová část třífázového kvazirezonančního měniče s pomocnými rezonančními póly.



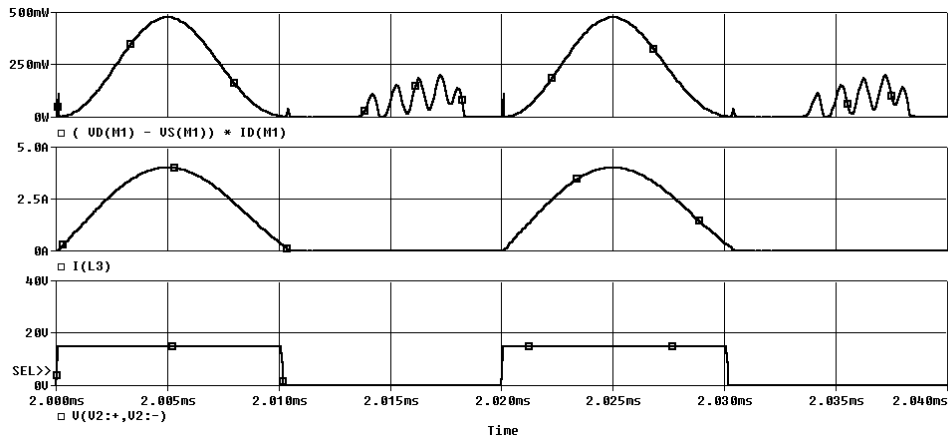
Obr. 3. Měnič s pomocnými rezonančními póly.

2.1 Srovnání ztrát klasického a rezonančního pulzního měniče

Vzhledem k tomu, že při počátečním návrhu rezonančních měničů je výhodné vycházet z počítačové simulace rezonančního děje, jsou na obr. 4 a 5 uvedeny průběhy napětí, proudu a ztrátového výkonu na spínacím tranzistoru u měniče s “tvrdým spínáním” a měniče se spínáním v nule proudu pro stejné parametry zátěže a stejné napěťové a proudové poměry na zátěži. Je zapotřebí zdůraznit, že zatímco u klasického měniče je možné výstupní napětí řídit pomocí konstantního kmitočtu spínání, v případě měničů rezonančních je nutno použít řízení s konstantní dobou sepnutí spínače, tzn. s proměnným kmitočtem.



Obr. 4. Časový průběh napětí, proudu a výkonu na spínacím tranzistoru nerezonančního měniče



Obr. 5. Časový průběh napětí, proudu a výkonu na spínacím tranzistoru rezonančního měniče se spínáním v nule proudu.

3 Měnič s pomocnými rezonančními póly

Principiální schéma zapojení výkonové části tohoto měniče je uvedeno na obr.3. Měnič je tvořen klasickým napěťovým střídačem s nulovými diodami, každá větev je pak doplněna pomocnými rezonančními póly XR_1 až XR_3 , obsahující (pro XR_1), pomocné spínače VT_{11} a VT_{12} , rezonanční indukčnost Lr_1 a rezonanční kapacity Cr_1 . Hlavní spínače můstku střídače spínají v nule napětí a pomocné spínače v nule proudu. V žádném z těchto spínačů tedy nevznikají ztráty, které se uplatňují při klasickém “tvrdém spínání” klasického měniče kmitočtu.

4 Současný stav řešení dané problematiky

Uvedený typ měniče je v současné době realizován z pohledu výkonové části až na úroveň vstupních signálů jednotlivých spínačů. Jako počáteční řešení byla provedena realizace pouze jedné fáze (větve) tohoto měniče a byla realizována hardwarová část, která se skládá z částí analogové (zpracování signálu z proudových a napěťových čidel) a částí číslicové (zatím realizované na úrovni obvodů LS TTL). Toto řešení bylo zvoleno s ohledem na ověření požadované rychlosti, kterou bude nutno vyžadovat od následně použitého mikroprocesorového systému. Nicméně i v tomto případě bude kladen značný důraz na analogovou část, protože vzhledem k rychlosti rezonančních dějů (řádově desítky kHz) je již na její realizaci nutno přistupovat s obdobnými metodami, které se používají u návrhu a řešení vf obvodů. Po ověření tohoto řešení je následně uvažováno s nasazením signálového procesoru TMS 320M2812 do fy Texas Instruments pro vytvoření řídicího algoritmu třífázového měniče.

Reference

1. Chlebiš P.- Sládeček V. Optimalizace střídače s pomocnými rezonančními póly. *EPVE'2000 Brno 2000 str. 105-110*. Brno 2000.
2. Chlebiš P.- Sládeček V. Střídač s pomocnými rezonančními póly. *EE - Odborný časopis pro elektrotechniku a energetiku, ročník 6, október 2000, mimoriadne číslo, str. 40-41*. Bratislava 2000.
3. Chlebiš P.- Sládeček V. Kvazirezonanční střídač s pomocnými póly. *SYMEP'2000 - Mezinárodní sympozium učitelů elektrických pohonů*. TU Košice 2000.
4. Chlebiš P.- Sládeček V. - Klímek J. Optimalizace řízení střídače s pomocnými rezonančními póly. *EE - Odborný časopis pro elektrotechniku a energetiku, ročník 7, október 2001, mimoriadne číslo, str. 12-14*. Bratislava 2001.
5. Chlebiš P.- Sládeček V. Three Phase Soft Commutation Auxiliary Resonant Pole Inverter. *International Conference on Electrical Drives and Power Electronics EDPE 2001. 3 – 5 October 2001, The High Tatras Slovakia , str. 261-265*. ISBN80-89061-46-X
6. Pavelek T. - Sládeček V. Varianty a způsoby řešení měkkého spínání, používané u kvazirezonančních měničů. *SYMEP 2002 ,XIX Mezinárodní sympozium učitelů elektrických pohonů. Liberec, 24. – 26.6. 2002, str. 101 – 106*. ISBN 80-7083-612-1
7. Pavelek T. - Sládeček V.: Experimentální výsledky v řešení meziobvodů kvazirezonančních měničů. *Zborník ku konferencii Elektrotechnika a Energetika 2002, Časopis EE, 8, 2002, mimoriadne číslo, str. 128 – 130*. Bratislava 2002.
8. Sládeček, V. Vliv regulátorů PFC na tvar proudu odebíraného vstupním usměrňovačem napájecího zdroje. *EE - Odborný časopis pro elektrotechniku a energetiku, ročník 7, október 2001, mimoriadne číslo, str. 18-20*. Bratislava 2001
9. Sládeček V. Aplikace PFC filtrů u spínaných zdrojů. *XXVII. Celostátní konference o elektrických pohonech, Plzeň 12.-14. str. 259-264*. Plzeň 2001 ISBN 80-02-01434-0

Annotation.

This paper describes issue minimization of power dissipation incipients in switching transistors. Here is issue of resonant and quasi resonant converter indication, application in electronics and power electronics and practical realization control circuits.

In the paper are the results of the project CEZ:J17/98:272400014, which was supported by The Ministry of Education of Czech Republic. This research was supervised by doc. Ing. Petr Chlebiš, CSc.