

## Oponentský posudek disertační práce

Název: Nové koncepce výkonových pulsních měničů s použitím extrémně rychlých spínacích polovodičů na bázi karbidu křemíku

Autor: Ing. Jan Kuzdas

Školitel: doc. Ing. Pavel Vorel, Ph.D.

Oponent: doc. Ing. Pavel Drábek, Ph.D.

Západočeská univerzita v Plzni  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky  
Univerzitní 26, 306 14 Plzeň  
Tel.: 377634437, Fax: 377634402  
e-mail: drabek@kev.zcu.cz

### 1) Věcné hodnocení disertační práce, stanovisko k výsledkům

Předložená disertační práce se v rozsahu 88 stran věnuje problematice pulsních měničů velkého výkonu (desítky kW) při použití nových polovodičů na bázi karbidu křemíku (SiC).

Nejprve je analyzován současný stav problematiky – topologie DC/DC měničů, polovodiče pro vysoké spínací frekvence, materiál prvků a také budiče.

Třetí kapitola popisuje cíle disertační práce, z nichž je potřeba zmínit důraz kladený na minimalizaci objemu nové koncepce měniče. Z čehož plynou kroky pro zvyšování spínací frekvence a použití prvků na bázi SiC.

Stěžejní část práce začíná kapitolou 4, která se zabývá vlastní topologií DC/DC měniče s izolujícím transformátorem. Výsledná koncepce se skládá ze vstupního diodového usměrňovače napájecího sériové spojení 2 jednočinných H-můstků s CoolMOSFETy, které napájí 2 vysokofrekvenční transformátory na 100kHz. Na výstupech transformátorů jsou osazeny diodové usměrňovače SiC.

Kapitola 5 se věnuje optimalizaci vysokofrekvenčního impulzního transformátoru s ohledem na minimalizaci objemu a hmotnosti. Zde bylo provedeno několik optimalizací průřezu toroidního jádra transformátoru (optimální tvar plochy  $S_{Fe}$ ) versus počet závitů.

V kapitole 6 jsou analyzovány parazitní jevy v silových obvodech navržené koncepce měniče. Primárním zdrojem těchto rušivých parazitních jevů je kombinace velkého spínacího

kmitočtu a použití rychlých spínacích prvků. V kapitole jsou navržena opatření pro jejich potlačení případně pro úplné odstranění.

Finální sedmá kapitola práce popisuje detailní popis fyzikální realizace funkčního vzorku nové koncepce DC/DC impulzního měniče. Je zde provedeno dimenzování spínacích tranzistorů a diod, RCD ochranných obvodů pro snížení  $du/dt$ , vysokofrekvenčního impulzního transformátoru, driveru, PWM modulátoru atd.

Disertační práce se zaměřuje na fyzikální realizaci DC/DC měniče s izolujícím transformátorem s důrazem na minimalizaci objemu a hmotnosti. Minimalizace je dosaženo zvýšením spínací frekvence DC/DC měniče na 100kHz, které odpovídá výrazné snížení rozměrů i hmotnosti výsledného měniče. Při použití velice rychlých CoolMOSFET tranzistorů a SiC diod dochází i k negativním rušivým jevům, kterými se práce detailně zabývá.

## **2) Formální hodnocení**

Zvolený postup řešení je dle mého názoru plně v souladu s obecnými zvyklostmi. Vlastní řešení je obsahem 4. až 7. kapitoly pojednávající o fyzikální realizaci DC/DC měniče s izolujícím transformátorem s důrazem na minimalizaci objemu a hmotnosti. Kapitoly jsou pak logicky členěny od topologie DC/DC měniče, přes optimalizaci transformátoru a parazitní jevy v silovém obvodu, k finální realizaci funkčního vzorku.

## **3) Posouzení publikační činnosti autora**

Ing. Jan Kuzdas je autorem nebo spoluautorem velkého množství odborných článků (1x v internetovém časopise Elektrevue, zahraniční konference, tuzemská odborná fóra), v nichž bylo jádro práce na patřičné úrovni publikováno.

## **4) Význam disertační práce pro obor**

Provedené rozbory aktuálního stavu problematiky, navržené topologie DC/DC měniče a praktické realizace měniče přináší užitečné informace do problematiky výkonových pulzních měničů pro vysoké spínací frekvence.

Za hlavní přínosy práce považuji provedení optimalizace rozměrů vysokofrekvenčního transformátoru s vlastní realizací v podobě komplexního designu transformátoru a výstupní tlumivky pro dosažení prostorové úspory. Dále detailní studii problematiky parazitních jevů vznikajících při provozu DC/DC měniče na vysokých spínacích frekvencích. A v neposlední řadě i praktická realizace celé koncepce DC/DC měniče s izolujícím transformátorem pracujícím při spínací frekvenci 100kHz.



Vzhledem k odborné úrovni, přínosu pro obor, publikační činnosti a zpracování, disertační práci Ing. Jana Kuzdase s názvem „Nové koncepce výkonových pulsních měničů s použitím extrémně rychlých spínacích polovodičů na bázi karbidu křemíku“ **jednoznačně doporučuji k obhajobě a doporučuji udělení titulu „doktor“ jejímu autorovi.**

V Plzni, dne 19.11.2014



Doc. Ing. Pavel Drábek, Ph.D.

### **Poznámky k doktorské disertační práci**

1. Posuzovaná disertační práce obsahuje některé drobné chyby, které však nesnižují kvalitu předložené práce, např.:
  - Str.47, kap. 6.5 – impluzních rušivých proudů (místo impulzních)
  - Str.70, kap. 7.2.4 – zde se píše o odporu bočnicku  $3,5\text{m}\Omega$  a při proudu 100A je úbytek 35 mV (asi by mělo být 350mV)
  - Dále se k tomu ještě váže obr.42, kde je v levé části zmínka .... bočník 140mV/100A, což nijak nekoresponduje s předchozím vyjádřením o bočnicku
2. Disertant v textu používá některé výrazy, které možná by stálo za to nahradit (ale je to otázka používání terminologie a spíše to závisí na zvyklostech daného pracoviště)
  - Používání výrazu přepínací ztráty (běžně se používá spíše výraz spínací ztráty)
  - Vysokofrekvenční transformátor (je otázka zda 100kHz je středofrekvenční nebo vysokofrekvenční)
3. Disertant v závěru textu zmiňuje dostupnost nových tranzistorů na bázi SiC na trhu, ale v potřebných napěťových a proudových hladinách to nabízí pouze firma CREE
  - V tomto bodě musím nesouhlasit a existuje i další firmy, které nabízejí taktéž SiC prvky 1200V a více než 100A.

### **Dotazy k doktorské disertační práci**

1. Proč jsou použity drivery s indukční vazbou a nejsou použity optočleny, kterých je na trhu spousta?
2. Str.75 tab.6 uvádí ztráty v obvodu realizovaného měniče, nejsou zde však zmíněny ztráty výstupního LC filtru (kap. 7.1.5) a vstupního odrušovacího filtru (kap. 7.1.8)?
3. Koncepce měniče v sobě obsahuje procesor MC56F8322, který slouží pro zobrazování aktuálních veličin, ale není použit pro řízení měniče. Proč je řízení měniče řešeno analogově a není k tomu použit procesor (buď MC56F8322 nebo jiný typ)?