

Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: **Ing. Jan Martiš**

Název práce: **Zvyšování účinnosti a optimalizace výkonových pulzních měničů**

Oponent: **prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.**

Fakulta elektrotechnická
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 26, 306 14 Plzeň
Česká republika

Tento oponentní posudek je vypracován na základě žádosti Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v souladu s požadavky zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů.

1. Aktuálnost řešeného tématu a jeho význam pro praxi a rozvoj oboru

Předložená disertační práce je zaměřena na dc/dc měniče většího výkonu (okolo 10kW) s izolačním transformátorem s hlavním důrazem na dosažení maximální účinnosti měniče a jednoduchosti jeho řízení. Řešeným tématem se zabývají všechna přední světová výzkumná a vývojová pracoviště (i když většina volí jiná topologická řešení, než je zkoumáno v této disertační práci). Řešená problematika nabývá na významu i v souvislosti s rostoucí popularitou stejnosměrných sítí, kde dc/dc měniče hrají klíčovou roli. Jedná se o téma aktuální a z hlediska průmyslové praxe důležité.

2. Obsah disertační práce, posouzení zvolené metodiky řešení

Posuzovaná disertační práce sestává ze sedmi hlavních kapitol, celkový rozsah práce je 110 stran.

V úvodu autor zdůvodňuje, proč si pro řešení dc/dc měniče vybral netradiční topologii – blokující měnič, který má pro cílový výkon řadu nectností. V kap. 2 analyzuje autor současný stav poznání ve zkoumané problematice dc/dc měničů, přičemž se zaměřuje zejména na řešení pro výkony nad 1kW. Analýza současného stavu poznání je dosti stručná a mohla by být propracovanější. Obsahuje však formulaci hlavních v současnosti řešených problémů, a tak ji považuji za akceptovatelnou.

V kap. 3 jsou definovány cíle práce. Tyto jsou formulovány jasně a srozumitelně.

Vlastní řešení (jádro disertační práce) začíná kap. 4, kde jsou popsány a ověřeny navrhované úpravy standardní topologie blokujícího měniče s cílem stavby alfa vzorku měniče o výkonu 1,2 kW. V úvodu autor předkládá porovnání rozměrů transformátoru a množství mědi pro

variantu blokujícího a propustného dvouspínačového jednočinného měniče. Autor v analýze předpokládá ideální obdélníkový proud u propustného měniče. Kdyby byl uvažován realitě bližší trapezoid, byly by výsledky pro zkoumaný blokující měnič ještě příznivější. Následně je prezentováno jednoduché omezení napětové špičky na spínacím tranzistoru pro jednospínačové zapojení blokovacího měniče. Problém pulzního proudu sekundárního usměrňovače je vyřešen použitím C-L-C filtru. Pro větší výkony pak autor navrhuje řešit problém pomocí vícefázového řazení měničů a přesazení jejich řízení. Za zajímavé považuji navržené zapojení bezztrátového pasivního odlehčovacího článku (viz kap. 4.3.3). Postrádám experimentální výsledky na postaveném alfa vzorku 1,2 kW, stejně tak jako detailnější graf účinnosti a další důležité charakteristiky (v práci nejsou dokumentovány žádné experimenty na tomto měniči).

Kap. 5 je věnována optimalizaci účinnosti zkoumaného blokujícího měniče. Autor se rozhodl jít cestou analytického řešení s minimem numerických výpočtů. Tento postup s ohledem na zavedená značná zjednodušení a výslednou výpočetní chybu nepovažuji za nejvhodnější. Nicméně oceňuji autorovu snahu o vývoj, byť zjednodušeného, návrhového nástroje (SW-XLS) umožňující optimalizaci výkonového obvodu jednočinného blokujícího měniče v konfiguraci s jedním nebo dvěma spínači.

Navržené řešení blokujícího měniče bylo ověřeno stavbou funkčního vzorku síťového spínaného zdroje o výkonu 12,6 kW, na kterém byla provedena experimentální validace designu. Kap. 6 je věnována popisu postaveného měniče a analýze provedených experimentů. Předložené výsledky měření jednoznačně dokládají správnou funkci měniče.

V kap. 7 autor shrnuje hlavní výsledky své práce, vyjadřuje se k souladu obsahu práce s definovanými cíli této disertační práce a definuje perspektivní směry dalšího zkoumání v návaznosti na výsledky této disertační práce.

Z hlediska formálního a jazykového je práce na dobré úrovni, obsahuje přijatelné množství překlepů a gramatických chyb. Grafické zpracování práce je na dobré úrovni.

3. Posouzení přínosu disertační práce

a) Cíle disertační práce a jejich splnění

Cíle posuzované disertační práce jsou definovány v kap. 3 na str. 17 a jejich soulad s obsahem práce je autorem hodnocen v kap. 7 na str. 103 a 104. Cíle práce byly podle mého názoru splněny. Byl navržen, postaven a experimentálně ověřen síťový spínaný zdroj o výkonu 12,6 kW založený na blokujícím měniči, který dosahuje velmi dobrou účinnost i dobrý poměr cena/výkon.

b) Výsledky disertační práce, dosažené nové poznatky a jejich přínos pro praxi a rozvoj vědního oboru

Řešení dc/dc měniče středního výkonu na bázi netradičního blokujícího měniče s SiC MOSFETy, originálním zapojením bezztrátových pasivních odlehčovacích obvodů a dobrou účinností má podle mého názoru jednoznačně charakter původních výsledků této disertační práce. Ocenit je potřeba postavený funkční vzorek měniče o výkonu 12,6 kW, na kterém byly experimentálně ověřeny hlavní vlastnosti navrženého designu. Zajímavý je i dosažený poměr cena/výkon, který, ač toto autor v práci nezdůrazňuje, vyšel poměrně příznivě. Oceňuji též autorovu snahu o vývoj, byť zjednodušeného, návrhového nástroje (SW-XLS) umožňujícího

optimalizaci výkonového obvodu jednočinného blokujícího měniče v konfiguraci s jedním nebo dvěma spínači.

Teoretický rozbor a optimalizace návrhu prezentované v kap. 4 a kap. 5 jsou velmi dobře využitelné nejen pro výzkumné, ale i pro pedagogické účely v pregraduálních i postgraduálních studijních programech.

V práci postrádám experimentální výsledky alfa vzorku měniče o výkonu 1,2kW. Za nedostatečnou považuji analýzu účinnosti měniče – postrádám např. detailní graf účinnosti v různých pracovních bodech a detailní analýzy rozložení ztrát v měniči. Autor se v práci vypořádával s řešením transformátoru a některými dalšími problémy topologie blokovacího měniče. V práci jsem však nenalezl analýzu EMC chování měniče, která je u blokujícího měniče v dané výkonové třídě dosti zásadním problémem.

4. Hodnocení publikační činnosti uchazeče

Součástí posuzované disertační práce je seznam autorových publikací. Seznam čítá celkem 34 položek, přičemž k tématu disertační práce se vztahuje 11 prací v členění: 9 článků na národních a mezinárodních konferencích; 2 články v ECS Transactions. Na WoS jsem našel celkem 4 autorovy práce. Jeho H-index dle WoS je 1.

Počet a skladbu autorových prací považuji z hlediska standardů pro disertační práce za mírně podprůměrnou. Jádro disertační práce bylo podle mého názoru v minimální, avšak akceptovatelné, míře publikováno.

5. Dotazy a komentáře k disertační práci

K práci mám níže uvedené výhrady, dotazy a komentáře:

- Str. 4, kap. 2.1.2: Necht' autor vysvětlí tvrzení ohledně průměru vodiče pro potlačení vlivu skin-efektu.
- Str. 32, kap. 4.4: Jak a za jakých podmínek byla změřena účinnost měniče? Může autor předložit graf účinnosti v různých pracovních bodech? Necht' autor též prezentuje rozložení ztrát.
- Postavený experimentální měnič 1,2kW je osazen EMC filtrem. Můžete prezentovat výsledky měření EMC?
- Str. 37: Prosím o detailní odvození vztahů (5.4) a (5.5).
- Str. 40: Vysvětlete ortogonalitu složek proudu ve vztahu (5.17).
- Str. 42: Referenční parametr pro ztráty v jádře $P_{Fe,ref}$ je určen pro sinus o frekvenci f_{ref} . Jak jsou ve ztrátách zohledněny vyšší harmonické?
- Jaká je energetická bilance snubberu u 12kW měniče? Konkrétně mě zajímá, zda úspora ztrát na tranzistorech s nízkou E_{off} je opravdu významná v porovnání s vlastními ztrátami snubberu.
- Byla provedena oteplovací zkouška zdroje 12,6 kW? Jaká byla provozní teplota transformátoru?

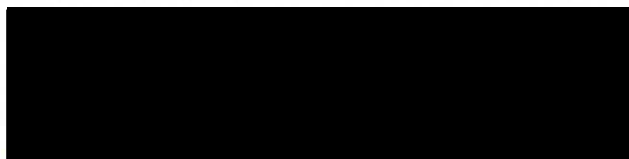
- Jaké bylo rozložení ztrát při měření účinnosti zdroje 12,6 kW? Můžete prezentovat tuto analýzu v různých pracovních bodech?
- Jak autor ladil použité PI regulátory (řízení je analogové...)? Proč nebylo použito číslicové řízení?

6. Závěr

Ing. Jan Martiš splnil stanovené cíle disertační práce. Práce podle mého názoru obsahuje původní výsledky a dokládá odbornou erudici uchazeče potřebné k získání titulu Ph.D.

Na základě posouzení disertační práce pana Ing. Jana Martiše na téma „Zvyšování účinnosti a optimalizace výkonových pulzních měničů“ a po seznámení se s výsledky jeho odborné práce ve smyslu §47 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů **doporučuji disertační práci k obhajobě.**

V Plzni dne 18. listopadu 2018



prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.

