

Posudek disertační práce

Autor disertační práce: Ing. Josef Kadlec

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Miroslav Patočka

Pracoviště: VUT v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Oponent: doc. Ing. Pavel Mindl, CSc.

Katedra elektrických pohonů a trakce,

ČVUT FEL, Technická 2, 166 27 Praha 6

Název práce: „Spínané zdroje velkých výkonů – paralelní řazení zdrojů“

Předložená disertační práce „Spínané zdroje velkých výkonů – paralelní řazení zdrojů“ je zaměřena na komplexní řešení problematiky říditelných zdrojů velkého výkonu, založených na vysokofrekvenční spínací technologii a modulární konfigurovatelné topologii. V principu jde o multimodulový systém elementárních zdrojových jednotek, jejichž sério-paralelním řazením a využitím PWM výstupního napětí lze při konstantním výkonu dosáhnout velkého rozsahu výstupních napětí a zatěžovacích proudů.

Práce je členěna do osmi kapitol a přehledu použité literatury. Každá kapitola představuje ucelenou část, věnovanou dílčímu problému řešené problematiky.

Po krátkém úvodu, který uvádí čtenáře do řešené problematiky spínaných zdrojů a jejich využití v různých oblastech průmyslové výroby, následuje 1. kapitola, věnovaná přehledu dosavadního stavu řešené problematiky a nalezení „bílých míst“.

Na tuto kapitolu navazuje kapitola 2., v níž jsou specifikovány cíle dizertační práce a důvody pro rozšíření původního záměru, věnovat se pouze paralelnímu řazení zdrojů, o problematiku sério-paralelního řazení zdrojů. To vedlo k rozšíření záběru práce o tematiku sériového řazení zdrojů, problematiku rekonfigurovatelnosti jejich topologie v reálném čase a problému regulace jak jednotlivých zdrojových modulů, tak celého zdrojového systému.

Ve třetí kapitole jsou rozebírány regulační struktury jak nerekonfigurovatelných, tak rekonfigurovatelných systémů. Zvláštní pozornost je věnována regulaci výstupního napětí, výstupního proudu a výkonu jednotlivých zdrojových modulů a algoritmu přepínání výstupů zdrojů.

Čtvrtá kapitola je věnována problému filtrace výstupního napětí při sério-paralelním řazení zdrojových modulů. Jsou posuzovány systémy jednofázové a vícefázové pulsně šířkové modulační.

Pátá kapitola prezentuje výsledky rozsáhlých simulací, jejichž úkolem bylo ověření teoretických analýz a výsledného působení jednotlivých zdrojových modulů v různých konfiguracích a zvlnění jejich výstupního napětí a proudu.

Po teoretické analýze a simulacích je v šesté kapitole proveden návrh a popis postupu realizace funkčního vzorku modulárního napájecího zdroje.

Jsou řešeny jak silové obvody zdrojových modulů, tak jejich regulace a vzájemná komunikace mezi jednotlivými bloky a centrální řídicí jednotkou.

Sedmá kapitola pak shrnuje experimentální výsledky jak dílčích zkoušek jednotlivých modulů zdroje, tak zdroje jako celku.

V závěrečné osmé kapitole je pak shrnut pracovní postup a okomentovány experimentální výsledky, získané v průběhu návrhu a realizace celého díla.

Po pečlivém prostudování práce mohu konstatovat, že se jedná o teoreticky i prakticky velice náročné dílo. Autor práce prokázal, že se velice dobře nejen orientuje, ale i prakticky vyzná ve zpracovávané problematice.

S přehledem řeší nejen otázky obvodového návrhu a realizace výkonových bloků napájecích zdrojů, ale i poměrně komplikované problémy jejich regulace a vzájemné komunikace. V této souvislosti vystupuje do popředí problematika elektromagnetické kompatibility, kdy v prostředí silně zarušeném produkty spínání výkonových pulsních měničů musí spolehlivě pracovat poměrně rychlé a citlivé regulační a komunikační obvody. To je sám o sobě samostatný problém na další práce.

Z tohoto pohledu vidím následující přínosy této dizertační práce:

1. Detailní analýza problematiky rekonfigurovatelných modulárních zdrojových systémů.
2. Sofistikovaná aplikace simulačních metod při studiu jednotlivých topologií a způsobů řízení modulárních zdrojových systémů se sério-paralelním řazením zdrojových modulů.
3. Využití pokrokových návrhových metod a realizace elektrických obvodů.
4. Využití nejmodernější součástkové základny na bázi SiC prvků.
5. Praktická realizace funkčního vzorku a jeho ověření.

Pokud jde připomínky a dotazy, tak mohu konstatovat, že při čtení práce jsem nenarazil na žádný závažný problém či rozpor.

V textu jsem našel dvě drobné nepřesnosti, či spíše překlepy.

Prvý překlep je na str. 101, kde paralelně k filtračním kondenzátorům ve stejnosměrném meziobvodu zdrojového modulu jsou v textu uvedeny vybíjecí odpory o velikosti $33\ \Omega/3\text{W}$. Když jsem to začal počítat, zjistil jsem, že by měly být na zatížení $2,2\text{ kW}$, což je evidentně nesmysl. Následným studiem obrazové dokumentace a schémat se mé podezření na překlep potvrdilo, neboť rezistory ve schématu mají skutečný odpor $33\text{ k}\Omega$, což při jejich zatížitelnosti 3W již vyhovuje.

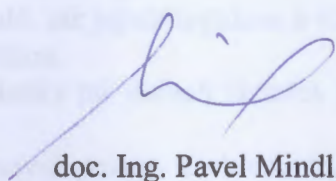
Druhý překlep je zřejmě na str. 144 u obr. 7.5, v legendě pro oscilogram napětí na sekundární straně impulsního transformátoru. Zde je zřejmě chyba v časovém měřítku u průběhu oscilogramu b, kde je uvedena časová základna 50 ns/d . Z časového průběhu však vyplývá, že by správně měla být $50\ \mu\text{s/d}$.

Celkově práce budí velmi solidní dojem a dokazuje, že její autor je nejenom zdatný teoretik s vysokou vědeckou erudicí, ale že je schopen věci dotáhnout i do praktické aplikace.

Za velice přínosnou a originální považuji pasáž věnovanou problematice optimalizace řízení spínací části zdrojového systému bez překmitu výstupního napětí během přechodu z jedné napěťové hladiny na jinou. To je v případě napájecích zdrojů velmi důležitý aspekt a v tomto případě byl zvládnut velmi elegantně.

Předložená práce „Spínané zdroje velkých výkonů – paralelní řazení zdrojů“ svojí formou i obsahem odpovídá obecně uznávaným pravidlům, platným pro doktorské kvalifikační práce. Hodnotím ji jako velice přínosnou s celou řadou originálních výsledků. Na tomto základě ji bez připomínek **doporučuji k obhajobě**.

V Praze, 12. 2. 2016



doc. Ing. Pavel Mindl, CSc.