

OPTIMIZATION OF SWITCHING REGULATED DC-DC CONVERTER DESIGN

Daniel Appel

Master Degree Programme 5, FEEC BUT

E-mail: xappel00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Edita Hejátková

E-mail: hejatka@feec.vutbr.cz

Abstract: The goal of this project was an optimization of existing DC-DC converter design with regards to its efficiency, minimalizing power losses and radiated electromagnetic interference. Design and optimization of converter circuit, PCB, components and also measurement automatization in Simple are discussed in this paper.

Keywords: DC-DC converter, full bridge, zero voltage transition, measurement automatization

1. ÚVOD

Jeden z hlavných trendov vo vývoji elektroniky je znižovanie rozmerov zariadení. Použitím spínaných zdrojov je možné znižovať veľkosť zariadení, zvyšovať ich účinnosť a znižovať ich cenu. Táto práca pojednáva o dokončení rozpracovaného projektu prototypu DC-DC konvertora firmy Meatest a jeho optimalizácií. V prototypu je pre maximalizáciu účinnosti použitá topológia plného mostu s fázovým posunom. Po osadení, oživení a odmeraní pôvodného prototypu budú preskúmané všetky možnosti optimalizácie a bude vyrobená nová DPS konvertora. Optimalizácia DC-DC konvertora je zameraná predovšetkým na zvýšenie jeho účinnosti, zníženia výkonových strát na spínacích prvkoch a zníženie miery vyžarovaného rušenia. Konvertor je plánovaný po dokončení použiť spolu s modulom regulátora PFC ako spínaný zdroj. Predpokladané parametre konvertora sú výstupné regulovateľné napätie 1-12V, maximálny výstupný prúd 50A, pri vstupnom napätí 400V.

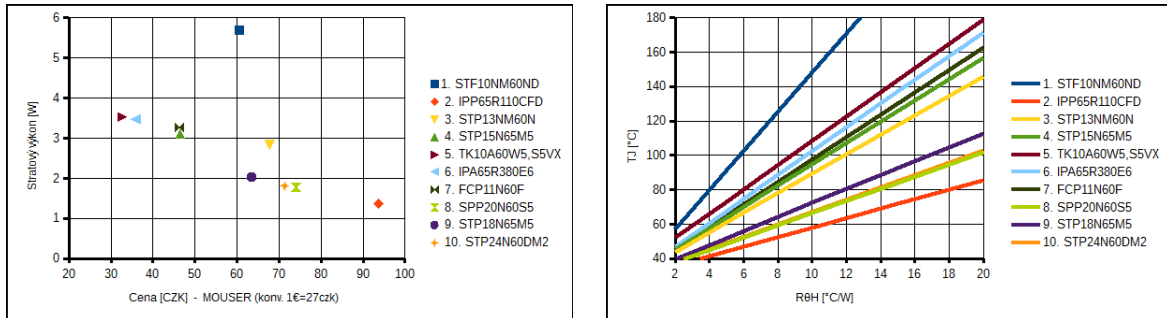
1.1. NÁVRH TRANSFORMÁTORA A CIEVOK

Potrebné parametre transformátora a cievok boli vypočítané podľa doporučení výrobcu riadiaceho obvodu od firmy Texas Instruments [1]. Návrh transformátora bol overený v programe PowerESim, konkrétne v nástroji Magnetic Builder, ktorý slúži na návrh transformátorov pre v práci použitú, a aj iné topológie konvertorov [2]. Prototyp transformátora bol ručne navinutý na teliesku ETD39 s použitím jadra s feromagnetickým materiálom triedy N97, izolačných materiálov firmy 3M a tienením medenou samolepiacou fóliou. Hotový transformátor je možné vidieť na obrázku 4.

1.2. OPTIMALIZÁCIA TRANZISTOROV

V topológii plného mostu (full bridge) s fázovým posunom je vhodné vyberať tranzistory s čo najnižšou hodnotou celkovej výstupnej kapacity C_{OSS} , keďže indukčnosti transformátora a cievky na primárnej strane musia byť dimenzované na uskladnenie dostatočnej energie pre ich nabíjanie a vybíjanie. Taktiež je vhodné vyberať tranzistory s čo najnižšou hodnotou odporu v zapnutom stave $R_{DS(ON)}$, keďže stratový výkon generovaný na tranzistore v zapnutom stave je priamo úmerný tejto hodnote a nižšou hodnotou celkového náboja elektródy gate Q_G - náboj, ktorý je potrebné dodať na hradlo gate tranzistora pre úplne zapnutie tranzistora [3][4]. Vzhľadom na vyššie uvedené parametre bolo z aktuálnej ponuky vybraných dodávateľov vybraných niekoľko variant

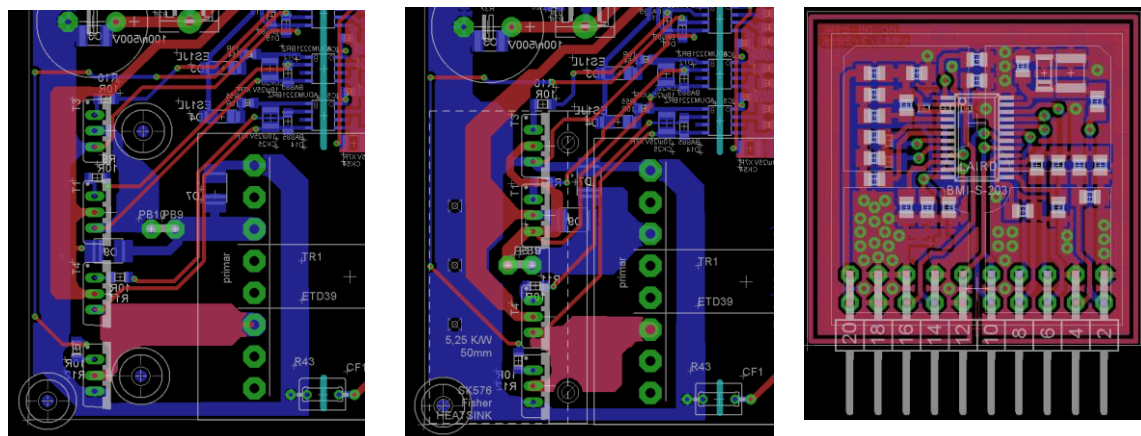
tranzistorov pre konvertor, pre ktoré boli spočítané ich stratové výkony, ktoré boli porovnané s ich cenou. Z výpočtov stratových výkonov boli následne spočítané potrebné tepelné odpory chladičov, teplota chladičov a súčiastok pri vybranom chladiči, výsledky boli vykreslené do grafov. Výsledkom optimalizácie je teoretické zníženie stratového výkonu o 16,6W pri náraste ceny o iba 6kč spolu pre všetky použité tranzistory. Taktiež vďaka nižšej hodnote kapacity C_{OSS} nových tranzistorov je možné použiť na primárnej strane transformátora cievku s menšou hodnotou indukčnosti.



Obrázok 1: Naľavo: porovnanie stratového výkonu a ceny vybraných tranzistorov (č.1 je pôvodný tranzistor). Napravo: Graf závislosti teploty tranzistora na tepelnom odpore chladiča.

1.3. OPTIMALIZÁCIA DPS

Vďaka výberu nových kondenzátorov na výstupe konvertora, bolo možné zmeniť zoskupenie súčiastok na pravej strane DPS (sekundárna strana transformátora). Tým bolo uvoľnené viac miesta v pravej dolnej časti DPS, ktorá bola použitá na umiestnenie chladiča Fisher SK489 s tepelným odporom o hodnote 5,75K/W oproti pôvodným malým individuálnym chladičom, ktoré by nedokázali spoľahlivo chladiť tranzistory pri väčšom prúde na výstupe konvertora. Na ľavej strane DPS bol jednoduchý hliníkový blok chladiča podobne nahradený chladičom Fisher SK576. Keďže v mieste styku s tranzistorami (základňa chladiča) je tento chladič podstatne tenší, tranzistory mohli byť posunuté bližšie k transformátoru, čím boli skrátené všetky cesty k nim a od nich vedúce na DPS ako je možné vidieť na obrázku 2. Dcérska DPS pre riadiaci obvod bola vytvorená v programe Eagle nanovo podľa doporučení [1] pre optimalizáciu najmä z hľadiska rušenia a EMC.



Obrázok 2: Úpravy DPS na primárnej strane transformátora, v strede upravená verzia. Napravo nanovo vytvorená DPS pre riadiaci obvod.

1.4. MERANIE A AUTOMATIZÁCIA MERANIA PARAMETROV KONVERTORA

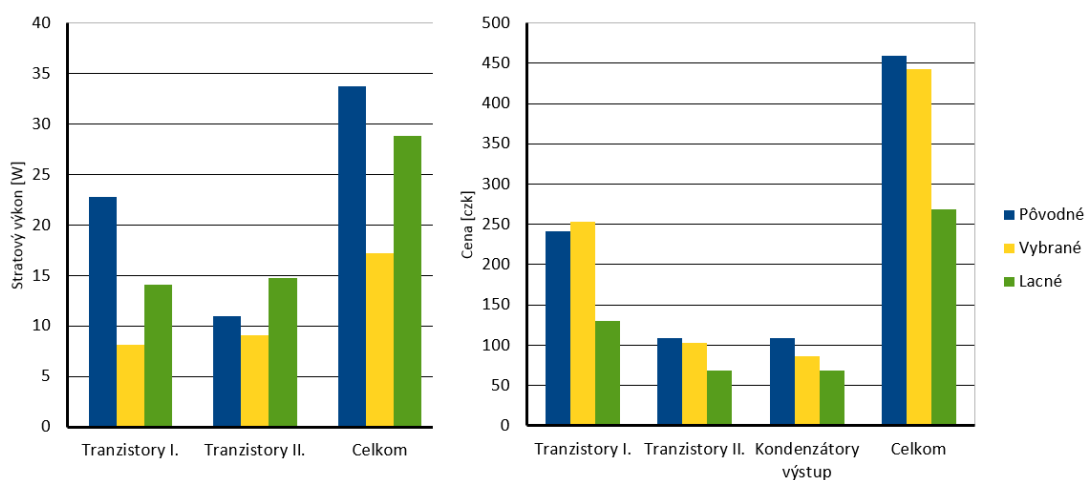
Po oživení konvertora pomocou programovateľného zdroja napätia na vstupe Chroma 61501, programovateľnej záťaže Chroma 63113 a osciloskopu bude vykonané merania a to najmä závislosť účinnosti na vstupnom napätí a výstupnom prúde, zvlnenie výstupného napätia, atď.

V programe Simple firmy Meatest bol naprogramovaný meriaci protokol, ktorý umožní automatizované meranie parametrov konvertora diaľkovým ovládaním meriacich prístrojov pomocou zbernice GPIB čo značne urýchlí priebeh merania.

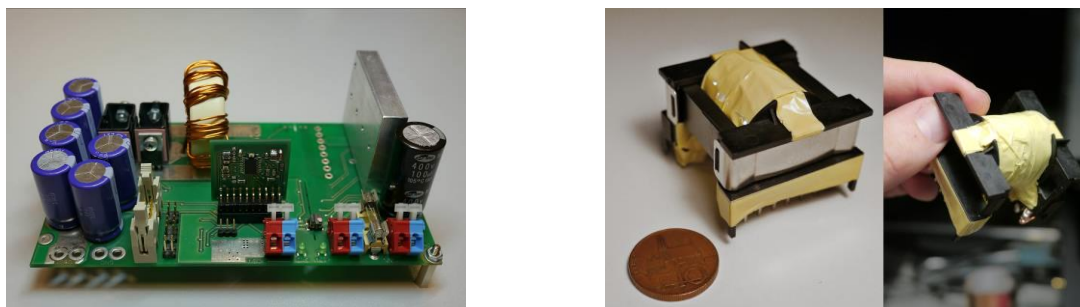
2. ZÁVER

Na základe výpočtov pri všetkých optimalizačných opatreniach boli stanovené teoretické hodnoty zníženia stratového výkonu prípadne zníženia ceny. Výsledky je možné vidieť v grafoch na obrázku 3, z ktorých vyplýva že použitím ideálnych prvkov je možné znížiť stratový výkon o 16,6W, prípadne použitím lacných prvkov je možné ušetriť 191kč pri miernom znížení stratového výkonu.

V rámci riešenia práce je momentálne finalizované osadenie konvertora a príprava pre oživenie a meranie jeho parametrov, na základe čoho budú preskúmané ďalšie možnosti optimalizácie, a neskôr vyrobená nová DPS zahŕňajúca všetky popísané optimalizácie konvertora. Aktuálny stav prototypu konvertora je možné vidieť na obrázku 4.



Obrázok 3: Výsledky optimalizácie.



Obrázok 4: Naľavo dokončený pôvodný prototyp DC-DC konvertora, napravo transformátor.

PODĚKOVÁNÍ

Ďakujem vedúcej diplomovej práce Ing. Edite Hejátkovej a Ing. Michalovi Sittovi z firmy Meatest za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a cenné rady pri spracovaní práce.

REFERENCE

- [1] UCC28950 Phase-Shifted Full-Bridge Controller With Synchronous Rectification. [online]. [cit. 2016-3-15]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ucc28950.pdf>
- [2] PowerESim [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.poweresim.com/>

- [3] ŠTÁL, P., Výkonové audio zesilovače pracující ve třídě D základní principy a konstrukce zesilovače, Praha: BEN – technická literatura, 2008. 200s. ISBN 978-80 7300-230-5.
- [4] Zero-Voltage Switching Full-Bridge Converter: Operation, Guidelines for MOSFET Selection [online]. [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.vishay.com/docs/90936/an847.pdf>