



Fakulta elektrotechnická

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Procesorem spínaný, regulovatelný zdroj proudu

Autor práce: Evžen Vyroubal
Vedoucí práce: Ing. Matouš Bartl

Plzeň 2012

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Evžen VYROUBAL
Osobní číslo: E09B0345P
Studijní program: B2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Elektronika a telekomunikace
Název tématu: Procesorem řízený spínaný regulovatelný proudový zdroj
12V/50A, 700W
Zadávající katedra: Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :


Cílem práce je zkonstruovat spínaný zdroj určený pro napájení vyvíječe Brownova plynu (elektrolyzér). Charakterem se jedná o zařízení typu proudový zdroj s napěťovým omezením. Lze volit mezi koncepcí izolovaného a neizolovaného zdroje. Pro řízení použijte procesor firmy Texas Instruments řady TMS320F28xx.

1. Prostudujte potřebnou literaturu a navrhnete koncepci zařízení.
2. Prostudujte nabídku dobře dostupných součástek a konkretizujte zapojení zařízení. Zohledněte možnost kolísání vstupního napětí od 10V do 15V. Omezení výstupního napětí volte 30 až 40V.
3. Fyzicky realizujte funkční vzorek.
4. Odměřte parametry sestaveného zařízení, zejména schopnost chodu na výkonovém limitu jak při proudovém, tak při napěťovém limitu.
5. Jako volitelný úkol vytvořte pro PC jednoduchý software určený ke komunikaci s řídicím procesorem zařízení.


Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Matouš Bartl**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Matouš Bartl**
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací
Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

Abstrakt

Vyroubal, Evžen. *Procesorem řízený spínaný regulovatelný zdroj proudu*. Plzeň, 2012. Návrh silového spínaného zdroje proudu, který je dimenzován na výstupní proud 50[A]. Volbou vysoké spínací frekvence je zajištěn malý rozměr spínacího transformátoru, pro spínací tranzistory bylo použito půlmůstkové zapojení, následné usměrnění pomocí dvoucestného usměrňovače a filtrace výstupního signálu pasivním filtrem. Spínaný zdroj je napájen z 12[V] baterie a slouží k napájení vyvíječe brownova plynu.

Klíčová slova

Spínaný zdroj proudu, vodíkový booster, vysoký proud.

Abstrakt

Vyroubal, Evžen. Microprocessor controlled switching adjustable current source [*Procesorem řízený spínaný regulovatelný zdroj proudu.*] Plzeň, 2012. Designing power switching current source which is dimension for output current about 50[A]. By choosing high switching frequency is guaranteed small dimension of switching transformator, for switching transistors was used half-bridge connection. Next step is rectifying by two-way rectifiers and filtration output signal by passive filter. Switching source is powered by 12 [V] battery and it's designed for device for production Brown's gas.

Keywords

Switching current source, burn water, high current.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem svou závěrečnou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestně-právních důsledků vyplývajících z ustanovení § 270 trestního zákona č. 40/2009 Sb.

Také prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne / / 2012

Evžen Vyroubal

.....
Podpis

Obsah.....	VII.
Seznam obrázků.....	IX.
Seznam symbolů a vzorců.....	X.
Úvod.....	XII.
1. Vodíkové boostery :	1.
1.1 Princip funkce	1.
1.2 Efektivita boosterů	1.
2. Zadané a požadované parametry SZP	2.
2.1 Popis zdroje	3.
3. Postupný popis návrhu spínacího zdroje ...	4.
3.1 Návrh Výkonového transformátoru	4.
3.2 Určení převodního poměru	5.
3.3 Výpočet počtu závitů na primárním a	6.
sekundárním vinutí transformátoru	
3.4 Výpočet indukčnosti primárního vinutí	6.
transformátoru:	
3.5 Výpočet průřezu vodičů a hloubky vniku	7.
3.6 Návrh spínacího tranzistorového můstku	7.
3.6.1 Dimenzování spínacích tranzistorů.	8.
3.6.2 Ochrana spínacích prvků	8.
3.7 Návrh Usměrňovače	9.
3.8 Návrh Indukčnosti	10.
3.9 Návrh Chladicího systému	11.
3.9.1 Výpočet chladiče	11.
3.10 Kondenzátorové baterie	12.

3.10.1 Vstupní kapacitní baterie	12.
3.10.2 Výstupní kapacitní baterie	13.
3.11 Řídící deska	14.
4. Měření proudů	14.
5. Rozbor použitých součástek	15.
5.1 Mikroprocesor	15.
5.2 Transformátor	16.
5.3 Spínací tranzistory	17.
5.4 Usměrňovací diody	18.
5.5 Zdroje napětí pro IO	19.
6. Závěr	20.
Reference a použitá literatura	21.
A. Přílohy	
A.1 El. Schéma zapojení řídicí DPS	
A.2 El. Schéma zapojení hlavní DPS	
A.3 Osazovací schéma řídicí DPS	
A.4 Osazovací schéma hlavní DPS	

Seznam obrázků

A.1 El. Schéma zapojení řídicí DPS

A.2 El. Schéma zapojení hlavní DPS

A.3 Osazovací schéma řídicí DPS

A.4 Osazovací schéma hlavní DPS

Seznam symbolů, zanček a zkratek

SZP.....	Spínaný zdroj proudu.
BP.....	Bakalářská práce.
V.....	Volt, jednotka napětí.
A.....	Ampér, jednotka proudu.
W.....	Watt, jednotka výkonu.
LC filtr.....	Pasivní filtr typu dolní propust.
DPS.....	Deska plošného spoje.
JTAG.....	Programovací konektor mikroprocesoru.
PWM.....	Pulzně-šířkový-modulace.
ADC.....	Analogově-digitální převodník.
Permeabilita μ	Schopnost materiálu zmagnetizovat se [H/m].
T.....	Perioda signálu.
B.....	Magnetická indukce [T].
SMD.....	Součástky pro povrchovou montáž.
Zdroj.....	Zdroj napětí.
Jádro transformátoru.....	Vlastní feritové jádro.
Zátěž.....	Impedance elektrolyzéro.
Skin efekt.....	Způsob šíření proudu při vyšších frekvencích, (povrchový jev).
MOS-FET tranzistor.....	Polem řízený tranzistor.
Kondenzátor, kapacitor.....	Akumulátor náboje.

Indukčnost,cívka.....	Akumulátor magnetického pole.
Odpor kanálu.....	Ohmický odpor kanálu, je-li otevřen.
Hallova sonda.....	Bezkontaktní čidlo proudu.
Low-power.....	Nízko-energeticky náročné zařízení.
Sběrnic typu harvard.....	Sběrnice se složitější instrukční sadou (PC).
Bočník.....	Způsob zapojení impedancí pro rozdělení proudu.
Driver.....	Zdroj vysokého proudu ke spínání tranzistorů.
Doba zotavení diod.....	Doba po kterou nelze diodu zatěžovat.
VB.....	Vodíkový BOOSTER, zařízení, které pomocí obohacení palivové směsi vodíkem zlepšuje účinnost spalovacího motoru.
Elektrolyzér.....	Zařízení, které je schopno oddělit vodík a kyslík z H ₂ O pomocí elektrického napětí.
Půl můstkové zapojení.....	Zapojení dvou paralelních větví tranzistorů na výstupy cívky s vyvedeným středem vedení.
Obdélníkový signál.....	Signál ve tvaru digitální binární informace, disponuje stavy 1 a 0.
Galvanické oddělení.....	Propojení elektricky vodivých cest, cestou elektricky nevodivou, bez větších ztrát na spoji.

Seznam použitých vzorců

- 3.2.1 – Určení převodního poměru.
- 3.3.1 – Výpočet počtu závitů na transformátoru.
- 3.4.1 – Výpočet indukčnosti vinutí transformátoru.
- 3.4.2 – Výpočet rozkmitu proudu na primárním vinutí.
- 3.5.1 – Výpočet průřezu vodiče.
- 3.5.2 – Výpočet hloubky vniku.
- 3.8.1 – Výpočet indukčnosti cívky.
- 3.9.1 – Výpočet ztrátového výkonu pro chladič.
- 3.9.2 – Výpočet teploty pro dimenzování chladiče.
- 3.10.1.1 – Výpočet kapacity vstupní kapacitní baterie.
- 3.10.2.1 – Výpočet kapacity výstupní kondenzátorové baterie.
- 5.2.1 – Síla působící v transformátoru.

Úvod

V této bakalářské práci prezentuji problematiku návrhu a konstrukce procesorem řízeného regulovatelného, spínaného zdroje proudu o výstupní parametrech 12[V] / 50[A] / 700[W]. Charakterem se jedná o galvanicky neoddělený spínaný zdroj proudu (dále jen SZP), který používá pro spínání napětí do transformátoru půlmůstkové zapojení spínacích tranzistorů.

Pro usměrnění obdélníkového impulsního signálu je použit dvoucestný usměrňovač, který je následován filtrem typu "LC", který se skládá z axiálně umístěné indukčnosti a radiálně umístěné kapacity, jenž tvoří dolno-propustní filtr.

Cílem této bakalářské práce (dále jen BP), je vytvořit odpovídající zdroj pro vyvíječ Brownova plynu (elektrolyzér), který se nejčastěji používá pro obohacení palivové směsi v automobilových motorech, pro dosažení vyššího výkonu vozidla, při současném snížení spotřeby paliva.

Ochranu součástí zapojení a ochranu uživatele zde provádí procesor pomocí měření proudů a napětí, z čehož vyhodnocuje, je-li potřebné zavřít spínací tranzistory, řízené pomocí PWM z mikroprocesoru.

Rešerše

Při porovnání této bakalářské práce s referenční bakalářskou prací, "Spínaný laboratorní zdroj napětí" [1] je patrné, že zařízení které bylo navrhováno v referenční BP nedosahuje výkonů, které splňuje tato BP, s čímž se pojí řešení problematiky dimenzace všech součástí SZP na příslušné proudy. Dále se pak jedná v případě této BP o konkrétní, unikátní specializaci SZP pro napájení z autoakumulátoru a obecně pro řešení do automobilu, což vyžaduje větší mechanickou odolnost výsledného SZP.

1. Vodíkové boostery :

[2]Volným překladem, dle známé terminologie můžeme interpretovat název BURN WATER jako „Vodíkové boostery“ jsou to zařízení primárně určená pro montáž do vozidel, za účelem snížení spotřeby paliva a zvýšení výkonu motoru. Vodíkové boostery (dále jen VB) také prodlouží životnost motoru a zlepšení jeho emisní parametry k čemuž dojde v důsledku přidání směsi vodíku a kyslíku do nasávaného vzduchu do motoru, jenž napomáhá rozpouštět karbonové usazeniny v motoru vozidla.

V současné době jsou VB poměrně rozšířené, především v anglicky mluvících zemích a existuje řada firem, které se touto problematikou zabývají. Některé dodávají hotové vyvíječe s příslušenstvím, některé obchodují se stavebnicovými sadami a za přijatelný poplatek poskytují podrobný návod na výrobu, instalaci a provoz VB. Příkladem takové firmy je Water4Gas

1.1 Princip funkce [3]

Podstatou činnosti zařízení je výroba vodíku, který následně obohatí směs určenou ke spalování v motoru. Vodík se ve VB získává elektrolýzou vody H_2O . Ovšem na rozdíl od klasických elektrolyzérů neprodukuje VB elektrolýzou vznikající plyny, tedy vodík a kyslík, odděleně, ale směs těchto plynů, která obsahuje na každé dva atomy vodíku jeden atom kyslíku. Této směsi se obvykle říká Brownův plyn a označuje se značkou HHO, jedná se o oxyhydrogen, směs vodíku a kyslíku navíc zvyšuje koncentraci kyslíku v nasávaném vzduchu a zlepšuje tak spalování, a přispívá tak ke zvýšení výkonu motoru.

1.2 Efektivita boosterů

Úvodem věnujme několik slov klasické námitce, že booster vyrábí vodík a kyslík s použitím elektrického proudu generovaného jeho spalováním, a že tedy případná úspora by byla porušením zákona o zachování energie. Zde je třeba si uvědomit, že produkováný Brownův plyn není spalován sám o sobě,

ale že přispívá k efektivitě spalování většího množství klasického paliva.

Projevuje se zde tedy multiplikační (zesilovací) efekt, kdy

energie spotřebovaná na vývin relativně malého množství Brownova plynu je bohatě vyvážená ziskem z efektivnějšího spalování standardního paliva. Výrobci boosterů a prodejci návodů obvykle uvádějí snížení spotřeby paliva o 5 až 30%, tak vysoký rozptyl hodnot má opodstatnění ve způsobu přípravy palivové směsi.

Moderní motory, ať již benzínové nebo naftové, nemají karburátor, který udržuje do značné míry stabilní poměr množství nasávaného vzduchu a množství přidávaného paliva.

V případě karburátoru platí jednoduchá úvaha snížení spotřeby, při zlepšení kvality paliva, tedy při obohacení paliva HHO. Motor podává lepší výkon, řidič proto není nucen příliš stláčet plynový pedál, tedy při stejné rychlé jízdě spotřebuje méně paliva.

V případě modernějších motorů, kvalitní instalací boosteru dosáhnete úspory paliva 5 až 30% (podle typu řídicí jednotky). Zvýšení výkonu se u těchto motorů dá kalibrovat přednastavením poměru vzduchu a ve výfukových plynech (tedy úpravou napětí z lambda sondy, pomocí zařízení typu EFIE (Electronic Fuel Injection Enhancer, v překladu Elektronický vylepšovač vstřikování paliva).

2. Zadané a požadované parametry SZP

- Výstupní výkon $P_{\text{out}} = 700$ [W];
- Vstupní napětí $U_{\text{in}} = 10 \sim 12$ [V];
- Výstupní napětí maximální $U_{\text{outmax}} = 0 \sim 40$ [V];
- Výstupní proud maximální $I_{\text{outmax}} = 50$ [A];

2.1 Popis zdroje

Zdroj je volen koncepčně jako galvanicky neoddělený, půlmůstkový spínací zdroj. Spínaný zdroj proudu (dále jen SZP) není nutné galvanicky oddělovat, jelikož v celém zařízení pracujeme s poměrně malým napětím, vzhledem ke spínací frekvenci 100KHz jsou zařízení opatřena kapacitory na vstupech napájení, čímž zle zamezit kolísání napájecího napětí, přičemž je věnována zvláštní pozornost řídicí DPS s procesorem.

SZP je napájen z autobaterie která dokáže krátkodobě dodat i teoreticky maximální požadovaný proud cca. 220 [A], na vstupu napájecího napětí z autobaterie do SZP je připojena baterie kondenzátorů.

Vlastní SZP používá 4 MOS-FET tranzistory, které jsou zapojeny v půlmůstkovém zapojení, konkrétně se jedná o paralelní zapojení vždy dvou tranzistorů, což z ekonomických důvodů umožňuje použít levnější součástky a snižuje tím proudové zatížení na plošné spoje.

Dále je SZP osazen masivním transformátorem, který zajišťuje omezení výstupního napětí, přičemž jej primárně zesiluje. Transformátor umožňuje oproti jiným součástkám transformovat velké množství proudu, který je potřebný pro vodíkový booster.

Dalším funkčním blokem je dvoucestný usměrňovač, ve které jsou opět paralelně zdvojeny diody pro ekonomičtější výrobu zařízení, podobně jako u spínacích tranzistorů.

A relativně posledním funkčním blokem je pasivní filtr, typu dolní propust, který se sestává ze tlumivky a výstupní baterie kapacitorů.

3. Postupný popis návrhu spínacího zdroje:

Návrh schémat řídicí a hlavní silové desky, stejně tak jako osazovací schémata v přílohách

- A.1 El. Schéma zapojení řídicí DPS
- A.2 El. Schéma zapojení hlavní DPS
- A.3 Osazovací schéma řídicí DPS
- A.4 Osazovací schéma hlavní DPS

3.1 Návrh Výkonového transformátoru

Transformátor navrhujeme zejména pro spínací frekvenci $f = 100$ [KHz] a pro odolnost proti vysokému proudu na primární straně. Z tohoto důvodu byla zvolena planární koncepce transformátoru, tedy konkrétně z důvodu potřebných ploch vedení, vzhledem k přenášenému proudu.

Planární konstrukce transformátoru je provedena pomocí jednostranných desek plošných spojů na kterých je vytvořen patřičný počet závitů, dle návrhu transformátoru, jenž následuje. Plocha jednoho závitu, nebo lépe šířka jednotlivých závitů je úměrná procházejícímu proudu při zohlednění spínací frekvence 100KHz, přičemž je nutné započítat do návrhu skin-efekt.

Dalšími parametry, které je nutné určit je za prvé převodový poměr, který určuje maximální výstupní napětí SZP. Za druhé počet závitů na primárním vinutí transformátoru z proudu jenž jím protéká a z parametrů jádra transformátoru, pomocí převodového poměru přepočteme z počtu závitů na primárním vinutí, počet závitů na sekundárním vinutí.

Za třetí určíme indukčnost prim. vinutí pomocí počtu závitů N_1 a parametrů jádra transformátoru, stejně tak určíme indukčnost sekundárního vinutí. Ze známých indukčností následně určíme proudová zvlnění na primárním a sekundárním vinutí, dále maximální proud který lze očekávat na výstupu SZP (který je vždy ponížěn o ztráty vzniklé usměrněním a filtrací proudu).

Z datasheetu k použitému transformátorovému jádru (ETD49) se zohlednily provozní parametry, které jsou při odečítání hodnot jádra nezbytné pro výpočty.

Vzhledem k předpokládanému maximálnímu proudu, který může protékat primárním vinutím transformátoru, I_{inmax} cca 215[A], bylo primární vinutí koncepčně rozděleno na 2 stejná vinutí, do kterých budou spínat proud 4 výkonové tranzistory v půl-můstkovém zapojení, čímž dojde k menšímu zatížení primárního vinutí vzhledem k rozložení proudu do zmíněných dvou vinutí a dále je možné zapojení realizovat s tranzistory, které jsou dimenzovány na poměrně menší proudové hodnoty.

Sekundární vinutí je taktéž rozděleno na dvě stejné poloviny vzhledem k navazujícímu dvoucestnému usměrňovači napětí, který pro svou činnost vyžaduje vinutí s vyvedeným středem.

Pro praktickou realizaci transformátoru je dále důležitý průřez vodičů jednotlivých cívek, přičemž je nutné při spínací frekvenci 100[KHz] uvažovat i vznik skin efektu .

3.2 Určení převodního poměru :

Převodní poměr p určíme z podílu výstupního napětí ku vstupnímu napětí, budeme uvažovat minimální U_{in} a maximální U_{out} , pro zajištění požadovaných výstupních hodnot I při minimálním napětí U_{in} , možný nárůst U_{out} přes stanovenou mez U_{outmax} omezíme měřením U_{out} v procesoru a následně omezíme šířku spínacího impulsu tranzistorů.

$$p = \frac{U_{out\ max}}{U_{in\ min}} = \frac{40}{10} = 4[-] \quad (3.2.1)$$

3.3 Výpočet počtu závitů na primárním a sekundárním vinutí transformátoru N_1, N_2

Zohledníme možnost maximální hodnoty vstupního napětí U_{in} 15[V], jelikož toto napětí zde může být naměřeno, budeme-li uvažovat za zdroj U_{in} autobaterii.

Výsledný počet závitů zaokrouhlíme na nejbližší vyšší celé číslo, čímž vneseme do výpočtů a konstrukce jisté rezervy pro případné kolísání hodnot součástek použitých ve výpočtech jakožto konstanty.

K nepřesnosti hodnot může dojít při teplotní závislosti, působením okolního tepla či nedostatečném chlazení součástek.

V tomto kroku výpočtů je nutné zvolit spínací frekvenci tranzistorů v půlmůstkovém zapojení, aby bylo možné určit hodnoty nutné pro výpočty z datasheetů použitých součástek. Pro jádro transformátoru ETD49(3F3) vyčteme z datasheetu následující hodnoty:

$$B = 0,2[T]; S_{ef} = 211[mm^2]; T = \frac{1}{f} = 10[\mu s];$$

$$\mu r = 1800[H / m]; l_{ef} = 114[mm] \quad (3.3.1)$$

$$N_1 = \frac{d(I \cdot l)}{d(B \cdot S)} = \frac{d(I \cdot (U_{in} \cdot (T)))}{d(B \cdot S)} \cong 2[Z]$$

$$N_2 = p \cdot N_1 = 8[Z]$$

- Dále provedeme

3.4 Výpočet indukčnosti primárního vinutí na transformátoru

- s počtem závitů N dle vztahu :

$$L = \frac{N^2 \cdot \mu_0 \mu_R \cdot S}{l_{ef}} = 16,74[\mu H] \quad (3.4.1)$$

- Z indukčnosti je možné spočítat míru zvlnění proudu, který své vlastnosti transformuje v nepřímém poměru na sekundární vinutí transformátoru, což zavádí zvlnění proudu na výstupu SZP. ΔI_1 je zvlnění proudu na primární cívce transformátoru a ΔI_2 je zvlnění proudu na sekundární cívce.

$$\Delta I_1 = \frac{\Delta T \cdot U_{INMAX}}{L_{N1}} = 4,14[A] \Rightarrow \Delta I_2 = \frac{\Delta I_1}{p} = 1.035[A] \quad (3.4.2)$$

3.5 Výpočet průřezu vodičů a hloubky vniku

Při určování průřezu vodiče vyjdeme z předpokladu že pro proud jedné ampéry postačí průřez vodiče 4mm^2 , který zde pracovně označím „r“ :

Kde S_{VOD} je průřez vodiče, $S_{PRIM.}$ je průřez vodiče na primární straně transformátoru, $S_{SEC.}$ je průřez vodiče na sekundární straně transformátoru, $I_{PROT.}$ je proud protékající vodičem, $I_{PRIM.}$ je proud protékající vodičem na primární straně transformátoru, $I_{SEC.}$ je proud protékající vodičem na sekundární straně transformátoru.

$$S_{VOD} = \frac{I_{PROT.}}{r} [mm^2] \Rightarrow S_{PRIM.} = \frac{I_{PRIM.}}{r} = 49,37 [mm^2]; \quad (3.5.1)$$

$$S_{SEC.} = \frac{I_{SEC.}}{r} = 12,34 [mm^2]$$

Při určování hloubky vniku, tedy skin-efekt, neboli o kolik je nutné vodič rozšířit, v tomto případě se rozšířením vodiče myslí rozšíření cesty na DPS, aby splňovala podmínky pro přenos daného proudu, využijeme vztahu : kde δ je hloubka vniku, a f je frekvence spínání tranzistorů v půl-můstkovém zapojení $100\,000$ [Hz] potom platí.

$$\delta = \frac{75}{\sqrt{f}} = \frac{75}{\sqrt{100000}} \cong 0,23 [mm] \quad (3.5.2)$$

3.6 Návrh spínacího tranzistorového můstku

Vzhledem ke spínací frekvenci požadujeme u výkonových spínacích tranzistorů co nejmenší odpor kanálu, přechodu source do drain, kde by při vysoké hodnotě ohmického odporu mohl vzniknout nadbytečné tepelné ztráty výkonu.

3.6.1 Dimenzování spínacích tranzistorů

Jako spínací prvky (dále jen SP) budou použity tranzistory typu MOSFET označení IRL 3803 pro 140A trvale procházející proud, nicméně vzhledem k maximální možný hodnotám proudu, který se teoreticky (při zanedbání veškerých ztrát, především tepelných navedení) může vyskytnou na primární straně hlavního transformátoru, tedy hodnota kolem 220A je nutné tranzistory seřadit paralelně, což pomůže rozložit proudovou zátěž na jednotlivé tranzistory.

Pro rozložení proudů, je tedy nutné zdvojit půlmůstkové zapojení tranzistorů, tedy i počet primárních vinutí. Z ekonomického hlediska jde o úspornější řešení, které snižuje výsledné náklady na stavbu zařízení na úkor větší složitosti z konstrukčního hlediska,

jelikož spínací tranzistory pro proudy 220A se pohybují cenově kolem 500Kč a více za kus a tranzistory pro 140A lze pořídit kolem 90Kč za kus, dále bude zapojení dimenzováno s velkou rezervou na 280A přičemž převodní poměr transformátoru umožňuje vznik maximálně 220A proudu na primárním vinutí.

3.6.2 Ochrana spínacích prvků

Vedení které napájí primární vinutí transformátoru, musí být minimálně dimenzované na příslušnou efektivní hodnotu procházejícího proudu, což znamená rozšíření vodivých cest na desce plošného spoje, dále jen DPS, to ovšem zvyšuje indukčnost hlavního silového vedení do primár. vinutí transf.

Vzhledem k vysoké indukčnosti jednak samotného silového vedení a také vinutí na transformátoru, dochází k akumulaci proudu ve vedení, dále je

nutné uvažovat velkou vstupní kapacitu, která napájí transformátor, tyto parametry vedení způsobují akumulaci energie především v transformátoru.

Akumulovaná energie je využita pro vlastní transformaci napětí a proudů, ale vzhledem k tomu že vysoká indukčnost na prim. straně transf. Neumožňuje rychlou změnu velikosti proudu, dochází především na primární straně transf. k napěťovým špičkám s opačnou polaritou, nežli je polarita napájení prim. vinutí při sepnutí SP,

kteřé ohrožují samotné spínací prvky, tranzistory, tedy z důvodu ochrany SP jsou v jejich těsné blízkosti umístěny RC články (tlumiče), které dokáží pohltit přebytečnou energii, při krátkodobé maximální hodnotě napětí a proudu, která se projevuje především při spínání spínacích prvků na frekvenci 100 [KHz].

Jako svodová ochrana proti přepětí na SP slouží rychlá schottkyho dioda, zapojená paralelně se spínacím kanálem spínacího tranzistoru, proti proudovým špičkám slouží jako omezení, právě RC články, tedy rezistor dimenzovaný na příslušný výkon a rychlý, nejčastěji keramický kondenzátor. Rezistor spaluje energii kterou při rychlých spínacích maximech naakumuluje kondenzátor.

3.7 Návrh Usměrňovače

[4]

Usměrňovač byl zvolen vzhledem k přenášeným proudům jako dvoucestný usměrňovač sestavený ze schottkyho diod typu „MBR4060PT“ které jsou dimenzovány na 40 [A], disponují nízkými ztrátami a jsou konstrukčně určeny pro větší spínací frekvence, neboli mají kratší dobu zotavení.

Pro tento typ usměrňovače byl upraven návrh transformátoru, na vyvedený střed vinutí na sekundární straně transformátoru. Pro proudovou odolnost která je na výstupu SZP na 50 [A] jsou diody zapojeny paralelně v obou větvích.

3.8 Návrh Indukčnosti

[5]

Indukčnost na výstupu SZP je součástí pasivního dolno-propustního filtru, který je složen z podélně zapojené indukčnosti (tlumivky) a příčně (paralelně k výstupním svorkám SZP) připojené výstupní kondenzátorové baterii.

Vzhledem k povaze výstupního napětí, tedy stejnosměrnému napětí není nutné filtr dimenzovat na konkrétní frekvenci, stejně tak v žádném vyšší míře neškodí vodíkovému boosteru vyšší harmonické frekvence, které se mohou vyskytnout na výstupu SZP. Nicméně výstupní filtr je zde hlavně z důvodu odstranění výstupních harmonických frekvencí a celkově pro vyhlazení průběhu napětí na ideálně stejnosměrné napětí, čehož nelze dokonale dosáhnout. Snahou je tedy nastavit hraniční frekvenci filtru na co nejnižší hodnotu.

Výpočet indukčnosti a počtu závitů cívky (tlumivky), uvažujeme dvojnásobek B vzhledem k výpočtu poloviční periody, která ovšem dovoluje dimenzovat tlumivku na krajní hodnoty, nebo-li maximální výkon SZP dosáhneme právě při 50% otevření tranzistorů v můstku.

$$\text{Efektivní průřůž } S_{EF} = 13,3[\text{mm}^2];$$

$$\text{Efektivní délka } l_{EF} = 30,2[\text{mm}];$$

$$\text{Proudový rozkmit } dI = 1[\text{A}];$$

$$\text{Magnetická indukce } B = 0.115[\text{T}];$$

$$\text{Permeabilita } \mu_r = 2000[\text{H} / \text{m}];$$

$$\text{Polovina periody } T / 2 = 5[\mu\text{s}],$$

$$\text{Maximální vstupní } U_{IN.MAX} = 15[\text{V}]$$

$$U_L = L \frac{dI_L}{dT} \Rightarrow U_L \cdot d(T/2) = 15 \cdot 5e^{-6} = 75e^{-6} = L \cdot dI_L [\text{Vs}]$$

$$N = \frac{dI \cdot L}{d2B \cdot S_{EF}} = \frac{75e^{-6}}{0.230 \cdot 13.3e^{-4}} = 24.52 \cong 25[\text{z}] \quad (3.8.1)$$

$$L = \frac{N^2}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot S} = \frac{625}{4 \cdot 3.14e^{-7} \cdot 13.3e^{-4}} = 34.57[\mu\text{H}]$$

3.9 Návrh Chladícího systému :

Chlazení zařízení je založeno na principu pasivního chlazení, s doplněním o pomocné ochlazování cirkulací vzduchu kolem chladiče, za pomoci elektrického ventilátoru, jde tedy o koncepci profilového masivního hliníkového chladiče, umístěného pod silovou desku.

Chladič byl z praktických důvodů navrhnout dle plochy vlastní silové desky, slouží tedy jako pevný nosič desky, která je zatížena vahou masivního transformátoru a podpůrných součástek, dále toto výše popsané umístění umožňuje připevnit přímo na chladič všechny prvky, které je třeba ochlazovat, při jejich provozu, jedná se především o spínací tranzistory a usměrňovací diody.

Vzhledem k tepelným ztrátám (jouleovým ztrátám) na aktivních prvcích bylo nutné použít masivní pasivní chladič, který je částečně a záměrně naddimenzován a pro provoz s maximálním výkonem spínaného zdroje navíc doplněn o již zmíněný elektrický ventilátor.

3.9.1 Výpočet vlastností chladiče chladiče

Pro výpočet je nutné získat hodnoty především tepelné odolnosti všech chlazených prvků, nejlépe z datasheetů poskytovaných výrobcí součástek. Vzhledem k tomu že v tomto spínaném zdroji jsou necitlivější právě spínací tranzistory, budeme uvažovat právě jejich hodnoty, které reprezentují nejméně příznivé parametry všech chlazených prvků.

Potřebná je maximální teplota na čipu $t_{MAXCHIP} = 120^{\circ}C$, dále tepelná rezistivita mezi čipem a casem $R_{TEPELN.R.CHIP-CASE} = 2^{\circ}C/W$, maximální teplota okolí spínacího tranzistoru $t_{MAX.OKOLÍ} = 50\sim 70^{\circ}C$ a , čas sepnutí tranzistoru $t_{RISE} = 230\text{ us}$, čas vypnutí tranzistoru $t_{FALL} = 35\text{ us}$, $U_{IN.MAX} = 15V$, $I_{IN.MAX} = 110\text{ A}$, $R_{PROP.KANÁLU.TRANZISTORU} = 0,006\ \Omega$ v neposlední řadě ztráty $P_{CELKOVÉ} = P_{PROPUSTNÉ} + P_{SPÍNACÍ}\ [W]$,

$$\text{Propustné ztráty } P_P = \frac{U_{IN.MAX} \cdot I_{IN.MAX}}{4 \cdot T} \cdot (T_{RISE} + T_{FALL}) \cong 11W ;$$

$$T_{ON} = \frac{\frac{U_{IN.MAX.EF}}{2} \cdot \frac{T}{2}}{U_{IN.MAX}} = \frac{14,14 \cdot 5e-6}{40} = 1,75 \mu s \quad (3.9.1)$$

$$\text{Spínací ztráty } P_S = \frac{I^2 \cdot R \cdot t_{ON}}{T} = \frac{110^2 \cdot 0,006 \cdot t_{ON}}{T} \cong 13W$$

$$P_{CELKOVÉ} = 11 + 13 = 24 \text{ [W/na 1 tranzistor]}$$

Podobně stanovíme ztráty na diodě = 9 [W/na 1 diodu.]

$$\text{Celkové ztráty jsou tedy } P = 24+9 = 33 \text{ [W]}$$

Ze ztrát a zadaných katalogových parametrů, lze určit teplotu chladiče na jednotku wattu a tak vybrat vhodný materiál. Určení provedeme z následujících vztahů :

$$T_{CHIP-CASE} = R_{TEP.CHIP-CASE} \cdot P = 33^\circ C \quad (3.9.2)$$

$$T_{CASE-CHLADIČ} = R_{TEP.CHIP-CASE} \cdot P = 33^\circ C$$

$$T_{CHLAD.MAX} = T_{MAX.CHIP} - T_{CHIP-CASE} - T_{CASE-CHLADIČ} = 120 - 66 = 54$$

$$\Delta T_{MAX} = \frac{T_{MAX.OKOLÍ.MIN} - T_{CHLAD.MAX}}{P} = \frac{54 - 50}{33} = \frac{4}{33} [^\circ C / W]$$

3.10 Kondenzátorové baterie

3.10.1 Vstupní kapacitní baterie

Vstupní kapacitory slouží v tomto zapojení SZP, jako omezení odebíraných špičkových hodnot proudu přímo ze zdroje, při vlastním spínání tranzistorů do primárního vinutí transformátoru.

Vzhledem k vysoké předpokládané kapacitě bude nutné kombinovat elektrolytické a svítkové kondenzátory, tedy pro vysoké spínací frekvence,

v tomto případě 100[KHz], by bylo ideální použít keramické či pouze svitkové kondenzátory,

nicméně vzhledem k potřebné vysoké kapacitě přibližně 550[μF], která je způsobena velkým proudem I_{inmax} , je neekonomické používat výhradně keramické kondenzátory, přestože jsou ideální pro vysokofrekvenční aplikace.

Jedná se sério-paralelní zapojení kapacitorů. Celé zapojení musí být správně dimenzováno, vůči proudu a napětí které se může vyskytnou na zdroji, nebo na spotřebiči, jelikož se v podstatě jedná o zapojení kondenzátorů paralelně ke zdroji a zátěži.

Vstupní kondenzátorová baterie se vypočte za vztahu pro velikost proudu na kondenzátoru:

(3.10.1.1)

$$I_C = C \frac{\Delta U_C}{\Delta t} \Rightarrow C = \frac{\Delta t \cdot I_C}{\Delta U_C} = \frac{2,5e^{-6} \cdot 220}{1} = 550[\mu F]$$

Vstupní kapacitní baterie je dimenzována na 220A, což představuje maximální špičkovou hodnotu proudu, danou převodem transformátoru, který je 1:4, při maximálním odebíraném proudu na výstupu SZ, 50A.

3.10.2 Výstupní kapacitní baterie

Výstupní baterie je charakterem vlastností a zapojení analogická ke vstupní kapacitní baterii. Rozdílem je především maximální proud 50[A], který potřebnou výslednou kapacitu baterie snižuje. Obě kapacitní baterie jsou složeny z elektrolytických kondenzátorů,

kteřé vykazují lepší proudovou odolnost a vysoké kapacity, které je potřeba uplatnit, nicméně v oblastech spínací frekvence kolem 100[KHz] tyto kapacity nedokážú dostatečně rychle dodávat potřebnou energii,

z toho důvodu jsou paralelně k elektrolytickým kondenzátorům zapojeny fóliové kondenzátory, které mají podstatně menší kapacitu, ale mají vysokou proudovou odolnost, nicméně dokážú velmi rychle pokrývat skokové změny v odběru energie.

Vztah pro výpočet kapacity výstupní kondenzátorové baterie :

$$C = \frac{\Delta t \cdot I_C}{\Delta U} = \frac{2,5e^{-6} \cdot 50}{1} = 125[\mu F] \quad (3.10.2.1)$$

3.11 Řídící deska

Jedná se o DPS, která je osazena procesorem značky „texas instruments s.r.o“ a to typem TMS320F28015PZA, jedná se 32 bittový procesor, dále zde najdeme ochranné kapacity, krystaly pro frekvenční referenci do procesoru, tlačítko pro resetování procesoru, konektor J-TAG pro programování mikroprocesoru a pasivní filtry typu dolní propust.

4. Měření proudů

[6]

Proud je měřen pro řízení spínání spínacích tranzistorů a z důvodu ochrany součástek a uživatele zařízení.

Měření proudů na primárním i sekundárním vinutí transformátoru, je vytvořeno pomocí obvodu „ACS712ELCTR30AT“, jedná se o proudovou sondu, která ke své funkci vyžaduje pouze 5 [V] napájecího napětí a jeden kondenzátor, přičemž je tato součástka dimenzována na měření proudů do 30 [A].

Pro měření v této aplikaci, byly stanoveny proudové bočníky, vzhledem k v nízkému vnitřnímu odporu měřící sond proudu ($1,2 \text{ m}\Omega$), byl bočník stanoven experimentální metodou, během které byl postupně odebírán materiál na DPS, čímž byl postupně dosažen požadovaný poměr dělení proudu do větví bočníku.

Výše zmíněným bočníkem jsme dosáhly použitelnosti této proudové sondy pro aplikaci při měření do 220 [A] a do 60 [A] . Proudová sonda je přímo připojena na měřící cestu, přičemž hallova sonda, která je uvnitř integrována odolává do $2,1 \text{ [kV]}$ průrazného napětí.

5. Rozbor použitých součástek

5.1 Mikroprocesor [7]

Pro řízení spínání tranzistorů zapojených ve zdvojeném půlmůstkovém zapojení, dále pak pro zajištění zpracování naměřených dat v podobě napětí na výstupu spínaného zdroje, také pro zpracování naměřených hodnot proudů,

jak na straně zdroje napětí spínaného zdroje, tak na výstupní straně ze SZP byl zvolen procesor typu TMS320F28015PZA, který je bez větších problémů schopen takovou to úlohu splnit.

Procesor je řazen mezi 32 bittové signálové procesory s flash pamětí, procesor nese označení LOW-POWER, označující nízkou spotřebu elektrické energie, konkrétně pro výpočetní jádro postačí $1,8\text{V}$ a pro ostatní IO (integr. obvody) postačí $3,3\text{V}$. Také je možno pomocí nastavení jednotlivých registrů vypínat funkce, které se případně při práci dlouhodobě či dočasně nevyužívají, což opět snižuje spotřebu.

Technologie LOW-POWER je v těchto procesorech integrována z jednoduchého důvodu, tedy použití procesorů těchto typů při bateriovém napájení pomocí baterií typu „AA“ a „AAA“, kde se chceme zbavit závislosti na síťových rozvodech napájení v zařízeních o malých rozměrech,

kde požadujeme dlouhodobější funkci zařízení a je proto velmi žádoucí maximálně snížit odběr všech součástí včetně procesoru. Při použití například jedné baterie velikosti „AA“ je možné dosáhnout napětí 3,3V, které mimo jiné procesor požaduje,

například zvyšovacím step-up měničem, jakým může být například produkt společnosti texas instruments a.s TPS61220, k němuž postačí připojit 2 SMD rezistory a 2 SMD kondenzátory a zařízení je plně funkční přičemž podporuje low-power technologii , i samotný step-up měnič je v SMD pouzdru 6SC70 , jenž zabírá přibližně pouhých 0,5cm² prostoru.

Procesor je schopen pracovat s cykly až 16,6 ns/ instrukci 60MHz, pracuje se složitějším typem instrukční sady a řízení sběrnic typu „harvard“, programovat lze pomocí rozhraní J-TAG, disponuje až 12-cti PWM výstupy, 12-cti bitovým ADC převodníkem, 32KB flash paměti a třemi časovači.

5.2 Transformátor

[8]

V této aplikaci SZP je zvolen planární transformátor, jehož konstrukce je popsána v sekci „výpočet transformátoru“, pro tuto konstrukci bylo zvoleno jádro typ „E“ tedy s označením ETD49, kde 49 značí fyzickou velikost. Jádro je vyráběno z několika materiálů, jakými jsou například 3C3 , 3C85 , 3C90 a 3F3 .

Porovnáním katalogových údajů došlo k výběru materiálu 3F3, který nejlépe zachovává své parametry i při spínací frekvenci 100 [KHz], která nám umožnila použití transformátoru menších rozměrů, je také dobře teplotně odolný,

celkově vykazuje nižší ztráty při narůstajícím pracovním kmitočtu až do 400KHz a tím i při narůstající pracovní teplotě, která je způsobena ztrátami na transformátoru.

Součástí transformátoru je dále „kostra“, která slouží ke spojení DPS spolu se závity transformátoru, v konečném důsledku nese celou hmotnost transformátoru a rozkládá ji na plochu DPS.

Naposlední částí jsou klipsy, které zajistí jádro na kostře proti pohybu, v tomto okamžiku uvažujeme síly působící na závity a jádro transformátoru, způsobené průtokem proudu cívkami a následujícím vytvoření magnetického toku.

Jelikož je transformátor na tuto zátěž navrhnout a dimenzován, již od výrobců jednotlivých komponent transformátoru, není nutné tuto okolnost nadále přibližovat. Sílu působící v transformátoru lze spočítat ze vztahu. Kde F je síla v [N], μ je permeabilita [H/m], π je konstanta s neukončeným desetinným rozvojem = 3.14159, I_1 je proud cívky od které počítáme sílu, I_2 je proud cívkou (nebo vodičem) ke kterému počítáme sílu, r je poloměr vodiče od kterého počítáme sílu a l je vzdálenost mezi cívkami (vodiči).

$$F = B \cdot I \cdot l = \frac{\mu \cdot I_1}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot I_2 \cdot l [N] \quad (5.2.1)$$

5.3 Spínací tranzistory

- ve zdvojeném půl-můstkovém zapojení:

[9]

Pro tento SZP jsou zvoleny tranzistory typu IRL 3803, jedná se o MOS-FET tranzistory dimenzované na provoz do 140 [A] v pouzdře TO220 AB, které je určené pro připojení na chladič.

Tyto tranzistory v sobě obsahují paralelně zapojenou, mezi source a drain, blokovací rychlou schottkyho diodu, což je výhodné z ekonomického hlediska, jednak z hlediska dalších investic za speciální schottkyho diody, ale i z hlediska integrace do jednoho pouzdra.

Tranzistory disponují velmi dobrým odporem kanálu $0,006 \Omega$, což umožňuje zvýšit dynamiku spínání, tedy je možné použít větší spínací frekvence tranzistoru, což by u standardního tranzistoru MOS-FET nebylo bez navýšení především jouleových ztrát, při přeměně energie na teplo, možné.

Tranzistory jsou dimenzovány od výrobce pouze na 140 [A], což je nedostatečné pro aplikaci s maximálním špičkovým proudem 220 [A], z toho důvodu je zapojení půl-můstku provedeno dvojitě, což umožní poměrné rozložení spínaných proudů do dvou větví dle dílčích odporů větví a sníží se tímto i zátěž na jednotlivé tranzistory,

tedy při předimenzování - konkrétně na 280 [A], se prodlouží jejich životnost, což je z uživatelského hlediska vítané.

5.4 Usměrnovací diody:

- ve dvoucestném zapojení výstupního zesilovače SZP:

[10]

Jedná se o schottkyho bariérové diody, určené pro vysokofrekvenční, LOW-POWER aplikace, dimenzované na 40 [A] s nízkými propustnými ztrátami, mají podobně jako spínací tranzistory, uzpůsobené pouzdro podobné TO220, pro odvod tepla na chladič, zajímavostí je fakt že plocha pro odvod tepla není kovová (není výrazně elektricky vodivá), tedy není nutná izolace mezi chladičem a diodou.

Uvnitř je zdvojená konstrukce diody, tedy jsou zde zapojeny 2 diody, které lze na výstupu z pouzdra v obvodovém zapojení paralelně spojit a

dosáhnout tím možného propustného proudu $2 * 20$ [A], v tomto zapojení SZP je nutné použít tuto výše zmíněnou paralelní kombinaci a navíc provést další paralelní kombinaci dvou diod, čím dosáhneme dimenzace na proudy 80 [A], původní maximální proud,

který může protékat diodou je stanoven jen na 40[A], nicméně celkově SZP musí být schopen na svém výstupu dodat až 50[A], z tohoto důvodu je zapojení zdvojeno, přičemž je toto zapojení ekonomicky výhodnější, než-li diody které jsou dimenzované na přibližně 60[A],

navíc opět dojde k prodloužení životnosti nejvíce namáhaných součástek, podobně jako tomu bylo u tranzistorů, vzhledem k tomu že nepracují na svých krajních limitech, což je opět přívětivé pro koncového uživatele.

5.5 Zdroje napětí pro IO

Pro obsluhu SZP jsou použity celkem 3 zdroje napětí a 3 drivery, Nejprve zdroj 5 [V] „78L05“ pro napájení integrovaných obvodů, například pro sondy proudu, referenční zdroj 3,3 [V] „REF3233“ pro mikroprocesor na řídicí desce (pro obsluhu periférii a převodníků),

dále pomocí napěťového děliče i 1,8 [V] , které jsou použity opět pro procesor, pro výpočetní jednotku, toto napětí je dále filtrováno dolno-propustním filtre typu LC, a dále je jemně stabilizováno v mikroprocesoru.

V neposlední řadě jsou zde tzv. Drivery, tedy zdroje které na podmět procesoru sepnout spínací tranzistory a podobně, jejich hlavní výhodou je schopnost dodat vyšší proud, než-li je možné odebírat z mikroprocesoru, čímž umožňují rychlejší spínání tranzistorů.

6. Závěr :

Vzhledem k tomu, že doposud není plně zprovozněna DPS pro SZP, v této BP není zahrnuto měření na výkonové hranici, které je zadáno v zadání BP.

Ohledně budoucího rozvoje tohoto projektu, se může jednat zejména o rozšíření funkcí SZP například o informační display, nebo o software, který by mohl pracovat jednak jako monitorovací stanice stavu a provozu SZP a za druhé jako jeho nastavování pomocí sériové linky.

Dále by SZP mohl být doplněn o více ochranných prvků, proti předimenzování součástek či pro větší bezpečnost uživatele, zejména o prvky nezávislé na práci mikroprocesoru. Také připadá v úvahu použití více měřících funkcí, jako jsou například teplota transformátoru, či napětí na vstupu. Aplikace aktivního chlazení ventilátory by pomohla například zvýšit životnost SZP jako celku. Popřípadě aplikovat na úkor větší ceny účinnější výstupní filtr napětí a proudu.

Zdroj byl navrhován s ohledem na ekonomickou stránku jeho vlastní výroby, nicméně některé z výše zmíněných rozšíření nevyžadují nepřiměřené investice. V dalším rozvoji by bylo vhodné při návrhu více adaptovat součástky pro použití v automobilu (kde jsou vystaveny extrémním teplotám a vlhkosti).

Použitá literatura a ostatní zdroje

- [1] DIVÍLEK, Petr. Bakalářská práce, Spínaný laboratorní zdroj napětí. Brno, 2010.
[http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=31057 ; 30.05.12-13:00h-UTC+1]
- [2] Vodíkový BOOSTER, [<http://www.water4gas.com/home.php> ; 30.05.12-12:00hUTC+1].
- [3] Princip funkce vodíkového boosteru,
[<http://www.energocont.cz/AZEboostry.htm> ; 30.05.12-12:00hUTC+1]
- [4] Schottkyho dioda do usměrňovače-datasheet,
[<http://www.farnell.com/datasheets/64471.pdf> ; 1.6.12-11:00h-UTC+1]
- [5] Feritové jádro cívky-datasheet, [<http://www.ges.cz/cz/feritove-toroidni-jadro-ft-50-77-GES05500030.html> ; 1.6.12-11:00h-UTC+1]
- [6] Sonda proudu-datasheet, [<http://www.farnell.com/datasheets/87691.pdf> ; 1.6.12-11:00h-UTC+1]
- [7] Mikroprocesor TMS -datasheet, [zdroj:
<http://www.ti.com/product/tms320f28015#feature> ; 29.05.12-16:00h.UTC+1]
- [8] Jádro a kostra transformátoru-datasheety, [
<http://www.tme.eu/dok/e/etd49.pdf> ;29.05.12.16:00h.UTC+1]- JÁDRO
[http://www.tme.eu/html/CZ/kostry-a-prislusenstvi-pro-jadra-etd/ramka_810_CZ_pelny.html ;29.05.12.16:00h.UTC+1]- KOSTRA
- [9] Spínací tranzistory - datasheet, [<http://www.tme.eu/dok/I/irl3803.pdf> ;29.05.12.16:00h.UTC+1]
- [10] Usměrňovací dioda -datasheet,
[<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/a/0sdqwa00h2y1dkkptg1rkrfh7>

Teoretické části práce byly inspirovány, literaturou:

Krejčířík Alexander: Napájecí zdroje I. - základní zapojení spínaných napájecích zdrojů, 2. vydání, BEN, 1996

Pro vypracování této BP byl použit software microsoft office 2003 a program Eagle v obou případech se školní licenci Západočeské univerzity v plzni.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Evžen VYROUBAL**
Osobní číslo: **E09B0345P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**
Název tématu: **Procesorem řízený spínaný regulovatelný proudový zdroj
12V/50A, 700W**
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je zkonstruovat spínaný zdroj určený pro napájení vyvíječe Brownova plynu (elektrolyzér). Charakterem se jedná o zařízení typu proudový zdroj s napěťovým omezením. Lze volit mezi koncepcí izolovaného a neizolovaného zdroje. Pro řízení použijte procesor firmy Texas Instruments řady TMS320F28xx.

1. Prostudujte potřebnou literaturu a navrhnete koncepci zařízení.
2. Prostudujte nabídku dobře dostupných součástek a konkretizujte zapojení zařízení. Zohledněte možnost kolísání vstupního napětí od 10V do 15V. Omezení výstupního napětí volte 30 až 40V.
3. Fyzicky realizujte funkční vzorek.
4. Odměřte parametry sestaveného zařízení, zejména schopnost chodu na výkonovém limitu jak při proudovém, tak při napěťovém limitu.
5. Jako volitelný úkol vytvořte pro PC jednoduchý software určený ke komunikaci s řídicím procesorem zařízení.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Matouš Bartl

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Matouš Bartl

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

děkan

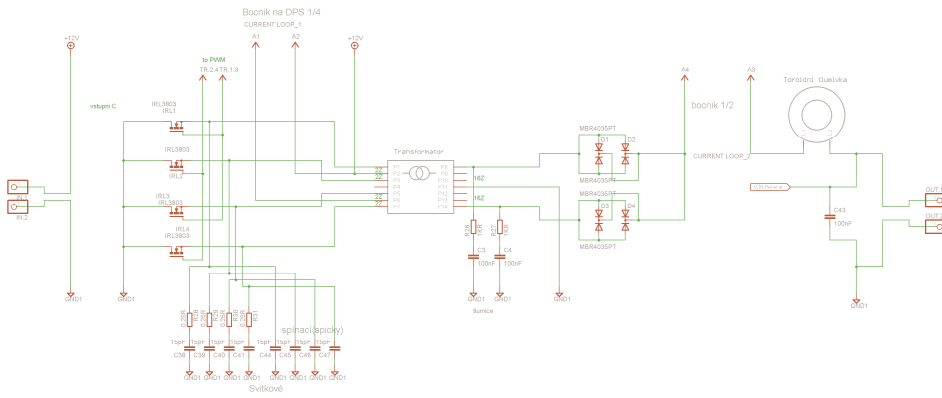


Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev

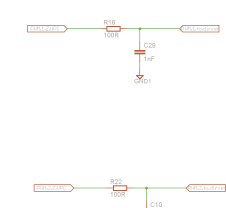
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

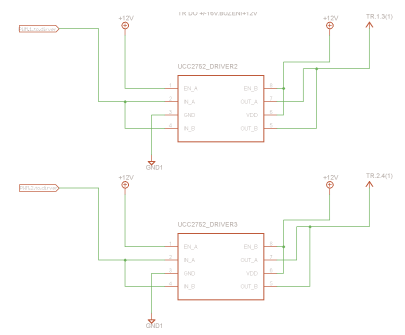
A.2 EI. schéma zapojení hlavní DPS



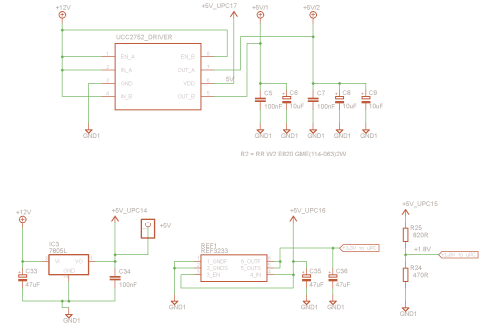
Filtry typu dolni propust



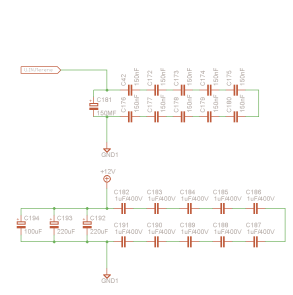
Drivery pro spnaci tranzistory



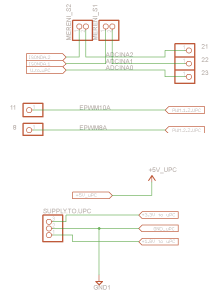
Napajeci zdroje



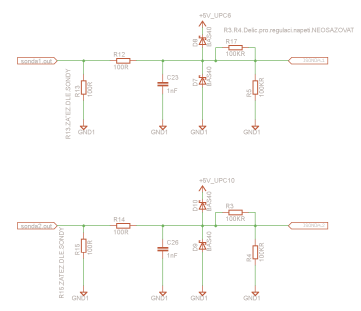
Kondenzatorove baterie



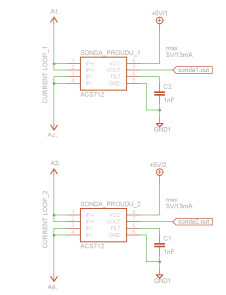
Piny do procesoru



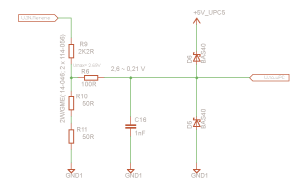
Mereni proudu



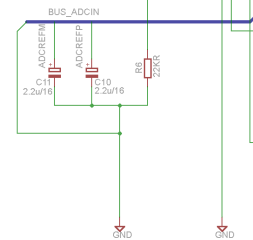
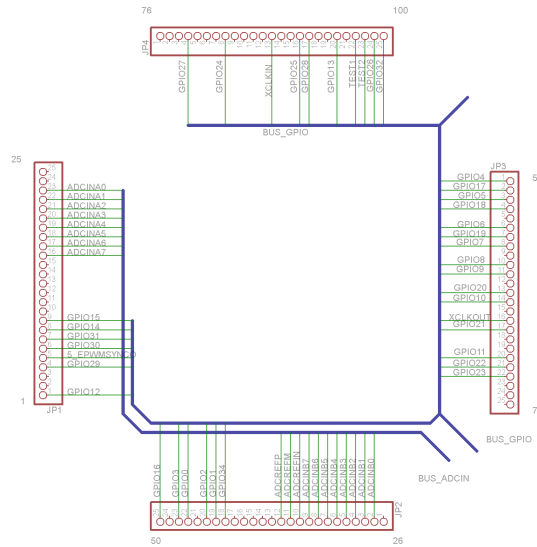
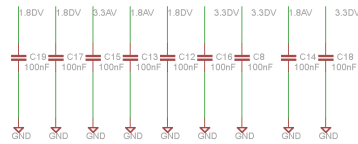
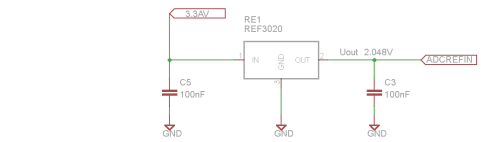
Proudove sondy



Mereni napeti



A.1 Elektrické schéma zapojení řídicí DPS

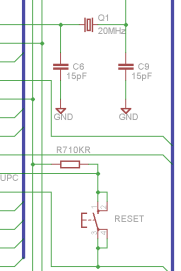
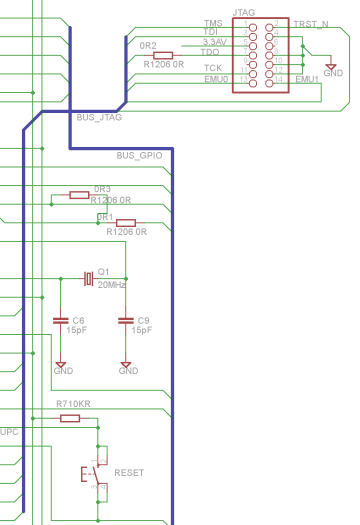
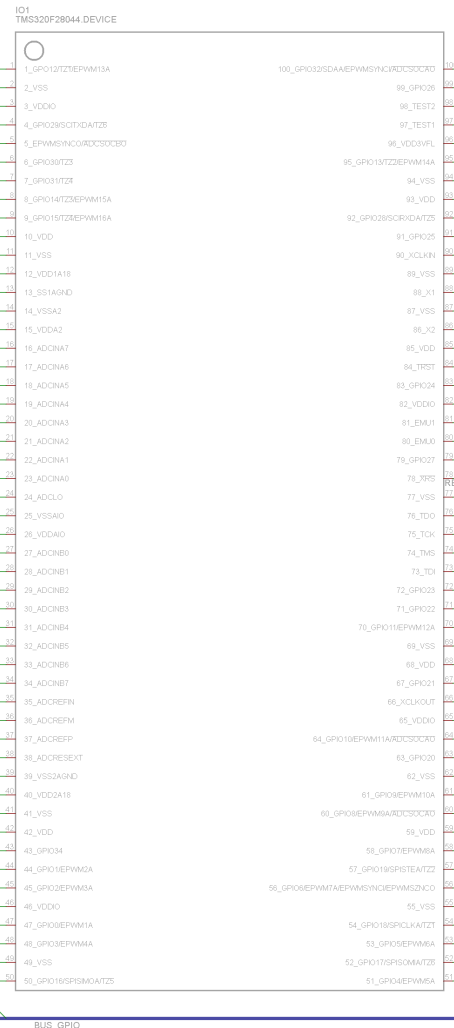
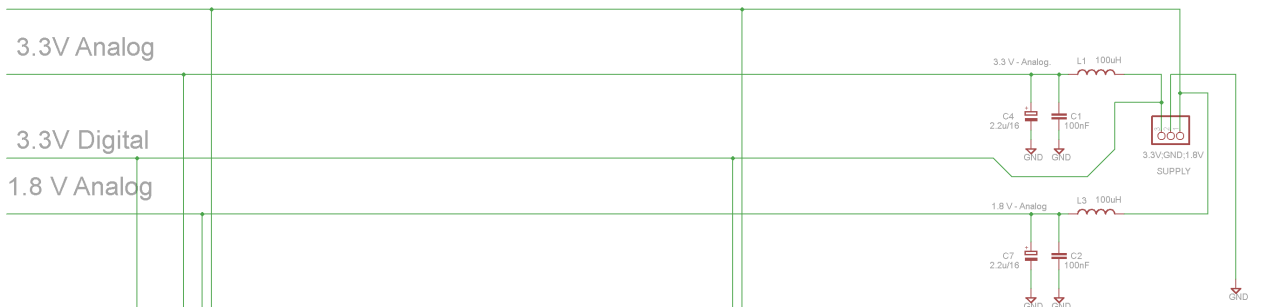


1.8 V Digital

3.3V Analog

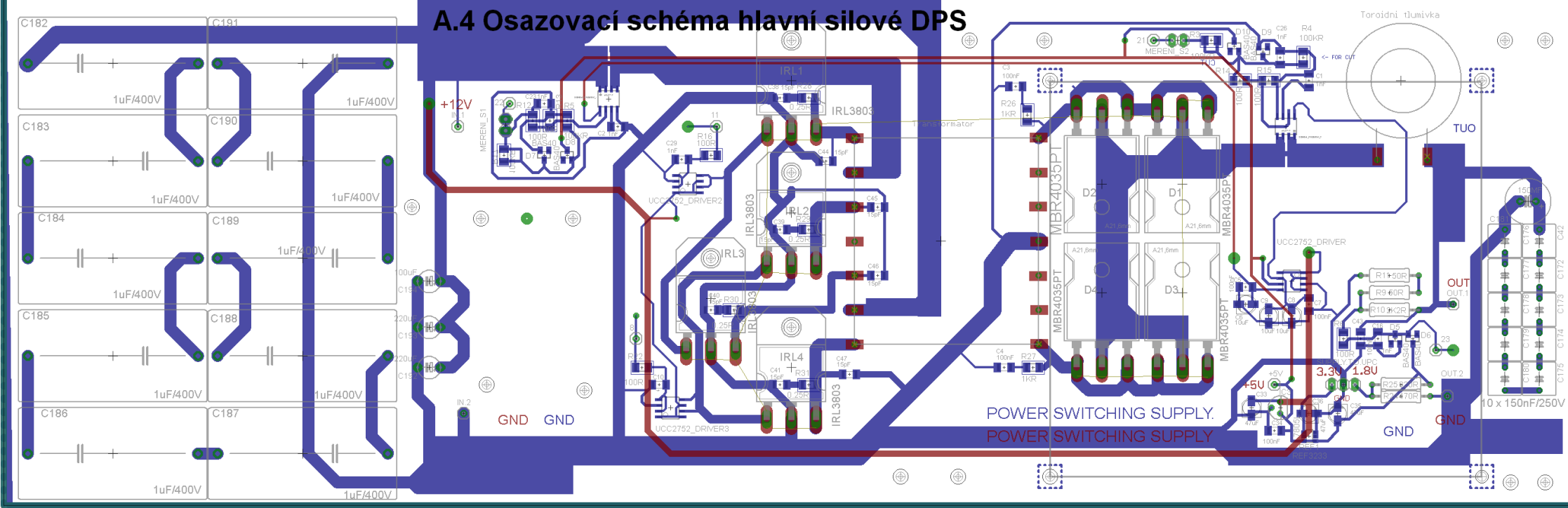
3.3V Digital

1.8 V Analog



Deska mikroprocesoru

A.4 Osazovací schéma hlavní silové DPS



A.3 Osazovací schéma řídicí DPS

