

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh moderní síťové nabíječky elektromobilu s vysokou hustotou výkonu
Jméno autora:	Vladislav Walter Nürnberger
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra elektrických pohonů a trakce
Oponent práce:	Ing. Jakub Jirsa
Pracoviště oponenta práce:	STMicroelectronics D&A

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání <i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	náročnější
Splnění zadání <i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	splněno
Zvolený postup řešení <i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	správný
Odborná úroveň <i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	B - velmi dobře
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	A - výborně
Výběr zdrojů, korektnost citací <i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	A - výborně
Další komentáře a hodnocení <i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>	

III. SPECIFICKÉ PŘIPOMÍNKY K TEXTU BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

strana 4-5: sekce Vstupní/výstupní filtr

„Tlumivka se společným jádrem slouží k potlačení většiny nesymetrického rušení, zbývající vysokofrekvenční složky jsou svedeny k zemi dvojicí kondenzátoru C2 a C3. Kondenzátor C1 slouží k potlačení symetrického rušení.“

Dvojice tlumivek se společným jádrem (často označovaná jako CM – Common Mode choke) slouží k potlačení převážné souhlasného rušení, ačkoli s kombinací kondenzátoru C1 utlumuje její rozptylová část indukčnosti i nesymetrické – diferenciální rušení.

strana 11: 1.1. Možné topologie nabíječek

„Za předpokladu zachování stejných spínacích ztrát jako při použití Si technologie, lze u SiC zvýšit spínací frekvenci, a následně zmenšit rozměry transformátoru a EMI filtru. [19]“

Za předpokladu zachování stejných spínacích ztrát je nutné při zvýšení frekvence zrychlit spínací a vypínací časy součástek. Tato změna opravdu zmenší rozměry transformátoru, ale naopak často vede ke zvýšeným nárokům na EMI filtr – zvláště na vyšších frekvencích nad 10MHz.

strana 23: 3.2 Transformátor

Za předpokladu že výstupní nabíjecí napětí je 200 V a nabíječka dodává plný výkon, je hodnota výstupu PFC (kondenzátoru C4 z obrázku 2.2) vypočítaná na 486 V. Pokud nabíječka pracuje za plného výkonu, jak se bude toto napětí měnit v průběhu jedné periody a jaké bude maximální napětí na tomto kondenzátoru? Nepřesáhne napětí při kapacitě 470 uF dimenzovaných 500 V?

strana 29: 3.6 Dimenzování chlazení

Doba nárůstu a poklesu napětí tranzistoru $t_r = 14$ ns, $t_f = 17$ ns je v datasheetu udávána s vypínacím odporem 20R, což souhlasí s vytvořeným schématem, ale zapínání je již s nulovým odporem. Je otázka o kolik bude doba nárůstu napětí delší než udávaná hodnota t_f a tedy spínací ztráty vyšší. Nicméně chápu, že výpočet ztrát MOSFETu je vždy náročný a pouze orientační.

strana 29: 3.6 Dimenzování chlazení

Chybí výpočet ztrát PFC diody, vstupního usměrňovače a výstupních diod H-můstku.

strana 30: 3. Dimenzování součástek

„Dle datasheetu [33] nesmějí pouzdra součástek při těchto ztrátových výkonech přesáhnout hodnoty 110 °C pro PFC tranzistor a 140 °C pro tranzistor H-můstku.“

Tato informace v datasheetu pravděpodobně nalezena nebyla, bylo by tedy vhodné uvést rovnici, ze které byly tyto teploty vypočítány, a uvést parametry použité k výpočtu: teplotu okolí a tepelný odpor z polovodiče do vzduchu.

strana 38: 4. Obvodové schéma měniče

„Signály pro řízení bloku PFC a H-můstku jsou připojeny na piny PA8 - PA10 MCU, což jsou výstupy periferie trimeru TIM1.“

Na stejných pinech jsou i výstupy periferie HRTIM, která poskytuje rozlišení až 217 ps. Uvažuje se použití této periferie?

strana 41: 5.2. Řídící struktura

„Je zřejmé, že hodnota napětí UDclink, na kterou se nabije stejnosměrný meziobvod, je dána součtem vstupního napětí $U_{in}(DC)$ a indukovaného napětí UL na indukčnosti v okamžiku vypnutí tranzistoru.“

Jedná se o zvyšující měnič, který z principu může mít velikost výstupního napětí nekonečně velkou. Indukované napětí UL na indukčnosti je dáno rozdílem napětí výstupního a vstupního. Tento rozdíl pak určuje strmost proudu.

strana 45: 5.3. Pracovní oblast

„To znamená, že během 1 % doby periody vstupního napětí nebude možné dosáhnout požadovaného napětí stejnosměrného meziobvodu, ale hodnoty nižší, která se vypočte dosazením do rovnice (5.2).“

Výstupní napětí je během periody vcelku stabilní, protože je dáno velikostí výstupního kondenzátoru. Nelze tedy tvrdit, že nebude možné dosáhnout požadovaného napětí. Správná interpretace je taková, že strmost vstupního proudu nebude taková, jakou požaduje regulátor.

Ano, hodnota na výstupním kondenzátoru během této doby bude nižší, nicméně tento fakt je způsoben doručováním nižšího okamžitého výkonu v době průchodu vstupního napětí nulou při zachování konstantního odběru výkonu z výstupního kondenzátoru.

Princip regulace proudu zvyšujícího měniče je popisován jako důsledek kombinace výstupního, vstupního napětí a střídavy. Dle mého pohledu je přesnější výklad takový, že změnou střídavy je regulován vstupní proud (podle sinusové obálky tak aby zařízení vyhovovalo EN61000-3-2), který nabíjí výstupní kapacitou PFC. Přitom kapacita tohoto kondenzátoru musí být dostatečně velká, aby zvlnění napětí vyhovovalo následujícímu měniči (běžně se zvlnění pohybuje při 400 V nominálního napětí okolo 20 Vpp). Je nutné si uvědomit, že výkon je do výstupního kondenzátoru dodáván stejně, jako když je za můstkový usměrňovač připojena oporová zátěž (funkce sin o dvojnásobné frekvenci sítě posunutá o amplitudu nad nulovou hodnotu napětí).

strana 33: 4 Obvodové schéma měniče

Z obvodového zapojení nabíječky bych doporučil příště použít foliový kondenzátor i za usměrňovačem, těsně před indukčností PFC, z důvodu zlepšení EMI. Pokud sepne PFC tranzistor, proud s vysokým obsahem vyšších harmonických je odebírán z X2 kondenzátoru, který je umístěn přímo u síťového přívodu. Na tomto kondenzátoru tedy budou vznikat úbytky napětí o vysoké frekvenci a EMI filtr bude de facto ze zapojení vyřazen.

IV. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Práce je přehledně rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou zahrnuty možné jednofázové topologie používané pro palubní nabíječky, v praktické části je popsán návrh samotné nabíječky.

Práci považuji za zdařilou, reflektující současné trendy v oblasti palubních nabíječek (OBC). Rozsah práce odpovídá práci diplomové, ačkoli některé pasáže týkající se popisu návrhu, jako jsou návrhy napěťových děličů, jsou popisovány zbytečně velmi podrobně. Na druhou stranu důležitější výpočty jako je výpočet ztrát PFC diody a ztrát ve výstupním kondenzátoru PFC uvedeny nebyly. Po grafické stránce byla práce velmi úhledně zpracována a jako jediný nedostatek lze vytknout uvedení schématu pouze v rastrové podobě, která neumožňuje vyhledávání.

Odstavec III obsahuje připomínky na určitá tvrzení uvedená v této bakalářské práci, která dle mého názoru nebyla formulována zcela správně nebo byla zavádějící. Tyto poznatky však nemají za úkol kvalitu práce snižovat, naopak mají autora upozornit na případné problémy, pokud bude v práci pokračovat.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Otázky:

Za předpokladu, že výstupní nabíjecí napětí je 200 V a nabíječka dodává plný výkon je hodnota výstupu PFC (kondenzátoru C4 z obrázku 2.2) vypočítaná na 486 V. Pokud nabíječka pracuje za plného výkonu, jak se bude toto napětí měnit v průběhu jedné periody a jaké bude maximální napětí na tomto kondenzátoru? Nepřesáhne napětí při kapacitě 470 uF dimenzovaných 500 V?

Jaké budou tepelné ztráty v tomto kondenzátoru? Je dovolené proudové zvlnění tohoto kondenzátoru dostatečné? Jak se projeví překročení ztrát na jeho životnosti?

Datum: 3.6.2018

Podpis: