

DC/DC CONVERTER FOR MOTOR BIKE

Martin Prudík

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xprudi00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Vorel

E-mail: vorel@feec.vutbr.cz

Abstract: A drive design for a motor bike with brushed disk motor is discussed in this article. Especially the design of the DC/DC converter controlled by a microcontroller is introduced. The converter is designed with high demands on dimensions minimization and on maximum performance for riding without human assistance.

Keywords: DC/DC converter, electric bike.

1. ÚVOD

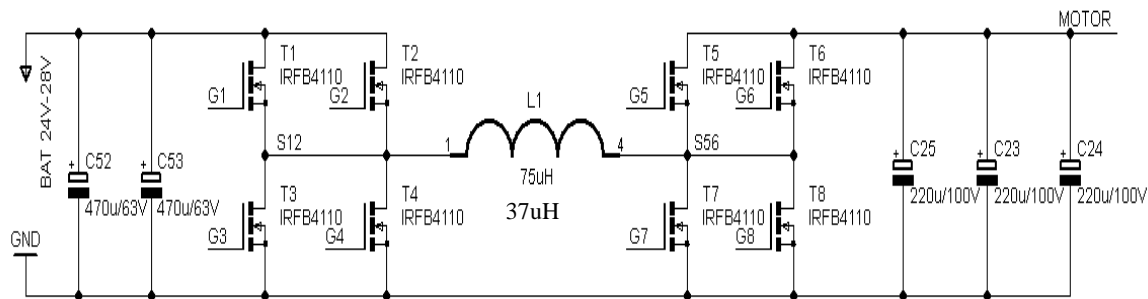
Díky bouřlivému vývoji posledních desetiletí v oblasti elektrických akumulátorů a výkonové elektroniky se na trhu již běžně objevují elektrická kola. Dnes již čtvrtý světově nejrozšířenější dopravní prostředek má velký potenciál. Tato práce je zaměřena na návrh stejnosměrného pohonu pro elektrické kolo s diskovým motorem Heinzman RN120-2NFB. Pohon se vyznačuje netypickým řešením silové části měniče i nezvyklým konstrukčním uspořádáním, které je důsledkem snahy o minimalizaci rozměrů celého měniče.

2. ROZBOR

Motor Heinzman RN120-2NFB má jmenovité parametry: napětí 24V, výkon 250W, moment 24,6Nm, proud 13A a otáčky 97ot/min. Při těchto otáčkách a obvodu kola je výsledná rychlost 12km/h. Z hlediska regulace i jízdních vlastností bude výhodnější napětí snižovat i zvyšovat v rozsahu 0 až 70V. Kdy napětí 70V odpovídá 265ot/min, tj. 33km/h.

2.1. KONCEPCE MĚNIČE

Schéma silové části použitého měniče je na obrázku 1. V podstatě jde o kaskádně zapojené měniče step-up a step-down. Při snižování napětí bude, v rytmu PWM, spínán pouze první step-down měnič (T1 až T4), na druhém měniči budou trvale sepnuty horní tranzistory (T5, T6). Při zvyšování napětí budou horní tranzistory step-down měniče (T1, T2) trvale sepnuty, v rytmu PWM se bude spínat druhý step-up měnič (T5 až T8). V každé větvi jsou použity dva paralelně řazené tranzistory IRFB4110, tím výrazně zvýšíme účinnost měniče. Kondenzátory slouží jako lokální akumulátory energie. Kondenzátory připojené k akumulátoru zajišťují konstantní odběr z akumulátoru, pro menší rozměry celého měniče bylo dimenzováno 10 kondenzátorů o parametrech 470uF/63V. Kondenzátory připojené k motoru zajišťují konstantní napětí na motoru, z důvodu velkého proudu jich je použito 16 o parametrech 220uF/100V. Tlumivka L je principiálně nutná pro funkci step-up měniče, kde slouží jako zdroj „konstantního“ proudu. Jak uvidíme později, tlumivkou prochází proud až 40A. Proto jsou použity dvě paralelně řazené tlumivky o průměru 46mm a výšce 26mm. Výsledná indukčnost je 37uH. Při této hodnotě indukce je zvlnění proudu přijatelné.



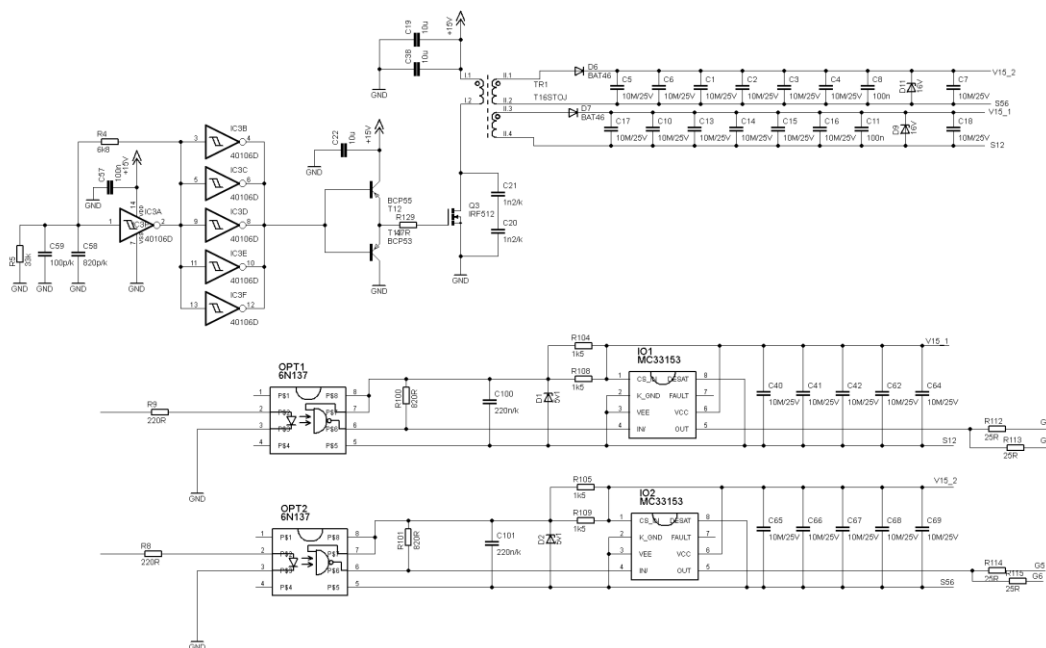
Obrázek 1: Schéma výkonového měniče

2.2. AKUMULÁTOR

Měnič je napájen z akumulátoru skládající se ze sériově paralelního řazení Li-Ion článků Panasonic CGR18650C. Každý článek má jmenovité napětí 3,6V a kapacitu 2,15Ah. Zapojením 7 sériových bloků, přičemž každý blok obsahuje 21 paralelně řazených článků, je dosažena kapacita akumulátoru 40Ah a jmenovité napětí 25,2V. Ke každému bloku je přidružená ochranná elektronika, vyhodnocující přepětí nebo podpětí na článcích. Při vybavení ochrany alespoň jednoho z bloků je akumulátor odpojen od měniče a uživatel je tak uvědomen, že nějaký z článků není v pořádku.

2.3. BUDIČE A JEJICH NAPÁJENÍ

Budiče slouží k přizpůsobení logických signálů z generátoru PWM na požadovanou výkonovou úroveň nutnou ke spínání výkonových tranzistorů. K tomuto účelu nám poslouží integrovaný obvod MC33153. Pro galvanické oddělení signálu je použit optočlen 6N137. Budiče pro spodní tranzistory jsou napájeny se spínaného zdroje, který napájí i ostatní elektroniku na desce. Horní tranzistory jsou napájeny z galvanicky odděleného zdroje skládajícího se ze zjednodušeného propustného měniče s transformátorem, viz. obrázek 2. Galvanické oddělení je principiálně nutné. Spínací signál pro tranzistor je totiž vždy nutné relativně vztáhnout na potenciál emitoru daného tranzistoru. Pro spodní tranzistory to je vždy GND. Pro horní tranzistory je potenciál proměnný. Proto je použito toto oddělení, které má vztahenou zem na emitor horního tranzistoru.



Obrázek 2: Zapojení budičů i s jejich galvanicky odděleným napájením

2.4. MĚŘENÍ ELEKTRICKÝCH VELIČIN

Při pohledu na obrázek 1. je jasné, že musíme znát hodnoty vstupního i výstupního napětí. Vstupní napětí, na akumulátoru, je nutná informace důležitá pro rozhodnutí, který z měničů bude spínán v rytmu PWM. Výstupní napětí, na motoru, je veličina důležitá při regulaci. Obě napětí jsou snímána z napěťového děliče zapojenému k danému meziobvodu. Signál je pak přes filtrační člen doveden na A/D vstup mikrokontroléru. Dělicí poměr je nastaven tak aby při maximálním možném napětí nedosahoval signál do DSP hodnoty větší než 3,3V.

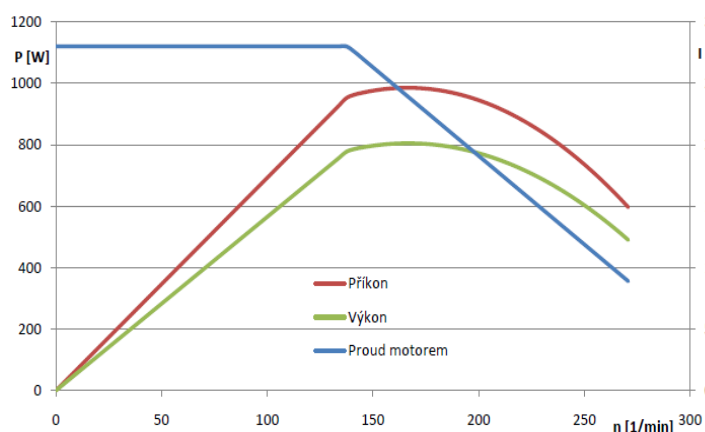
Motor bude řízen s podřízenou proudovou smyčkou, a proto je nutné měřit proud. Z hlediska regulace by bylo nejvýhodnější umístění čidla proudu přímo na vstup do motoru. Z hlediska požadavku na minimální rozměry se ukázalo za výhodnější umístění čidla proudu do meziobvodu tlumivky L a regulovat tak proud tlumivkou. Rozdíl v umístění čidla proudu lze softwarově ošetřit. K měření proudu bylo zvoleno čidlo CAS 25-NP od firmy LEM. Jedná se o čidlo, založeném na hallově principu s rozsahem měření $\pm 80A$. Čidlo vyniká svými miniaturními rozměry.

2.5. ŘÍDÍCÍ ČÁST

Měnič je řízen mikrokontrolérem MC56F8322. Tento DSP je konstruován speciálně pro řízení elektrických motorů. V čipu DSP jsou obsaženy všechny komponenty důležité pro řízení a regulaci jako jsou AD převodníky, programovatelné vstupy a výstupy, PWM modulace a jiné doplňky používané při řízení pohonů.

2.6. REGULAČNÍ STRUKTURA

Jak už bylo uvedeno, motor je řízen s podřízenou proudovou smyčkou za pomoci DSP. Hodnota žádaného proudu je nastavována za pomoci potenciometru umístěného v „plynové rukojeti“.



Obrázek 3: Průběh proudu a výkonu v závislosti na otáčkách

Hodnota žádaného proudu je dále softwarově přepočítávána aby odpovídala optimálnímu proudu motoru, viz. obrázek 3.

Při velkých otáčkách by byly v motoru velké ztráty. Proto budeme proud motorem od určité rychlosti omezovat podle křivky na obrázku 3. Je vidět, že tak dosáhneme maximálního výkonu motoru téměř 820W při rychlosti 20km/h. Při velkých otáčkách bude proud motorem malý a tak i ztráty menší.

3. ZÁVĚR

V článku jsou popsány jednotlivé prvky stejnosměrného měniče pro elektrické kolo. Použitím signálového procesoru se výrazně zjednodušilo schéma celého měniče, protože všechny regulační procesy jsou realizovány číslicově. Díky tomu i díky provedeným optimalizacím a konstrukčnímu uspořádání je dosaženo minimalizace rozměrů.

REFERENCE

- [1] PRUDÍK Martin. *Trakční měnič pro motorové kolo*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky, 2010. 34 s. Vedoucí práce byl doc. Ing. Pavel Vorel, Ph.D.