

Konstrukce napět'ového střídače pro přední pohon elektrické formule

Pavel Krýsl

Katedra výkonové elektroniky a strojů

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

kryslp@fel.zcu.cz

Construction of Voltage Inverter for Front Traction of Electric Formula Car

Abstract – This article focuses on design and construction of voltage inverter for front traction of electric formula car, built at University of West Bohemia in Pilsen. Front traction system consist of these two inverters for both electric motors wheels, (one per motor). These parts include power switches, gate drivers, current measurement, voltage measurement, temperature measurement, inverter input and output filters. The whole inverter is constructed and its parameters are verified.

Keywords – E-formula, voltage inverter, transistor, inverter design, component dimensioning, measurement, dv/dt filter, input filter

I. ÚVOD

Tato práce je zaměřena na problematiku a konstrukci trakčního měniče pro přední pohon elektrické formule. Je zde řešena řada technických problémů a dimenzování, které komponenty musí splňovat podle pravidel soutěže pro studentské e-formule. Návrh je zaměřen na konstrukci měniče se dvěma střídači, které budou pohánět motory pro každé přední kolo. Důraz je kladen na využití diskretních spínacích polovodičových prvků a docílit tak finančně úspornější varianty oproti kompaktním polovodičovým modulům. K samotnému střídači budou připojeny i měřicí a filtrační obvody. Měřicí obvody budou sledovat hodnoty proudu a napětí v jednotlivých fázích, stejnosměrné napětí v meziobvodu a teplotu na výkonovém chladiči. Jeden Filtrační obvod je uplatněn pro odrušení vysokofrekvenčních proudů mezi střídačem a akumulátorovým zdrojem, kde je umístěn vstupní filtrační kondenzátor a druhý filtr je umístěn na výstupu fází mezi střídačem a motorem, pro snížení strmosti hran (du/dt filtr). Celková koncepce zahrnuje střídač, řídicí, měřicí a filtrační obvody, které budou rozmístěny na jedné desce plošného spoje.

II. PARAMETRY

Měnič je konstruován pro dva stejné synchronní motory s permanentními magnety o jmenovitém výkonu 12,3 kW a jejich parametry jsou rozhodující při další volbě součástek. [1]. Podle počtu pólů motoru (10 pólů) lze určit, že modulovaná frekvence na jmenovité otáčky (12000 ot/min) bude vysoká, a proto je vhodnější i vyšší spínací frekvence.

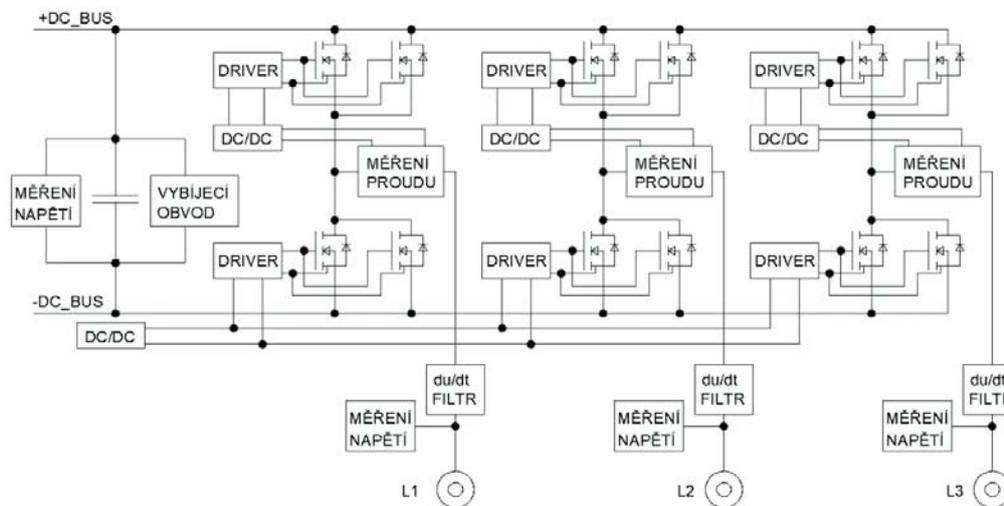
Parametry střídače vycházejí nejen z parametrů motoru, ale i z pravidel soutěže a možné napěťové úrovně napájení. Byla tedy vybrána paralelní kombinace MOSFET tranzistorů na bázi SiC IMZ120R030M1H od firmy Infineon [2].

TABULKA I. POŽADOVANÉ PARAMETRY MĚNIČE

Parametr	Symbol	Hodnota	Jednotky
Maximální napájecí napětí	U_{DCmax}	600	V
Jmenovitý fázový efektivní proud	I_N	53,1	A
Spínací frekvence	f_{PWM}	40	kHz
Jmenovitá modulovaná frekvence	f_l	1000	Hz
Jmenovitá teplota	T_N	150	°C
Spínací napětí	U_{GS}	0 – 19	V

III. CELKOVÁ KONCEPCE

Celkové blokové zapojení jedné desky tak získá podobu zobrazené na Obrázek I, kde jsou zobrazeny všechny uvedené obvody.



Obrázek I. Blokové schéma

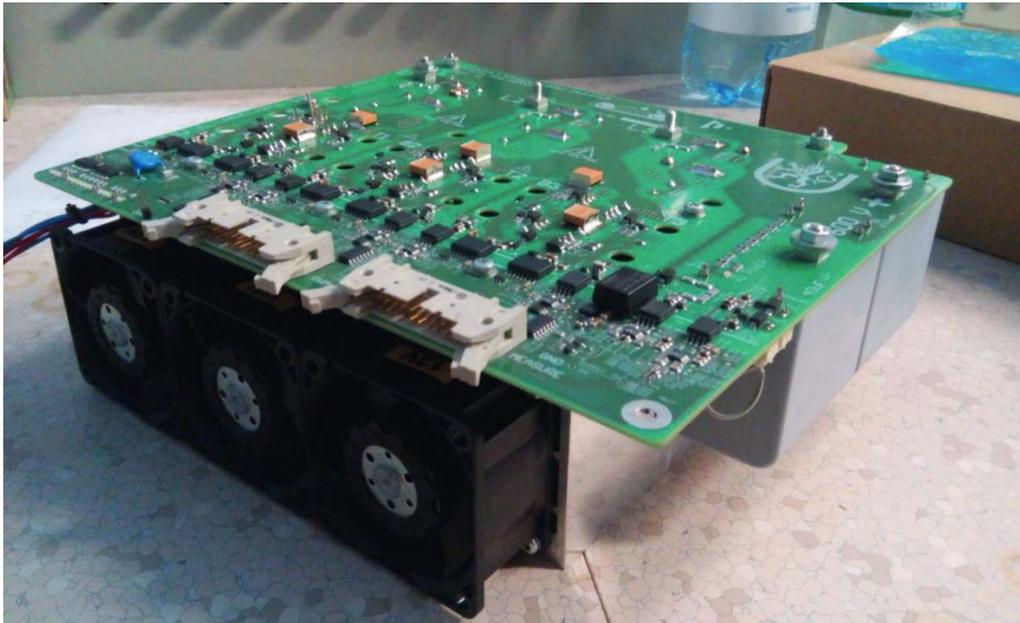
Popsání jednotlivých bloků by bylo příliš obsáhlé, a proto budou zmíněny jen klíčové vlastnosti uspořádání. Celá deska je napájena +5 V a ostatní napěťové hladiny -5 V pro měřicí obvody. Pro vysokonapěťovou stranu jsou vytvořeny napěťové hladiny +19 V a +5 V.

Měření proudu je prováděno měřením úbytku napětí na odporu. Měření napětí je řešeno odporovým napěťovým děličem a na měření teploty je využit NTC termistor. Všechny měřicí signály jsou galvanicky odděleny a převedeny na diferenciální signály o velikosti ± 10 V.

Driver obsahuje desaturační ochranu a kontrolu napájení. V případě zareagování ochrany na jednom z driverů dojde k vyslání signálu, který zablokuje i ostatní drivery.

IV. KONSTRUKCE

Tuto koncepci je možní přenést na desku plošného spoje a při dodržení potřebných pravidel tak zajistit funkčnost a validitu měniče. Obrázek II zobrazuje zkonstruovaný měnič s jednou deskou a chlazením.



Obrázek II. Deska jednoho střídače s chlazením

V. MĚŘENÍ A ZÁVĚR

Byl proveden výběr tranzistorů s důrazem na levnější diskretní prvky, a tak byla cena snížena na 1/4 oproti výkonovým modulům s obdobnými parametry.

Celý měnič byl vypočítán a navržen tak, aby v případě změn parametrů nebo částí mohl být optimálně doladěn na požadované vlastnosti. Střídač je celý uložen na desce plošného spoje společně s du/dt filtrem a obvody pro měření proudů, napětí a teplot. Bohužel v současné době nebylo možné měnič otestovat přímo s uvažovanými motory, a tak bylo měření cíleno pouze na kontrolu obvodů na jedné plošné desce, které se se osvědčili jako funkční.

Napěťová a proudová zkouška ověřila, že střídač lze provozovat s napětím 600 V a proudem 53 A. Při proudové zkoušce bylo ověřeno oteplení měniče termokamerou a žádná z částí nepřesahuje svoji dovolenou mez. Měřicí obvody pracují správně a jejich výstupní napětí bylo v toleranci 10 % od navrhované hodnoty, ovšem signál je zarušen spínací frekvencí. Dále byla ověřena účinnost du/dt filtru na výstupním napětí, kde bylo dokázáno, že za daných podmínek je strmost snížena pětinasobně.

PODĚKOVÁNÍ

Tento článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK1-2020-001 a projektu SGS-2018-009: Výzkum a vývoj elektronických a komunikačních systémů ve vědeckých a inženýrských aplikacích.

LITERATURA

- [1] Firma AMK, Datasheet motoru DD5-14-10-POW - 18600-B5. [cit. 12.4. 2020]
https://amk-group.com/amk-dokucd/dokucd/FSE/en/content/resources/pdf-dateien/fse/r06/motor_data_sheet_a2370dd_dd5.pdf .
- [2] MOSFET IMZ120R030M1H, Infineon, datasheet [cit. 15.4. 2020]
https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IMZ120R030M1H-DataSheet-v02_00-EN.pdf?fileId=5546d46269e1c019016a92fdcc776696
- [3] KRÝSL, Pavel. Konstrukce trakčního střídače. Plzeň, 2020. Diplomová práce (Ing.). Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Luboš Streit.