

THREE-PHASE INVERTER FOR HIGH SPEED INDUCTION MOTOR

Petr Veselý

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: veselly.petr@seznam.cz

Supervised by: Petr Procházka

E-mail: prochazkap@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with designing a power part of a three-phase inverter for induction motor. It contains choosing of some important parts such as IGBT modules or drivers, which depends on parameters, that are mentioned or calculated. Also a schema is included. General principle and brief theory is described in this paper too.

Keywords: IGBT, Three-phase inverter, induction motor

1. ÚVOD

Frekvenční měniče, jakožto nástroj k nejefektivnější regulaci velmi používaných asynchronních motorů, zažívají velký rozmach. Ten je podporován nejen onou potřebností a využitím frekvenčních měničů, ale i úspěšným vývojem polovodičových součástek, které jsou v těchto zařízeních stěžejní. Jejich vývoj především v oblasti zkracování vypínacích a zapínacích časů umožňuje dosažení stále vyšších spínacích. Tento fakt tedy vede i k rozvoji vysokootáčkových motorů, které jsou pak těmito měniči napájeny. Návrh takového silového obvodu měniče pro vysokootáčkový asynchronní motor o výkonu 50 kW je níže popsán.

2. PRINCIP FUNKCE

Frekvenční měnič slouží mimo jiné k napájení asynchronních motorů, u nichž je nejefektivnějším způsobem regulace otáček pomocí změny frekvence první harmonické napájecího napětí.

Silová část měniče se skládá z několika základních bloků. Na vstupu měniče je usměrňovač. V našem případě, kdy realizujeme měnič pro vysokootáčkový asynchronní motor o výkonu 50 kW, se musí jednat o třífázový usměrňovač. Za usměrňovačem se nachází LC-filtr, nebo sběrací kondenzátor, který funguje jako výkonový špičkový detektor. Tento LC-filtr, nebo sběrací kondenzátor, nám zajistí minimální zvlnění napětí ve stejnosměrném meziobvodu měniče. K tomuto meziobvodu jsou již připojeny tři větve střídače, z jejichž středu jsou vyvedeny tři fáze pro napájení asynchronního motoru. Díky vhodnému řídicímu algoritmu jsme schopni na těchto výstupních fázích generovat pulsní napětí s proměnou střídou a frekvencí. Díky tomuto faktu jsme schopni měnit frekvenci a velikost první harmonické výstupního napětí.

3. KONSTRUKCE

3.1. PARAMETRY

Měnič je třífázový a je napájen ze sítě 230/400 V. Jelikož je jeho nominální výkon 50 kW, můžeme určit efektivní hodnotu fázového proudu podle vzorce:

$$I_{f,ef} = \frac{P_m}{3 * U_f * \eta_m * \cos\varphi} = \frac{50\,000}{3 * 230 * 0,8 * 0,8} = 113,22\,A \quad [2] \quad (3.1)$$

Na tuto hodnotu je potřeba dimenzovat silové prvky. Také je potřeba součástky dimenzovat napětově. Jmenovitou maximální hodnotu napětí na meziobvodu nám určuje vzorec:

$$U_d = U_{f,ef} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} = 230 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{3} = 563,4 \text{ V} \quad (3.2)$$

V důsledku konečné kapacity kondenzátoru bude střední hodnota napětí o něco nižší, my však musíme počítat s překmity na tranzistorech, jenž jsou způsobené parazitní indukci a s nestálostí sítě. Proto silové prvky dimenzujeme na 1,2 kV. U sinusové pulsně šířkové modulace musí být splněno, že kmitočet první harmonické výstupního napětí musí být řádově nižší než frekvence spínání tranzistorů. Jelikož zařízení musí být schopno generovat napětí o frekvenci až 2 kHz, což je nestandardně vysoký kmitočet, musí být frekvence spínání tranzistorů také vyšší, než je běžné. Hodnota frekvence spínání byla zvolena 30 kHz, což nám splní podmínku řádového odstupu, a zároveň spínací ztráty ještě nejsou při vhodném spínání příliš velké. Z toho plyne hlavní kritérium pro výběr tranzistorů. Nejenže budou muset být dimenzovány na vysoké napětí a proud, ale také je potřeba je vybrat s ohledem na co nejkratší doby spínání, protože spínací ztráty jsou počtu sepnutí úměrné. Měnič bude sloužit pro napájení laboratorních a funkčních vzorků vyvíjených asynchronních motorů, proto musí být značně předimenzován.

3.2. SEMIKRON 400GB 125D

Pro spínání budou použity 3 výkonové moduly Semikron 400GB125D, každý pro jednu fázi. Každý modul obsahuje dva tranzistory (jedná se o horní a dolní spínač) a k nim dvě nulové diody, které slouží k vedení proudu po vypnutí tranzistoru.

Tato část měniče bude vykazovat největší ztráty, které se při sečtení spínacích ztrát a ztrát vedením dají vyčíslit na hodnotu 2133 W, což odpovídá přibližně 4 % výkonu. Takový ztrátový výkon bude pravděpodobně nutné chladit aktivně.

3.3. SKYPER R32

Tranzistory se řídí pomocí napětových signálů 15 V a -8 V. Ty jsou přivedeny z řídicí desky, musí ale být galvanicky odděleny. K tomuto účelu slouží budič, který zároveň poskytuje tranzistorům základní ochrany. Jako budič bude použit Semikron skyper 32 R, který umožňuje buzení obou tranzistorů ve větvi (horního i dolního). Mezi základní ochrany patří podpětová ochrana a zkratová saturační ochrana. Také zajišťuje generaci potřebné ochranné doby a potlačuje krátké rušivé pulzy.

3.4. NAPÁJENÍ

Pro napájení je použit modul s neřízeným šestipulsním usměrňovačem a posléze LC-filtr s elektrolytickými a bezindukčními kondenzátory k potlačení parazitní indukce. Indukčnost tlumivky zjistíme pomocí vzorce 3.3

$$L = 0,00904 \cdot \frac{U_a}{\Delta I_z \cdot 2 \cdot \pi \cdot f} = 0,00904 \cdot \frac{565}{23,94 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 50} = 0,679 \text{ mH} \quad [1] (3.3)$$

Pro kompletní realizaci LC-filtru je nutné navrhnout ještě kapacitu kondenzátorů, kterou volíme tak, aby se s tlumivkou nedostali do rezonance. Použijeme k tomu následující vzorec:

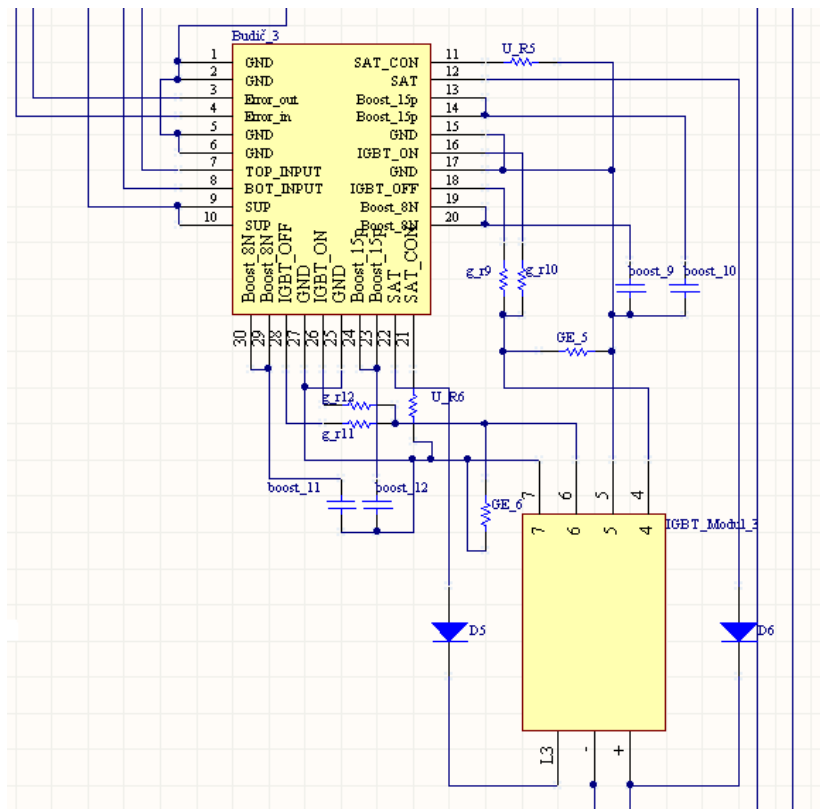
$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f_{mez} \cdot L} = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot 100} = 3,73 \text{ mF} \quad [1] (3.4)$$

3.5. ČIDLA PROUDU

Pro zpětnou vazbu v regulaci proudu je třeba snímat proud. Bude tak činěno pomocí dvou halových sond, každá pro jednu fázi. Proud ve třetí fázi lze dopočítat. Výstupem ze sond je napětí - jedná se tedy o nekompenzované sondy.

4. NÁVRH

Na obrázku 4.1 můžeme vidět detail návrhu schématu silové části. Jedná se o přivedení řídicích signálů z řízení do jednoho z modulů přes budič. Je zde také řešeno napájení, signalizace chyb a saturační ochrana. Veškerá komunikace mezi silovou a řídicí částí, která má svou vlastní desku plošných spojů, bude probíhat pomocí jednoho konektoru. Na této části se pracuje a do prezentace bude hotová v podobě desky plošných spojů.



Obrázek 4.1: Detail schématu – propojení budiče a výkonového modulu

5. ZÁVĚR

V této práci byly popsány základní mezníky dosavadního návrhu frekvenčního měniče. Na základě vhodných parametrů byl mimo jiné zvolen spínací IGBT modul Semikron 400GB125D a jeho budič Semikron Skyper R32. Na schématu je vidět jejich propojení, zároveň s dalšími funkcemi silového obvodu. Cílem práce je frekvenční měnič realizovat a ověřit teoretické předpoklady v praxi.

REFERENCE

- [1] PATOČKA, Miroslav. *Výkonová elektronika BVEL: 1. část - usměrňovače, střídavé měniče napětí*. Brno, 2010.
- [2] PATOČKA, Miroslav. *Vybrané statě z výkonové elektroniky Svazek II: Pulsní měniče bez transformátoru*. Brno, 2005.
- [3] PATOČKA, Miroslav. *Matematický nástroj pro analýzu PWM signálů, jeho užití ve střídavých pohonech* [online]. Brno, 2000 [cit. 2015-12-15]. ISBN 80-214-1646-7. Dostupné z: <http://www.vutium.vutbr.cz/tituly/pdf/ukazka/80-214-1646-7.pdf>. Teze Habilitační práce. Vysoké učení technické v Brně.