

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Regulace pohonu se stejnosměrným motorem
Jméno autora:	Daniel Justiz
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta elektrotechnická (FEL)
Katedra/ústav:	Katedra elektrických pohonů a trakce
Oponent práce:	Ing. Tomáš Musil, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav dopravní telematiky, Fakulta dopravní, ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Přestože regulace stejnosměrného motoru sama o sobě není, teoretiky, zas tak náročné téma, pro návrh řídicího systému byla zvolena moderní platforma takzvaného System on Chip (SoC) - kombinace výkonného procesoru ARM a programovatelného hradlového pole (FPGA). Navíc bylo v rámci zadání třeba vytvořit jak vhodný hardware obsahující potřebné periferie, tak pomocný ovládací software pro PC. Z výše zmíněných důvodů hodnotím práci jako náročnější.	

Splnění zadání	splněno
<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>	
Autor navrhl a ověřil zpětnovazební systém se stejnosměrným motorem s cizím buzením permanentními magnety. Předložená práce bez výhrad splňuje zadání.	

Zvolený postup řešení	vynikající
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student v práci prokázal schopnost řešení reálného inženýrského problému na základě vhodné teorie jak s praktickým ověřením, tak s ověřením pomocí simulačních prostředků. Rozdělení řídicí části mezi procesor a FPGA dává v daném případě smysl a vhodně využívá zvolené platformy SoC. Zvolený postup a metody zcela odpovídají dané problematice.	

Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Student prokázal schopnost orientace hned v několika oborech elektrotechniky. Během řešení práce musel nastudovat či použít znalosti z oboru řídicí techniky, programovatelných hradlových polí, mikroprocesorové techniky, software pro PC a tyto znalosti netriviálním způsobem aplikovat.	

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce	A - výborně
<i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce se svým rozsahem textu řadí na horní hranici požadavků pro bakalářské práce. Po formální a jazykové stránce nemám k práci žádné výtky. Práce je velmi dobře strukturovaná.	

Výběr zdrojů, korektnost citací	B - velmi dobře
<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>	
Co se týče oblasti řídicí techniky, existuje nespočet jiných pramenů, které by se daly nazvat relevantní. Výběr v tomto případě ale vedl ke splnění zadání a není důvod o této volbě polemizovat. Přišlo by mi však vhodné využít studijní	

materiály k návrhu FPGA ať již autorů z ČVUT FEL či zahraničních. Student používá zdroje adekvátně k dané problematice a práce nezavdává důvod domnívat se, že by došlo k porušení citační etiky.

Další komentáře a hodnocení

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.

Jako nedostatek hodnotím fakt, že navržená regulace a navržený hardware nebyly ověřeny s jmenovitým proudem zvoleného stejnosměrného motoru. Nedošlo tak k plnému provoznímu ověření regulace a navrženého HW, například oteplení rezistoru snímající proud kotvy, dimenzování vodičových cest na PCB, případně zjištění úbytků napětí.

U návrhu FPGA vidím několik celkem zásadních problémů, které vyplývají z chybějících zkušeností autora s touto technologií. Nejzásadnější je problém nevyhovujícího časování, na které také návrhový systém upozornil formou „critical warning“. V „timing summary“ je pak vidět výrazný záporný „slack“, dle kterého lze soudit, že pokud návrh funguje, je to v podstatě pouze náhodou (vhodnou kombinací okolností). Pro problémy s časováním v tomto návrhu není žádný reálný důvod, ale vychází z nevhodného návrhu obvodu. Zmíním například hodinové signály, které jsou generovány děličkou, jejíž výstup je přiveden na hodinový vstup klopných obvodů (správně speciální hodinový blok DCM/PLL či řízení clock enable klopných obvodů) či struktury, které vedou na tzv. odvozený latch – opět viz varování návrhového systému. Nevhodné zacházení s hodinami je vidět např. na obr. 3.3 či obr. 3.6 u registrů, které zachytávají vstupní hodnoty, kde v návrhu autor v podmínce dokonce logickou funkcí OR spojuje hodinový signál se signálem reset.

Autor klade důraz na galvanické oddělení jednotlivých částí (což není z principu špatně), pro lepší představu by byl vhodný obrázek, ze kterého by byla veškerá galvanická oddělení vidět systémově. Z odstavce 2.4.1:2(b) není úplně zřejmé, zda by v některém případě nestačila pouze vhodná konverze či limitace napěťových úrovní.

V návrhu PCB není bočník pro měření proudu kotvou zapojen ideálně, co se týče snímání napětí. Zvážil bych použití SMD bočníku s provedením pro 4vodičové připojení. Vedení napájení +5V a +3V3 spojí šířky 0,2mm zbytečně zhoršuje parametry napájecí sítě.

III. 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.

Ačkoli v práci nalézám některé návrhové nedostatky, jsou to nedostatky plynoucí z návrhové nezkušenosti autora, které se však na úrovni bakalářské práce dají vcelku předpokládat a do jisté míry tolerovat. Pro mé hodnocení je důležitější celkový systémový návrh, na kterém neshledávám žádné nedostatky. Navíc množství odvedené práce a různorodost technologií, které musel student během tvorby bakalářské práce zvládat (připomeňme návrh PCB, firmware ARM, návrh FPGA, vývojové prostředí Vivado, software pro PC) dle mého názoru spíše rozsah bakalářské práce překračuje.

Přestože hodnotím práci stupněm výborně, měl bych dvě doplňující otázky.

Autor v kapitole 2.4.2 uvádí, že varianta měření proudu kotvou bočníkem byla zvolena jako levnější a přesnější oproti prvku s Hallovou sondou. V rozpise materiálu není uveden konkrétní typ zvoleného snímacího rezistoru, pouze hodnota a pouzdro (chybí například přesnost a teplotní koeficient). Jaká je tedy potřebná přesnost snímání proudu? Nevyhověl by LEM snímač, např. GO 10-SME, který už z principu funkce obsahuje galvanickou izolaci a umožňoval by použití jednoduššího, tudíž levnějšího A/D převodníku, či přímo vestavěného převodníku XADC?



POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Dle kapitoly 2.4.3 byl pro měření proudu zvolen A/D převodník s výstupními daty kódovanými v Manchester kódu, dle fotografie osazené desky je tento převodník opravdu použit. Dekodér z Manchester kódu v FPGA se mi ale nepodařilo nalézt. V jakém submodulu FPGA dochází k dekodování z Manchester kódu a jakým algoritmem?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 7.6.2022

Podpis: