

Oponentí posudek na disertační práci Ing. Libora Poláčka:

Řídicí systémy pro měničové aplikace pracující v extrémních podmínkách.

1. Zhodnocení disertační práce pro obor.

Disertant navrhl, vyvinul a vyrobil univerzální řídicí systém pro výkonové aplikace, určený pro práci v extrémních podmínkách. Jak vyplynulo z průzkumu trhu, který provedl disertant, v současné době neexistuje žádný obdobný řídicí systém, který by také umožňoval řízení polovodičových měničů. Potřeba takového systému, který je odolný vůči elektromagnetickému rušení, odolává mechanickým otřesům je zejména v oblasti řízení pohonů trakčních vozidel. Navržený systém splňuje požadavky modularity, stavebnicovosti a je plně otevřený také pro aplikace v jiných oborech. Při jeho návrhu byl brán velký zřetel na bezpečnost systému, která se uplatní v náročném provozu trakčních vozidel.

2. Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a splnění určeného cíle.

Pro návrh a vyřešení řídicího systému použil disertant v současné době nejmodernější komponenty i architekturu systému. Základem je dvoujádrový procesor TMS570LS3137 firmy Texas Instruments, který je doplněn programovatelnými logickými poli firmy Altera. V těchto polích je koncentrována logika pro zajištění bezpečnosti systému, vstupní a výstupní operace i obvody pro komunikace mezi jednotlivými moduly. Zvláštní zřetel při návrhu systému je věnován bezpečnosti systému, ošetření chybových stavů a reakci na ně. Systém lze velmi snadno konfigurovat pro různé aplikace jako jednodeskové řešení, levné řešení, vanová i vícevanová aplikace. V těchto variantách se mění zejména počet vstupů a výstupů. Základní jednotky jsou stejné, což usnadňuje vývoj softwaru. Určený cíl byl splněn.

3. Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnímu konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce.

Realizace prezentovaného, rozsáhlého, komplexního, otevřeného systému, postaveného zejména s ohledem na jeho spolehlivost v extrémních podmínkách je obdivuhodné dílo. Neznám v současné době obdobný systém, který by kromě uvedených vlastností také umožňoval řízení výkonových měničů. Tyto vlastnosti, zejména odolnost proti rušení elektromagnetickým polem a proti mechanickým vibracím se uplatní při řízení pohonů trakčních vozidel. Věřím, že předkládaný systém nalezne aplikace také v jiných oborech, kde přichází v úvahu řízení měničových systémů.

4. Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce.

Práce je napsána velmi přehledně, autor systematicky postupuje od analýzy současných systémů na trhu, definuje základní vlastnosti navrhovaného řídicího systému, jako modularita, otevřenost... zejména s ohledem na jeho bezpečnost. Práce je bezchybná po formální i jazykové stránce.

5. *Vyjádření k publikacím studenta.*

Na jedné straně počet publikací disertanta je malý (čtyři). Je to pravděpodobně proto, že práce realizované ve firmě Škoda-Electric se nadají obecně publikovat. Na druhé straně realizované dílo disertanta představuje obrovskou a úctyhodnou práci, aplikovanou zejména v oblasti řízení pohonů trakčních vozidel. Předpokládám, že i z těchto rozsáhlých aplikací vznikly zkušenosti, které uplatnil disertant i v předkládané práci. Doporučoval bych disertantovi prezentaci na mezinárodní konferenci IEEE Aplikovaná elektronika na Vaší katedře.

6. *Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě.*

Disertační práci **doporučuji** k obhajobě.

6.11.2013 v Praze



Ing.František Kostka,CSc

Oponentní posudek disertační práce

Název: **Řídicí systémy pro měničové aplikace pracující v extrémních podmínkách**

Autor: **Ing. Libor Poláček**

Školitel: doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.

Oponent: doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
Katedra elektroniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB-Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba
Tel. 597 324 276, e-mail: petr.palacky@vsb.cz

Předložená disertační práce se v rozsahu 85 stran věnuje problematice řídicích systémů pro aplikace s výkonovými měniči v oblasti dopravní techniky a energetiky. Dosažené výsledky jsou v práci dokumentované jednak pomocí testovacích programů vyvinutých jednotek a jednak úspěšným licencováním industriálnímu partnerovi z oblasti energetiky. Obsahově je práce rozdělena do třinácti kapitol včetně seznamu literatury, autorových publikací a příloh. Dle doporučení pro zpracování oponentských posudků hodnotím uvedenou práci z následujících hledisek:

a) Zhodnocení významu disertace pro obor

Téma disertační práce je velice aktuální, neboť je zaměřeno do oblasti měničové techniky v dopravním průmyslu a energetice, jejichž význam se v poslední době dostává do popředí zájmu výzkumu. Zejména v dopravní technice se setkáváme s výskytem extrémních provozních podmínek, které jsou způsobeny jednak velkým výkyvem pracovních teplot a mechanickými vibracemi a jednak výskytem elektromagnetického rušení pocházející z výkonových obvodů. Z těchto důvodů jsou na koncepci řídicích systémů těchto měničových aplikací kladeny vysoké požadavky. Tyto požadavky plynou ze stále zvětšující se nároků na modularitu vzhledem k možnosti širšího využití v měničových aplikacích, dále pak z nároků na bezpečnost provozu. Vzhledem k tomu, že se práce věnuje právě problematice návrhu řídicího systému pro měničové aplikace s akceptováním výše uvedených vlastností, považuji její význam pro obor za zcela zásadní.

b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a ke splnění stanoveného cíle

Zvolený postup řešení je dle mého názoru plně v souladu s obecnými zvyklostmi i se stanovenými cíli.

Vlastní řešení je obsahem kapitol 5 až 8. Práce je logicky členěna od úvodu do problematiky řídicích systémů měničových aplikací spolu s analýzou současného stavu, přes návrh optimální koncepce řídicího systému a detailního řešení navrženého systému, až k vývoji

konkrétního prototypu. Navržená a realizovaná řešení jsou pak následně experimentálně testována. Tím jsou naplněny i cíle disertační práce.

Některé uvedené metody návrhu jsou známé a v dostupné literatuře zpracované, některé naopak nejsou běžně publikované a v praxi ověřené.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta

Disertační práce se zaměřuje především na řešení návrhu nové koncepce řídicího systému, který pokryje široký rozsah výkonových aplikací s ohledem na moderní způsoby řízení, bezpečnost provozu a v neposlední řadě i odolnost proti elektromagnetickému rušení. V úvodních částech je zde velmi dobře popsán současný stav řídicích systémů s uvedením jejich výhod a nevýhod, vhodnosti využití pro výše jmenované účely a problémy v případě kombinace těchto komerčně dostupných systémů. Součástí úvodních kapitol je také metodika návrhu zkoumaného řídicího systému spolu s definicí základních zásad návrhu. Hlavní části práce se zabývají návrhem optimální koncepce řídicího systému s ohledem na požadované parametry. Dále pak následuje detailní popis řídicího systému. Autor zde podrobně rozebírá princip komunikace mezi jednotkami, která využívá sériový přenos pomocí řadiče SERDES spolu se směrovači. Tento způsob řešení pak umožňuje komunikaci všech jednotek navzájem mezi sebou. Součástí je taktéž popis jednotlivých karet systému.

V závěru práce je provedeno shrnutí vlastností navrženého systému a popisu jeho předností pro aplikační využití. Stejně tak jsou zde uvedeny základní bezpečnostní prvky, které jsou nutné pro splnění požadavků na bezpečnost při využití tohoto systému v oblasti dopravní techniky. Za konkrétní přínos doktoranda považují právě metodiku návrhu modifikovatelného řídicího systému, který je předurčen pro měničové aplikace ve speciálních oblastech průmyslu.

Práce mohla být doplněna detailnějším ověřením funkcí jednotlivých karet např. prostřednictvím grafických průběhů při konkrétní aplikaci.

Poznámky či otázky k disertační práci jsou uvedeny v příloze.

d) Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni

Disertační práce má velmi dobrou formální úroveň. Jednotlivé kapitoly práce vytvářejí logickou návaznost řešených problémů umožňující dobré seznámení se s danou problematikou. Jazyková stránka práce má velmi vysokou úroveň, v práci se v podstatě nevyskytují jazykové nebo gramatické chyby, vysokou úroveň má rovněž grafické zpracování práce.

e) Vyjádření k publikacím disertanta

Seznam publikací a výsledků aplikovaného výstupu disertanta je uveden na stranách 83 až 85. Jeho činnost je zaměřena zejména na aplikovaný výzkum, čemuž odpovídá i zaměření jednotlivých titulů. Z publikační činnosti obsahuje čtyři publikace ve sbornících či časopisech a jako autor nebo spoluautor se podílel na vývoji několika funkčních vzorků. Tuto aktivitu považují za dostatečnou. Většina titulů se zabývá problematikou, na které je postaveno jádro disertační práce.

f) Doporučení

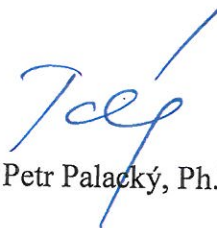
Disertační práce obsahuje řadu nových poznatků k problematice metodiky návrhu modulárního řídicího systému pro specifické aplikace.

Vzhledem k vysoké odborné úrovni, významnému přínosu pro obor a taktéž preciznímu zpracování, disertační práci Ing. Libora Poláčka s názvem „**Řídicí systémy pro měničové aplikace pracující v extrémních podmínkách**“

doporučuji k obhajobě

a v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. o vysokých školách, doporučuji po úspěšné obhajobě udělit titul Ph.D.

V Ostravě, dne 3. 12. 2013



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.

VŠB-Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Příloha

Poznámky a dotazy k doktorské disertační práci

1. Nebylo by možno pro některé karty využít hybridní signálové procesory s některými periferiemi na čipu, jež by splňoval uvedené požadavky na výkonnost a bezpečnost?
2. Z čeho vyplývá požadavek na rozlišení A/D převodníku minimálně 14 bitů?
3. Jaký je podíl disertanta na celkovém návrhu řešení a realizaci všech uvedených karet systému?
4. V čem spatřujete výhody modularity systému, který se využívá pro uvedené specifické aplikace?
5. Jakým způsobem je řešena vyšší odolnost vůči elektromagnetickému rušení oproti jiným systémům?

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Autor práce: Ing. Libor Poláček

Název práce: Řídicí systémy pro měničové aplikace pracující v extrémních podmínkách

Předložená disertační práce je věnována metodice návrhu řídicích systémů se zvýšenou bezpečností, určených pro práci v náročném prostředí hlavně v oblasti dopravní techniky a energetiky. Využití uvedené metodologie je pak demonstrováno ve druhé části práce vlastním návrhem jednoho řídicího systému stavebnicové konstrukce.

Disertace se skládá z úvodu, sedmi kapitol a závěru. Nakonec je uveden seznam použité literatury a tři přílohy. Celkem je napsána na 85 stránkách.

V úvodu (první kapitola) autor prezentuje svoji motivaci pro vytváření nového řídicího systému na základě rozboru požadavků, které jsou na řídicí systémy výkonových aplikací v dopravní technice a energetice kladeny. Extrémními podmínky práce autor rozumí především velký rozsah pracovních teplot, mechanické vibrace a v neposlední řadě také vysokou hladinu rušení, danou přítomností výkonových obvodů (např. měničů).

Druhá kapitola je věnována přehledu současného stavu problematiky výše uvedené třídy řídicích systémů. Tento přehled není věnován analýze z teoretického hlediska, ale pouze se omezuje na porovnání produktů (řídicích systémů) několika nejznámějších firem. Dílčím závěrem této kapitoly je konstatování, že v současné době se na trhu nenachází vyhovující modulární řídicí systém, který by splňoval požadavky pro práci např. v trakčním vozidle.

Třetí kapitola stanovuje cíle disertační práce. Jedná se hlavně o stanovení základních atributů navrhovaného řídicího systému. Kromě toho je jako cíl definována implementace takového systému, včetně otestování prototypu na vybraných úlohách.

Čtvrtou kapitolu autor věnoval metodice návrhu řídicího systému tak, aby tento vyhověl stanoveným požadavkům. Popisována je jednak metodika návrhu digitálních komponent celého systému, analogových částí, včetně postupů při realizaci plošných spojů jednotlivých modulů.

Pátá kapitola stanovuje optimální koncepci řídicího systému. Autor se snaží definovat kritéria pro volbu optimální koncepce řídicího systému. Ta jsou pak ve zbytku kapitoly podrobněji rozebírána.

V šesté kapitole se autor zabývá popisem řešení řídicího systému. Z předpokládaného souboru aplikací vyvíjeného systému se snaží dospět k jeho architektuře, která by pak z hlediska definovaných kritérií optimálně splňovala výše zmiňované požadavky, včetně volby mikrokontroléru a komunikačních prostředků. Zmiňován je také klasický vývojový V model, kterým se optimalizuje návrhový proces.

Sedmá kapitola je poměrně rozsáhlá a představuje podrobnější popis konkrétního řešení celého řídicího systému, včetně zvolených komunikačních linek a analogových částí systému. Jsou popisovány některé signály včetně jejich skutečných průběhů, získaných měřením na

vzorku zařízení. Kapitola obsahuje také fotografie dosud realizovaných komponent celého systému. Velmi stručná podkapitola 7.5.2 je věnována výpočtu střední doby mezi poruchami. Závěrem sedmé kapitoly je pak vysvětlována bezpečnostní koncepce celého systému.

V tomto místě je třeba upozornit na skutečnost, že návrh „spolehlivosti“ systému není chápán jako požadavek na úplné maskování poruchy a zajištění dalšího nerušeného chodu systému, ale pouze jako přechod do definovaného neutrálního („neškodícího“) stavu.

Osmá kapitola je poměrně velmi krátká a popisuje jeden případ nasazení vyvinutého systému v energetice počátkem roku 2013.

K práci mám řadu připomínek:

1. Na straně 14 v odstavci 2.2.1 autor konstatuje, že se mu nepodařilo najít komerčně dodávaný řídicí systém, který by vyhověl stanoveným požadavkům. Neuvedl ale, kde a v jakém rozsahu hledání prováděl. Nabízí se otázka, čím jsou řízeny stávající měničové systémy u nás, popř. v zahraničí. Odstavec 2.2.3 sice naznačuje okruh firem, jejichž produkty byly sledovány, ale jedná se poměrně o omezený počet.
2. Formulace v úvodu čtvrté kapitoly na straně 17 je zmatečná. V práci se vyskytují nepřesné formulace. Jako příklad bych uvedl zařazení komunikační linky do kategorie periférií na straně 19.
3. Často jsou používána tvrzení, která nejsou řádně zdůvodněna. Jako příklad bych uvedl formulaci o vyšší spolehlivosti interních pamětí v procesoru v porovnání s externími na straně 20.
4. Při návrhu „univerzálního“ stavebnicového řídicího systému je samozřejmě velmi obtížné důvěryhodně zdůvodnit všechny požadované parametry, přesto postrádám alespoň základní časové požadavky na rychlé regulační smyčky měničových pohonů, které jsou předkládány jako hlavní aplikační oblast. Na straně 30 je formulován požadavek „dostatečného výpočetního výkonu“, přitom není uveden ani jeden algoritmus (nebo jeho parametry), který bude procesorem řešen. Nejsou také známy paměťové nároky použitých algoritmů. Na straně 33 autor uvádí: ... „po spočtení časovacích nároků“ ... Žádný výpočet ale není uveden.
5. Kapitola 5 je věnována návrhu optimální koncepce řídicího systému. Pojem „optimální“ je trochu nadsazený, spíše se jedná o výčet hledisek a parametrů, které je při návrhu třeba brát v úvahu. Chybí totiž kvantitativní měřítko.
6. K výběru procesoru lze těžko něco namítat, spíše mne napadá, jakým způsobem bude zajištěno programování a konfigurace spousty bezpečnostních funkcí, které procesor obsahuje. Špatné nastavení může spíše škodit než pomáhat, přitom technický manuál má rozsah přibližně 1750 stránek.
7. V práci je zmíněn radič, realizovaný v FPGA. Není uvedeno, jak pracuje, ani kdo jej navrhoval.
8. Na straně 39 se vyskytuje tvrzení, že diferenciální komunikační linku nelze zapojit jako „multipoint“. Z čeho to vyplývá?
9. Na straně 40 autor konstatuje, že dvojitou protisměrnou kruhovou topologií propojovací struktury dosáhne vyšší spolehlivosti komunikace. Nikde jsem ale nenalezl mechanismy, pomocí kterých se bude nefunkční část sběrnice systému vyřazovat.

10. Na straně 55 je uveden výpočet chyby analogové trasy. Z popisu není patrné, ke kterému obrázku, resp. ke které analogové trase se výpočet vztahuje.
11. Na straně 57 je na obrázku 26 znázorněno propojení karet. Z hlediska použité topologie je obrázek matoucí, na druhou stranu tento obrázek obsahuje údaj o zamýšlené přenosové rychlosti na diferenciální sériové lince, který jsem předtím nikde jinde nenalezl.
12. Na straně 62 v odstavci je proveden výpočet střední doby mezi poruchami, který podle mého názoru nemá valnou cenu, protože je velmi zjednodušený.

Bezpečný provoz celého řídicího systému bude samozřejmě ovlivňovat kvalita programového vybavení, vlastnosti použitého operačního systému (pokud bude nasazen), pečlivé nastavení bezpečnostních funkcí i správné ošetření výjimečných stavů.

Po formální stránce je práce napsána přehledně a srozumitelně, autor se ale nevyhnul četným prohřeškům vůči češtině. Řadu z nich mohl odhalit pouhým zapnutím kontroly pravopisu v editoru. Podobně lze hodnotit míchání anglických termínů do češtiny, a to i v případě, že existují standardní české pojmy (design, signal processing, open drain, atd.).

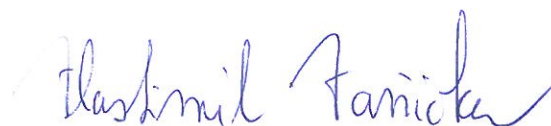
Z hlediska teoretického je její přínos minimální, na druhé straně představuje konkrétní řešení problému, které autor práce musel do detailů vypracovat. V tom spatřuji hlavní přínos práce.

Publikační činnost studenta není příliš rozsáhlá, jsou uvedeny celkem 4 publikace, z toho jedna zahraniční konference.

Poměrně obsáhlý je na druhou stranu výčet autorových výsledků z oblasti aplikovaného výzkumu, což odpovídá jeho zaměření.

Závěr:

Student by se měl uspokojivě vyjádřit k výše uvedeným připomínkám. Jinak předložená práce a výsledky, dle mého názoru, **prokazují tvůrčí schopnosti** autora, a proto na tomto základě v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. a s čl. 107 odst. 1 a 2 Studijního a zkušebního řádu ZČU doporučuji disertační práci **Ing. Libora Poláčka** k obhajobě.



Doc. Ing. Vlastimil Vavříčka, CSc.

V Plzni 6. ledna 2014