

Oponentský posudek dizertační práce

Název práce: **Nové metody pro monitorování a ohodnocování kvality regulace**
Předkladatel: *Ing. Radek Škarda*
Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky
Obor: Kybernetika (studijní program Aplikované vědy a informatika)
Školitel: prof. Ing. Miloš Schlegel, CSc., Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra kybernetiky
Oponent: doc. Ing. Štěpán Ožana, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Předložená dizertační práce je rozčleněna do 9 kapitol včetně úvodu a závěru, napsaných na 138 stranách, je doplněna přílohami a standardními textovými doplňky (dohromady 182 stran). Struktura a sled kapitol práce svědčí o správné metodice postupu jejího řešení.

Význam dizertační práce pro obor

Význam dizertační práce vyplývá z její primární motivace, tedy z potřeby vyvinout spolehlivé a efektivní algoritmy použitelné v oblasti monitorování a ohodnocování kvality řízení. Předloženou práci považuji za velmi přínosnou v oboru technické kybernetiky, jelikož díky prakticky dosaženým a ověřeným výsledkům významně rozšiřuje metodiku používanou pro evaluaci kvality řízení průmyslových procesů s PID regulátory.

Postup řešení problému, použité metody a splnění určeného cíle

Za velmi důležitý bod řešení tématu dizertační práce považuji to, že předkladatel provedl kvalitní a poměrně obsáhlou rešerši současného stavu v oblasti monitorování, oceňování a diagnostiky řízení i s uvedením odkazů na zdroje, která je dále rozšířena o přílohu C. Použité metody jsou podrobně teoreticky rozebrány v kapitolách 5 až 7, a jejich technické řešení je shrnuto v kapitole 8, která zároveň dokumentuje splnění určeného cíle, včetně přílohy E. Oceňuji uvedení přípravné kapitoly 2, která přispívá k ucelenosti a lepší orientaci ve zbytku práce. Celkově lze konstatovat, že všechny kladené cíle dizertační práce byly jednoznačně úspěšně dosaženy.

Výsledky dizertační práce, původní přínos předkladatele

Výsledkem dizertační práce je v souladu s formulací problému a cílů uvedených v kapitole 4 návrh a implementace:

- neinvasivní metody pro identifikaci řízeného systému v uzavřené smyčce za běžného provozu
 - spolehlivé metody pro automatické nastavení robustních PID regulátorů
 - metody ohodnocování kvality řízení za běžného provozu pomocí vhodně definovaného indexu kvality
- Konkrétním původním přínosem předkladatele je pak implementace nově navržených funkčních bloků v prostředí řídicího systému REX a otestování jejich funkcionality v reálných podmínkách.

Systematika, přehlednost, formální úprava, jazyková úroveň

Na základě členění práce (kapitola 1.3) a obsahu jednotlivých kapitol dokumentujících teoretický rozbor metod i jejich technické řešení lze konstatovat, že předkladatel postupoval systematicky a z metodického hlediska správně. Předkladatel se věnoval řešení i finální úpravě v plném rozsahu a odvedl kvalitní vědecko-výzkumnou práci. Po formální a jazykové stránce je předložená práce na vysoké úrovni, zpracování textu je pečlivé, obrázky jsou dobře čitelné a jejich popisy korespondují s textem. Úroveň práce prospěla i vhodná volba sázecího systému LaTeX. Pravopisné chyby (interpunkce, chybné pády či jiné gramatické jevy), případně překlepy, se vyskytují pouze vzácně a nesnižují úroveň práce (např. str. 2 "s tisíci smyček", Obrázek 1.1 "Regulční odchylka", Obrázek 3.7 – chybějící dolní index nahoře u T, str. 62 "na kterých buď je zesílení signál neklesne").

Práce i jednotlivé kapitoly jsou dobře strukturované a vyvážené z hlediska délky a obsahu. Formulace vět je z jazykového hlediska přesná a vhodně zvolena, rovněž i technické názvosloví je používáno korektně.

Publikace

V seznamu publikací předkladatel uvádí 11 položek, z nichž jsou zřejmě všechny vztaženy k obsahu dizertační práce. Nejsou však kategorizovány, takže bez bližšího prozkoumání není patrné, které z nich jsou články v časopise s IF, případně články v časopise s nenulovým SJR či články ve sbornících. Není zřejmá ani indexace na ISI WoK či SCOPUS. Kromě publikací předkladatel neuvádí jiné výstupy VaV (funkční vzorek, užitný vzor, patent atd.). Z databáze RIV vyplývá, že předkladatel má i další výstupy, například Z/B (poloprovoz) či R (software).

Publikační a vědecko-výzkumnou aktivitu předkladatele považuji za adekvátní. Seznam zdrojů, na které se předkladatel odkazuje, je velmi obsáhlý.

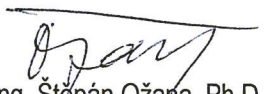
Závěrečné vyjádření oponenta

Předložená dizertační práce pana Ing. Radka Škardy prokazuje jeho odbornou orientaci a schopnost tvůrčím způsobem řešit úlohy týkající se problematiky návrhu a realizace algoritmů pro monitorování a oceňování kvality regulačních pochodů. Pan Ing. Radek Škarda prokázal při řešení tématu dizertační práce teoretické znalosti, schopnost vědecké práce i schopnost uvedení výsledků řešení předložené práce do praxe pomocí moderních metod technické kybernetiky. Doporučuji proto dizertační práci pana Ing. Radka Škardy k obhajobě a dále doporučuji, aby po úspěšné obhajobě dizertační práce, byl panu Ing. Radku Škardovi, v souladu s §72 Zákona 111/98 Sb. o vysokých školách a příslušnými ustanoveními předpisu o doktorském studiu na ZČU – Západočeské univerzitě v Plzni a na její Fakultě aplikovaných věd, udělen akademický titul „**Doktor, Ph.D.**“ v akreditovaném oboru doktorského studia Kybernetika studijního programu Aplikované vědy a informatika.

Otázky a poznámky oponenta

1. Na straně 121 předkladatel uvádí, že v případě metody PIL simulace neběží v reálném čase. Tato metoda však patří společně s HIL do kategorie technik RT modelování, což je kromě dalších zdrojů uvedeno přehledně například i na webu <https://www.rexcontrols.cz/simulace-pil>. Prosím o stručnou diskusi či upřesnění. Podobný navazující dotaz k obrázku 8.15b – propojení mezi RPi a Z110 je realizováno přes Modbus, jedná se tedy skutečně o HIL a nikoliv o PIL?
2. Ve zveřejněném vydání řídicího systému REX (2.10.8.5910) nejsou implementovány tři bloky reprezentující nově navržené metody: LPI, RFI, CLD. Plánuje se implementace těchto bloků do budoucí veřejné verze REXu? Existuje blok reprezentující automatický návrh robustních PID regulátorů dle metody uvedené v práci?
3. Kategorizujte prosím stručně publikační činnost z hlediska indexace v databázích ISI WoK a SCOPUS, a z hlediska publikací s IF.
4. Upřesněte prosím použití navržených metod popsanych v kapitole 8.9. V této kapitole není uvedena explicitní informace, zda byly navržené metody na tomto konkrétním případě nasazeny, či zda byly po technické stránce vyřešeny dílčí potíže (např. napájení). Pokud ano, uveďte, které veličiny byly regulovány, zda byl k dispozici přibližný model regulované soustavy, a jak byla konkrétně monitorována či hodnocena kvalita regulace. Pokud ne, uveďte možnosti.
5. V závěrečné kapitole jsou bodově shrnuty výsledky. V této kapitole ale bývá obvykle také nastíněno, jaké jsou možnosti dalšího rozvoje tématu, zda existují další směry prohloubení problematiky, jak je možno na práci navázat, či zda není prostor na možné budoucí vylepšení některé metody. Prosím o krátký komentář.

Ostrava-Poruba, dne 26. 8. 2016


doc. Ing. Štěpán Ožana, Ph.D.

Nové metody pro monitorování a ohodnocování kvality regulace

ZHODNOCENÍ VÝZNAMU DISERTACE PRO OBOR

Disertant studoval studijní obor Kybernetika na katedře Kybernetiky Západočeské univerzity v Plzni, Fakulty aplikovaných věd pod vedením Prof. Ing. M. Schlegela, CSc.

Zadáním práce byla problematika monitorování a ohodnocování kvality řízení v jednoduchých regulačních smyčkách s PID regulátory. Cílem bylo vyvinout univerzálněji použitelné algoritmy pro tuto oblast, zejména s ohledem na průmyslové použití.

Vlastní zpracování je v souladu s profilem oboru i katedry. Význam práce spočívá v detailním přehledu jednotlivých používaných metod ohodnocování kvality regulace a dále v návrhu praktických algoritmických postupů a jejich implementace v reálné praxi. Součástí práce jsou i praktické implementace a úzká vazba na praxi, což považuji v současnosti za velmi důležitý výsledek. Význam a přínos disertace je z řešeného tématu patrný a zcela prokazatelný.

ÚROVEŇ ROZBORU SOUČASNÉHO STAVU V DISERTACI ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Rozboru současného stavu disertant věnuje první 3 kapitoly práce, tj. Úvod, Přípravnou kapitolu a Současný stav problematiky. Disertant v 1. kapitole zejména zasazuje problematiku do reálné průmyslové praxe, což je samozřejmě pozitivní a je to v obecné rovině provedeno dobře, i když oponent by měl řadu drobných připomínek, které vychází z možná jiné průmyslové zkušenosti. Např. uváděné zatížení vstupních veličin regulace šumem je v běžné průmyslové praxi poměrně raritní problém (i když teoreticky s ním počítat musíme), i když je v literatuře často opakovaný a řešený. Dále např. uváděný vznik nelinearit není pouze záležitostí opotřebení, ale např. v chemických a jiných procesech k němu běžně dochází nárůstem inkrustátů atp. Následuje podkapitola Členění práce, která nicméně částečně duplikuje vlastní obsah. Kapitola 2 – Přípravná kapitola je dle oponenta trochu zbytečná, protože obsah mohl být buď zařazen do jiné kapitoly, nebo i vynechán pro všeobecnou známost. Následující kapitola 3 je v tomto směru podstatná, protože popisuje hlavní přístupy pro ohodnocování kvality regulace reg. smyček a PID regulace vč. výhod a nevýhod jednotlivých indexů a postupů. Jako separátní podkapitola je uvedena problematika regulačních ventilů a detekce tření, což je samozřejmě prakticky velmi užitečné, nicméně v rámci tématu disertační práce se to zdá oponentovi jako poměrně jednostranně zaměřené, protože obdobných typů problémů je v praxi celá řada.

TEORETICKÝ PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE,

Hlavní teoretický přínos je soustředěn v kapitolách 4, 5, 6, 7. Autor disertační práce v nich popisuje vlastní problém a cíle disertační práce a dále pak Robustní metodu automatického

nastavování, řešení Indexu kvality regulace (hlavní přínos práce) ... zejména v kapitole 6.2, 6.3, 6.4. Dále pak identifikaci řízeného systému v uzavřené smyčce – zde oponent oceňuje soustředění na SISO systémy a uzavřenou regulační smyčku, což je velmi blízké průmyslové realitě a zároveň dobře teoreticky uchopitelné.

VYJÁDRĚNÍ K POSTUPU ŘEŠENÍ PROBLÉMU, K POUŽITÝM METODÁM, KE SPLNĚNÍ STANOVENÉHO CÍLE

Disertant práci správně rozdělil. Nejprve uvedl problematiku, provedl výčtový, ale podrobný přehled všech metod, zformuloval vlastní cíle, navrhnul řešení a to teoreticky i prakticky rozpracoval a dokončil.

Cílem bylo vytvoření, implementace a otestování komplexního souboru metod určeného k automatickému ohodnocování jednoduché regulační smyčky s PID regulátorem v reálném čase.

Pro dosažení cíle disertační práce bylo nutné disertantem řešit celou řadu souvisejících problémů od teoretického vymezení postupu a jeho zdůvodnění, přes simulaci (MATLAB - SIMULINK), až po praktickou implementaci v řídicím systému a její ověření. Teoretický postup byl již zhodnocen v předchozím komentáři. Praktické výsledky a ověřování jsou uvedeny v kapitole 8, a to jak vlastní implementace, tak ověřování. Pro ověřování disertant zvolil ověření na tzv. termoboxu, což je v pořádku, ale je škoda, že nedošlo na ověření přímo v průmyslové praxi, protože v tomto případě by to jistě nebyl nepřekonatelný problém. Jako součást ověřování je také uvedena podkapitola 8.9, která je sice zajímavá, ale v kontextu disertační práce bohužel zcela zbytečná, protože popis neobsahuje kromě technických předpokladů a popisu HW řešení jasný vztah k práci samotné, resp. popis výsledků.

V kapitole 9 pak disertant zhodnotil výsledky a shrnul je do 13 bodů. S naprostou většinou bodů lze souhlasit. Oponent na základě vlastní zkušenosti si nicméně dovoluje zapochybovat o tom, že většina regulačních smyček používá PID – není tomu bohužel ani tak a důvody jsou mimo rozsah práce. Také uvést jako závěr práce, že 60-70% reg. smyček je špatně nastavených, je zbytečné, protože to nebylo cílem práce. S ostatními body závěru lze nicméně souhlasit.

STANOVISKO K VÝSLEDKŮM DISERTAČNÍ PRÁCE A PŮVODNÍHO KONKRÉTNÍHO PŘÍNOSU PŘEDKLADATELE DISERTAČNÍ PRÁCE

Výsledkem disertace jsou teoretické i praktické postupy pro hodnocení a zlepšování kvality regulačních procesů. Uvedené výsledky, popsané zejména v kapitolách 5, 6, 7, 8, považuji za původní a za konkrétní přínos práce. Na práci lze ocenit její teoreticko-praktické zpracování s návazností na průmyslovou praxi, jasnou strukturu a pečlivé provedení.

Disertant se seznámil v dostupné literatuře s problematikou, o čemž svědčí počet citovaných pramenů, na základě čehož mohl navrhnout přístup inovovaný, vlastní. Nutno zdůraznit, že práce vyšla z potřeb praxe a je v praxi pro další experimentování plně použitelná. O tom také svědčí projekt TAČR, kterého se disertant zúčastnil, a který z pohledu oponenta zbytečně málo cituje a používá jako odkaz.

Součástí práce je 5 příloh. V první příloze se věnuje Návrhu PID regulátoru pomocí robustních regionů, nicméně uvedené výpočty koeficientů jsou generativní a z pohledu práce dle oponenta zbytečné.

Ve druhé příloze se disertant věnuje Tření v regulačních ventilech, což je v kontextu kap. 3.14 logické rozšíření.

Třetí příloha (C) se věnuje Přehledu komerčních systémů pro monitorování regulačních smyček. Kromě výčtu jednotlivých systémů obsahuje i tabulku parametrů jednotlivých systémů. Je možná škoda, že tato část je uvedena pouze jako příloha a není propracovanější porovnání jednotlivých používaných systémů. Práci by to přidalo velmi praktickou část i přes to, že by to zdánlivě vypadalo „nedisertabilně“. Oponent předpokládá, že to bylo důvodem odsunu tématu do přílohy.

Čtvrtá příloha (D) je schéma ke kapitole 3.12.6 – bez připomínek

Poslední příloha (E) je věnována popisu vyvinutých funkčních bloků. Zde oponentovi chybí opět odkaz na projekt TAČR a dále lepší popis implementace, např. použití IEC 61131-3 pro implementaci, nebo obecná rozšiřitelnost na další systémy.

PRAKTICKÝ PŘÍNOS DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce se zabývá velmi přínosným tématem Kvality regulace, které je obecně obtížně uchopitelné, ale velmi potřebné a rozšiřujícím rozsahem regulace bude jeho význam narůstat. Disertant zpracoval teoretickou i praktickou část disertační práce s praktickým použitím v praxi, viz vytvořené bloky pro nasazení v systémech ZAT a REX. Práce má tedy praktický přínos a v tomto směru nemá oponent připomínek.

VYJÁDŘENÍ K SYSTEMATICE, PŘEHLEDNOSTI, FORMÁLNÍ ÚPRAVĚ A JAZYKOVÉ ÚROVNI DISERTAČNÍ PRÁCE

Disertační práce je o rozsahu 182 stran členěna do 9 kapitol (Úvod, Přípravná kapitola, Současný stav problematiky, Formulace problému, Cíle disertační práce, Robustní metoda automatického nastavování regulátoru, Index kvality řízení, Identifikace řízeného systému v uzavřené smyčce, Nové metody pro oceňování kvality regulace v praxi, Diskuse a Závěr). Součástí práce je seznam 201 citací literatury a 5 příloh. Práce je psána v českém jazyce, což je možná škoda. Formální úprava a jazyková úroveň disertace je na velmi dobré úrovni.

DOTAZY A PŘIPOMÍNKY K PRÁCI:

Proč je přehled dostupných systémů v příloze a nebylo propracovanější porovnání?

Jsou vyvinuté bloky přenositelné do prostředí PAC s vývojovými prostředími dle IEC 61131-3? Pokud ne, jaká omezení tomu brání?

Lze vyvinuté algoritmické bloky přepsat i pro skriptovací jádra SCADA systémů? Např. pro VBS? Jaká jsou výkonová a technická omezení implementace?

Jaká jsou praktická omezení autotuneru v průmyslové praxi?

Co podle disertanta brání většímu rozšíření sofistikovanějších metod regulace?

VYJÁDŘENÍ K PUBLIKACÍM STUDENTA

Disertant uvádí 11 prací, na kterých se podílel, a oponent konstatuje, že všechny uvedené práce jsou oborově hodnotné a většinou mají přímou, nebo alespoň nepřímou souvislost s tématem disertační práce. Oponent nemá připomínek.

VYJÁDŘENÍ OPONENTA - DOPORUČENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE K OBHAJOBĚ

Předloženou disertační práci považuji svým obsahem, formou i výsledky za velmi zdařilou a doporučuji ji dle zákona č. 111/1998 Sb. §47 k obhajobě.

Ing. Oto Sládek, Ph.D.

Praha, 2. 9. 2016

