

Elektronická podpora pro předmět Teorie automatického řízení I (TXTA) - cvičení

Electronic Support of Automatic Control Theory (TXTA)-exercise

Lucie Ambrožová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav automatizace a řídicí techniky
akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie AMBROŽOVÁ**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Elektronická podpora pro predmět Teorie
automatického řízení I (TXTA) – cvičení**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši týkající se podpory elektronické formy výuky v oblasti automatického řízení. Zaměřte se zejména na oblast spjitých systémů.
2. Zpracujte elektronickou učební pomůcku pro predmět Teorie automatického řízení I (TXTA) – podpora konzultací kombinovaného studia.
3. Vyberte doplňující vybrané příklady k přednášené látce podle osnovy predmětu a sestavte soubor úloh pro laboratorní cvičení včetně návodů.
4. Pomůcku vytvořte v prostředí MS Power Point, MS Word, Adobe Acrobat, případně ještě v prostředí využitelné v laboratořích (slajdy apod.)

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BALÁTĚ, J. (2004). Automatické řízení. 2. přepracované vydání. Praha. BEN. ISBN 80-7300-148-9
2. BALÁTĚ, J. a kol. (1986). Technické prostředky automatického řízení 1. vyd. Praha: SNTL/ALFA
3. BROŽA, P. (2000). Programování WWW stránek pro úplné začátečníky. Praha: Computer Press
4. KOSEK, J. Téměř vše o WWW (online). c1999-2006 (cit. 2007-01-18). Dostupný z WWW : <<http://www.kosek.cz/>>
5. PROKOP, R., MATUŠŮ, PROKOPOVÁ, Z. (2006). Teorie automatického řízení – lineární spojité dynamické systémy. UTB ve Zlíně

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jaroslav Balátě, DrSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

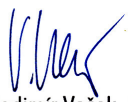
Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

25. května 2007

Ve Zlíně dne 13. února 2007



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Kombinované studium vyžaduje specifický přístup k výuce, proto místo klasických přednášek jsou tzv. hodiny řízených konzultací. Z časových důvodů není prostor k řádným laboratorním úlohám.

Cílem této bakalářské práce je pro tyto důvody navrhnout způsob počítačové podpory pro řízené konzultace jak pro vyučujícího, tak pro studenty a vzdálený systém provádění laboratorních cvičení.

Klíčová slova:

elektronická forma výuky, e-learning, regulátor

ABSTRACT

The combined study requires a specific approach to teaching; therefore, instead of classic lectures, there are the so-called "lessons of controlled consultations". For time reasons, there is no space for any ordinary laboratory tasks. For these reasons, it is the objective of this bachelor thesis to propose a method of computer support for the controlled consultations both for the teacher as well as the students and a distance system for performing the laboratory exercises.

Keywords:

electronic support of teaching, eLearning, controller

V úvodu své bakalářské práce bych ráda poděkovala Prof. Ing. Jaroslavu Balátě, DrSc. za vedení práce, trpělivost při konzultacích, cenné rady udílené při vypracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 LITERÁRNÍ REŠERŠE TÝKAJÍCÍ SE ELEKTRONICKÉ FORMY PODPORY VÝUKY V OBLASTI AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ	9
1.1 OBECNĚ O PODPOŘE ELEKTRONICKÉ FORMY VÝUKY	9
1.2 ELEKTRONICKÁ PODPORA AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ UTB	11
1.2.1 Počítačová podpora k získávání informací v oblasti automatického řízení CAAC.....	11
1.2.2 Laboratoře integrované automatizace.....	13
1.3 ELEKTRONICKÁ PODPORA AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ DALŠÍCH TUZEMSKÝCH UNIVERZIT	15
1.3.1 České vysoké učení technické v Praze – Fakulta strojní – informační a automatizační technika.....	15
1.3.2 Technická univerzita Ostrava – fakulta strojní	15
1.3.3 Vysoké učení technické v Brně – Ústav automatizace a informatiky	16
1.3.4 Technická univerzita v Liberci – Katedra řídicí techniky	17
1.3.5 Závěrem.....	18
2 ZPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH OTÁZEK PODLE OSNOVY PŘEDMĚTU	19
2.1 OKRUH Č. 2: SYSTÉM – DEFINICE, UNIVERSUM, CHARAKTERISTIKA	20
2.2 OKRUH Č. 10: REGULOVANÉ SOUSTAVY, DYNAMICKÉ VLASTNOSTI, PŘÍKLADY REGULOVANÝCH SOUSTAV	21
2.3 OKRUH Č. 19 VÝBĚR REGULÁTORU PRO KONKRÉTNÍ REGULOVANOU SOUSTAVU	23
II PRAKTICKÁ ČÁST	25
3 LABORATORNÍ CVIČENÍ S PŘÍSTUPEM PŘES INTERNET	26
3.1 POPIS LABI.....	26
3.2 POUŽITÍ DE 1 VE VÝUCE TEORIE AUTOMATIZACE.....	29
3.2.1 Popis a analýza regulované soustavy	34
3.2.2 Stanovení volitelných parametrů regulátoru	35
3.2.3 Ověřování kvality regulace.....	40
4 ZÁPOČTOVÁ PRÁCE	42
ZÁVĚR	43
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	44
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
SEZNAM OBRÁZKŮ	50
SEZNAM TABULEK	51
SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

V dnešní době se vzdělávací proces vyznačuje celou řadou nových aspektů, které se liší od tradičních metod vzdělávání, jak byly známy v minulých desetiletích. Oblibě se těší různé formy „dálkového“ studia a spolu se vzrůstajícími možnostmi využití informačních a komunikačních technologií se nám dostává nová forma vzdělávání, kterou nazýváme e-learning. Vznikají tedy nové nároky na všechny účastníky vzdělávacího procesu realizovaného touto formou výuky.

Tato práce je zaměřena na zpracování elektronické podpory výuky v oblasti automatického řízení, což je obor, ve kterém je výpočetní technika nezbytná, protože nahrazuje řídicí funkci člověka. Pomůcka pro elektronickou formu výuky je vytvořena jak pro studenty, tak vyučující, kteří z ní mohou čerpat informace jak z oblasti teorie automatického řízení, tak z oblasti praktické tj. z laboratorní úlohy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 LITERÁRNÍ REŠERŠE TÝKAJÍCÍ SE ELEKTRONICKÉ FORMY PODPORY VÝUKY V OBLASTI AUTOMATICKÉHO ŘÍZENÍ

1.1 Obecně o podpoře elektronické formy výuky

Podpora elektronické formy výuky je tzv.t vzdělávání za podpory počítačů - CBT (Computer-Based Training) je považováno za první úroveň elektronického vzdělávání (e-learningu). Na tuto první úroveň se většinou nahlíží jako na off-line formu e-learningu, kdy není k dispozici žádné připojení na síť a veškeré studijní materiály jsou distribuovány na nosičích FD, CD, DVD.

Výhodou elektronické podpory výuky oproti tištěným textům je:

- interaktivita mezi studujícím a studijním materiálem
- multimedálnost studijního materiálu (text, obrázky, animace, audio a video záznamy)
- strukturovanost textu s hypertextovými odkazy
- názornost, porozumění a zapamatovatelnost učiva, motivace – dle studií mají počítače při výuce silný motivační náboj
- informativní funkci – získávání nových informací
- přehlednost a zjednodušenost – např. v PowerPointové prezentaci je přednášená látka na jednotlivých snímcích v podobě stručné a strukturované

Prezentace učební látky můžeme považovat za oživení tradičního výkladu pomocí počítače. Jednou z využívaných možností je prezentace přednášené látky pomocí prezentačních programů (MS PowerPoint, Impress). Sama prezentace předpokládá několik kroků:

- promyšlení obsahu celého tématu
- rozdělení prezentace na několik snímků
- úprava snímků (obrázky, zvuky, video)

Nároky kladené na elektronickou podporu vzdělávání jsou stále vyšší a vyšší. Další úroveň vzdělávání za podpory webových technologií tzv. WBT (Web-Based Training)

Jedná se tedy o on-line formu e-learningu, kdy studijní materiály jsou distribuovány přes internet. Výhodou takovýchto on-line materiálů je především to, že k nim lze přistupovat téměř kdykoliv a odkudkoliv. Značně klesá i nákladovost celého vzdělávacího procesu, protože se usnadňuje jak distribuce, tak aktualizace studijních materiálů.[1] [2]

V současné době nejdokonalejší úroveň elektronické podpory výuky je LMS (Learning Management System) lze přeložit jako „systém pro řízení výuky“. Studující k takto řízeným kurzům přistupují stejným způsobem jako u WBT (přes internetový prohlížeč), jedná se tedy pro ně o vyšší úroveň vzdělávání se přes web. LMS představuje komplexní systém pro podporu výuky především v DiV. Přináší kvalitnější podporu všem zúčastněným, a to jak studentům na straně jedné, tak realizátorům (autor, tutor, manažer, administrátor...) na straně druhé. LMS tvoří soubor nástrojů, které umožňují tvorbu, správu a užívání kurzů v elektronickém prostředí. Samozřejmostí jsou nástroje pro komunikaci mezi studentem a vzdělavatelem i mezi studujícími navzájem. Součástí LMS jsou mimo jiné nástroje pro testování a hodnocení studijních výsledků a také nástroje pro administraci a archivaci těchto studijních výsledků. LMS umožňuje mimo jiné vytvářet virtuální třídy studentů, kteří mohou navzájem komunikovat.

Ústředním nástrojem LMS je kvalitně metodicky a multimediálně zpracovaný distanční hypertext obsahující nezbytné požadované části (hlavní a popisný sloupec + další prvky: průvodce studiem, studijní cíle, studijní požadavky, distanční ikony, seznam doporučené literatury, testovací aparát textu atd.). Text zpravidla obsahuje množství otázek a úkolů, které studenti plní přímo v LMS prostředí. Odeslané úkoly okamžitě získává tutor, který je hodnotí, přiděluje kredity, komentuje je, rozvíjí diskusi atd.

Studenti většinou preferují klasickou formu vyučování s určitými doplňky elektronické a komunikační technologie. Studenti také oceňují zpřístupnění studijních materiálů, které si mohou kdykoli stáhnout v elektronické verzi. Během přednášek mají možnost si do podkladů vepisovat další informace, které podpoří jejich přípravu a orientaci v dané problematice. [1]

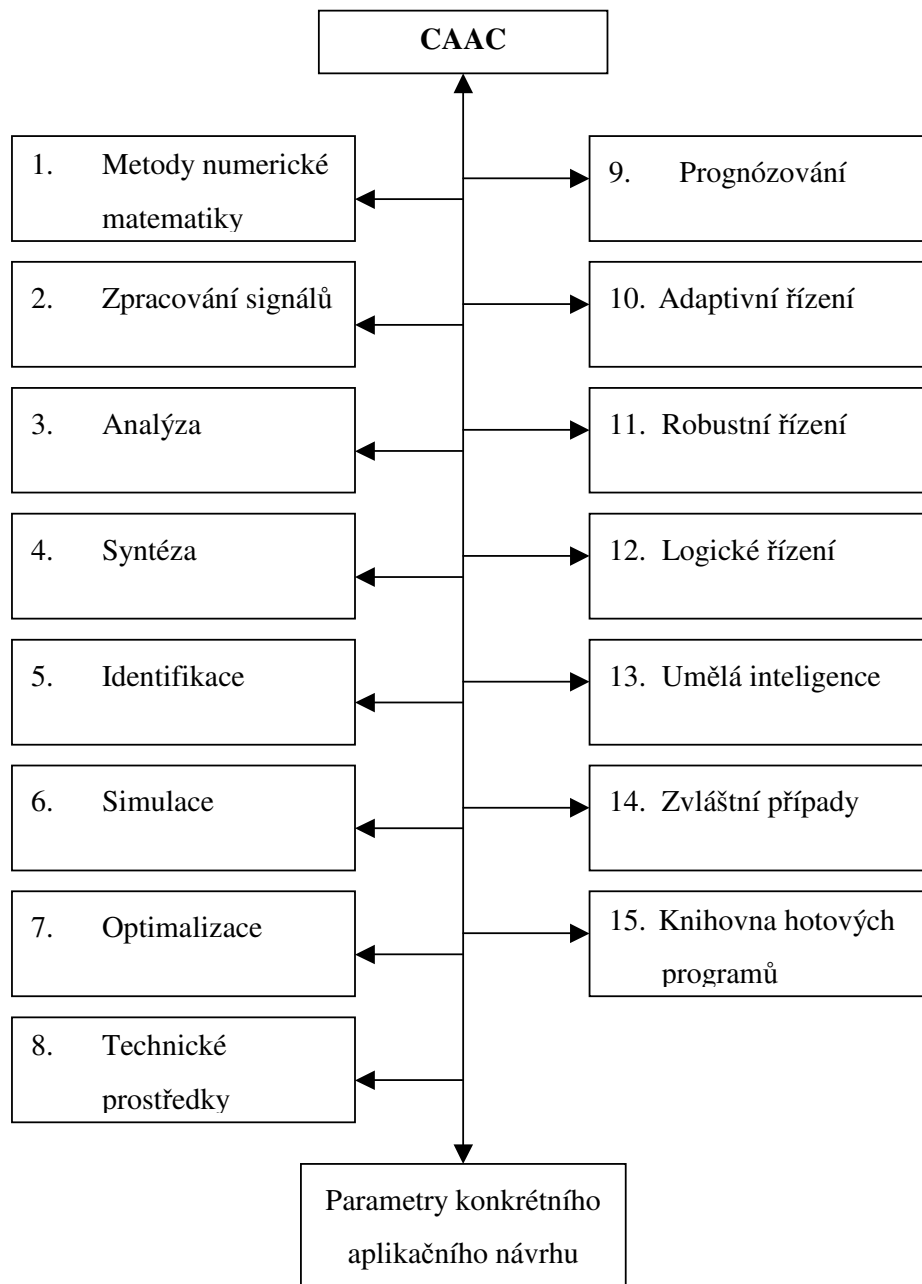
1.2 Elektronická podpora automatického řízení UTB

1.2.1 Počítačová podpora k získávání informací v oblasti automatického řízení CAAC

Prozatím není dostupná přímo z webových stránek fakulty aplikované informatiky UTB, ale jejími autory jsou akademičtí pracovníci UTB Prof. Ing. Jaroslav Balátě Dr.Sc. a Ing. Pavel Navrátil Ph.D. Je dostupná z www.caac.zde.cz.

Návrh systému CAAC (Computer Aided Automatic Control) je synonymním termínem s CADCS (Computer Aided Design in Control System), který je hodně používán. Struktura systému CAAC je otevřená s možností formulovat další bloky. Návrh systému je prozatím rozložen do 15-ti tématických okruhů – subsystémů, které zahrnují teorii automatického řízení 1.

Pro všechny subsystémy je zpracovaná stromová struktura viz. obr.1.1, která slouží jako podklad pro tvorbu www stránek. Některé subsystémy vznikly v dříve vypracovaných diplomových pracích a nyní jsou podle nejnovějších informací aktualizovány. Každý subsystém se dělí na moduly, které se dále člení na submoduly až do základních submodulů, které řeší problémy na nejnižší úrovni hierarchického uspořádání obsahující odborný popis, ukázkový příklad, výpočtový program a doporučenou literaturu.[3]



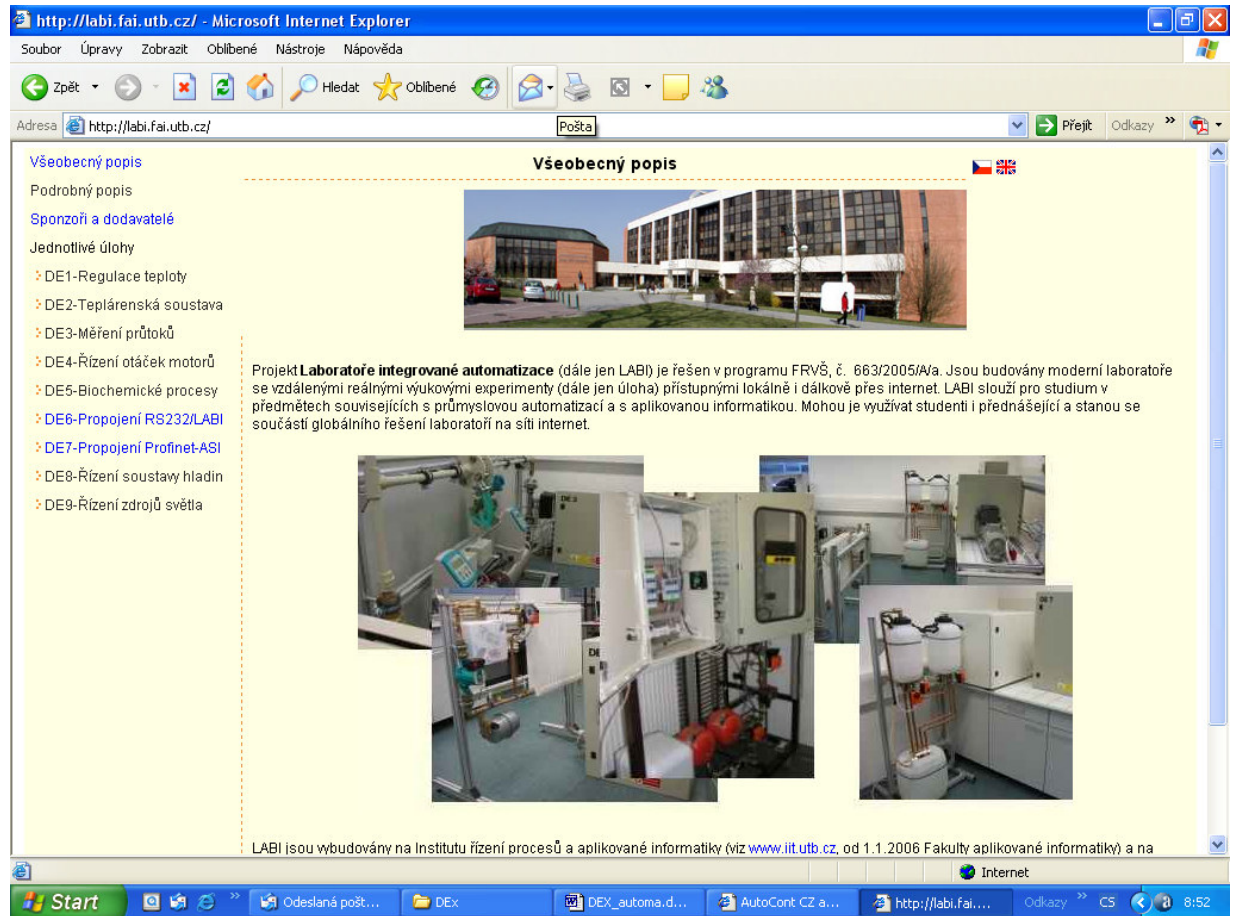
Obr. 1.1 Otevřená struktura modulárního systému CAAC

Využití systému CAAC se předpokládá zejména pro didaktické účely, ale je možno jej využít i pro návrh řízení konkrétních technologických procesů. Systém CAAC přináší možnost využívat moderní technologie každému jedinci a zajistit tak, při minimálních nákladech, kvalitní vzdělávání všem zájemcům, kteří chtějí získat znalosti v tomto oboru. Jedná se svým způsobem o určitou formu e-Learningu, který je poslední dobou velmi rozšiřován a propagován. Pro tvorbu systému CAAC se předpokládá využití pracovní kapacity při zpracování diplomových a disertačních prací.[3]

1.2.2 Laboratoře integrované automatizace

Laboratoře jsou určeny pro výuku předmětů oborů automatizace, informatiky a inženýrství ochrany životního prostředí a to jak pro studenty, tak pro vyučující. Jednotlivé úlohy lze použít i při řešení úkolů výzkumu a vývoje během doktorského studia nebo při ostatních výzkumných aktivitách univerzity. Užití je připraveno v českém i anglickém jazyku.

Systém „Laboratoře integrované automatizace“ (dále jen LABI) jsou vybudovány na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně (dále jen UTB). Jedná se o systém laboratoří s reálnými modely s přístupem přes internet a s globálním řešením a využíváním podle vzoru zahraničních univerzit v českém a anglickém jazyku. Úvodní stránka po otevření adresy <http://labi.fai.utb.cz> nabízí možnosti podle obr. 1.2 [4] [11]



Obr.1.2 Úvodní obrazovka systému LABI [4]

Struktura řešení systému LABI v I.etapě obsahuje 9 úloh. Jsou to úlohy:

- systém regulace teploty (model DE1)
- teplotní soustava (model DE2)
- soustava průtokoměrů (model DE3)
- spojitě řízení motoru (model DE4)
- biochemický proces (model DE5)
- propojení RS232-Internet (model DE6)
- komunikace ASI- Ethernet (model DE7+DE8+DE9).[4]

1.3 Elektronická podpora automatického řízení dalších tuzemských univerzit

Pro srovnání se podívejme na některé další vybrané tuzemské univerzity, na nichž najdeme katedry spojené s oblastí automatického řízení.

1.3.1 České vysoké učení technické v Praze – Fakulta strojní – informační a automatizační technika

Odbor automatického řízení a inženýrské informatiky na svých stránkách uvádí všechny vyučované předměty, kliknutím na daný předmět se zobrazí veškeré informace o předmětu včetně studijních materiálů. Předmět Teorie automatického řízení se nezobrazil. Seminář z automatického řízení nabízí laboratorní cvičení dostupné z .
http://www.fsid.cvut.cz/cz/u210/ar/index_c.htm

Laboratoř automatického řízení - řízení je praktická práce v laboratořích, kde si studenti pomocí experimentů prováděných na laboratorních modelech a zařízeních ověřují teoretické poznatky z přednášek a ze cvičení. Úlohy zasahují všechny přednášené okruhy. K úspěšnému zvládnutí experimentální části je nezbytný jednak teoretický základ v oblasti logického, spojitého i číslicového řízení, jednak schopnost pracovat s reálnými technickými zařízeními, které jsou součástí připravených praktických úloh. Popisem jejich funkce a návody k ovládnutí některých vybraných technických zařízení se zabývá tato kapitola. Dále kapitola všeobecně shrnuje typy instalovaných experimentálních úloh, včetně jejich zadání, popisu a požadavků na vypracování. Konkrétní zadané úkoly ke zpracování, které student dostane při práci v laboratoři, se od níže uvedených mohou lišit. Zde uvedené návody jsou pojaty obecně a mají především informativní charakter.[5]

1.3.2 Technická univerzita Ostrava – fakulta strojní

Fakulta strojní v sekci studium a výuka, v „podkladech ke studiu“ nabízí elektronickou podporu automatického řízení dostupnou z <http://www.fs.vsb.cz/?k=24&studium-a-vyuka/podklady-ke-studiu/> , rozdělenou do odkazů

- Matematické metody používané v oblasti automatizace a řízení
- Analýza lineárních regulačních obvodů
- Syntéza lineárních regulačních obvodů
- Analýza a syntéza lineárních regulačních obvodů pomocí Delta transformace
- Statická optimalizace
- Integrované softwarové prostředky pro průmyslovou automatizaci
- Vizualizace technologických procesů a řízení na platformě PC
- Databanka prostředků automatického řízení
- Neuronové sítě v řízení systémů

Analýza lineárních regulačních obvodů – výukový modul vytvořen převážně pro studenty

Tyto stránky popisují:

- algebru blokových schémat
- kmitočtové charakteristiky v logaritmických souřadnicích
- regulační obvody
- oblasti analýzy lineárních systémů - časové a kmitočtové oblasti a oblasti komplexní proměnné

Syntéza lineárních regulačních obvodů popisuje:

- regulační obvody
- syntéza regulačního obvodu
- metodiky syntézy regulačního obvodu
- vybrané typy regulovaných soustav [6]

1.3.3 Vysoké učení technické v Brně – Ústav automatizace a informatiky

V sekci „Výuka“ – studijní opora ÚAI naleznete odkaz na skriptum Základy automatizace. Materiály jsou ve formátu pdf.

V sekci „Projekty“ naleznete odkaz na laboratoře – Laboratoř řídicí techniky

Jsou dostupné z <http://www.uamt.feec.vutbr.cz/labor/e129.html.cz.windows-1250>

V laboratoři probíhá výuka, která souvisí s předměty oboru automatizace. Zahrnuje ukázky různých prostředků automatického řízení, laboratorní úlohy s kompaktními regulátory, laboratorní úlohy pro identifikaci regulovaných soustav, pracoviště k měření vlastností relé, atd. V laboratoři taktéž probíhají laboratorní cvičení se stavebnicemi jednočipových mikropočítačů řady PIC.[7]

1.3.4 Technická univerzita v Liberci – Katedra řídicí techniky

Přímo na úvodní stránce Katedry řídicí techniky dostupné z <http://www.fm.vslib.cz/~krt/czframe.htm>, v sekci „Výuka“ – „Učební texty“

- Metody identifikace spojitých modelů technologických soustav
- Metody identifikace spojitých modelů technologických soustav (.zip)
- Stručný manuál Matlabu pro předměty teorie řízení http://www.fm.vslib.cz/%7Ekrt/krt_cz/vyuka/text/matlab/index.htm

Učební texty pro předmět Teorie řízení I

Učební texty pro předmět Teorie řízení II

Učební texty pro předmět Číslicové řízení

Učební texty pro předmět Teorie řízení pro fakultu strojní

Učební texty pro předmět Prostředky automatického řízení

Učební texty pro předmět Teorie řízení I obsahují tématicky zpracované okruhy :

- Analýza dynamických systémů
- Syntéza regulačních obvodů
- Syntéza ve frekvenční oblasti, citlivost a robustnost regulačních obvodů
- Úvod do identifikace
- Systémy s více vstupy a výstupy - MIMO systémy
- Příloha 2 - Laplaceova transformace

- Příloha 3 - Zpětná transformace racionálně lomené funkce

Sekce: „Cvičení“

V teoretické části cvičení studenti ověřují teoretické závěry na úlohách analýzy a syntézy regulačních obvodů za podpory Control Toolboxu v Matlabu. V praktické části cvičení se provádí měření reakcí reálných dynamických systémů v laboratoři, odhad parametrů spojitých modelů zvolené struktury z naměřených dat pomocí Optimisation Toolbox, ověřování vlastností a chování takto získaných modelů. Dále je cvičení zaměřeno na frekvenční analýzu soustav s dopravním zpožděním (výpočet frekvenčních charakteristik, Nyquistovo kritérium stability, určení fázové a amplitudové bezpečnosti stability). Podle vybraných metod se provádí seřizování PID regulátorů na simulovaných regulačních obvodech a na fyzikálních modelech v laboratoři. Pomocí simulací se vyšetřuje vliv rozvětvení v regulačních obvodech na vlastnosti regulačních pochodů.[8]

1.3.5 Závěrem

Veškeré Univerzity využívají zejména vzdělávání za podpory webových technologií. Nabízejí tak studentům spoustu informací o studijním předmětu, možnost stažení studijních materiálů a také možnost ověřit si teoretické části automatického řízení pomocí laboratorních měření s přístupem přes internet.

2 ZPRACOVÁNÍ VYBRANÝCH OTÁZEK PODLE OSNOVY PŘEDMĚTU

Příručka byla podle osnovy předmětu rozdělena do 20 okruhů, které byly zpracovány v prostředí MS Word (příloha P1a), Acrobat Reader (příloha P1b), MS PowerPoint (příloha P1c), jež dle literární rešerše splňuje podmínku elektronické formy výuky. Okruhy obsahují důležité prvky předmětu Teorie automatického řízení I.

Okruhy:

1. Definice a třídění kybernetiky
2. Systém – definice, universum, charakteristika
3. Řízení – ovládání, regulace, bloková schémata
4. Způsoby popisu statických a dynamických vlastností členů regulačního obvodu
5. Odstranitelné a neodstranitelné nelinearity členů regulačního obvodu
6. Laplaceova transformace
7. Základní pojmy a definice jednorozměrového regulačního obvodu
8. Způsoby vyjadřování dynamických vlastností členů regulačního obvodu (obecně)
9. Bloková algebra
10. Regulované soustavy, dynamické vlastnosti, příklady regulovaných soustav
11. Vliv dopravního zpoždění
12. Regulátory spojitě, dynamické vlastnosti
13. Regulátory nespojitě
14. Rozpojený a uzavřený regulační obvod
15. Stavitelné parametry regulátorů
16. Stabilita regulačního obvodu – obecně
17. Kritéria stability
18. Přesnost regulace

19. Výběr regulátoru pro konkrétní regulovanou soustavu(s definovanými dyn. vlastnostmi)
20. Optimální seřízení regulátoru, vybrané metody syntézy

Z důvodu rozsahu bakalářské práce, po dohodě s vedoucím práce byly vybrány 3 okruhy .

2.1 Okruh č. 2: Systém – definice, universum, charakteristika

Systémem rozumíme množinu

$$S = \{A, W, K, Q\}$$

ve které je:

A - množina prvků a_i ($i = 1, 2, \dots, p$) systému S, tj. $A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$,

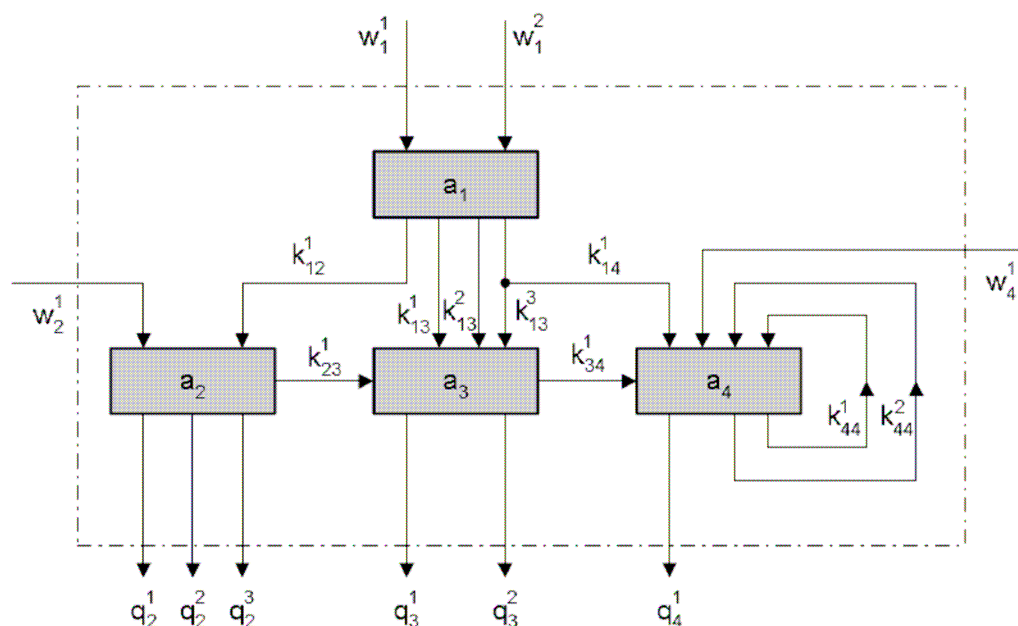
W - množina vstupních veličin w_j , $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$,

Q - množina výstupních veličin q_h , $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ a

K - množina vazebních závislostí k_{sr} výstupních a vstupních veličin prvků systému.
Indexem s je značen výstupní prvek a indexem r vstupní prvek vazební závislosti.

Jestliže množiny W i Q jsou prázdnými množinami, tj. všechny prvky $w_j = 0$ i $q_h = 0$ (všechny vstupní a výstupní veličiny jsou rovny nule), jde o **absolutně uzavřený systém**. V ostatních případech jde o **relativně uzavřený systém**, což vyjadřuje, že systém jako celek komunikuje se svým okolím prostřednictvím vstupů a výstupů. Příklad obecného vyjádření systému s prvky systému, vstupními a výstupními veličinami i vazebními závislostmi mezi prvky systému je znázorněn na *obr. 2.1*

Množina A je nazývána jako **universum systému**. Soubor množin W, K, Q nazýváme **charakteristikou systému**. [9]



Obr. 2.1 Model systému[9]

2.2 Okruh č. 10: Regulované soustavy, dynamické vlastnosti, příklady regulovaných soustav

Regulovaná soustava – řízený systém, který je částí uzavřeného regulačního obvodu, v němž probíhá vlastní technologický proces řízený regulátorem

Dynamické vlastnosti regulované soustavy:

- přenos soustavy $G_s(s)$
- přenos poruchy soustavy $G_{svi}(s)$

Přenos regulované soustavy je:

$$G_s(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} \quad (1)$$

Za předpokladu, že

$$v_i(t) = 0 \quad (2)$$

A přenos poruchy regulované soustavy

$$G_{sv_i}(s) = \frac{Y(s)}{V_i(s)} \quad (3)$$

Za předpokladu, že

$$u_R(t) = 0 \text{ a } i=1,2,\dots$$

Příklady regulovaných soustav:

- proporcionální regulované soustavy
- integrační regulované soustavy
- regulované soustavy s neminimální fází
- regulované soustavy s dopravním zpožděním

proporcionální regulované soustavy – po vychýlení z rovnovážného stavu jsou schopny teoreticky vždy dosáhnout nového rovnovážného stavu

integrační regulované soustavy – nemají samoregulační schopnost, což plyne např. ze skutečnosti, že $a_0 = 0$. Po vyvedení soustavy z rovnovážného stavu výstupní signál po odeznění přechodového děje se mění konstantní rychlostí.

regulované soustavy s neminimální fází – má v přenosu alespoň jeden nulový bod nebo pól v pravé polovině roviny kořenů „s“. Patří sem i regulované soustavy s dopravním zpožděním.

regulované soustavy s dopravním zpožděním – viz. další otázka [9]

2.3 Okruh č. 19 Výběr regulátoru pro konkrétní regulovanou soustavu

Volba struktury neboli typu regulátoru je do značné míry určena vlastnostmi regulované soustavy, v literatuře je často uváděn tento přehled pro volbu struktury regulátoru pro jednotlivé typy regulovaných soustav:

Typ regulátoru: Hodí se k regulaci soustav:

ON/OFF (dvoupolohový)

proporcionálních se setrvačností 1. řádu, s velkou časovou konstantou, bez dopravního zpoždění, při malých změnách regulované veličiny,

I proporcionálních se setrvačností 1. řádu, s malou časovou konstantou, bez dopravního zpoždění, při malých změnách zatížení,

P proporcionálních i integračních se setrvačností 1. řádu, se střední časovou konstantou, popř. s menším dopravním zpožděním, při malých změnách zatížení, zanechává trvalou regulační odchylku při regulaci proporcionálních soustav,

PI proporcionálních i integračních se setrvačností vyšších řádů s libovolnými časovými konstantami, s velkým dopravním zpožděním, při velkých a pomalých změnách zatížení,

PD proporcionálních i integračních se setrvačností vyšších řádů se středními časovými konstantami, s velkým dopravním zpožděním, při malých změnách zatížení, zanechává trvalou regulační odchylku,

PID proporcionálních i integračních se setrvačností vyšších řádů s libovolnými časovými konstantami, s delším dopravním zpožděním., při velkých a rychlých změnách zatížení.

Všeobecně, u většiny běžných regulačních problémů se použije regulátorů **P** nebo **PI** někdy se může i použít **PID** (zde je nevýhoda **D** složky). Použití **I** regulátoru je malé.[9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 LABORATORNÍ CVIČENÍ S PŘÍSTUPEM PŘES INTERNET

Součástí výuky předmětu teorie automatického řízení jsou také laboratorní cvičení. Podle závěrů literární rešerše jsou rozpracovány laboratorní cvičení s přístupem přes internet s reálnými modely s využitím připravených laboratoří LABI.

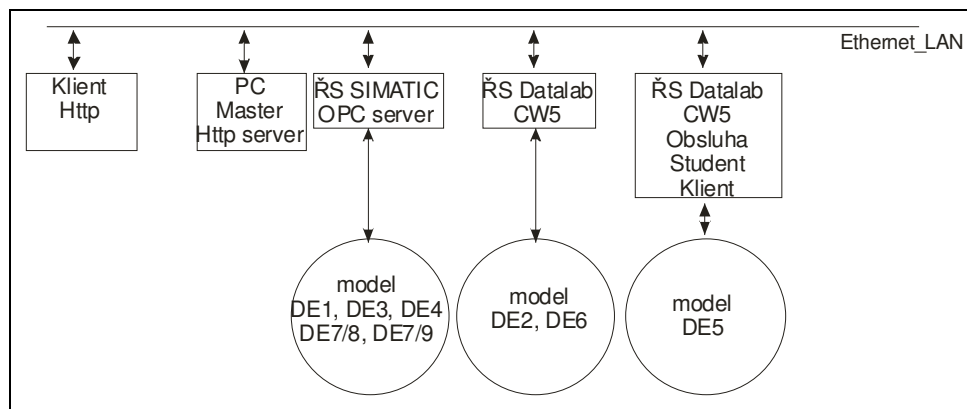
Tyto laboratoře jsou vybudovány pro obecné využití přednášejícími i studenty. Proto v rámci této práce jsou použity jako základ pro návrh laboratorních cvičení.

3.1 Popis LABI

LABI- Laboratoře integrované automatizace (www.labi.fai.utb.cz) byly vybudovány v rámci řešení projektu Fondu rozvoje vysokých škol byly vybudovány na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně (dále jen UTB) během 2.poloviny r.2005 a 1.poloviny r.2006 Na rozdíl od většiny řešení na univerzitách (viz rešerše kap.1), kdy jsou používány virtuální řešené úlohy s přístupy přes internet, představují LABI systém reálných zařízení s modely mechanických, elektrických, termodynamických a chemických procesů. Každý model je vybaven systémem automatizace a informatiky.

Struktura LABI je zobrazena Obr. 3.1. Na síti LAN UTB jsou zapojeny úlohy:

- regulace teploty (model DE1)
- topná soustava (model DE2)
- průtokoměry (model DE3)
- spojitě řízení motoru (model DE4)
- biochemický proces (model DE5)
- propojení RS232-Internet (model DE6)
- komunikace ASI- Ethernet (model DE7+DE8+DE9).[4]



Obr. 3.1 Struktura systému LABI [12]

Jednotka PC Master zajišťuje komunikaci s úlohami LABI při obousměrném přenosu dat, provádí jejich archivaci a řídí propojení klientů z vnějšího prostředí přes Internet.

Úlohy systému LABI obsahují reálná technologická zařízení. V současné době jsou připraveny úlohy DE1 až DE9. Tyto úlohy představují základ LABI s možností libovolného rozšiřování v dalších letech.

Úloha DE1 s názvem „Regulace teploty“ obsahuje zařízení s uzavřeným okruhem regulace teploty. Tato úloha je rozpracována v samostatné kapitole jako laboratorní cvičení pro kombinované studium pro předmět teorie automatického řízení.

Složitě experimentální zařízení úlohy DE2 představuje základní sestavu modelu teplotního procesu. Úloha se skládá s primárního okruhu reprezentující zdroj tepelné energie a rozvod primární energie a ze sekundárního okruhu znázorňující soustavu spotřeby tepla. Systém automatizace používá jako centrální jednotku průmyslový personální počítač IPC embedded. Okruhy měření jsou použity pro teploty, difference tlaku, průtoky. Okruhy jsou pro ovládání elektrického příkonu, oběhových čerpadel a regulačních ventilů. Provoz experimentu je ve dvou režimech: v režimu identifikace regulovaných soustav a v režimu automatické regulace zvolené teploty. Tato úloha je velmi náročná a je určena pro doktorské studium.

Úloha DE3 obsahuje čtyři různé typy průtokoměrů. Je určena pro studium technických prostředků automatizace, kdy lze se seznámit s funkcí, činností a parametry čtyř typů průtokoměrů. Provoz experimentu je v lokálním režimu pro průtok zadané velikosti a v automatickém režimu s postupným zvyšováním průtoku od minima po maximum v krocích a v daných intervalech.

Možnost spojitého řízení asynchronních motorů v LABI ukazuje úloha DE4. Jeden asynchronní motor má spojitý integrovaný frekvenční měnič ve funkci řídicího motoru. Druhý motor je hnaný a brzdící a má externí frekvenční měniče. Motory jsou pevně propojeny a hnací motor podle zadaného otáčení překonává odporový moment brzdícího motoru podle nastaveného otáčení a rozdílů vůči nastavení otáčení prvního motoru. Elektronika frekvenčních měničů umožňuje měřit i napájecí proudy pro oba motory a počet otáčení zadané a regulované.

Model DE5 je určen pro provozování biochemických procesů. Tato úloha je specifická, obsahuje zabudované snímače pro analýzu vodných roztoků a její režim provozu umožňuje používání i pro výzkum a vývoj technologie bioprocusů.

Úloha DE6 slouží pro propojení techniky s výstupem RS232 na síť Ethernet a pracovat s ní v systému LABI. Pro propojení je použita jednotka s převodníkem RS232 na ETHERNET.

Úloha DE7 je navržena pro propojení vyšší úrovně komunikace mezi systémy automatizace např. síť ASI až na síť Ethernet. Používá pro to dvě úlohy DE8 a DE9.

Úloha DE8 umožní představovat a pracovat s úlohou obsahující soustavu hladin v zásobnících a to prostřednictvím víceúrovňové komunikace ASI-Ethernet. Provoz úlohy je ve dvou režimech: v režimu identifikace soustavy pro průtok zadané velikosti a pro nastavené polohy ventilů a v režimu automatické regulace výšky hladiny v zadané nádrži s regulovanou veličinou hladiny v nádržích, s akční veličinou otáčení čerpadla a s poruchovými veličinami polohy ventilů.

Úloha DE9 představuje 4 různé typy zdrojů světla. Zdroje světla jsou 2 klasické žárovky a dvě úsporné kompaktní zářivky o shodném příkonu. Intenzita osvětlení se měří luxmetrem. Provoz experimentu je ve dvou režimech. [4]

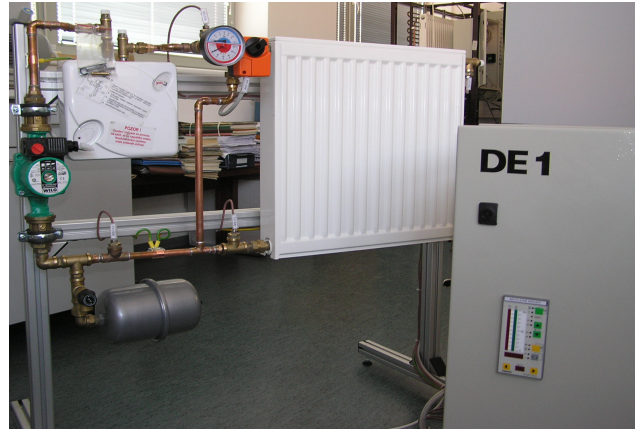
Řídicí systém LABI je heterogenní systém používající pro funkci serveru LABI kvalitní zařízení PC, pro centrální jednotky jednotlivých úloh průmyslovou výpočetní techniku IPC a jednotky PLC. Pro podsystém měření jsou aplikovány moderní snímače technických veličin a pro podsystém ovládání prvky regulačních ventilů, jednotka ovládání toku elektrické energie a frekvenční měniče. Heterogenní řešení je také v oblasti programových prostředků.

Užití LABI je navrženo pro použití při výuce všech předmětů oboru Automatizace a Informatiky a to nejen na Fakultě aplikované informatiky UTB, nýbrž i pro externí zájemce. Studenti mohou nejenom studovat dálkové ovládání procesů a zařízení, ale mohou řešit problémy z teorie automatického řízení (např. identifikaci regulovaných soustav, syntézu obvodů regulace, programovat řízení procesů).

Projekt LABI může sloužit moderním způsobem i vyučujícím. Umožňuje to používání LABI v dálkovém přístupu přes internet. Vyučující může demonstrovat praktickou stránku probírané látky na funkci modelů a použít LABI jako vzdálenou praktickou pomůcku.[11]

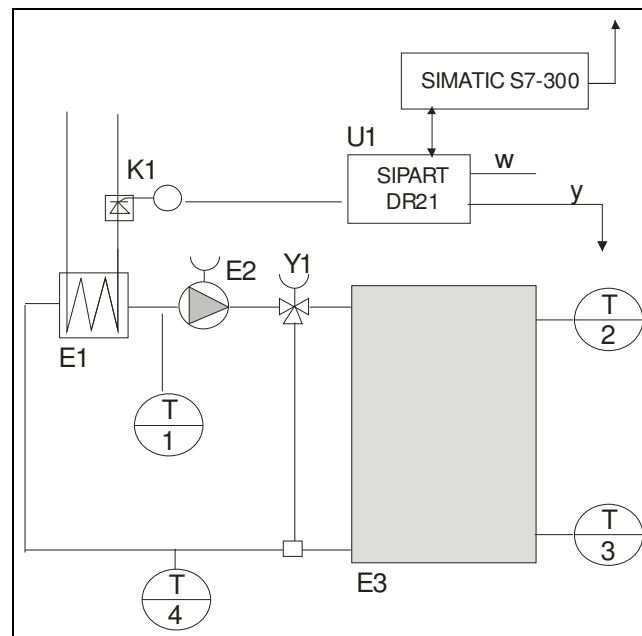
3.2 Použití DE 1 ve výuce teorie automatizace

Pro splnění zadání bakalářské práce je provedeno zpracování úlohy DE1 pro použití k výuce. Úloha DE1 s názvem „Regulace teploty“ obsahuje zařízení a systém pro všechny oblasti teorie a praxe automatického řízení. Fotografie sestavy úlohy je na Obr. 3.2.



Obr. 3.2 Pohled na sestavu úlohy DE1[11]

Regulovaná soustava je vytvořena zdrojem tepla (E1) , oběhovým čerpadlem (E2), radiátorem pro ochlazování teplé vody (E3) a rozvedem teplé vody. Dále k soustavě patří jednotka pro ovládání toku elektrické energie (K1), jednotka pro ovládání toku teplé vody (třícestný rozdělovací ventil (Y1)). Blokové schéma detailního členění úlohy je na obr. 3.3



Obr. 3.3 Blokové schéma členění úlohy DE1 [11]

Úloha DE1 používá tepelné procesy. Celková energetická bilance v ustáleném stavu se dá vyjádřit rovnicí:

$$Q_{ele} = Q_{kon} + Q_{rad} + Q_{hydr} \quad (4)$$

Pro jednotlivé energie platí:

- pro elektrickou energii dodávanou ohřevem:

$$Q_{ele} = UI = \frac{U^2}{R} \quad (5)$$

kde je U napájecí síťové řízené napětí 0 až 230 V AC, I je napájecí proud a R je elektrický odpor elektrického ohřívače ,

- pro tepelnou energii předávanou radiátorem do okolí:

$$Q_{kon} = Sh_{kon}(t_v - t_a) \quad (6)$$

kde je S plocha předávající teplo, h_{kon} součinitel přenosu tepla z radiátoru do okolí, t_v teplota teplé vody, t_a teplota okolního vzduchu,

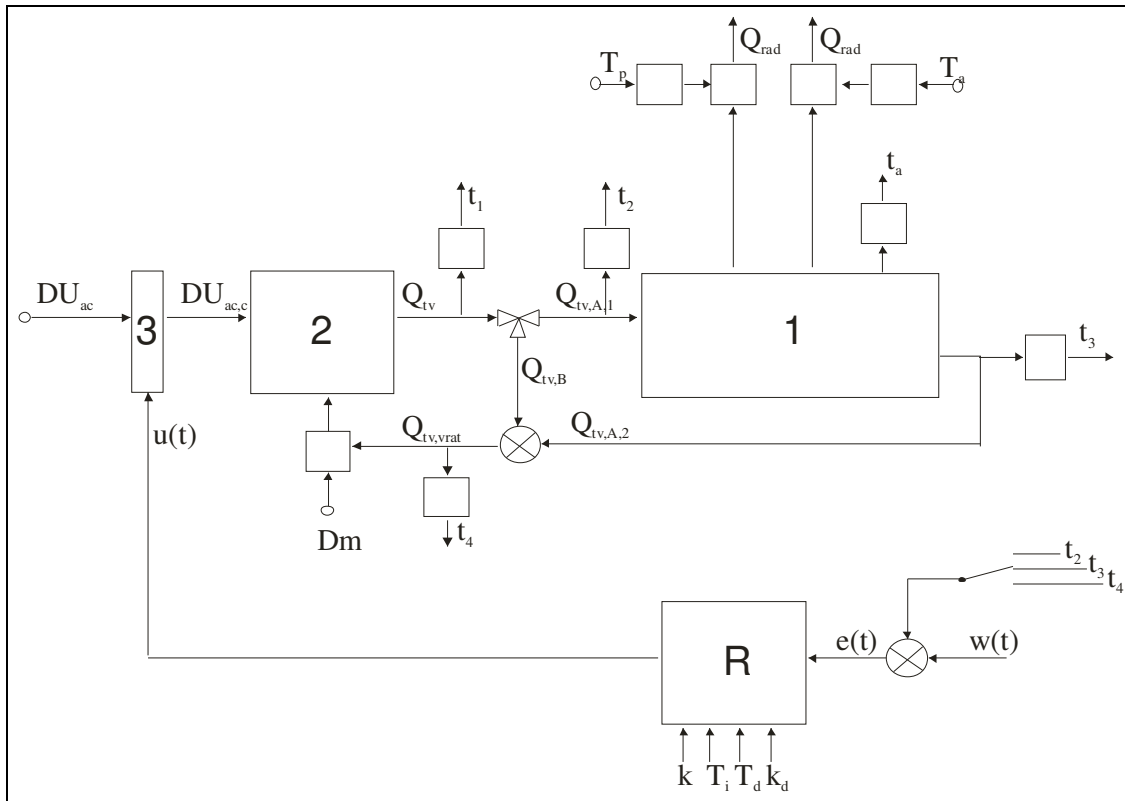
- pro tepelnou energii předávanou sáláním do okolí:

$$Q_{rad} = Sh_{SB}(T_v^4 - T_p^4) \quad (7)$$

kde je S plocha předávající teplo, h_{SB} Stefan Boltzmannova konstanta, T_v absolutní teplota povrchu radiátoru tj. teplé vody, T_p absolutní teplota povrchu okolních těles,

- pro tepelnou energii a energii hydraulických ztrát je vztah velmi složitý a hodnota energie malá, proto je její podíl zanedbáván.

Významnost této úlohy je , že používá regulovanou soustavu (podle teorie automatického řízení) s dopravním zpožděním a rozloženými parametry a pomocí kompaktního regulátoru je vytvořen reálný uzavřený regulační obvod. Detailní blokové schéma regulované soustavy je na Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Blokové schéma regulované soustavy [11]

Blokové schéma regulované soustavy vyjadřuje všechny bloky a prvky soustavy. Je to: 1- topné těleso, 2-elektrický ohřívač, 3-jednotka řízení efektivní hodnoty elektrického napětí, R- kompaktní regulátor PSD s nastavitelnými parametry k , T_i , T_d , k_d , s vyznačenou regulační odchylkou $e(t)$, žádanou hodnotou $w(t)$ a měřenou veličinou přepínanou pro hodnoty teplot t_2 , t_3 , t_4 . Další veličiny v soustavě jsou vstupy nebo výstupy bloků: ΔU_{AC} - vstupní hodnota napájecího napětí 230 V AC, $\Delta U_{AC,C}$ - efektivní napětí změněné v jednotce 3, Q_{tv} - průtok topné vody přes ohřívač, t_1 - výstup převodníku teploty topné vody, $Q_{tv,A,1}$ - průtok topné vody z ventilu do topného tělesa, t_2 - výstup převodníku teploty topné vody do topného tělesa, $Q_{tv,B}$ - průtok topné vody obtokem mimo topné těleso, T_p je teplota povrchu okolí a Q_{rad} je tepelná tok sálavé energie z topného tělesa jako poruchová veličina, T_a je teplota vzduchu v okolí a Q_{kon} je tepelná tok přenosu tepla z topného tělesa jako poruchová veličina, t_3 - výstup převodníku teploty topného tělesa, Q_{vrat} - průtok topné vody vratné do ohřívače, t_4 - výstup převodníku teploty vratu, Δm je změna průtoku jako poruchová veličina realizovaná změnou otáček čerpadla.

V soustavě je použit kompaktní číslicový regulátor s volbou vstupu od zvolené teploty (T2, T3 nebo T4). Regulátor je číslicový regulátor typ SIPART DR21 firmy SIEMENS. Výstup regulátoru je napojen na spojitý elektronický ovladač střídavého efektivního napětí (K1) pro napájení elektrického ohřevu oběhové vody.

Měřené veličiny na soustavě (teploty T1, T2, T3, T4) jsou napojeny na vstupní stranu centrální jednotky jako analogové signály. Centrální jednotka je typu PLC (Programmable Logic Controller), typ SIMATIC S7-300 firmy SIEMENS. Jednotka je spojena s regulátorem pomocí sběrnice PROFIBUS. Výstupy regulátoru ovládají ještě třístavový ventil Y1. [11]

Provoz experimentu DE1 je připraven ve dvou režimech:

- režim I: režim identifikace regulované soustavy
- režim A: zapojení uzavřeného regulačního okruhu s automatickou regulací volené teploty v systému s dopravním zpožděním a s rozloženými parametry.

Pro podporu výuky teorie automatické regulace je využita úloha DE1 systému LABI ve více směrech. Je to směr:

1. popisu a analýzy regulované soustavy
2. popisu a analýzy doplňujících prvků soustavy
3. popisu a analýzy kompaktního regulátoru PSD
4. stanovení volitelných parametrů regulátoru
5. ověřování kvality regulace
6. popisu a studia technických prostředků uzavřeného regulačního obvodu.

V následujících kapitolách z důvodu omezeného rozsahu bakalářské práce je rozpracován směr: 1 – popis a analýza regulované soustavy, 4- stanovení volitelných parametrů regulátoru a 5 – ověření kvality regulace.

3.2.1 Popis a analýza regulované soustavy

Teorie automatické regulace definuje a člení regulované soustavy podle časových charakteristik jako soustavy prvního a vyšších řádů statických a astatických. Dále se hodnotí u soustav výskyt dopravního zpoždění a u složitých soustav rozložení parametrů.

Soustava úlohy DE1 podle tohoto hodnocení je jako celek soustava vyššího řádu s dopravním zpožděním a rozloženými parametry.

Matematický popis podle teorie automatického řízení je možný získat ve tvaru obrazového přenosu pomocí vyhodnocení dat přechodové charakteristiky.

Získání tohoto popisu se nazývá proces identifikace a provádí např. experimentální metodou. U reálné soustavy se provede skoková změna na vstupu soustavy a měří se odezva výstupu na tento jednotkový skok. Grafické vyjádření naměřených dat je přechodová charakteristika a pomocí různých metod se provádí výpočet obrazového přenosu.[11]

Úloha DE1 umožňuje provést skutečný experiment identifikace. Tato úloha je již připravena pro provedení identifikace tím, že má jako základní funkci naprogramován režim identifikace.

Provedení tohoto režimu se děje po krocích:

1. úloha se spustí, uživatel se registruje
2. pro zvolený režim identifikace se zadá hodnota změny vstupu (max. 30% z celkového rozsahu) a doba experimentu (až 45 minut)
3. spustí se experiment, změny na výstupech se archivují do souboru jménem registrace
4. po uplynutí doby experimentu se úloha sama zastaví
5. uživatel má přístup k archivovaným datům tím, že si celý soubor zapíše na svůj počítač.

Příklad provedení experimentální výukové identifikace je proveden podle výše uvedených kroků. Pro experiment *1cec070602idea*“ byly nastaveny parametry:

- režim „IDENTIFIKACE“
- poloha ventilu Y1 = 10%
- délka experimentu 45 min.

Další kroky se týkají již analýzy naměřených dat a výpočtu obrazového přenosu. Výsledek analýzy je uložen ve společném souboru *1cec070602idea.xls*, který je součástí bakalářské práce jako příloha P2 v elektronické formě pro svou rozsáhlost. V listu *data_DE1* jsou data uložené v souboru archivu úlohy. V druhém listu, *data_transformovaná* jsou data z formátu *cvs* převedena do formátu Excel. Ve třetím listu *data_přechodovky* jsou data zpracována do formy grafu.

Tato část byla vypracovaná také pro podporu konzultací v prostředí MS Word – příloha P3a, Acrobat Reader – P3b, MS Power Point – P3c a je taktéž uvedena v elektronické verzi.

V dalším vyhodnocení se provede výpočet parametrů obrazového přenosu. Výsledek je aproximován do soustav I. řádu, II. řádu s různými a shodnými časovými konstantami a 3. řádu se shodnými parametry. Začlenění výpočtu do souboru *1cec070602idea.xls*. (část výpočtu je připravena), bude předmětem bakalářské práce.

3.2.2 Stanovení volitelných parametrů regulátoru

V rámci syntézy regulačního okruhu je proveden výpočet optimálních konstant regulátoru a stanovena oblast stability pro hodnoty tohoto výpočtu.

Metoda Ziegler-Nichols (dále jen Z-N) je metoda kritického zesílení, původně empirická, nyní vhodná k používání i v etapě projektování díky výpočetní technice.

Pro odvození přenosu řízení URO pro metodu Z-N se předpokládá přenos soustavy v obecném tvaru

$$G_S(s) = \frac{k_s}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}. \quad (8)$$

Pro konkrétní typy soustavy mají význam obecné konstanty podle následující tabulky 1

konstanta	soustava I.řádu	soustava II.řádu	soustava III.řádu
a_0	1	1	1
a_1	T	T_1+T_2 nebo $2*T$	$3*T$
a_2	-	T_1*T_2 nebo T^2	$3* T^2$
a_3	-	-	T^3

Tab. 1 Konkrétní typy soustav a obecné konstanty

- přenos regulátoru s vypnutou integrační a derivační složkou, tj. ve tvaru:

$$G_R(s) = r_0 + 0 + 0 \quad (9)$$
- přenosy měřicího a ovládacího členu se pro zjednodušení výpočtů syntézy zanedbávají.

Přenos odchylky řízení po dosažení má tvar:

$$G_{ew}(s) = \frac{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + (a_0 + k_s \cdot r_0)}. \quad (10)$$

Z tohoto přenosu bude použita charakteristická rovnice regulačního obvodu, tj. rovnice jmenovatele přenosu.

V prvním kroku výpočtů podle metody Z-N je nutno najít pro daný regulační okruh koeficient zesílení regulátoru pro kritický stav na mezi stability, tj. r_{ok} . Pro jeho určení bylo vybráno např. Hurwitzovo kritérium, kde pro kritický stav platí, že determinant $H_{(n-1)}=0$. Hurwitzův determinant pro $n=3$ má tvar:

$$H_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_0 + k_s r_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & \\ & a_2 & a_0 + k_s r_0 \end{vmatrix}. \quad (11)$$

Pro determinant

$$H2=0=a_2 \cdot a_1 - a_3 (a_0 + k_s r_0) \text{ tj. } r_{0k} = \frac{1}{k_s} \left(\frac{a_1 a_2}{a_3} - a_0 \right). \quad (12)$$

Takto je stanoveno zesílení regulátoru pro kritický stav na mezi stability.

Dalším krokem je výpočet periody kritického kmitání, pro které je použit vztah

$$T_k = \frac{2\pi}{\omega_k}. \quad (13)$$

Pro periodický děj na hranici stability platí, že charakteristická rovnice má jako kořeny svého řešení dvojici ryze imaginárních sdružených kořenů. Po dosažení vypočteného kritického zesílení za $r_0=r_{0k}$ a pro $s=j\omega_k$ je výchozí rovnice ve tvaru:

$$a_3 j \omega_k^3 + a_2 j \omega_k^2 + a_1 j \omega_k + (a_0 + k_s \cdot r_{0k}) = 0. \quad (14)$$

Po jejím rozdělení na reálnou a imaginární část, kde se reálná část se rovná nule, se vypočte ω_k a následně T_k .

Pro okruh s I regulátorem se kmitavý stav vytvoří pro r_{-1k} nebo T_{Ik} .

Posledním krokem je stanovení optimálních konstant regulátoru z vypočtených hodnot r_{0k} a T_k . V následující tabulce 2 jsou uvedeny vztahy pro jejich stanovení pro konkrétní charakteristiky regulátorů a pro typ koeficientů r_0 , r_{-1} , r_1 nebo k_R , T_I a T_D .

Typ regulátoru	r_0	r_{-1}	r_1	k_R	T_I	T_D
P	0,5 r_{0k}	-	-	0,5 k_{RT}	-	-
PI	0,45 r_{0k}	0,54 r_{0k}/T_k	-	0,45 k_{RT}	$T_k/1,2$	-
PD	0,4 r_{0k}	-	0,02 $r_{0k} T_k$	0,4 k_{RT}	-	0,05 T_k
PID	0,6 r_{0k}	1,2 r_{0k}/T_k	0,075 $r_{0k} T_k$	0,6 k_{RT}	0,5 T_k	0,12 T_k
I	-	0,5 r_{-1}	-	-	2 T_{Ik}	-

Tab. 2 Výpočtové hodnoty pro PID regulátor typu r_0 , r_{-1} , r_1 nebo k_R , T_I a T_D

Výše uvedený obecný výpočet optimálních konstant regulátoru je možné provést v programu EXCEL.

Volba charakteristiky regulátoru pro určitý typ soustavy lze provést podle zásad uvedených v tabulce 3:

Typ regulátoru	Typ soustavy	Vlastnosti regulace
P	proporcionální i integrační I.řádu s malým T, bez Td,	trvalá regulační odchylka, dobrá stabilita při správném zesílení
PI	proporcionální i integrační II a vyšších řádů s libovolnými Tu a Tn, s velkým Td,	bez trvalé regulační odchylky, zlepšuje stabilitu, v počátku regulace se uplatní P složka, pak I složka, je vhodný pro I soustavy jen v určitém nastavení
PD	proporcionální i integrační II a vyšších řádů se středními Tu a Tn, s velkým Td,	trvalá regulační odchylka, lze pracovat s vyšším zesílením, zmenšuje se odchylka, v počátku se uplatní D složka (přechodné zvýšení zesílení), pak P složka
PID	proporcionální i integrační II a vyšších řádů s libovolnými Tu a Tn, s velkým Td,	bez trvalé regulační odchylky, v počátku se uplatní D složka (větší stabilita), pak I složka
I	proporcionální I. řádu s malým T, bez Td,	bez trvalé regulační odchylky, není stabilní pro integrační soustavy
zpětnovazební nebo dvoupolohový	proporcionální I. řádu s velkým T, bez Td,	hystereze

Tab. 3 Charakteristiky regulátoru pro určitý typ soustavy

Pro stanovené konstanty regulátoru např. podle metoda ZN je vhodné stanovit oblast stability pro možné změny koeficientů regulátoru. Pro etapu projektování byla vybrána metoda „rozklad D“ neboli kritérium podle Nejmarka. Důvodem je možnost využití výsledků a postupu metody Z-N a možnost aplikace tabulkového procesoru.

U rozkladu D se předpokládá, že obvod je stabilní pro vypočtené parametry regulátoru r_0 , r_{-1} , r_1 . Určí se charakteristická rovnice URO ze vztahu

$$1 + G(s) \cdot G_R(s) = 0. \quad (15)$$

Opět se zanedbává přenos měřicí a ovládacího okruhu.

Pro soustavu do III.řádu je použit obecný přenos ve tvaru:

$$G_S(s) = \frac{k_s}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}. \quad (16)$$

Pro regulátor PID se uvažuje přenos

$$G_R(s) = r_0 + \frac{r_{-1}}{p} + r_1 s. \quad (17)$$

Po dosazení vychází vztah pro CHR URO ve tvaru:

$$a_3 s^4 + a_2 s^3 + (a_1 + k_s r_1) s^2 + (a_0 + k_s r_0) s + k_s r_{-1} = 0. \quad (18)$$

Po dosazení $s = j\omega$ lze přepsat rovnici na tvar:

$$a_3 j\omega^4 + a_2 j\omega^3 + (a_1 + k_s r_1) j\omega^2 + (a_0 + k_s r_0) j\omega + k_s r_{-1} = 0. \quad (19)$$

Z tohoto frekvenčního vztahu CHR lze postupně vypočítat závislost koeficientů r_0 , r_{-1} , r_1 na frekvenci v rozsahu $(-\infty, \infty)$.

V prvním kroku se počítá závislost $r_0 = f(\omega)$ při r_{-1} , r_1 rovno vypočteným konstantám regulátoru podle kapitoly 3.1. Platí vztah :

$$r_0 = -\frac{a_2 j\omega^2 + a_0}{k_s} - \frac{a_3 j\omega^4 + (a_1 + k_s r_1) j\omega^2 + k_s r_{-1}}{k_s j\omega} = \text{Re} + \text{Im}. \quad (20)$$

Po výpočtu pro $\omega = (-\infty, \infty)$ se vynese závislost do roviny $\text{Re} + \text{Im}$ pro r_0 při r_{-1} , r_1 rovno vypočteným konstantám regulátoru.

V druhém kroku se počítá závislost $r_{-1} = f(w)$ při r_0 , r_1 rovno vypočteným konstantám regulátoru. Platí vztah :

$$r_{-1} = -\frac{a_3 j \omega^4 + (a_1 + k_s r_1) j \omega^2}{k_s} - \frac{a_2 j \omega^3 + (a_0 + k_s r_0) j \omega}{k_s} = \text{Re} + \text{Im}. \quad (21)$$

Po výpočtu pro $w=(-\infty, \infty)$ se vynese závislost do roviny Re+Im pro r_{-1} při r_0 , r_1 rovno vypočteným konstantám regulátoru.

Ve třetím kroku se počítá závislost $r_1 = f(w)$ při r_0 , r_{-1} rovno vypočteným konstantám regulátoru. Platí vztah :

$$r_1 = -\frac{a_3 j \omega^4 + (a_1 + k_s r_1) j \omega^2 + k_s r_{-1}}{k_s j \omega^2} - \frac{a_2 j \omega^3 + (a_0 + k_s r_0) j \omega}{k_s j \omega^2} = \text{Re} + \text{Im}. \quad (22)$$

Po výpočtu pro $w=(-\infty, \infty)$ se vynese závislost do roviny Re+Im pro r_1 při r_0 , r_{-1} rovno vypočteným konstantám regulátoru.

Grafické závislosti ze tří výpočtů udávají oblasti stability URO pro vypočtené koeficienty regulátoru. Jsou to informace využitelné při oživování, při uvádění do provozu a pro provoz systému ve zkušebním provozu.[11]

Výše uvedený obecný výpočet oblasti stability pro optimální konstanty regulátoru je možno provést v programu EXCEL.

Tato část byla vypracovaná také pro podporu konzultací v prostředí MS Word – příloha P4a, Acrobat Reader – P4b, MS Power Point – P4c a je taktéž uvedená v elektronické verzi.

3.2.3 Ověřování kvality regulace

Úloha DE1 umožňuje provést ověření kvality regulace v režimu „AUTOMATICKY“. Tento režim zajistí zadání volitelných parametrů regulátoru, nastavení žádané hodnoty a spuštění regulačního pochodu. Data regulačního pochodu v čase jsou archivována. Po ukončení úlohy se provede analýza regulačního pochodu.

Provedení tohoto režimu se děje po krocích:

1. úloha se spustí, uživatel se registruje
2. pro zvolený režim Automatický se zadají
 - a. druh regulované veličiny (B2=t2 nebo B3=t3 nebo B4=t4)
 - b. žádaná hodnota regulované veličiny (30-60°C)
 - c. zadání nastavitelných parametrů regulátoru:
 - pásmo proporcionality (0,1-100%),
 - časová integrační konstanta (0,1-1000s),
 - časová derivační konstanta (0,1-100s),
 - zesílení derivační konstanty (0,1-10).
3. spustí se experiment, změny na výstupech se archivují do souboru jménem registrace
4. po uplynutí doby experimentu se úloha sama zastaví
5. uživatel má přístup k archivovaným datům tím, že si celý soubor zapíše na svůj počítač a provede analýzu.

Další kroky se týkají analýzy naměřených dat a analýzy regulačního pochodu. Velkou výhodou je, že vyhodnocení se provede po transformaci dat do formátu Excel v prostředí EXCEL.[11]

Tato část byla vypracovaná také pro podporu konzultací v prostředí MS Word – příloha P5a, Acrobat Reader – P5b, MS Power Point – P5c a je taktéž uvedena v elektronické verzi.

4 ZÁPOČTOVÁ PRÁCE

Pro ukázkou byla vypracovaná zápočtová práce. Vyučujícím byly vybrány reprezentativní příklady z důležitých částí teorie automatického řízení. Tato práce je zpracovaná v prostředí MS Word jako příloha P6a taktéž v elektronické podobě.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo vypracování elektronické podpory výuky pro předmět Teorie automatického řízení I a také zpracování laboratorní úlohy se vzdáleným přístupem přes internet pro kombinované studium.

V bakalářské práci z literární rešerše vyplývá, že podpora elektronické formy výuky je tzv. vzdělávání za podpory počítačů - CBT (Computer-Based Training), nebo vyšší úroveň elektronické podpory výuky je LMS (Learning Management System) je nezbytnou částí moderní výuky aplikovatelnou pro kombinované studium.

Práce ukazuje výsledky dosažené u univerzit v ČR a projekty realizované na UTB ve Zlíně.

V další části práce je rozpracování využití reálné úlohy DE1 ze systému Labi, která je mocný nástroj pro podporu výuky pomocí elektronické formy. V práci je rozpracováno využití úlohy jednak pro přednášejícího pro použití během přednášek, jednak pro studenty kombinovaného studia jako laboratorní cvičení.

Úloha DE1 je využita ve třech oblastech výuky teorie automatického řízení : experimentální identifikace, výpočet nastavitelných konstant regulátoru a ověřování kvality regulace pro vypočtené stavitelné konstanty regulátoru.

Téma této práce není zcela vyčerpáné, její doplnění bude předmětem aktivity dalšího studenta.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

Objective of this bachelor thesis was elaboration of electronic support for subject Automatic control theory I and elaboration of laboratory exercises with distance access through Internet for the combined study.

In bachelor these from literary exploration follows that electronical support of teaching is so called Computer-Based Training or higher norm Learning Management System. It is necessary part of modern teaching, which is used to combined study.

Bachelor thesis shows results of university from Czech Republic and projects make good by UTB Zlín.

In next part of this work you can find utilize real exercise DE1 from system LABI, which is powerfull implement for electronical support of teaching. In this work is made using exercise for the teacher in his lesson as well as the combined studied students.

Exercise DE1 is made the best of three parts of teaching Automatic control theory: experimental identification, checking quality control, calculation of adjustable parametr of controller.

Theme of this bachelory thesis is not quite total, its fill will be subject of activity for next student.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NOCAR, D., E-learning v distančním vzdělávání
URL: < http://www.cddiv.upol.cz/www/Konference/NCDiV_2004/Nocar.pdf >
- [2] CHLUPÁČ, A., Elektronická forma výuky chemie na Základní škole
URL: <<http://everest.natur.cuni.cz/konference/2006/prispevek/chupac.pdf>>
- [3] BALÁTĚ, J.,NAVRÁTIL, P. Control of power & heating systems 2002, Automatizace energetických procesů 2002, Využití web stránek k podpoře výuky teorie automatického řízení, UTB ve Zlíně 2002, ISBN 807318074X
- [4] Fakulta aplikované informatiky UTB Zlín
<<http://web.fai.utb.cz/>>
- [5] České vysoké učení technické v Praze
<http://www.cvut.cz/cs?set_language=cs>
- [6] Technická univerzita Ostrava
< <http://www.vsb.cz/>>
- [7] Vysoké učení technické v Brně
< <http://www.vutbr.cz/>>
- [8] Technická univerzita v Liberci
<<http://www.vslib.cz/>>
- [9] BALÁTĚ, J. Automatické řízení, 2. přepracované vydání, Praha,BEN, ISBN 80-7300-148-9, [2004].
- [10] PROKOP, P., MATUŠŮ, R.,PROKOPOVÁ, Z. Teorie Automatického řízení – lineární spojité dynamické systémy, UTB ve Zlíně, [2006], ISBN 80-7318-369-2
- [11] HRUŠKA, F., Internet a laboratoře integrované automatizace (The Internet and the Integrated Automation Laboratory). JEMNÁ MECHANIKA A OPTIKA, roč. 51, 2006, č. 2, s.43-46. Praha: Fyzikální ústav Akademie věd České republiky, ISSN 0447-6441, [2004]

- [12] HRUSKA F.: New laboratory of integrated automation. In: Proceedings of the 16th International DAAAM Symposium, pp. 165-166. ISBN 3-901509-46-1. Vienna, Austria, 19-22.10.2005, Opatia, Croatia. [2005]

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	množina prvků a_i ($i = 1, 2, \dots, p$) systému S, tj. $A = \{a_1, a_2, \dots, a_p\}$,
$e(t)$	regulační odchylka
E1	Zdroj tepla
E2	Oběhové čerpadl
E3	Radiátor pro ochlazení teplé vody
$G_s(S)$	Přenos soustavy
$G_{svi}(S)$	Přenos poruchy soustavy
h_{SB}	Stefan Boltzmannova konstanta
H	Hurwitzovo kritérium
ω	Úhlová frekvence
I	Regulátor s proporcionální se setrvačností 1. řádu
K	množina vazebních závislostí k_{sr} výstupních
LABI	Laboratoře integrované automatizace
LMS	Learning Management System
P	proporcionální regulátoru
PI	proporcionálně integrační regulátor
PD	proporcionálně derivační regulátor
PID	proporcionálně integračně derivační regulátor
PLC	Programmable Logic Controller
Q_{kon}	tepelný tok přenosu tepla
Q_{rad}	tepelný tok sálavé energie

Q_{tv}	průtok topné vody přes ohřívač
$Q_{tv,A1}$	průtok topné vody z ventilu do topného tělesa
$Q_{tv,B}$	průtok topné vody obtokem mimo topné těleso
Q_{vra}	průtok topné vody vratné do ohřívače
R	elektrický odpor elektrického ohřívače
S	plocha předávající teplo
T_v	absolutní teplota
T_p	absolutní teplota povrchu okolních těles
t_1	výstup převodníku teploty topné vody
t_2	výstup převodníku teploty topné vody do topného tělesa
t_3	výstup převodníku teploty topné vody do topného tělesa
t_4	výstup převodníku teploty vratu
t_a	teplota okolního vzduchu
t_v	teplota teplé vody
T	teplota
U	napájecí síťové řízené napětí 0 až 230
$w(t)$	žádaná veličina
W	množina vstupních veličin w_j , $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$
Q	množina výstupních veličin q_n , $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$
$Y1$	třícestný ventil
$Z-N$	Ziegler-Nichols
ΔU_{AC}	vstupní hodnota napájecího napětí 230 V v AC

$\Delta U_{AC,C}$ efektivní napětí změněné v jednotce

$G_{svi}(S)$ Přenos poruchy soustavy

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1 Otevřená struktura modulárního systému CAAC.....	8
Obr. 1.2 Úvodní obrazovka systém LABI.....	10
Obr. 2.1 Model systému.....	17
Obr. 3.1 Struktura systému LABI	23
Obr. 3.2 Pohled na sestavu úlohy DE1.....	26
Obr. 3.1 Blokové schéma členění úlohy DE1.....	26
Obr. 3.2 Blokové schéma regulované soustavy	28

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Konkrétní typy soustav a obecné konstanty.....	32
Tab. 2 Výpočtové hodnoty pro PID regulátor typu r_0 , r_{-1} , r_1 nebo k_R , T_I atd.....	33
Tab. 3 Charakteristiky regulátoru pro určitý typ soustavy.....	34

SEZNAM PŘÍLOH

Přílohy jsou rozpracovány pouze v elektronické verzi pro textovou rozsáhlost. Jednotlivé přílohy obsahují verze ve formátu MS Word, MS PowerPoint a Adobe PDF.

P1a tématické okruhy_doc

P1b tématické okruhy_pdf

P1c tématické okruhy_ppt

P2 1cec070602idea.xls

P3a identifikace_doc

P3b identifikace_pdf.

P3c identifikace_ppt

P4a konstanty_doc

P4b konstanty_pdf

P4c konstanty_ppt

P5a kvality_doc

P5b kvalita_pdf

P5c kvality_ppt

P6 zápočtová práce