

REALIZÁCIA VIRTUÁLNEHO LABORATÓRIA PRIEMYSELNÝCH PROGRAMOVATELNÝCH REGULÁTOROV.

THE VIRTUAL LABORATORY REALISATION OF INDUSTRIAL PROGRAMMABLE CONTROLLERS.

Pavol TANUŠKA, Dušan MUDRONČÍK, Stanislav KUNÍK

Autori: Doc. Ing. Pavol Tanuška, PhD., Prof. Ing. Dušan Mudrončík, PhD., Ing. Stanislav Kuník

Pracovisko: Katedra aplikovanej informatiky a automatizácie, Materiálovotechnologická fakulta STU

Adresa: Paulínska 16, 917 01 Trnava

Email: tanuska@mtf.stuba.sk, mudroncik@mtf.stuba.sk, kunik@mtf.stuba.sk

Abstract

Článok je zameraný na realizáciu virtuálneho laboratória s priemyselnými regulátormi na riadenie technologických procesov. Realizovaná je virtuálna verzia dvoch typov priemyselných regulátorov KRGN 90 a UDC 3300, ktoré sú používané vo výučbe.

This contribution deals with problem of realization of virtual laboratory of industrial programmable controllers to control of technological processes. There has been realized two types of industrial controllers KRGN 90 a UDC 3300, that are used in education.

Key words

Priemyselný programovateľný regulátor, virtuálne laboratórium, KRGN 90, UDC 3300

Industrial Programmable Controllers, Virtual Laboratory, KRGN 90, UDC 3300

Úvod

V súčasnosti výučba predmetov súvisiacich s navrhovaním a optimalizáciou regulačných obvodov sa prevažne realizuje prostredníctvom simulačných programových prostriedkov, z ktorých výrazným predstaviteľom je napríklad Simulink s podporou toolboxov Matlabu. Ďalej sú to programové systémy na modelovanie špeciálnych typov technologických systémov vrátane ich riadiacej časti s možnosťou nastavovania parametrov regulácie a overovania kvality regulačných vlastností.

S ohľadom na ciele výučby príslušných odborných predmetov je možné programovými prostriedkami splniť hlavne požiadavky na získanie praktických zručností pri riešení nasledujúcich úloh:

- Riadenie príslušného technologického procesu prostriedkami operátorských zásahov, ako je napríklad ručné ovládanie akčných orgánov.
- Identifikácia parametrov náhradných dynamických a statických modelov technologického procesu prostredníctvom realizácie príslušných experimentov, napríklad je to meranie prechodovej charakteristiky a z nej určovanie náhradnej prenosovej funkcie.
- Nastavovanie regulačných obvodov heuristickým spôsobom, jedná sa o iteračný proces zmeny regulačných parametrov a následné posúdenie kvality regulácie.
- Optimalizácia parametrov regulačných obvodov štandardnými metódami a overenie úspešnosti riešenia, výber najlepšieho riešenia a ďalšie.

Z hľadiska priblíženia sa k realite prevádzkovej praxe vyššie uvedené prístupy majú isté obmedzenia. Na základe doterajších skúseností autorov článku sú to najmä nasledujúce:

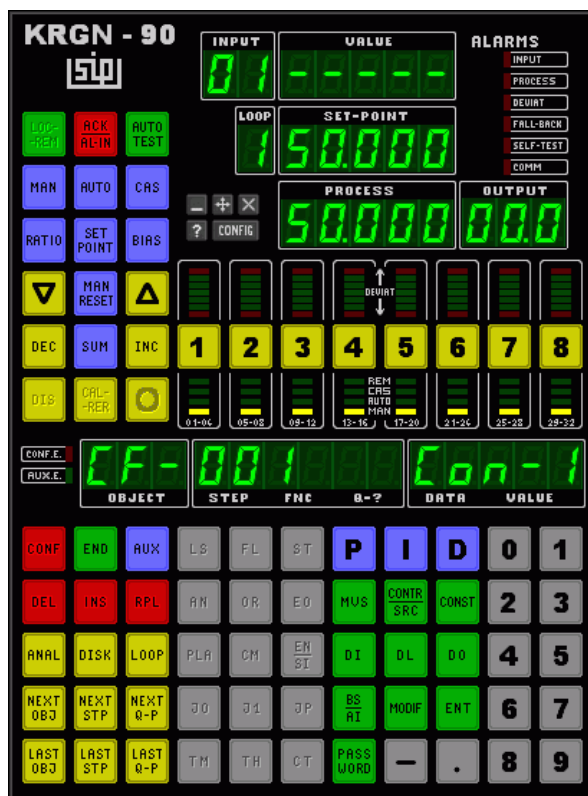
- V reálnych regulačných obvodoch existujú obmedzenia regulovaných a akčných veličín, ktoré sa nie vždy dôsledne modelujú, typický príklad je riadenie otvorenia regulačného ventilu.
- V programových systémoch sa väčšinou používa matematický model dvoch základných typov algoritmu PID regulátora ISA alebo ideálny paralelný, zriedkavejšie interaktívny, a iba zriedka interaktívny s filtráciou regulovanej veličiny, ktorý je veľmi rozšírený v priemyselných aplikáciách.
- V programových systémoch spravidla nie sú k dispozícii modely priemyselných programovateľných regulátorov, ktoré okrem základných regulačných parametrov poskytujú na výrazné skvalitnenie regulačného procesu desiatky ďalších parametrov.
- Programové knižnice simulačných prostriedkov neobsahujú špeciálne programové moduly aplikačného programového vybavenia priemyselných regulátorov.
- Simulačnými prostriedkami nie je zahrnutá grafická reprezentácia čelných panelov priemyselných regulátorov, príslušná výučba ich ovládania sa niekedy preto vykonáva na reálnych priemyselných regulátoroch.

Konkrétne realizované výstupy

V prvej etape realizácie virtuálneho laboratória sa vykonala analýza funkcií niekoľkých typov priemyselných regulátorov, ktoré z hľadiska ich použitia v pedagogickom procese mohli kandidovať na ich realizáciu vo virtuálnej podobe. Pri tejto analýze sa využili aj dlhoročné skúsenosti s reálnymi priemyselnými programovateľnými regulátormi, ktoré sa používajú na Katedre aplikovanej informatiky a automatizácie MTF STU v Trnave.

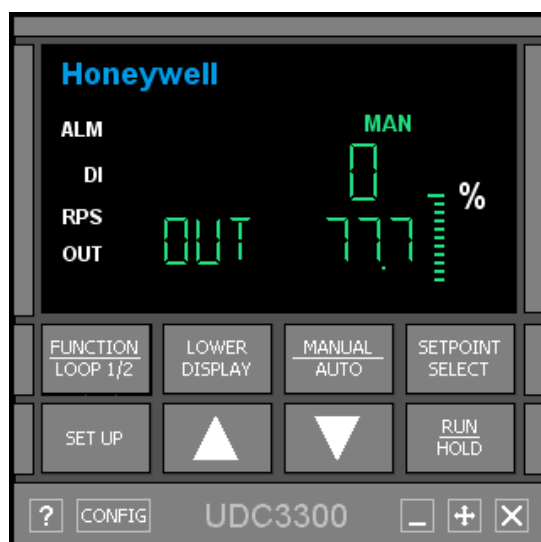
Výsledkom analýzy bolo odporúčanie realizovať v zmysle plánovaných činností dva regulátory.

Prvý typ regulátora je osemslučkový regulátor KRGN 90 (obr. 1), ktorý je určený na budovanie automatizovaných systémov riadenia malej až strednej veľkosti (desiatky až stovky vstupno-výstupných signálov). Z hľadiska jeho využitia na výučbu predmetov v oblasti automatizácie je veľkou prednosťou knižnica takmer 40 predprogramovaných modulov určených na konfigurovanie rozmanitých regulačných obvodov počínajúc jednoduchou regulačnou slučkou, cez rozvetvené regulačné obvody až po adaptívne obvody.



Obr. 1. Zrealizovaný operátorský panel regulátora KRGN-90

Druhý typ regulátora bol vybratý ako reprezentant kompaktných dvojslučkových regulátorov určených na realizáciu jedno/dvojslučkových regulačných obvodov UDC 3300/3000 (obr. 2) s relatívne predurčenou štruktúrou regulačného obvodu – buď jedna alebo dve jednoduché regulačné slučky alebo jeden kaskádny regulačný obvod. Tento typ regulátora je vhodný pre primárnu výučbu založenú na využívaní priemyselných regulátorov, vďaka jednoduchosti svojej obsluhy.



Obr. 2. Zrealizovaný operátorský panel regulátora UDC 3300

V ďalšej etape sa pre obidva regulátory vykonala analýza využiteľnosti ich funkcií z hľadiska požiadaviek predmetov, kde sa regulátory majú používať. Výsledná špecifikácia

vybratých funkcií oboch regulátorov využila aj výsledky diplomových prác absolventov Katedry aplikovanej informatiky a automatizácie MTF STU (2).

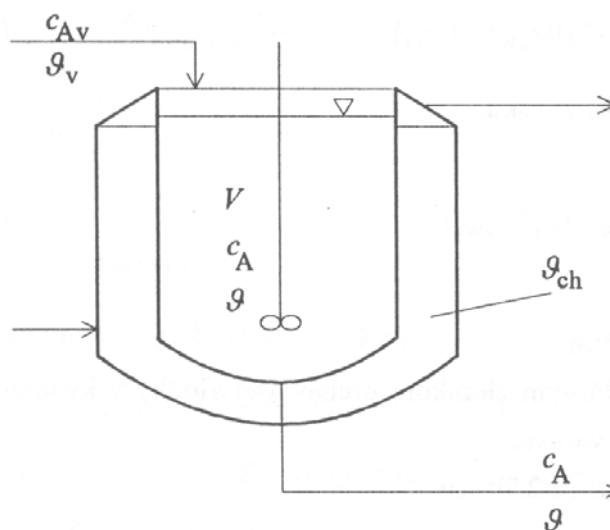
Po vykonaní analýzy a využití jej výsledkov bol následne zrealizovaný návrh operátorského panelu a aplikačného programového vybavenia virtuálnych regulátorov a ich implementácia vo vývojových prostrediach Delphi a C++.

V etape verifikácie a validácie sme realizovali okrem základných typov testov aj testovanie funkcií virtuálnych priemyselných regulátorov z hľadiska používania programových modulov na konfigurovanie riadiacich algoritmov.

Simulovali sme technologické procesy, ktoré budú riadené virtuálnym regulátorom KRGN 90 a UDC 3300. Výsledkom bola zrealizovaná aplikácia obsahujúca modely procesov prietokového chemického reaktora s miešaním, troch zásobníkov kvapaliny zapojených za sebou s interakciou medzi zásobníkmi a analógový model dynamického nelineárneho systému.

V nasledujúcej časti podrobnejšie uvádzame problematiku prietokového chemického reaktora s miešaním. Z hľadiska matematického opisu a požiadaviek na riadenie sú chemické reaktory veľmi zložité systémy. Zložitosť matematického modelu vyplýva zo skutočnosti, že okrem fyzikálnych javov, ako je prúdenie, vedenie tepla, difúzia, prestup tepla, prebiehajú v chemických reaktoroch aj javy chemické, ktoré sú v mnohých prípadoch zložité a ich poznanie je na úrovni empirických vzťahov. Preto je nevyhnutné pri matematickom modelovaní chemických reaktorov používať mnohé zjednodušujúce predpoklady. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Uvažujeme prietokový chemický reaktor s dokonalým miešaním, v ktorom prebieha jednoduchá exotermická reakcia $A \rightarrow B$ (Obr. 33).



Obr. 3. Prietokový chemický reaktor s miešaním

Pri odvodzovaní matematického modelu podľa (3) zanedbáme tepelnú kapacitu steny reaktora, ktorá ohraničuje reakčnú zmes od chladiacej kvapaliny a jej tepelný odpor. Predpokladáme konštantnú hustotu a špecifickú tepelnú kapacitu reakčnej zmesi. Ďalej predpokladáme konštantný objem reakčnej zmesi v reaktore a konštantný úhrnný koeficient prechodu tepla. Objemový prietok reakčnej zmesi na vstupe do reaktora a na výstupe z reaktora sú rovnaké a predpokladáme ich konštantné. Z predpokladu dokonalého miešania v reaktore vyplýva, že koncentrácia a teplota na výstupe sú rovnaké ako v reaktore.

Z materiálovej bilancie zložky A vyplýva

$$V \frac{dc_A}{dt} = qc_{Av} - qc_A - Vr(c_A, \vartheta)$$

kde	t	–	časová premenná,
	c_A	–	molárna koncentrácia (mol/objem) A na výstupe z reaktora,
	c_{Av}	–	molárna koncentrácia (mol/objem) A na vstupe do reaktora,
	V	–	objem reakčnej zmesi v reaktore,
	q	–	objemový prietok reakčnej zmesi,
	$r(c_A, \vartheta)$	–	reakčná rýchlosť na jednotku objemu,
	ϑ	–	teplota reakčnej zmesi.

Z entalpickej bilancie vyplýva

$$V \rho c_p \frac{d\vartheta}{dt} = q \rho c_p \vartheta_v - q \rho c_p \vartheta - \alpha F (\vartheta - \vartheta_{ch}) + V (-\Delta H) r(c_A, \vartheta)$$

kde	ϑ_v	–	teplota na vstupe do reaktora,
	ϑ_{ch}	–	teplota chladenia,
	ρ	–	hustota reakčnej zmesi,
	c_p	–	špecifická tepelná kapacita reakčnej zmesi,
	α	–	úhrnný koeficient prechodu tepla,
	F	–	chladiaca plocha,
	$(-\Delta H)$	–	reakčná entalpia.

Začiatkové podmienky sú

$$c_A(0) = c_{A0}$$

$$\vartheta(0) = \vartheta_0$$

Stavové veličiny sú koncentrácia c_A a teplota reakčnej zmesi ϑ .

Koncentráciu a teplotu na výstupe z reaktora vypočítame z rovníc, ktoré platia v ustálenom stave

$$0 = qc_{Av}^s - qc_A^s - Vr(c_A^s, \vartheta^s)$$

$$0 = q \rho c_p \vartheta_v^s - q \rho c_p \vartheta^s - \alpha F (\vartheta^s - \vartheta_{ch}^s) + V (-\Delta H) r(c_A^s, \vartheta^s)$$

Všetky modely technologických procesov - tri zásobníky kvapaliny zapojených za sebou s interakciou medzi zásobníkmi, analógový model dynamického nelineárneho systému plus prietokový chemický reaktor s miešaním boli opísané nelineárnymi diferenciálnymi rovnicami.

Na riešenie sme použili metódy numerickej matematiky, a to konkrétne metódu Runge-Kutta 4. rádu, ktorá je dostatočne presná, odskúšaná a jej implementácia je relatívne jednoduchá a výpočtovo nenáročná.

Pomocou simulácie vyššie uvedených modelov technologických procesov, ktoré boli riadené virtuálnymi regulátormi KRGN 90 a UDC 3300 sme sa uistili, že navrhnuté

a zrealizované virtuálne regulátory sú plne využiteľné a kompatibilné s priemyselnými regulátormi.

Záver

Kombinácia virtuálnych regulátorov a virtuálnych technologických procesov otvára nové možnosti vo výučbe predmetov zameraných na číslicové riadiace systémy – má nesporné výhody ako bezporuchovosť, necitlivosť na mechanické vplyvy, nulová cena za regulátor aj sústavu, nulové náklady na údržbu, nie sú nutné rovnako prísne bezpečnostné predpisy ako v reáli, odpadá zložitá a zdĺhavá príprava práce – to sa týka hlavne reaktora, atď.

Medzi predpokladaný vlastný prínos môžeme zaradiť realizáciu takých virtuálnych programových prostriedkov, ktoré podstatne vernejšie reprezentujú prostredie procesnej úrovne riadiacich systémov realizovanej na báze priemyselných programovateľných regulátorov na riadenie spojitých technologických procesov. Základné vlastné prínosy sú zhrnuté v nasledujúcich bodoch:

- Virtuálna reprezentácia čelného panelu priemyselného programovateľného regulátora.
- Zabudované programové moduly aplikačného programového vybavenia poskytujú tie isté možnosti a spôsoby konfigurovania regulačných slučiek, spracovania technologických veličín a alarmovania ako reálne priemyselné programovateľné regulátory.
- Implementované modely technologických procesov zahrnujú modely niektorých procesov ako sú nelineárne modely chemických procesov (napr. chemický reaktor) ako aj zložitejšie modely s viacerými regulačnými obvodmi (napr. administratívne budovy s klimatizáciou a bezpečnostnými systémami ochrany).
- Možnosť výučby v podmienkach priemyselného regulátora, keď každé teoretické riešenie návrhu regulačných obvodov je potrebné prispôbiť a implementovať v rámci poskytovaných možností daného typu priemyselného regulátora a teda overiť riešenie v podmienkach veľmi blízkych reálneho prostredia.
- Ekonomický prínos, sú ušetrené náklady na zakúpenie reálnych priemyselných regulátorov, fyzikálnych modelov technologických procesov a náklady na údržbu technických prostriedkov.
- Predkladané riešenie je možné použiť aj pri tvorbe multimedialných učebníc, dištančnom vzdelávaní a v e-learningu.

Tento príspevok bol podporovaný grantovou agentúrou KEGA v rámci projektu číslo 3/3131/05, za čo všetci autori vyslovujú poďakovanie.

Zoznam bibliografických odkazov:

- [1] KUNÍK S., MUDRONČÍK D., TANUŠKA P. Virtuálne chemické procesy riadené regulátorom KRG90. In *7th International Scientific - Technical Conference - PROCESS CONTROL 2006*. Kouty nad Desnou, 2006. ISBN 80-7194-860-8
- [2] KUNÍK, S. *Virtuálne technologické procesy pre KRG90. Diplomová práca*. Trnava: MTF STU, 2005.
- [3] MIKLEŠ, J., DOSTÁL, P., MÉSZÁROS, A. *Riadenie technologických procesov: Modelovanie procesov a základy riadenia*. Bratislava: STU, 1994. ISBN 80-227-0688-4