

Prof. Ing. Ján Mikleš, DrSc., FCHPT, Slovenská technická univerzita v Bratislave

## **OPONENTSKÝ POSUDOK NA DIZERTAČNÚ PRÁCU**

Názov práce: Chemical Reactors: Modern Control Methods

Autor práce: Ing. Jiří Vojtěšek  
UTB v Zlíne

Odbor: Technická kybernetika

Predkladaná dizertačná práca v anglickom jazyku má 163 strán. Práca má okrem úvodných a záverečných častí štyri kapitoly. Podstatné časti práce sú v tretej kapitole, v ktorej sú uvedené teoretické základy identifikácie a automatického riadenia spojitého procesu a v štvrtej kapitole v ktorej sú uvedené okrem iného modely chemických reaktorov, adaptívne riadenie reaktorov založené na umiestnení pólov a prediktívne riadenie bez adaptácie.

### **Aktuálnosť dizertačnej práce**

Dizertačná práca sa zaoberá využitím niektorých metód automatického riadenia pre vybrané typy chemických reaktorov. Chemické reaktory patria vo všeobecnosti do triedy nelineárnych procesov. Návrh algoritmov riadenia nelineárnych procesov je stále predmetom výskumu na mnohých pracoviskách vo svete. Táto problematika nie je uzavretá a preto pokladám tému dizertačnej práce za veľmi aktuálnu.

### **Splnenie cieľov stanovených v dizertačnej práci**

V druhej časti práce dizertant sformuloval tri základné ciele dizertácie. Ciele sú stanovené reálne. Vzhľadom k tomu, že v práci sa skúma len jeden typ rúrkového reaktora prvý cieľ mohol byť formulovaný skromnejšie. Je možné konštatovať, že ciele práce boli splnené.

### **Postup riešenia problémov, výsledky dizertačnej práce, prínos doktoranda**

Tretia časť práce obsahuje teoretické základy práce a skladá sa z hlavných podkapitol venovaných modelovaniu a simulácii procesov, identifikácii a riadeniu a základným typom chemických reaktorov. Teória je tu opísaná v logickej nadväznosti tak ako to vyžadujú potreby analýzy a návrhu automatického riadenia procesov. Podrobnejšie boli opísané len tie metódy, ktoré dizertant využil v experimentálnej časti práce.

Štvrtá časť dizertácie je nazvaná ako experimentálna časť. Je rozdelená do troch základných podkapitol. Prvá z nich je venovaná reaktoru s ideálnym miešaním, druhá rúrkovému reaktoru. V týchto podkapitolách dizertant opisuje model príslušného reaktora, výpočet ustálených stavov, statickú a dynamickú analýzu pre účely adaptívneho

a prediktívneho riadenia. Výsledky sú prezentované na veľmi dobrej úrovni. Výsledky simulácie riadenia poukazujú na použiteľnosť adaptívneho a prediktívneho riadenia. Posledná tretia kapitola je venovaná riadeniu laboratórneho prietochného chemického reaktora s miešaním. Je škoda, že sa nepodarilo prezentovať výsledky riadenia procesu s typickou chemickou reakciou.

### **Význam práce pre prax alebo rozvoj vedného odboru**

Riadenie procesov so silnými nelinearitami, medzi ktoré patria aj chemické reaktory je v praxi doteraz problematickou záležitosťou. Predkladaná dizertačná práca je príspevkom k možnostiam uplatnenia adaptívneho riadenia, ktoré je kombináciou moderných metód syntézy riadenia a priebežnej identifikácie pri riadení chemických reaktorov.

### **Publikačná činnosť doktoranda**

Doktorand má veľmi dobrú publikačnú aktivitu na konferenciách. Má dve časopisecké publikácie.

### **Pripomienky a otázky**

1. Z akej teoretickej podstaty vyplývajú dve spektrálne faktorizácie (str. 67) v prípade stavovej, resp. vstupno-výstupnej syntézy.
2. Čo bránilo výsledky práce prezentovať na prípade procesu s typickou chemickou reakciou.
3. V práci by mohol byť uvedený pôvodný zdroj rovnice (4.29).
4. V rovnici (3.23) chýbajú začiatočné podmienky.
5. Definícia prenosovej funkcie (3.26) je asi v angličtine napísaná nesprávne.

### **Záver**

Celkovo prácu hodnotím ako veľmi dobrú a z toho dôvodu ju jednoznačne odporúčam k obhajobe.

V Bratislave, 2.10.2007



Prof. Dan POPESCU, PhD  
Department of Automatic Control  
Faculty of Automation, Computers and Electronics  
University of Craiova, Romania

**R E P O R T**  
on the **Doctoral Thesis** entitled  
“*Chemical Reactors: Modern Control Methods*”  
elaborated by  
**Ing. Jiří Vojtěšek**

The thesis is concerned with the problem of control for some nonlinear plants, particularly for different types of chemical reactors, using modern control methods. In order to design a suitable controller it is first necessary to obtain some models of the chemical reactors and analyse both the steady state and dynamical behaviour by simulation. These models are generally nonlinear, with non-minimum phase and time delay and, sometimes, with changing sign of the gain; so, is difficult to control it with conventional methods and the author uses some modern control methods (adaptive and predictive control).

The main objectives of this thesis are:

- To perform static and dynamic analyses of different types of stirred and tubular reactors;
- To prepare different modern control algorithms to control these chemical reactors and verify the obtained performances by simulation;
- To verify the proposed controllers from the simulation part on a real model of the continuous stirred tank reactor.

The thesis is structured in five chapters:

The **first chapter** contains an overview in the research area of modelling, simulation, identification and control, particularly for chemical plants.

In the **second chapter**, the author formulates the main objectives of this thesis.

The **third chapter** is dedicated to the theoretical framework used in this thesis. First, the theoretical background of the modelling, simulation, static and dynamic analysis it is presented. Then, the problems of identification and control are approached. Here, the author describes the *adaptive control* method based on choosing an *external linear model* of the original nonlinear system whose parameters are recursively identified during the control. The polynomial synthesis method using pole-assignment is used both for *one degree-of-freedom* and *two degree-of-freedom* control system configurations. Another modern control method presented here is the generalized predictive control. In the final part of this chapter, the main types of chemical reactors are described.

In the **fourth chapter**, all the theoretical methods presented in the previous chapter (modelling, static and dynamic analysis, adaptive and predictive control) are applied for two types of reactors (continuous stirred tank reactor and tubular chemical reactor). The simulation results are compared with those obtained from the real model of a continuous stirred tank reactor. The best results of each control strategy are outlined.

The **last chapter** is dedicated to conclusions and discussions about the obtained results.

The author uses some own functions in order to integrate the set of Ordinary Differential Equations and proposes some solutions to overcome the problems that appear at the beginning of adaptive control when the controller has not enough amount of information about the controlled system.

The list of references is adequate and fairly complete.

The publications list of the PhD student contains 25 conference papers (as author or co-author) and 2 journal articles related to the thesis theme.

Concerning the style, the thesis is well written and concise.

After studying the thesis and the student publications list, I consider that PhD student is a fully developed scientist and is able to do a creative research activity.

In conclusion, I consider that the thesis "*Chemical Reactors: Modern Control Methods*" elaborated by **Ing. Jiří Vojtěšek** fulfils the requirements of this type of work and I recommend to be accepted for discussion in the exam and awarding the candidate the title of doctor (PhD).

Craiova, 10.09.2007

Prof. Dan Popescu, PhD

