การควบคุมไม่เชิงเส้นแบบปรับตัวได้สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง

นางสาวพัชรางศุ์ สิริเชาวน์เลิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2550

NONLINEAR ADAPTIVE CONTROL FOR CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR

Miss Patcharang Sirichaovalert

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Chemical Engineering
Department of Chemical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2007

Thesis Title	NONLINEAR ADAPTIVE CONTROL FOR CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR
By	Miss Patcharang Sirichaovalert
Field of Study	Chemical Engineering
Thesis Advisor	Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial Fuifillment of the Requirements for the Master 's Degree

....Dean of the Faculty of Engineering
(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

.... Chairman
(Associate Professor Tharathon Mongkhonsi, Ph.D.)

.... Thesis Advisor
(Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph.D.)

.... Member
(Assistant Professor Joongjai Panpranot, Ph. D.)

.... Member
(Assistant Professor Wanwilai Kraipech, Ph. D.)

.... Member
(Amornchai Arpornwichanop, D.Eng.)

พัชรางสุ์ สิริเชาวน์เลิศ : การควบคุมไม่เชิงเส้นแบบปรับตัวได้สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่อง. (NONLINEAR ADAPTIVE CONTROL FOR CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ไพศาล กิตติศุภกร, 83 หน้า.

เครื่องปฏิกรณ์แบบถังกวนต่อเนื่องเป็นเครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในกระบวนการอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงและมักแสดงพฤติกรรมที่ซับซ้อน ดังนั้นจึงยากต่อการควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบเชิงเส้น ในงานวิจัยนี้ วิธีการควบคุมไม่เชิงเส้นแบบปรับตัวได้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้การควบคุมแบบเจเนอริกโมเดลที่ค่าพารามิเตอร์ในการปรับจูนของตัวควบคุมมีการปรับค่าแบบออนไลน์ ร่วมกับคาลมานฟิลเตอร์แบบยืดขยายเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าหรือมีความไม่แน่นอน

ประสิทธิภาพของตัวควบคุมที่ออกแบบในการควบคุมกระบวนการกรณีที่ถูกรบกวน และกรณีเกิดความผิดพลาดระหว่างแบบจำลองกับกระบวนการ จากผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการควบคุมไม่เชิงเส้นแบบปรับตัวได้ให้ประสิทธิภาพการควบคุมที่ดีทั้ง 2 กรณี และเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมแบบเจเนอริกโมเดลและพีไอดีพบว่า การควบคุมไม่เชิงเส้นแบบปรับตัวได้ให้ผลการควบคุมที่ดีกว่า

ภาควิชา........วิศวกรรมเคมี........
สาขาวิชา......วิศวกรรมเคมี........
ปีการศึกษา.........2550............

ลายมือชื่อนิสิต....พัชรางสุ์ สิริเชาวน์เลิศ....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา....[signature]....

4870396921 : MAJOR CHEMICAL EHGINEERINGR

KEY WORD : CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR / NONLINEAR ADAPTIVE CONTROL / GENERIC MODEL CONTROL / EXTENDED KALMAN FILTER

PATCHARANG SIRICHAOVALERT : NONLINEAR ADAPTIVE CONTROL FOR CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PAISAN KITTISUPAKORN, Ph.D., 83 pp.

A continuous stirred tank reactor (CSTR) is a type of reactors used commonly in industrial processing. It has inherently nonlinear and complex dynamic behavior and therefore it is difficult to handle with a linear controller. In this research, a nonlinear adaptive control approach is developed based on generic model control (GMC) with online adaptation of its tuning parameters. An extended Kalman filter has been incorporated to the control approach in order to determine unknown/uncertain parameters.

The performance of the designed controller has been evaluated in two cases: disturbance changes and plant/model mismatches. The simulation results have shown that the nonlinear adaptive control provides good control performance in both cases. Moreover, this controller is found to be better than the GMC and conventional Proportional Integral Derivative (PID) controller in all cases.

Department……Chemical Engineering… Student's signature Patcharang Sirichaovalert

Field of study…Chemical Engineering… Advisor's signature Paisan Kittisupakorn

Academic year…….2007……………...

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to sincerely thanks and express her sincere gratitude to her advisor, Associate Professor Paisan Kittisupakorn, for his supervision, encouraging guidance, advice, discussion and helpful suggestions throughout the course of this Master Degree study. Furthermore, she is also grateful to Associate Professor Tharathon Mongkhonsi, Assistant Professor Joongjai Panpranot, Assistant Professor Wanwilai Kraipech, and Dr. Amornchai Arpornwichanop for serving as chairman and member of thesis committees, respectively.

Many thanks to Chulalongkorn University for financial supporting this work, Department of Chemical Engineering for financial supporting tuition fee and monthly allowance, Control and Systems Engineering Research Centre members, friends, and all those who encouraged her over the years of her study.

Most of all, the author would like to express the highest gratitude to her family for their love, inspiration, encouragement and financial support throughout this study.

CONTENTS

PAGE

CHAPTER PAGE

LIST OF TABLES

PAGE

LIST OF FIGURES

PAGE

PAGE

NOMENCLATURES

A_j	=	Heat transfer area (m^2)
b	=	*pseudo* reaction rate constant
C_i	=	Concentration of component *i* ($kmol/m^3$)
$C_{i,0}$	=	Initial concentration of component *i* ($kmol/m^3$)
$C_{i,in}$	=	Inlet concentration of component *i* ($kmol/m^3$)
C_{pi}	=	Heat capacity of component *i* (kJ/kg K)
C_{pj}	=	Heat capacity of jacket (kJ/kg K)
C_{pr}	=	Heat capacity of reactor (kJ/kg K)
E	=	Activity energy (kJ/kmol)
$F_{i,in}$	=	Molar flow rate of component *i* for the inlet stream (kmol/s)
k	=	Rate constant of reaction
K_1	=	Tuning parameter of GCM controller
K_2	=	Tuning parameter of GMC controller
P	=	Estimation error covariance matrix
q_{in}	=	Volumetric flow rate for the inlet stream (m^3/s)
q_j	=	Volumetric flow rate of jacket (m^3/s)
Q	=	Process noise covariance matrix

Q_r = Heat released by reaction (kJ/min)

Q_{re} = Estimated heat released by reaction (kJ/min)

R = Perfect-gas constant (kJ/kmol)

r_i = Rate of reaction

T_{in} = Inlet stream temperature for the startup (°C)

T_j = Jacket temperature (°C)

T_{jsp} = Jacket temperature set point (°C)

T_r = Reactor temperature (°C)

u = Manipulated input variable

U = Overall heat transfer in the jacket (kJ/(s m^2 °C))

V = Reactor volume (m^3)

V_j = Jacket volume (m^3)

y = Output of the process model

GREEK LETTERS

α = Pre-exponential factor from Arrhenius law (s^{-1})

τ = Time constant

τ_j = Time constant of jacket

ΔH_r = Enthalpy of reaction (kJ/kmol)

$\rho_{i,in}$ = Molar density of component *i* for the inlet stream (kmol/m^3)

ρ_j = Density of jacket (kg/m^3)

ξ = Damping constant

SUBSCRIPTS

A = Propylene oxide

B = Water+sulfuric acid

C = Propylene glycol

in = Inlet

j = Jacket

M = Methanol

r = Reactor

sp = Set point

0 = Initial

ACRONYM

CSTR = Continuous stirred tank reactor

EKF = Extended Kalman filter

GMC = Generic model control

IAE = Integral absolute error

MRAC= Model reference adaptive control

STC = Self-tuning controller