


การออกแบบการควบคุมแบบแพลนท์โวกด์ของโรงงานมอนอเมอร์ ไวนิล อะซิเตต



นางสาวสุมิตรา เกษมชัยนันท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4333-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PLANTWIDE CONTROL DESIGN
OF VINYL ACETATE MONOMER PLANT



Miss Sumitra Kasemchainun

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Chemical Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2003


ISBN 974-17-4333-5

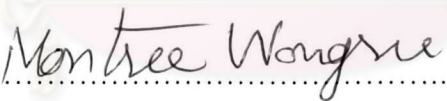
Thesis Title PLANTWIDE CONTROL DESIGN OF VINYL ACETATE
MONOMER PLANT
By Miss Sumitra Kasemchainun
Field of study Chemical Engineering
Thesis Advisor Montree Wongsri, D. Sc.

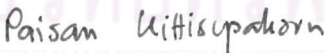
Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Master 's Degree



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

THESIS COMMITTEE


.....Chairman
(Professor Piyasan Praserttham, Dr. Ing.)


.....Thesis Advisor
(Montree Wongsri, D. Sc.)


..... Member
(Associate Professor Paisan Kittisupakorn, Ph. D.)


.....Member
(Suphot Phatanasri, D. Eng.)

สุมิตรา เกษมชัยนันท์ : การออกแบบการควบคุมแบบแพลนท์ไวด์ของโรงงานมอนอเมอร์
ไวนิล อะซิเตต. (PLANTWIDE CONTROL DESIGN OF VINYL ACETATE
MONOMER PLANT) อ. ที่ปรึกษา : อ.มนตรี วงศ์ศรี จำนวนหน้า 121 หน้า. ISBN
974-17-4333-5.

งานวิจัยนี้ได้นำหลักการควบคุมแบบแพลนท์ไวด์มาใช้ในการออกแบบโครงสร้างการ
ควบคุมกระบวนการผลิต ไวนิล อะซิเตต เพื่อควบคุมให้ได้ตามจุดประสงค์ของกระบวนการ และ
อยู่ในข้อจำกัดของการดำเนินการ ไม่ว่าจะเป็นข้อจำกัดทางด้านความปลอดภัย สิ่งแวดล้อม หรือ
การดำเนินการ โดยงานวิจัยนี้ได้ออกแบบโครงสร้างการควบคุม 3 แบบ เปรียบเทียบสมรรถนะกับ
โครงสร้างการควบคุมอ้างอิงของลูเบน พบว่า โครงสร้างการควบคุมที่ออกแบบที่ 1 ซึ่งใช้ปริมาณ
สารป้อนใหม่ของอะซิติก แอซิด เพื่อปรับอัตราการไหลของอะซิติก แอซิดภายในกระบวนการ และ
ควบคุมความเข้มข้นของน้ำที่ยอดหอด้วยอัตราการไหลของรีฟลักซ์ โดยไม่ต้องใช้การควบคุมแบบ
คาสเคด พบว่า โครงสร้างนี้ให้การตอบสนองต่อการรบกวนได้เร็วและมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณ
ของสารปนเปื้อนที่ยอดหอไม่มาก ส่วนโครงสร้างการควบคุมที่ออกแบบ แบบที่ 2 ซึ่งดัดแปลงมา
จากโครงสร้างที่ออกแบบที่ 1 เหมาะสมกับหอกลั่นที่มีอัตราส่วนบอัสย์อ์ฟสูง สามารถควบคุม
ปริมาณสารปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ได้ดี และโครงสร้างการควบคุมสุดท้ายแบบที่ 3 ที่มักเลือกใช้
กับกระบวนการที่มีปริมาณสารตั้งต้นจำกัด การกำหนดอัตราการผลิตสามารถกำหนดได้ตรง
โดยกำหนดจากปริมาณสารตั้งต้นที่ป้อนเข้ามา สามารถดำเนินการได้ดี ถ้าปริมาณสารตั้งต้น คือ
เอทิลีนที่ใช้ในกระบวนการผลิตมีปริมาณที่จำกัด จากผลการเลียนแบบกระบวนการ พบว่า
โครงสร้างแต่ละแบบทำให้กระบวนการดำเนินการได้ดีอยู่ในข้อจำกัด โครงสร้างการควบคุมที่ดี
ที่สุด คือ โครงสร้างการควบคุมที่ออกแบบที่ 1 เนื่องจาก สามารถตอบสนองต่อการรบกวนและ
ปรับค่าเข้าสู่ค่าคงที่ได้เร็ว และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต...สุมิตรา เกษมชัยนันท์.....

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2546

4370579021: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: VINYL ACETATE/ CONTROL STRUCTURE/PLANTWIDE CONTROL/ DYNAMIC SIMULATION

SUMITRA KASEMCHAINUN: PLANTWIDE CONTROL DESIGN OF VINYL ACETATE MONOMER PLANT. THESIS ADVISOR: MONTREE WONGSRI, D.Sc., 121 pp. ISBN 974-17-4333-5

This research applied plantwide control strategies for designing control structures of a Vinyl Acetate monomer plant to achieve the objective of this process and can operate within constraint of safety, environment, and operation. Three alternative plantwide control structures are designed, tested and compared the performance with Luyben's structure (CS1). For the result, the most effective control structure is designed control structure I (CS2). It uses the fresh acetic feed to manipulate the total acetic feed in vaporizer and control the water composition in overhead column. This structure resulted is faster dynamic response than CS1 and gives the effective water composition control without using cascade control as CS1. In the azeotrope column is high boilup ratio so the designed control structure II (CS3) is designed that modifying from CS2 in column temperature loop. This scheme measure the tray temperature and adjust the bottom flowrate to control the vinyl acetate composition and the level is controlled by changing the reboiler heat input. The last structure (CS4) might be used when the reactant comes from upstream unit. The production rate is set by changing the fresh ethylene feed. All of control structures can operate within constraint and achieve the objectives and a good control structure should be quickly response to disturbance and adjust itself to steady state while minimizing the deviation of the product quality. Thus, the designed control structure I is the most effective control structure.

Department Chemical Engineering

Student's signature.....*Sumitra Kasemchainun*.....

Field of study Chemical Engineering

Advisor's signature..........

Academic Year 2003

ACKNOWLEDGEMENT

The author would like to express this sincere thanks to Dr. Montree Wongsri thesis advisor for his excellent guidance and assistance toward the completion of the thesis. Thanks are due to the thesis committee, Professor Piyasarn Prasertdham, Associate Professor Paisan Kittisupakorn, and Dr. Suphot Phatanasri for their constructive comments.

Thanks for members in process control laboratory and friend who have contributed to the accomplishment of the work. Chulalongkorn University is greatly appreciated as well.

Most of all, the author would like to express the highest gratitude to her parents, and sisters for their inspiration and encouragement.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	iv
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	x
NOMENCLATURES.....	xii
 CHAPTER	
I Introduction.....	1
1.1 Objective of Research.....	2
1.2 Scope of Research.....	2
1.3 Contribution of Research.....	3
1.4 Procedure Plan.....	3
II Literature Review.....	5
III Theory Of Plantwide Control.....	17
3.1 The main functions of control system.....	17
3.2 Integrated Processes	17
3.3 Plantwide process control	20
3.4 Basic Concepts of Plantwide control.....	22
3.5 Step of Plantwide process control design procedure.....	26
3.6 Plantwide control Problem.....	32
IV Vinyl Acetate Process and Control Structure.....	42
4.1 Vinyl Acetate Process.....	42
4.2 Steady state Simulation.....	46
4.3 Plantwide control strategy of Vinyl Acetate process.....	47

CONTENTS (continued)

viii

4.4 Control structure Alternatives.....	58
4.5 Reference structure (CS1).....	59
4.6 Designed Control structure I (CS2).....	66
4.7 Designed Control structure II (CS3).....	73
4.8 Designed Control structure III (CS4).....	79
4.9 Plantwide dynamics simulation.....	85
4.10 Control structure Comparison.....	88
V Conclusion.....	93
REFERENCES.....	97
APPENDICES.....	100
APPENDIX A.....	101
APPENDIX B.....	111
APPENDIX C.....	117
VITA.....	121

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

PAGE

Table 4.1 Component Material Balance.....	52
Table 4.2 Tuning parameters.....	87
Table 5.1 IAE result.....	95
Table A1 Process stream data.....	101
Table A2 Process equipment data.....	104



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF FIGURES

PAGE

Figure 3.1 Unit in series.....	34
Figure 3.2 Conventional control structure with fixed reactor holdup.....	37
Figure 3.3 Control structure with variable reactor holdup.....	39
Figure 4.1 Vinyl Acetate process flowsheet.....	44
Figure 4.2 Temperature profiles.....	45
Figure 4.3 Reference control structure of Vinyl Acetate process(CS1).....	54
Figure 4.4 Designed control structure I (CS2).....	55
Figure 4.5 Designed control structure II (CS3)	56
Figure 4.6 Designed control structure III (CS4).....	57
Figure 4.7 Dynamic response of base case to 8°C decrease in reactor temperature of CS1 structure.....	60
Figure 4.8 Dynamic response of base case to 6°C increase in reactor temperature of CS1 structure	62
Figure 4.9 Dynamic response of base case to 20% decrease in acetic acid recycle flow of CS1 structure.....	64
Figure 4.10 Dynamic response of base case to 8°C decrease in reactor temperature of CS2 structure.....	67
Figure 4.11 Dynamic response of base case to 6°C increase in reactor temperature of CS2 structure	69
Figure 4.12 Dynamic response of base case to 20% decrease in acetic acid recycle flow of CS2 structure.....	71
Figure 4.13 Dynamic response of base case to 8°C decrease in reactor temperature of CS3 structure.....	73
Figure 4.14 Dynamic response of base case to 6°C increase in reactor temperature of CS3 structure	75
Figure 4.15 Dynamic response of base case to 20% decrease in acetic acid recycle flow of CS3 structure.....	77

LIST OF FIGURES (continued)

xi

	PAGE
Figure 4.16 Dynamic response of base case to 8°C decrease in reactor temperature of CS4 structure.....	80
Figure 4.17 Dynamic response of base case to 6°C increase in reactor temperature of CS4 structure	82
Figure 4.18 Dynamic response of base case to 20% decrease in acetic acid recycle flow of CS4 structure.....	83
Figure 4.19 Comparison of reactor temperature responses when the temperature decreases.....	88
Figure 4.20 Comparison reactor production of VAc responses when the temperature decreases.....	89
Figure 4.21 Comparison heat duty in separator cooler responses when the temperature decreases.....	89
Figure 4.22 Comparison reactor temperature responses when the temperature increases.....	90
Figure 4.23 Comparison heat duty in separator cooler responses when the temperature increases.....	90
Figure 4.24 Comparison total flow of HAc response.....	91
Figure 4.25 Comparison HAc conc. in organic product responses	92
Figure 4.26 Compare column tray 5 temperature responses.....	92
Figure A1 Vinyl Acetate Process flowsheet	106
Figure A2 Reference control structure (CS1) flowsheet by using Hysys.....	107
Figure A3 Designed control structure I (CS2) flowsheet by using Hysys	108
Figure A4 Designed control structure II (CS3) flowsheet by using Hysys.....	109
Figure A5 Designed control structure III (CS4) flowsheet by using Hysys.....	110
Figure C1 Flowchart that outlines a method for choosing a feedback controller	118

NOMENCLATURES

r_1	=	reaction rate of vinyl acetate reaction
r_2	=	reaction rate of side reaction of vinyl acetate reaction
p_o	=	the partial pressure of oxygen, psia
p_E	=	the partial pressure of ethylene, psia
p_A	=	the partial pressure of acetic acid, psia
p_w	=	the partial pressure of water, psia
V_R	=	reactor volume
T	=	temperature
P	=	pressure
CS1	=	Luyben's control structure
CS2	=	Designed control structure I
CS3	=	Designed control structure II
CS4	=	Designed control structure III

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย