157

การประยุกต์โมเดลออบเซิร์ฟเวอร์ในการควบคุมการกลั่นแบบกะของสารสององค์ประกอบ

นาย ปริญญวัฒน์ ธงศรีเจริญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาเคมีเทคนิค
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-127-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 17329772

APPLICATION OF OBSERVER TO CONTROL A BINARY BATCH DISTILLATION

Mr. Prinyawat Thongsricharoen

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Chemical Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-127-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์โมเดลออบเซิร์ฟเวอร์ในการควบคุมการกลั่นแบบกะของสารสององค์ประกอบ
โดย	นาย ปริญญวัฒน์ ธงศรีเจริญ
ภาควิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ กัญจนา บุณยเกียรติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต)

..... กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญญวัฒน์ ธงศรีเจริญ : การประยุกต์โมเดลออบเซิร์ฟเวอร์ในการควบคุมการกลั่นแบบกะของสารสององค์ประกอบ (APPLICATION OF OBSERVER TO CONTROL A BINARY BATCH DISTILLATION) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร. เลอสรวง เมฆสุต, 75 หน้า. ISBN 974-633-127-2

การกลั่นแบบกะเป็นเทคนิคที่สำคัญในการผลิตสารที่มีปริมาณน้อยแต่ต้องการคุณภาพสูง ในปัจจุบันระบบการควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในกระบวนการกลั่น สำหรับการกลั่นแบบกะจำเป็นต้องรู้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ตลอดเวลาเพื่อใช้ในการปรับค่าต่างๆ แต่การวัดค่าองค์ประกอบที่ถูกต้องแม่นยำนั้นยังไม่สามารถทำได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ค่าตัวแปรต่างๆที่สามารถวัดค่าได้โดยตรงร่วมกับการใช้ออบเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการประมาณค่าองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ล่วงหน้า

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์เพื่อประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอโดยใช้แบบจำลองที่มีความสัมพันธ์แบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นมาปรับปรุงให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น และใช้หลักการของแบบจำลอง OBS-QD คือคิดเฉพาะหอกลั่นส่วนยอดหอตั้งแต่ชั้นที่ 3 เป็นต้นไป เพื่อทำให้ระบบสามารถประมาณค่าตัวแปรสภาวะโดยการใช้ค่าตัวแปรขาออกได้ ปัจจัยที่สำคัญต่อการประมาณการค่าองค์ประกอบยอดหอขึ้นอยู่กับอุณหภูมิการกลั่นเป็นหลัก ค่าอัตราการขยายวงจรปิดของออบเซิร์ฟเวอร์สามารถหาได้จาก 2 วิธี คือ วิธี Pole-Placement โดยการเปลี่ยนค่าอัตราการขยายวงจรเปิดของระบบที่มีการตอบสนองช้าเป็นค่าที่มีการตอบสนองที่เร็วขึ้น และวิธี LQE โดยการทราบค่า covariance noise ของระบบและของอุณหภูมิ ผลที่ได้จากการทดสอบการกลั่นโดยใช้แบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ให้ผลใกล้เคียงกันทั้ง 2 วิธีและใกล้เคียงกับค่าองค์ประกอบยอดหอที่คำนวณจากอุณหภูมิยอดหอจริงภายในเวลาที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่สร้างจากแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยใช้หลักการของแบบจำลอง OBS-QD สามารถนำมาใช้งานในการประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอได้ โดยให้ค่าการประมาณที่ยอมรับได้ในช่วง 5% ความผิดพลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2538..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##C625675 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY
KEYWORD : BINARY DISTILLATION / OBSERVER / DYNAMIC MODEL / CONTROL
PRINYAWAT THONGSRICHAROEN : APPLICATION OF OBSERVER TO CONTROL A BINARY BATCH DISTILLATION. THESIS ADVISOR : DR.PORNPOTE PIUMSOMBOON, THESIS CO.ADVISOR : ASSIST.PROF.DR.LURSUANG MEKASUT, 75 pp. ISBN 947-633-127-2

Batch distillation is an important technique for producing high purity product at small amount. To do that,an automatic control system is required. Nowadays, automatic control has become an essential component of the distillation process. To perform automatic control, the top product composition must be known at all times so that the input variable can be adjusted. However, the instrument cost for measuring composition is till expensive. One alternative is to use measurable variable and the observer to predict the composition.

This research is to construct an observer to predict the top composition by using linear model together with principle of OBS-QD model. The major contribution to the accuracy of the prediction is the temperature on the top tray. Pole placement and LQE (Linear Quadratic Estimator) are used to obtain the observer gain. The result shows that both methods are suitable for the observers design since the prediction is accurate within 5%.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....Chemical Technology..... ลายมือชื่อนิสิต.....
สาขาวิชา.....Chemical Technology..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2538..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่ดีตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย โอสุวรรณ และวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ อนุญาตให้ใช้หอกลั่นเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณธีรบูรณ์ หล่อวิเชียรรุ่ง บริษัทคอมเฟลกซ์ เทคโนโลยี ผู้ให้คำปรึกษาด้านโปรแกรม GENESIS

ขอขอบคุณ คุณบุศรินทร์ หวานเสนาะ ที่ให้กำลังใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จ

ท้ายที่สุดขอกราบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์นี้มาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

2 วารสารปริทัศน์ 2

2.1 กระบวนการกลั่นแบบกะ 2

2.2 การประมาณค่าตัวแปรสภาวะ 3

2.3 ออบเซิร์ฟเวอร์และความสำคัญของออบเซิร์ฟเวอร์ 6

2.3.1 โครงสร้างของออบเซิร์ฟเวอร์ 7

2.3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 9

2.3.3 ความสามารถในการสังเกตการค่าตัวแปรสภาวะโดยใช้ค่าตัวแปรขาออก 11

2.3.4 ตำแหน่งของรากของสมการแบบจำลองพลวัตรวงจรปิด 12

2.3.5 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ 13

2.3.6 จำนวนตำแหน่งในการวัดและค่าคาดเดาสภาวะเริ่มต้น 13

2.3.7 การปรับค่าอัตราการขยายให้มีความถูกต้องมากขึ้น 13

2.3.8 วิธีการออกแบบออบเซิร์ฟเวอร์ 14

2.3.9 สรุปผลการศึกษางานวิจัยอดีต 15

2.3.10 Linear Quadratic Estimator 18

3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 22

3.1 อุปกรณ์การทดลอง 22

3.2 วิธีการทดลอง 26

4 ผลการทดลอง 27

4.1 แบบจำลองหอกลั่นในรูปแบบ state-space 27

4.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของอุณหภูมิในแต่ละชั้นหอกลั่น 30

4.3 ผลการออกแบบเพื่อกำหนดค่าอัตราการขยาย 31

บทที่		หน้า
	4.4 การวิเคราะห์ความผิดผลาดของการประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอ	45
5	วิจารณ์ผลการทดลอง	49
	5.1 การออกแบบแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์	49
	5.2 การเลือกตำแหน่งในการวัดค่าอุณหภูมิ	49
	5.3 ความสามารถในการประมาณค่าตัวแปรสภาวะโดยใช้ค่าตัวแปรขาออก	49
	5.4 การหาค่าเมตริกวงจรปิดด้วยวิธี Pole-Placement	50
	5.5 การหาค่าเมตริกวงจรปิดด้วยวิธี LQE	50
	5.6 ค่า Norm ของเมตริกอัตราการขยาย	51
	5.7 ผลเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธี Pole-Placement กับวิธี LQE	52
	5.8 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อน	53
6	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	54
	6.1 สรุปผลการทดลอง	54
	6.2 ข้อจำกัดในการทำวิจัย	54
	6.3 ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารอ้างอิง		56
ภาคผนวก		57
	ภาคผนวก ก	58
	ภาคผนวก ข	59
	ภาคผนวก ค	60
	ภาคผนวก ง	62
	ภาคผนวก จ	63
	ภาคผนวก ฉ	64
	ภาคผนวก ช	65
	ภาคผนวก ซ	66
	ภาคผนวก ฌ	67
	ภาคผนวก ญ	68
	ภาคผนวก ฏ	69
	ตัวอย่างการคำนวณ	70
ประวัติผู้เขียน		75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของดีสทิลเลท (x_D) และองค์ประกอบก้นหอ (x_B) ของระบบการกลั่นสารองค์ประกอบ	2
2.2	แผนภูมิแบบการคาดการณ์ค่าตัวแปรสภาวะ	4
2.3	โครงสร้างของการประมาณค่า	5
2.4	ออปเซิร์ฟเวอร์สภาวะ	9
2.5	การนำข้อมูลเพื่อใช้งานกับออบเซิร์ฟเวอร์	17
2.6	แผนภูมิอย่างง่ายของคาลแมน ฟิลเตอร์	21
3.1	ส่วนประกอบของชุดหอกลั่น	25
4.1	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 15 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี Pole-Placement	34
4.2	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 15 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี LQE	35
4.3	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 25 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี Pole-Placement	38
4.4	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 25 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี LQE	39
4.5	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 35 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี Pole-Placement	42
4.6	ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้นข้น 35 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราการขยายวงจรปิดด้วยวิธี LQE	43
4.7	อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี PolePlacement ที่ความเข้มข้นของของผสม 15% แอลกอฮอล์ กับเวลา	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.8 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 15% แอลกอฮอล์ กับเวลา 46

4.9 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี Pole-Placement ที่ความเข้มข้นของของผสม 25% แอลกอฮอล์ กับเวลา 46

4.10 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 25% แอลกอฮอล์ กับเวลา 47

4.11 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี Pole-Placement ที่ความเข้มข้นของของผสม 35% แอลกอฮอล์ กับเวลา 47

4.12 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 35% แอลกอฮอล์ กับเวลา 48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมของอุณหภูมิในแต่ละชั้นหอกลั่นในรูปแบบจำลองแบบสมการลำดับที่หนึ่ง 30

4.2 การเปรียบเทียบผลของค่ารบกวนของกระบวนการและค่ารบกวนของการวัด q & r ของระบบต่อค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอเมื่อใช้แบบจำลอง 25% แอลกอฮอล์ 31

4.3 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอกับค่าจริงที่ได้จากอุณหภูมิการกลั่น 44

4.4 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอโดยใช้อุณหภูมิการกลั่นคงที่ที่การกลั่นของผสม 25 % แอลกอฮอล์ 44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย