

157

การประยุกต์โมเดลออบเซิร์ฟเวอร์ในการควบคุมการกลั่นแบบกะของสารสององค์ประกอบ

นาย ปริญญวัฒน์ ธงศรีเจริญ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาเคมีเทคนิค

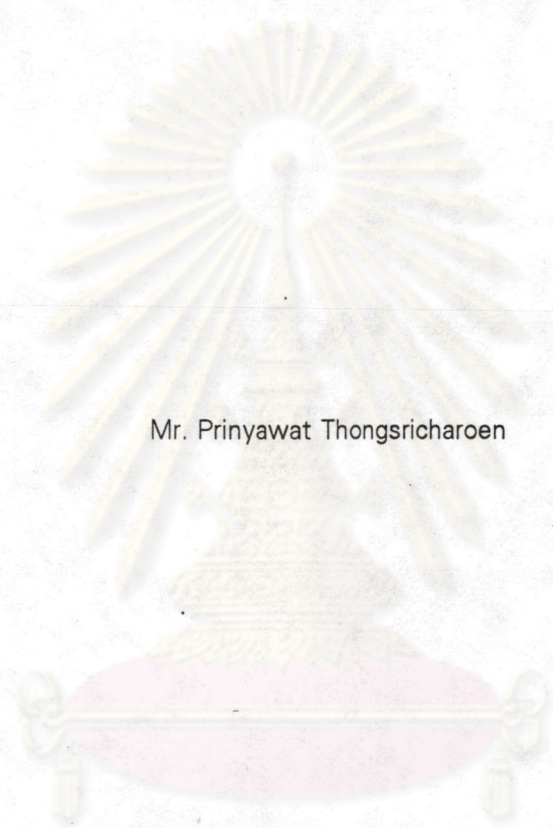
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2539

ISBN 974-633-127-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

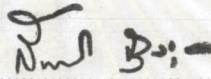
Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-633-127-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์โมเดลออบเซิร์ฟเวอร์ในการควบคุมการกลั่นแบบกะของ
 สารสององค์ประกอบ
โดย นาย ปริญญวัฒน์ ธงศรีเจริญ
ภาควิชา เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุด

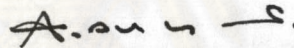
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

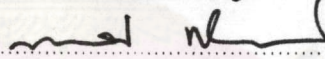
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ฤงสูววรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ กัญญา นูนนเกียรติ)



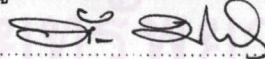
อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบุญ)



อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุด)



กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. ภัทรพรธน์ ประศาสน์สารกิจ)

ศูนย์วิทยานิพนธ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

การกลั่นแบบกะเป็นเทคนิคที่สำคัญในการผลิตสารที่มีปริมาณน้อยแต่ต้องการคุณภาพสูง ในปัจจุบัน
ระบบการควบคุมอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในกระบวนการกลั่น สำหรับการกลั่นแบบกะจำเป็นต้อง
รู้องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ตลอดเวลาเพื่อใช้ในการปรับค่าต่างๆ แต่การวัดค่าองค์ประกอบที่ถูกต้องแม่นยำ
นั้นยังไม่สามารถทำได้ในระยะเวลาอันสั้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ค่าตัวแปรต่างๆที่สามารถวัดค่าได้โดยตรง
ร่วมกับการใช้ออบเซิร์ฟเวอร์ เพื่อทำการประมาณค่าองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์ล่วงหน้า

งานวิจัยนี้เป็นการสร้างแบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์เพื่อประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอโดยใช้แบบ
จำลองที่มีความสัมพันธ์แบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นมาปรับปรุงให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น และใช้หลักการของแบบจำลอง
OBS-QD คือคิดเฉพาะหอกลิ้นส่วนยอดหอตั้งแต่ชั้นที่ 3 เป็นต้นไป เพื่อให้ระบบสามารถประมาณค่าตัว
แปรสถานะโดยการใช้ค่าตัวแปรขาออกได้ ปัจจัยที่สำคัญต่อการประมาณการค่าองค์ประกอบยอดหอขึ้นอยู่กับ
อุณหภูมิการกลั่นเป็นหลัก ค่าอัตราการขยายวงจรรีบคของออบเซิร์ฟเวอร์สามารถหาได้จาก 2 วิธี คือ วิธี
Pole-Placement โดยการเปลี่ยนค่าอัตราการขยายวงจรรีบคของระบบที่มีการตอบสนองช้าเป็นค่าที่มีการ
ตอบสนองที่เร็วขึ้น และวิธี LQE โดยการทราบค่า covariance noise ของระบบและของอุณหภูมิ ผลที่ได้
จากการทดสอบการกลั่นโดยใช้แบบจำลองออบเซิร์ฟเวอร์ให้ผลใกล้เคียงกันทั้ง 2 วิธีและใกล้เคียงกับค่าองค์
ประกอบยอดหอที่คำนวณจากอุณหภูมิยอดหอจริงภายในเวลาที่เหมาะสม แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองออบเซิร์ฟ
เวอร์ที่สร้างจากแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยใช้หลักการของแบบจำลอง OBS-QD สามารถนำมา
ใช้งานในการประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอได้ โดยให้ค่าการประมาณที่ยอมรับได้ในช่วง 5% ความผิดพลาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค.....
สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....
ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
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 still 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.....
สาขาวิชา.....Chemical Technology.....
ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อผู้คิด.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ



ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. พรพจน์ เปี่ยมสมบุญรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอสรวง เมฆสุด อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือ และคำแนะนำที่ดีตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์เรื่องนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดี

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. สมชาย ไชยวรรณ และวิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ อนุญาตให้ใช้หอกลั่นเพื่อทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณธีรบูรณ์ หล่อวิเชียรรุ่ง บริษัทคอมเพล็กซ์ 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	ฉ
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 ตำแหน่งของรากของสมการแบบจำลองพลวัตจริงจรปิด	12
2.3.5 ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิ	13
2.3.6 จำนวนตำแหน่งในการวัดและค่าคาดเดาสภาวะเริ่มต้น	13
2.3.7 การปรับค่าอัตราขยายให้มีความถูกต้องมากขึ้น	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 แบบจำลองหอกลับในรูปแบบ state-space	27
4.2 ผลการวิเคราะห์พฤติกรรมของอุณหภูมิในแต่ละชั้นหอกลับ	30
4.3 ผลการออกแบบเพื่อกำหนดค่าอัตราขยาย	31

บทที่	หน้า
4.4 การวิเคราะห์ความผิดพลาดของการประมาณค่าองค์ประกอบยอดหอ	45
5 วิจัยรณัผลการทดลอง	49
5.1 การออกแบบแบบจำลองออบเชอร์ฟเวอร์	49
5.2 การเลือกตำแหน่งในการวัดค่าอุณหภูมิ	49
5.3 ความสามารถในการประมาณค่าตัวแปรสภาวะโดยใช้ค่าตัวแปรขาออก	49
5.4 การหาค่าเมตริกวงจรถัดด้วยวิธี Pole-Placement	50
5.5 การหาค่าเมตริกวงจรถัดด้วยวิธี LQE	50
5.6 ค่า Norm ของเมตริกอัตราขยาย	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 ณ	69
ตัวอย่างการคำนวณ	70
ประวัติผู้เขียน	75

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของดีสทิลเลท (x_D) และองค์ประกอบกันหอ (x_B) ของระบบการกลั่นสารองค์ประกอบ	2
2.2 แผนภูมิแบบการคาดการณค่าตัวแปรสถานะ	4
2.3 โครงสร้างของการประมาณค่า	5
2.4 ออปเซิร์ฟเวอร์สถานะ	9
2.5 การนำข้อมูลเพื่อใช้งานกับออปเซิร์ฟเวอร์	17
2.6 แผนภูมิอย่างง่ายของคาลแมน ฟิลเตอร์	21
3.1 ส่วนประกอบของซุหอกลิ้น	25
4.1 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 15 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี Pole-Placement	34
4.2 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 15 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี LQE	35
4.3 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 25 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี Pole-Placement	38
4.4 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 25 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี LQE	39
4.5 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 35 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี Pole-Placement	42
4.6 ผลการทดสอบการกลั่นแบบจำลองออปเซิร์ฟเวอร์ที่มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นเมื่อใช้ความเข้มข้น 35 % แอลกอฮอล์ จากการคำนวณค่าอัตราขยายวงจรถัดด้วยวิธี LQE	43
4.7 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหอจากวิธี PolePlacement ที่ความเข้มข้นของของผสม 15% แอลกอฮอล์ กับเวลา	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.8 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหลังจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 15% แอลกอฮอล์ กับเวลา	46
4.9 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหลังจากวิธี Pole-Placement ที่ความเข้มข้นของของผสม 25% แอลกอฮอล์ กับเวลา	46
4.10 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหลังจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 25% แอลกอฮอล์ กับเวลา	47
4.11 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหลังจากวิธี Pole-Placement ที่ความเข้มข้นของของผสม 35% แอลกอฮอล์ กับเวลา	47
4.12 อัตราส่วนความคลาดเคลื่อนของค่าองค์ประกอบยอดหลังจากวิธี LQE ที่ความเข้มข้นของของผสม 35% แอลกอฮอล์ กับเวลา	48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 การวิเคราะห์พฤติกรรมของอุณหภูมิในแต่ละชั้นหอกลับในรูปแบบจำลองแบบสมการลำดับที่หนึ่ง	30
4.2 การเปรียบเทียบผลของค่ารบกวนของกระบวนการและค่ารบกวนของการวัด q & r ของระบบต่อค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอเมื่อใช้แบบจำลอง 25% แอลกอฮอล์	31
4.3 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอกับค่าจริงที่ได้จากอุณหภูมิการกลั่น	44
4.4 การเปรียบเทียบค่าอัตราส่วนโดยโมลขององค์ประกอบยอดหอโดยใช้อุณหภูมิการกลั่นคงที่ที่การกลั่นของผสม 25 % แอลกอฮอล์	44

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย