

การเขียนแบบสมรณะเชิงพลวัตของระบบควบคุมหอกด้น



นายสมหวัง ชัยกิตติวัฒน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-925-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13 ก.ค. 2548

**SIMULATION OF DYNAMIC PERFORMANCE OF  
DISTILLATION CONTROL SYSTEMS**

**Mr. Somwang Chaikittivanich**

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

**Department of Chemical Engineering**

**Graduate School**

**Chulalongkorn University**

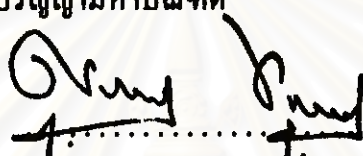
**Academic Year 1997**

**ISBN 974-638-925-4**

หัวข้อวิทยานิพนธ์      การเลียนแบบสมรรถนะเชิงพลวัตของระบบควบคุมหอกลับ  
โดย                              นายสมหวัง ชัยกิตติวัฒน์  
ภาควิชา                              วิศวกรรมเคมี  
อาจารย์ที่ปรึกษา              อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี


---

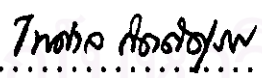
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง  
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุภาจูนัจฉิ)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติสุภกร)

## C717139 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING  
KEY WORD: DYNAMIC SIMULATION / DISTILLATION CONTROL / SPEEDUP  
SOMWANG CHAIKITTIVANICH : SIMULATION OF DYNAMIC  
PERFORMANCE OF DISTILLATION CONTROL SYSTEMS. THESIS ADVISOR :  
MONTREE WONGSRI, D.Sc. 165 pp. ISBN 974-638-925-4.

In this work, a distillation control system was simulated by using SPEEDUP. The distillation column is used to separate a ternary solution of benzene, toluene and xylene. The control of distillation column is one point control. The control structures studied are the  $VD$ ,  $VL$  and  $LV$ . The controlled variables are mole fraction of the light component in distillate or the heavy component in bottom product, the reflux drum level and the reboiler level. The performance of each control structures are compared by using the integral of the absolute error. It is shown that the  $VD$  control structure is better for the level controls. Also, the developed computer program is verified with the steady state model developed on Aspen plus.

The developed SPEEDUP program can be modified and used for the evaluation of the other control structures and the advance control techniques. The distillation column model can be changed for the number of trays, the feed tray location and can be modified to have the product sidedraws.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี  
ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อนิสิต..... สมหวัง ชัยกิตติวัฒน์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ด้วยความกรุณาจาก อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้แนวทางในการพัฒนางานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่าน อาจารย์เป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. เกริกชัย สุกาญจนังที่ ประธานกรรมการ อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและให้ข้อคิดเห็น ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านบิดา มารดา พี่กมลเทพ ชัยกิตติวิชัย ที่ให้ความกรุณา สนับสนุนการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาแก่ผู้วิจัย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญภาพ .....	ฌ
สารบัญตาราง .....	บ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 คำนำ .....	1
1.2 ผลงานวิจัยที่ผ่านมา .....	4
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	6
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	6
1.6 เนื้อหาวิทยานิพนธ์ .....	7
<b>บทที่ 2 โปรแกรมสปีดอัป</b>	<b>8</b>
2.1 บทนำ .....	8
2.2 โปรแกรมสปีดอัป .....	9
<b>บทที่ 3 ทฤษฎีเบื้องต้นของการกลั่น</b>	<b>21</b>
3.1 บทนำ .....	21
3.2 แบบจำลองเชิงพลวัตของหอกลั่น .....	22

<b>บทที่ 4 ทฤษฎีการควบคุมหอกถัน</b>	<b>30</b>
4.1 การควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง .....	30
<b>บทที่ 5 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถัน</b>	<b>40</b>
5.1 ผลการทดลองหาเส้นโค้งปฏิกิริยาของกระบวนการ .....	41
5.2 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่ไม่มีการควบคุม .....	42
5.3 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของระบบควบคุมหอกถันที่มีการควบคุม องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง .....	42
5.4 ผลการเขียนแบบกระบวนการถัน โดยใช้ Aspen Plus .....	145
<b>บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย</b>	<b>149</b>
6.1 สรุปผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่ไม่มีการควบคุม .....	149
6.2 สรุปผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของระบบควบคุมหอกถันที่มีการควบคุม องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง .....	152
6.3 สรุปและข้อเสนอแนะ .....	162
<b>รายการอ้างอิง.....</b>	<b>163</b>
<b>ประวัติผู้วิจัย .....</b>	<b>165</b>

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการบรรยายขั้นตอนการทำงานของสปีคัลท์ .....	14
รูปที่ 2.2 แสดงอินพุตและเอาต์พุตของดังผสม.....	16
รูปที่ 3.1 แบบจำลองของหอกกลับ .....	23
รูปที่ 4.1 แสดงหอกกลับที่มีการควบคุมองค์ประกอบและความคุมระดับของเหลว.....	34
รูปที่ 4.2 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>DV</i> ประเภทสมมูลมวลสาร โดยตรง.....	35
รูปที่ 4.3 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>BL</i> ประเภทสมมูลมวลสาร โดยตรง .....	35
รูปที่ 4.4 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>LV</i> ประเภทสมมูลมวลสาร โดยอ้อม .....	36
รูปที่ 4.5 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>VZ</i> ประเภทสมมูลมวลสาร โดยอ้อม .....	37
รูปที่ 4.6 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>LB</i> ประเภทสมมูลพลังงาน .....	38
รูปที่ 4.7 การควบคุมองค์ประกอบหนึ่งตำแหน่ง โดยวิธี <i>VD</i> ประเภทสมมูลพลังงาน .....	39
รูปที่ 5.1 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกกลับ .....	44



รูปที่ 5.2	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยที่ให้ความร้อนแก่หม้อต้มชา แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน.....	45
รูปที่ 5.3	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยที่ให้ความร้อนแก่หม้อต้มชา แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน.....	46
รูปที่ 5.4	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราดอกเบี้ยที่ให้ความร้อนแก่หม้อต้มชา แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน.....	47
รูปที่ 5.5	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ดิสทิลเลต แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน..	48
รูปที่ 5.6	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ดิสทิลเลต แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน..	49
รูปที่ 5.7	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ดิสทิลเลต แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน..	50
รูปที่ 5.8	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ดิสทิลเลต แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน..	51
รูปที่ 5.9	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ รีฟลักซ์ แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน....	52
รูปที่ 5.10	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ รีฟลักซ์ แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน ...	53
รูปที่ 5.11	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ รีฟลักซ์ แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน ...	54
รูปที่ 5.12	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ รีฟลักซ์ แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน ...	55
รูปที่ 5.13	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของ หอกถัน.....	56

รูปที่ 5.14	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบสเต็ป 10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของ หอกลิ้น .....	57
รูปที่ 5.15	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของ หอกลิ้น .....	58
รูปที่ 5.16	ผลของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วที่ควบคุมอัตราการไหลของ ผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบสเต็ป -10% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของ หอกลิ้น .....	59
รูปที่ 5.17	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลิ้นที่ไม่มีการควบคุม และไม่มีการเปลี่ยน แปลงใดๆ ของอินพุต.....	60
รูปที่ 5.18	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ เมื่อไม่มีการควบคุม และไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอินพุต .....	61
รูปที่ 5.19	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทรย์ เมื่อไม่มีการควบคุมและไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอินพุต .....	62
รูปที่ 5.20	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลิ้นที่ไม่มีการควบคุม โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% .....	63
รูปที่ 5.21	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลิ้น .....	64
รูปที่ 5.22	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลิ้น .....	65
รูปที่ 5.23	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลิ้นในแต่ละเทรย์ .....	66
รูปที่ 5.24	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทรย์ .....	67

รูปที่ 5.25 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่ไม่มีการควบคุม โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% .....	68
รูปที่ 5.26 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลับ .....	69
รูปที่ 5.27 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลับ .....	70
รูปที่ 5.28 โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์ย์ .....	71
รูปที่ 5.29 โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทอร์ย์ .....	72
รูปที่ 5.30 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่มีการควบคุมด้วยวิธี VD โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% .....	73
รูปที่ 5.31 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลับ .....	74
รูปที่ 5.32 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลับ .....	75
รูปที่ 5.33 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ความร้อนแก่มือดัมพ์ .....	76
รูปที่ 5.34 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายรีฟลักซ์ .....	77
รูปที่ 5.35 ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในมือดัมพ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ .....	78
รูปที่ 5.36 โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์ย์ .....	79

รูปที่ 5.37	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทอร์รี่ .....	80
รูปที่ 5.38	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่มีการควบคุมด้วยวิธี <i>VD</i> โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% .....	81
รูปที่ 5.39	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลับ .....	82
รูปที่ 5.40	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลับ .....	83
รูปที่ 5.41	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ .....	84
รูปที่ 5.42	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปร ควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายรีฟลักซ์ .....	85
รูปที่ 5.43	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปร ควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ .....	86
รูปที่ 5.44	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์รี่ .....	87
รูปที่ 5.45	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทอร์รี่ .....	88
รูปที่ 5.46	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่มีการควบคุมด้วยวิธี <i>VD</i> โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบสเต็ป 2% .....	89

รูปที่ 5.47	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบน ของหอกถัน .....	90
รูปที่ 5.48	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่าง ของหอกถัน .....	91
รูปที่ 5.49	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ .....	92
รูปที่ 5.50	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลว ในถังรีฟลักซ์ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาวล์ในสายรีฟลักซ์ .....	93
รูปที่ 5.51	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีน ในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลว ในหม้อต้มซ้ำ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาวล์ในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ .	94
รูปที่ 5.52	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ .....	95
รูปที่ 5.53	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทรย์ .....	96
รูปที่ 5.54	ผลการเดินแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่มีการควบคุมด้วยวิธี VZ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบเสตีฟ 40% .....	97
รูปที่ 5.55	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบเสตีฟ 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน .....	98
รูปที่ 5.56	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของสารป้อน แบบเสตีฟ 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน .....	99

รูปที่ 5.57	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ .....	100
รูปที่ 5.58	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายคิสทิลเลต .....	101
รูปที่ 5.59	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ .....	102
รูปที่ 5.60	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ .....	103
รูปที่ 5.61	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละเทรย์ .....	104
รูปที่ 5.62	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่มีการควบคุมด้วยวิธี VZ โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% .....	105
รูปที่ 5.63	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน .....	106
รูปที่ 5.64	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน .....	107
รูปที่ 5.65	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ .....	108
รูปที่ 5.66	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายคิสทิลเลต .....	109

- รูปที่ 5.67 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบเสด็จ 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ ..... 110
- รูปที่ 5.68 โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ ..... 111
- รูปที่ 5.69 โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละเทรย์ ..... 112
- รูปที่ 5.70 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่มีการควบคุมด้วยวิธี VZ โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ..... 113
- รูปที่ 5.71 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน ..... 114
- รูปที่ 5.72 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน ..... 115
- รูปที่ 5.73 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ และตัวแปรปรับ คือ อัตราการให้ความร้อนแก่หม้อต้มซ้ำ ..... 116
- รูปที่ 5.74 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายคิสทิลเลต ..... 117
- รูปที่ 5.75 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของไซลีนในผลิตภัณฑ์กันห่อ แบบเสด็จ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันห่อ . 118
- รูปที่ 5.76 โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ ..... 119

รูปที่ 5.77	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทอร์รี่ .....	120
รูปที่ 5.78	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่มีการควบคุมด้วยวิธี <i>LV</i> โดยมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% .....	121
รูปที่ 5.79	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลับ .....	122
รูปที่ 5.80	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลับ .....	123
รูปที่ 5.81	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วน โดยโมลของเบนซีน ในไอที่ออกจากเทอร์รี่ที่ 20 และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาล์วในสายรีฟลักซ์ .....	124
รูปที่ 5.82	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายคิตทิลเลต .....	125
รูปที่ 5.83	ผลของการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของสารป้อน แบบสเต็ป 40% ที่มีผลต่อ ตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่ง ของวาล์วในสายผลิตภัณฑ์กันหอ .....	126
รูปที่ 5.84	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์รี่ .....	127
รูปที่ 5.85	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละ เทอร์รี่ .....	128
รูปที่ 5.86	ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกลับที่มีการควบคุมด้วยวิธี <i>LV</i> โดยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% .....	129
รูปที่ 5.87	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกลับ .....	130
รูปที่ 5.88	ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกลับ .....	131



- รูปที่ 5.89 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วนโดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 และตัวแปรปรับ คือ คือ ตำแหน่งของวาร์ลในสายรีฟลักซ์ ..... 132
- รูปที่ 5.90 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาร์ลในสายคิตทิลเลต ..... 133
- รูปที่ 5.91 ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารป้อน แบบสเต็ป 30% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ และตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาร์ลในสายผลิตภัณฑ์กั้นหอ ..... 134
- รูปที่ 5.92 โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ ..... 135
- รูปที่ 5.93 โปรไฟล์แสดงเศษส่วนโดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลวในแต่ละเทรย์ ..... 136
- รูปที่ 5.94 ผลการเขียนแบบเชิงพลวัตของหอกถันที่มีการควบคุมด้วยวิธี *LV* โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 แบบสเต็ป 2% ..... 137
- รูปที่ 5.95 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 แบบสเต็ป 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนบนของหอกถัน ..... 138
- รูปที่ 5.96 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 แบบสเต็ป 2% ที่มีผลต่อตัวแปรอื่นๆ บริเวณส่วนล่างของหอกถัน ..... 139
- รูปที่ 5.97 ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเซ็ทพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 แบบสเต็ป 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ เศษส่วนโดยโมลของเบนซีนในไอที่ออกจากเทรย์ที่ 20 และตัวแปรปรับ คือ คือ ตำแหน่งของวาร์ลในสายรีฟลักซ์ ..... 140

รูปที่ 5.98	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ ออกจากเทอร์รี่ที่ 20 แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลว ในถังรีฟลักซ์ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาว์ลในสายคิสทิลเลต . . . . .	141
รูปที่ 5.99	ผลของการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อพอยท์ของเศษส่วน โดยโมลของเบนซีนในไอที่ ออกจากเทอร์รี่ที่ 20 แบบเสตีฟ 2% ที่มีผลต่อตัวแปรควบคุม คือ ระดับของเหลว ในหม้อต้มซ้ำ และ ตัวแปรปรับ คือ ตำแหน่งของวาว์ลในสายผลิตภัณฑ์กันหอ. . . . .	142
รูปที่ 5.100	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์รี่ . . . . .	143
รูปที่ 5.101	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของแต่ละองค์ประกอบในของเหลว ในแต่ละเทอร์รี่ . . . . .	144
รูปที่ 5.102	โปรไฟล์แสดงอุณหภูมิของหอกลับในแต่ละเทอร์รี่ เปรียบเทียบผลการเดิน แบบที่ใช้โปรแกรม Aspen Plus กับ โปรแกรม SPEEDUP . . . . .	145
รูปที่ 5.103	โปรไฟล์แสดงเศษส่วน โดยโมลของเบนซีน, ไซลีน และ โทลูอินในของเหลว ในแต่ละเทอร์รี่ เปรียบเทียบผลการเดินแบบที่ใช้โปรแกรม Aspen Plus กับ โปรแกรม SPEEDUP . . . . .	148

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1	ตัวแปรปรับที่ใช้ควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์หนึ่งตำแหน่ง .....	33
ตารางที่ 5.1	แสดงอุณหภูมิของหอกถันในแต่ละเทรย์ จากผลการเขียนแบบด้วยโปรแกรม Aspen Plus และโปรแกรม SPEEDUP .....	146
ตารางที่ 5.2	แสดงเศษส่วนโดย โมลของเบนซีน, ไซลีน และโทลูอิน ในของเหลวในแต่ละเทรย์ จากผลการเขียนแบบที่ใช้โปรแกรม Aspen Plus และโปรแกรม SPEEDUP .....	147
ตารางที่ 6.1	ผลกระทบของตัวแปรปรับและตัวแปรรบกวนที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ของหอกถัน โดยไม่มีการควบคุม .....	155
ตารางที่ 6.2	ผลกระทบของตัวแปรรบกวนที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ของหอกถัน โดยมีการควบคุมแบบ <i>VD</i> .....	156
ตารางที่ 6.3	ผลกระทบของตัวแปรรบกวนที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ของหอกถัน โดยมีการควบคุมแบบ <i>VL</i> .....	157
ตารางที่ 6.4	ผลกระทบของตัวแปรรบกวนที่มีต่อตัวแปรอื่นๆ ของหอกถัน โดยมีการควบคุมแบบ <i>LV</i> .....	158
ตารางที่ 6.5	แสดงค่า IAE ของการควบคุมด้วยวิธี <i>VD</i> , <i>VL</i> และ <i>LV</i> .....	159
ตารางที่ 6.6	แสดงการลำดับโครงสร้างการควบคุมระดับของเหลวในถังรีฟลักซ์และระดับของเหลวในหม้อต้มซ้ำ โดยใช้ค่า IAE เป็นเกณฑ์ .....	160
ตารางที่ 6.7	แสดงการลำดับโครงสร้างการควบคุมความเข้มข้นขององค์ประกอบโดยใช้ค่า IAE เป็นเกณฑ์ .....	161