ระบบฐานความรู้สำหรับการออกแบบระบบการควบคุมหอกลั่น

นางสาว ผุสดี พันธุ์ศักดิ์ศิริ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-620-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17288 54X

A KNOWLEDGE-BASED SYSTEM FOR DISTILLATION CONTROL SYSTEM DESIGN

MISS. PHUSADEE PUNSAKSIRI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

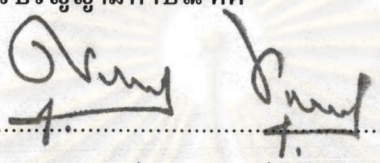
Academic Year 1996

ISBN 974-636-620-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบฐานความรู้สำหรับการออกแบบระบบการควบคุมหอกลั่น
โดย	น.ส. ผุสดี พันธุ์ศักดิ์ศิริ
ภาควิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.มนตรี วงศ์ศรี

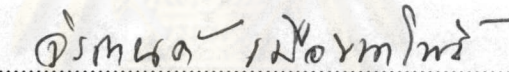
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

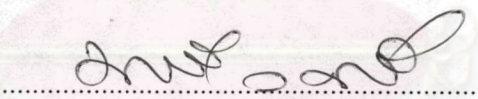
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์. ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



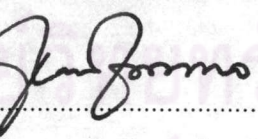
..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์)



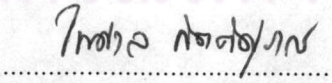
..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.มนตรี วงศ์ศรี)



..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล)



..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ผุสดี พันธุ์ศักดิ์ศิริ : ระบบฐานความรู้สำหรับการออกแบบระบบการควบคุมหอกลั่น (A KNOWLEDGE-BASED SYSTEM FOR DISTILLATION CONTROL SYSTEM DESIGN)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.มนตรี วงศ์ศรี, 288 หน้า, ISBN 974-636-620-3

ระบบฐานความรู้สำหรับการออกแบบระบบการควบคุมหอกลั่นนี้ เป็นการใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญที่สร้างบน Smart Element เวอร์ชัน 2.0 เพื่อช่วยให้วิศวกรควบคุมกระบวนการสามารถเลือกวิธีการควบคุมหอกลั่นที่มีความเหมาะสมสำหรับควบคุมสิ่งเจือปนของผลิตภัณฑ์ ช่วยด้านการควบคุมความดัน การควบคุมรีบอยเลอร์ การควบคุมระดับของเหลว รวมถึงการเลือกชนิดเครื่องควบแน่นและรีบอยเลอร์ที่เหมาะสมกับคอลัมน์ของผู้ใช้ โดยใช้การจัดคลาส-ออปเจกต์แบบลำดับขั้นของเทคโนโลยีระบบฐานเฟรม และใช้ในระบบฐานกฎแบบลูกโซ่ไปข้างหน้า กฎทั้งหมดประกอบด้วย 150 กฎซึ่งกฎเหล่านี้เกี่ยวกับการถาม-ตอบ ชนิดของคอลัมน์ตามความต้องการจำนวนผลิตภัณฑ์ ชนิดของอัตราส่วนรีฟลักซ์ที่ใช้ ความเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ความดันที่ใช้ในคอลัมน์ ของผสมที่นำมาใช้แยก โดยโปรแกรมติดต่อกับผู้ใช้ด้วยเมาส์ ไอคอน และช่องอินพุตรับข้อมูล ลักษณะสำคัญอื่น ๆ ของซอฟต์แวร์ คือ ส่วนของการจัดการถาม-ตอบ โปรแกรมมีรายละเอียดอื่น ๆ เช่น ไดอะแกรมและรูปภาพของวิธีการควบคุม ชนิดของวิธีการควบคุม และชนิดเครื่องควบแน่นและรีบอยเลอร์ต่าง ๆ ที่ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C616898 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: DISTILLATION CONTROL / EXPERT SYSTEM

PHUSADEE PUNSAKSIRI : A KNOWLEDGE-BASED SYSTEM FOR DISTILLATION CONTROL SYSTEM DESIGN. THESIS ADVISOR : DR. MONTREE WONGSRI, 288 pp., ISBN 974-636-620-3

A Knowledge-based system for Distillation Control System Design is built on Smart Elements Version 2.0 to assist process control engineers in the choice of appropriate control methods to control product impurities of columns, pressure controls, reboiler controls, level controls and types of condenser and reboiler that is suitable to the user columns. These methods using the class-object hierarchy of the frame-based technology and the forward chaining rule base system. This program comprises of 150 rules dealing with question handling, types of column that have number of valuable products, reflux ratio, specification of products, operated pressure, components of mixtures, etc. This program communicates with a user via mouse, iconic labels, menus and input fields. Other important features of the software are question handler. This program also incoporates other information such as diagrams and figures of the process, the typical control methods and the types of condensers and reboilers.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2539 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้โดยได้รับความช่วยเหลือจากหลายๆ ท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. มนตรี วงศ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำในการพัฒนางานวิจัย ตลอดจนตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้ให้เงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัย จนทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ชรินพาณิชกุล และ อาจารย์ ดร. ไพศาล กิตติศุภกร กรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความสนใจและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ รุ่นพี่ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือ

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งคอยให้กำลังใจในการทำงานวิจัยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญรูปภาพ ..... ฐ

สารบัญตาราง ..... ธ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 2

1.4 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 3

บทที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับชนิดการควบคุมหอกลั่น

2.1 กล่าวนำ 5

2.2 ความรู้ในการเลือกชนิดการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว (One-point Control).. 6

2.3 ทฤษฎีที่ใช้ในการเลือกชนิดการควบคุมองค์

ประกอบแบบคู่ (Two-point Control) 28

2.3.1 กรณีที่ผู้ใช้ไม่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ 28

2.3.2 กรณีที่ผู้ใช้ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ 53

2.4 ความรู้ในการเลือกชนิดการควบคุมองค์ประกอบแบบดึงผลิตภัณฑ์ออกด้าน

ข้างคอลัมน์ (Sidestream column control) 62

2.4.1 คลาส 1 62

2.4.2 คลาส 2 63

2.4.3 คลาส 3 63

2.5 การเลือกชนิดการควบคุมความดัน และเครื่องควบแน่น (Condenser and pressure control) 64
2.5.1 กรณีที่ผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสเดียว (Single-Phase Product) 67
2.5.2 กรณีที่ผลิตภัณฑ์ยอดหอมีสองเฟส (Two-Phase Product) 97
2.6 ความรู้ในการเลือกชนิดการควบคุมรีบอยเลอร์ (Reboiler Control) 103
2.6.1 การต้มซ้ำด้วยของไหลที่ควบแน่น (Reboiling with a condensing fluid) 104
2.6.2 การต้มซ้ำโดยอาศัยความร้อนแฝงของตัวกลางให้ความร้อน (Reboiling with sensible heat) 119
2.6.3 การต้มซ้ำแบบใช้การเผาไหม้โดยตรง (Reboiling with direct-fired) 124
2.7 ความรู้ในการเลือกชนิดของรีบอยเลอร์ และเครื่องควบแน่น (Reboiler and condenser type) 125
2.7.1 ชนิดของรีบอยเลอร์ (Reboiler type) 125
2.7.2 ชนิดของเครื่องควบแน่น (Condenser type) 133
2.8 ความรู้ในการเลือกชนิดจุดวัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ (Sample points for analyzer control) 138
2.8.1 จุดวัดตำแหน่งองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ยอดหอ 138
2.8.2 จุดวัดตำแหน่งองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ล่างหอ 142

บทที่ 3 สรุปชนิดระบบการควบคุมหอกลั่น
3.1 กล่าวนำ 145
3.2 วิธีควบคุมองค์ประกอบ 145
3.3 วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว 146
3.3.1 วิธีควบคุมสมดุลมวลสารโดยตรง 146
3.3.2 วิธีควบคุมสมดุลมวลสารโดยอ้อม 148
3.3.3 วิธีควบคุมสมดุลพลังงาน 149
3.3.4 วิธีควบคุมแบบไม่ทั่วไป 150

3.4 วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ 151
3.5 วิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบดึงผลิตภัณฑ์ออกด้านข้างคอลัมน์ 153
3.6 วิธีการควบคุมความดัน 154
3.6.1 เมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสไออย่างเดียว 154
3.6.2 เมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสของเหลวอย่างเดียว 157
3.6.3 เมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีทั้งเฟสไอและเฟสของเหลว 171
3.7 วิธีการควบคุมรีบอยเลอร์ 173
3.7.1 วิธีใช้ของไหลที่ควบแน่นเป็นสารตัวกลางให้ความร้อน 174
3.7.2 วิธีใช้น้ำมันร้อนเป็นสารตัวกลางให้ความร้อน 178
3.7.3 วิธีที่ใช้การเผาไหม้จากแกสเชื้อเพลิงโดยตรง 180
3.8 วิธีการควบคุมระดับของเหลว 181
3.9 วิธีเลือกชนิดรีบอยเลอร์ 183
3.10 วิธีเลือกชนิดเครื่องควบแน่น 185
3.11 วิธีเลือกจุดวัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ 187

บทที่ 4 ความรู้เกี่ยวกับระบบผู้เชี่ยวชาญ
4.1 กล่าวนำ 190
4.2 ประวัติการพัฒนาระบบผู้เชี่ยวชาญ 191
4.3 การประยุกต์ระบบผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรม 194
4.4 โครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ 196
4.4.1 ฐานความรู้ 198
4.4.2 กลไกการอนุมาน 202
4.4.3 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 203
4.5 ข้อดีของระบบผู้เชี่ยวชาญ 205

บทที่ 5 ระบบผู้เชี่ยวชาญในการเลือกชนิดการควบคุมของหอกลั่น
5.1 กล่าวนำ 207
5.2 ฐานความรู้ (Knowledge base) 208

5.3 ระบบฐานกฎ (Rule based) 218
5.4 การติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางกราฟฟิค 261
5.5 ตัวอย่างการใช้งาน 268

บทที่ 6 วิจารณ์ และสรุปผล
6.1 วิจารณ์ 280
6.2 สรุปผล 281
6.2.1 ลักษณะเฉพาะของโปรแกรม 281
6.2.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม 282
6.3 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานที่จะทำต่อไป 283

เอกสารอ้างอิง 284
ประวัติผู้เขียน 288

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แบบจำลองหอกลั่น 6
รูปที่ 2.2 แสดงการควบคุมแบบรีฟลักซ์ภายใน 13
รูปที่ 2.3 แสดงวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว 26
รูปที่ 2.3ก วิธี VL , ประเภทสมดุลมวลสารโดยอ้อม 26
รูปที่ 2.3ข วิธี LV , ประเภทสมดุลมวลสารโดยอ้อม 26
รูปที่ 2.3ค วิธี DV , ประเภทสมดุลมวลสารโดยตรง 26
รูปที่ 2.3ง วิธี BL , ประเภทสมดุลมวลสารโดยตรง 26
รูปที่ 2.3จ วิธี VD , ประเภทสมดุลพลังงาน 27
รูปที่ 2.3ฉ วิธี LB , ประเภทสมดุลพลังงาน 27
รูปที่ 2.3ช วิธี BV , ประเภทไม่ทั่วไป 27
รูปที่ 2.3ซ วิธี DL , ประเภทไม่ทั่วไป 27
รูปที่ 2.3ฌ วิธี VL , เมื่อต้องการอัตราการไหลของผลิภัณฑ์คงที่ 28
รูปที่ 2.4 แสดงจุดปฏิบัติการ เมื่อเส้นสมดุลมวลสารตัดกับเส้นโค้งการแยก 30
รูปที่ 2.5 แสดงเส้นโค้งปฏิบัติการสำหรับคอลัมน์ที่อธิบายในตัวอย่างที่ 2.1 39
รูปที่ 2.6 แสดงวิธีการควบคุมความดันโดยการปรับเปลี่ยนอัตราการไหล
ของไอผลิตภัณฑ์ยอดหอ 71
รูปที่ 2.6ก วิธี A-1 ปรับที่อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ ใช้กับคอลัมภ์
แบบบรรยากาศ 71
รูปที่ 2.6ข วิธี A-2 ปรับที่การปล่อยไอที่สปิลแบ็ค ใช้กับคอลัมน์
แบบสูญญากาศ 71
รูปที่ 2.6ค วิธี A-3 ปรับที่การอัดไอสปิลแบ็ค ใช้กับคอลัมน์
แบบความดันต่ำ 71

รูปที่ 2.6ง วิธี A-4 ปรับที่อัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ ใช้กับคอลัมน์
ที่มีเครื่องควบแน่นภายใน 71
รูปที่ 2.6จ วิธี A-5 ปรับอัตราการไหลของผลิตภัณฑ์ เมื่อวางระบบท่อไม่ดี 72
รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการควบคุมความดัน โดยการปรับเปลี่ยนท่วม ของเครื่อง ควบแน่น 80
รูปที่ 2.7ก วิธี B-1 วาล์วควบคุมอยู่ที่ขาออกจากเครื่องควบแน่น 80
รูปที่ 2.7ข วิธี B-2 เมื่อใช้รีฟลักซ์ดรัมแบบท่วม 80
รูปที่ 2.7ค วิธี B-3 เมื่อใช้รีฟลักซ์ดรัมแบบท่วม และมีท่อระบายสารที่
ไม่ควบแน่นอัตโนมัติ 81
รูปที่ 2.7ง วิธี B-4 เมื่อใช้บายพาสของไอร้อน 81
รูปที่ 2.7จ วิธี B-5 เมื่อใช้บายพาสของไอร้อน ที่มีระบบท่อไม่ดี 81
รูปที่ 2.7ฉ วิธี B-6 วาล์วควบคุมอยู่ที่ขาออกจากเครื่องควบแน่น กรณีที่
เครื่องควบแน่นไม่สามารถยกสูงได้ 81
รูปที่ 2.7ช วิธี B-7 วาล์วควบคุมอยู่ที่ขาเข้าเครื่องควบแน่นเป็นของเหลว 82
รูปที่ 2.7ซ วิธี B-8 วาล์วควบคุมอยู่ที่ขาเข้าจากเครื่องควบแน่นเป็นอากาศ 82
รูปที่ 2.8 แสดงวิธีการควบคุมความดัน โดยการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของ
สารตัวกลางให้ความเย็น 87
รูปที่ 2.8ก วิธี C-1 เมื่อใช้ของเหลวเป็นสารหล่อเย็น 87
รูปที่ 2.8ข วิธี C-2 เมื่อใช้สารทำความเย็น และควบคุมความดันจากการ
ควบคุมระดับของเหลวในเครื่องควบแน่น 87
รูปที่ 2.8ค วิธี C-3 เมื่อใช้สารทำความเย็น และควบคุมความดัน
ที่อัตราการไหลออกของสารทำความเย็น 88
รูปที่ 2.8ง วิธี C-4 เมื่อใช้อากาศเป็นสารหล่อเย็น และควบคุม
ความดันโดยการปรับระยะพิทช์ของใบพัด 88
รูปที่ 2.8จ วิธี C-5 ปรับที่มุมของบานเกล็ด 88
รูปที่ 2.8ฉ วิธี C-6 ควบคุมความดันโดยการปรับเวนส์ที่เอกซ์แพนเดอร์ 88
รูปที่ 2.9 แสดงวิธีการควบคุมความดัน โดยวิธีอื่นๆ
รูปที่ 2.9ก วิธี D-1 ควบคุมความดันโดยปรับจากการไหลเวียนของอุณหภูมิ
เมื่อใช้เครื่องควบแน่นแบบของเหลวหล่อเย็น 94

รูปที่ 2.9ข วิธี D-2 ควบคุมความดันโดยปรับจากการไหลเวียนของอุณหภูมิ
เมื่อใช้เครื่องควบแน่นแบบอากาศหล่อเย็น 94
รูปที่ 2.9ค วิธี D-3 ควบคุมความดันโดยปรับจากการไหลเวียนของอุณหภูมิ
เมื่อใช้เครื่องควบแน่นแบบระเหย 95
รูปที่ 2.9ง วิธี D-4 ควบคุมความดันจากสตรีมไอยอดหอ เมื่อ
ที่ระบายของดรัมเปิด 95
รูปที่ 2.9จ วิธี D-5 ควบคุมความดันสตรีมไอยอดหอ เมื่อ
ที่ระบายของดรัมปิด 95
รูปที่ 2.9ฉ วิธี D-6 ควบคุมความดันจากอัตราการไหลของแกสเฉื่อย 95
รูปที่ 2.9ช วิธี D-7 ควบคุมความดันโดยปรับจากอัตราการไหลของบายพาส 96
รูปที่ 2.9ซ วิธี D-8 ควบคุมความดันโดยปรับจากการเดือด 96
รูปที่ 2.9ฌ วิธี D-9 ควบคุมความดันแบบลอยตัว ที่รวมกับการปรับอัตราการไหล
ของสารทำความเย็น 96
รูปที่ 2.10 แสดงวิธีการควบคุมความดัน และเครื่องควบแน่น ในกรณีผลิตภัณฑ์ยอดหอ
มีสองเฟส 101
รูปที่ 2.10ก วิธี E-1 วาล์วควบคุมความดันอยู่ที่กระแสแกสเฉื่อย
เมื่อใช้กับคอลัมน์บรรยากาศ 101
รูปที่ 2.10ข วิธี E-2 วาล์วควบคุมความดันอยู่ที่กระแสแกสเฉื่อย
เมื่อใช้กับคอลัมน์สูญญากาศ 101
รูปที่ 2.10ค วิธี E-3 วาล์วควบคุมความดันอยู่ที่สารทำความเย็น
เมื่อใช้กับคอลัมน์บรรยากาศ 102
รูปที่ 2.10ง วิธี E-4 วาล์วควบคุมความดันอยู่ที่สารทำความเย็น
เมื่อใช้กับคอลัมน์สูญญากาศ 102
รูปที่ 2.10จ วิธี E-5 การจัดรูปแบบเครื่องควบแน่นที่มีการท่วมบางส่วน 102
รูปที่ 2.11 แสดงการควบคุมรีบอยเลอร์แบบที่ใช้ไอน้ำเป็นสารตัวกลางให้ความร้อน 117
รูปที่ 2.11ก วิธี F-1 การควบคุมไอขาเข้า แบบไม่มีถังรองรับคอนเดนเสด 117
รูปที่ 2.11ข วิธี F-2 การควบคุมคอนเดนเสดขาออก แบบไม่มี
ถังรองรับคอนเดนเสด 117

รูปที่ 2.11ค วิธี F-3 การควบคุมคอนเดนเสดขาออก แบบมีถัง
รองรับคอนเดนเสดแบบระดับ 117
รูปที่ 2.11ง วิธี F-4 การควบคุมคอนเดนเสดขาออก แบบมีถัง
รองรับคอนเดนเสดโอเวอร์ไรด์กับระดับ 117
รูปที่ 2.11จ วิธี F-5 การควบคุมไอขาเข้า แบบมีถังรองรับคอนเดนเสดแบบจุ่ม
ที่ไม่มีระดับของเหลวในรีบอยเลอร์ 118
รูปที่ 2.11ฉ วิธี F-6 การควบคุมไอขาเข้า แบบมีถังรองรับคอนเดนเสดแบบระดับ
ที่มีการรักษาระดับของเหลวในรีบอยเลอร์ 118
รูปที่ 2.11ช วิธี F-7 การควบคุมไอขาเข้า แบบใช้ตัวปรับความดัน
ให้คงที่ (pressure regulator) 118
รูปที่ 2.11ซ วิธี F-8 การควบคุมไอขาเข้า แบบใช้ลูพซีล (seal loop) 118
รูปที่ 2.12 แสดงการควบคุมรีบอยเลอร์แบบที่ใช้การปรับจากความร้อนแฝง
ของสารตัวกลางให้ความร้อน 121
รูปที่ 2.12ก วิธี G-1 การควบคุมโดยใช้วาล์วบายพาส แต่ให้การควบคุมที่ไม่ดี 121
รูปที่ 2.12ข วิธี G-2 การควบคุมโดยใช้วาล์วบายพาส แต่ให้การควบคุมที่ดี 121
รูปที่ 2.12ค วิธี G-3 การควบคุมแบบบายพาสโดยใช้ตัวควบคุม
ความดันแตกต่าง (differential pressure control : PDC) 123
รูปที่ 2.12ง วิธี G-4 การควบคุมจากอัตราการไหลของสารตัวกลาง
ให้ความร้อนโดยตรง 123
รูปที่ 2.12จ วิธี G-5 การควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมปริมาณความร้อน
เข้าระบบ (heat input (Btu) control) 123
รูปที่ 2.13 วิธี H แสดงรีบอยเลอร์แบบใช้การเผาไหม้โดยตรงที่มีการควบคุมปริมาณ
ความร้อนเข้าระบบ 125
รูปที่ 2.14 แสดงชนิดของรีบอยเลอร์
รูปที่ 2.14ก แบบเทอร์โมไซฟอนแนวตั้ง 130
รูปที่ 2.14ข แบบเทอร์โมไซฟอนแนวนอน 130
รูปที่ 2.14ค แบบการหมุนเวียนบังคับ 130
รูปที่ 2.14ง แบบเค็ทเทิล 130

รูปที่ 2.14จ แบบภายในคอลัมน์ 130
รูปที่ 2.15 แสดงชนิดของเครื่องควบแน่น
รูปที่ 2.15ก แบบไอควบแน่นอยู่ในเชลที่วางแนวตั้ง ชนิด ทีม่า อี 137
รูปที่ 2.15ข แบบไอควบแน่นอยู่ในเชลที่วางแนวนอน ชนิด เจ 137
รูปที่ 2.15ค แบบไอควบแน่นอยู่ในท่อที่วางแนวตั้ง ชนิดไอไหลขึ้นบน
ที่นำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องควบแน่นแบบเชคันดารี 137
รูปที่ 2.15ง แบบภายในคอลัมน์ที่วางแนวตั้ง 137
รูปที่ 2.15จ แบบภายในคอลัมน์ที่วางแนวนอน 137
รูปที่ 2.15ฉ แบบสัมผัสโดยตรง 137
รูปที่ 2.16 แสดงจุดวัดองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ยอดหอ 139
รูปที่ 2.17 แสดงจุดวัดองค์ประกอบผลิตภัณฑ์ล่างหอ 144
รูปที่ 2.18 แสดงเทคนิคการวัดตัวอย่างโดยใช้แฟลชพ๊อท 144
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของระบบผู้เชี่ยวชาญ 197
รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างของการแสดงฐานข้อมูลโดยใช้โครงข่ายออปเจกต์ 199
รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างเงื่อนไข และสมมติฐาน 201
รูปที่ 4.4 แสดงการเชื่อมโยงการทำงานของส่วนฐานความรู้ และส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 204
รูปที่ 5.1 แสดงฐานความรู้ของชนิดการควบคุมหอกลั่น ในระดับคลาส และคลาสย่อย 208
รูปที่ 5.2 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบในระดับคลาส และคลาสย่อย 209
รูปที่ 5.3 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว
ในระดับคลาส และออปเจกต์ 210
รูปที่ 5.4 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่
ในระดับคลาส ออปเจกต์ และคุณสมบัติ 211
รูปที่ 5.5 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมองค์ประกอบแบบดึงผลิตภัณฑ์ออก
เป็นสตรีมด้านข้างในระดับคลาสและคลาสย่อย 212
รูปที่ 5.6 แสดงฐานความรู้ชนิดการควบคุมความดันในระดับคลาส และคลาสย่อย 212
รูปที่ 5.7 แสดงฐานความรู้ของการควบคุมความดันเมื่อผลิตภัณฑ์ยอดหอมีเฟสเดียว
แสดงในรูปของคลาส และออปเจกต์ 214

รูปที่ 5.8 แสดงฐานความรู้ชนิดการควบคุมรีบอยเลอร์ในระดับคลาส คลาสย่อย และออปเจกต์ 215
รูปที่ 5.9 แสดงฐานความรู้ชนิดการควบคุมระดับของเหลวในระดับคลาส คลาสย่อย และคุณสมบัติ 215
รูปที่ 5.10 แสดงฐานความรู้ของคอลัมน์ในระดับคลาส และออปเจกต์ 217
รูปที่ 5.11 แสดงฐานความรู้ของคอลัมน์ที่มีอยู่ในโปรแกรม 217
รูปที่ 5.12 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 221
รูปที่ 5.13 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบเดี่ยว 222
รูปที่ 5.14 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ (กรณีที่ผู้ใช้ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ) 225
รูปที่ 5.15 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ (กรณีที่ผู้ใช้ไม่ทราบค่าทรานส์เฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการ) 226
รูปที่ 5.16 แสดงขั้นตอนการเลือกวิธีการควบคุมองค์ประกอบของคอลัมน์ที่มีการดึงสตรีมออกด้านข้าง 227
รูปที่ 5.17 แสดงการป้อนค่าเกนของกระบวนการ 229
รูปที่ 5.18 แสดงการป้อนค่าเกนของภาระการรบกวน 229
รูปที่ 5.19 แสดงค่าแลมดาจากโปรแกรม 231
รูปที่ 5.20 แสดงค่า RIE จากโปรแกรม 232
รูปที่ 5.21 แสดงค่าเรียงลำดับค่า RIE และผลการอินเทอร์เซคกับลำดับค่าแลมดา 232
รูปที่ 5.22 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีการควบคุมความดัน 236
รูปที่ 5.23 แสดงฐานกฎของการเลือกวิธีการควบคุมรีบอยเลอร์ 241
รูปที่ 5.24 แสดงฐานกฎที่ใช้เลือกชนิดของรีบอยเลอร์ 245
รูปที่ 5.25 แสดงฐานกฎที่ใช้เลือกชนิดของเครื่องควบแน่น 247
รูปที่ 5.26 แสดงฐานกฎของการเลือกจุดวัดวิเคราะห์องค์ประกอบผลิตภัณฑ์ 249
รูปที่ 5.27 แสดงหน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม 261
รูปที่ 5.28 แสดงหน้าต่างโต้ตอบกับผู้ใช้ 262
รูปที่ 5.29 หน้าต่างแสดงเมนูผลของโปรแกรม 263
รูปที่ 5.30 หน้าต่างแสดงผลของวิธีการควบคุมความดัน 263

รูปที่ 5.31 หน้าต่างแสดงผลของวิธีการควบคุมรีบอยเลอร์ 264
รูปที่ 5.32 หน้าต่างแสดงผลชนิดเครื่องควบแน่น 264
รูปที่ 5.33 หน้าต่างแสดงผลชนิดรีบอยเลอร์ 265
รูปที่ 5.34 หน้าต่างแสดงผลคำแนะนำของการใช้ลูพควบคุม 265
รูปที่ 5.35 แสดงเมนูในกรณีเลือกหอกลั่นแยกเอธิลีน 269
รูปที่ 5.36 แสดงวิธีการควบคุมและชนิดอุปกรณ์ที่มีอยู่สำหรับหอกลั่นแยกเอธิลีน 269
รูปที่ 5.37 การป้อนค่าเกนรบกวนในโปรแกรม 276
รูปที่ 5.38 การป้อนค่าเวลาโฮลด์ดิ้งการรบกวนในโปรแกรม 276
รูปที่ 5.39 ผลจากการรันโปรแกรมจากค่าเกนทดลองของ Waller (1988) 277
รูปที่ 5.40 ผลสรุปจากการรันโปรแกรมจากค่าเกนทดลองของ Waller (1988) 277
รูปที่ 5.41 ผลการตอบสนองจากการรบกวนการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล
ของสารป้อนจากการทดลองของ Waller (1988) 279
รูปที่ 5.42 ผลการตอบสนองจากการรบกวนการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ
ของสารป้อนจากการทดลองของ Waller (1988) 279
รูปที่ 6.1 แสดงความเกี่ยวเนื่องของการเลือกวิธีควบคุมและชนิดอุปกรณ์ต่างๆ 282

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวแปรปรับที่ใช้ควบคุมองค์ประกอบผลิตภัณฑ์แบบเดี่ยว 8
ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบวิธีการควบคุมองค์ประกอบเดี่ยวแบบวิธีธรรมดา 25
ตารางที่ 2.3 แสดงวิธีการควบคุมองค์ประกอบแบบคู่ที่เป็นไปได้ 40
ตารางที่ 2.4 ความชันของเส้นโค้งปฏิบัติการ 42
ตารางที่ 2.5 ค่าเกนสัมพันธ์สำหรับคอลัมน์ตามรูปที่ 2.2 44
ตารางที่ 2.6 แสดงความว่องไวของตัวแปรปรับต่อการเปลี่ยนแปลงของ
ภาระการรบกวน 45
ตารางที่ 2.7 แสดงค่าของ RIE จากค่า RGA ในตารางที่ 2.4 52
ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบชนิดของรีบอยเลอร์ 131
ตารางที่ 3.1 แสดงวิธีการควบคุมระดับของเหลวเมื่อต้องการให้อัตราไหลคงที่ 182
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมแบบเดิมและระบบผู้เชี่ยวชาญ 205
ตารางที่ 5.1 ค่าเกนต่าง ๆ ในทรานเฟอร์ฟังก์ชันของกระบวนการและของการรบกวน
จากการทดลองของ Waller (1988) 275
ตารางที่ 5.2 ค่าเกนสัมพันธ์และค่าความว่องไวต่อตัวรบกวน
จากการทดลองของ Waller (1988) 275

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย