ระบบควบคุมการกลั่นแบบกำกับดูแลด้วยฟัซซีของหอกลั่นแยกสารสองชนิด

นายกฤติชัย ธาราธรรมาธิกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-332-029-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I18709692X

A FUZZY SUPERVISORY CONTROL SYSTEM OF A BINARY DISTILLATION COLUMN

Mr. Krittichai Tarathammatikorn

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1998

ISBN 974-332-029-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมการกลั่นแบบกำกับดูแลด้วยฟัซซีของหอกลั่นแยกสารสองชนิด
โดย	นาย กฤติชัย ธาราธรรมาธิกรณ์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. สุวลัย กลั่นความดี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวลัย กลั่นความดี)

..... กรรมการ
(คุณ วิบูลย์ ชูชีพชื่นกมล)

..... กรรมการ
(ดร. มานพ วงศ์สายสุวรรณ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

กฤติชัย ธาราธรรมาธิกรณ์ : ระบบควบคุมการกลั่นแบบกำกับดูแลด้วยฟัซซีของหอกลั่นแยกสารสองชนิด (A FUZZY SUPERVISORY CONTROL SYSTEM OF A BINARY DISTILLATION COLUMN) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สุวลัย กลั่นความดี , 85 หน้า. ISBN 974-332-029-6.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบควบคุมแบบกำกับดูแลด้วยฟัซซีสำหรับระบบหอกลั่นแยกสารสองชนิด เนื่องจากกระบวนการกลั่นแยกสารเป็นกระบวนการที่สำคัญมากอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรมโดยทั่วไป ทั้งยังเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูง และมีโอกาสเกิดความผิดพร่องจากสาเหตุต่างๆได้มาก ในการออกแบบระบบควบคุมในที่นี้จึงพิจารณาถึงแง่มุมต่างๆที่สำคัญได้แก่ การออกแบบและปรับจูนตัวควบคุมแบบกำกับดูแลด้วยฟัซซี การออกแบบระบบเฝ้าระวังความผิดพร่อง การติดต่อระหว่างโปรแกรมควบคุมกับผู้ปฏิบัติการ การติดต่อกับอุปกรณ์ตรวจวัด และการสั่งงานอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ผลการพิจารณาการออกแบบโดยคำนึงถึงสิ่งต่างๆเหล่านี้ จะทำให้ระบบควบคุมมีความน่าเชื่อถือได้ ผู้ปฏิบัติการสามารถใช้งานและดูแลกระบวนการได้โดยง่าย

ในส่วนของตัวควบคุมจะใช้ตัวควบคุมแบบพีไอที่กำกับดูแลด้วยฟัซซี นั่นคือตัวควบคุมแบบพีไอธรรมดาจะเป็นตัวควบคุมในวงรอบการควบคุมหลัก และมีตัวควบคุมแบบตรรกศาสตร์ฟัซซีกำกับดูแลระบบโดยการปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอในวงรอบหลัก ผลการควบคุมโดยการทดลองกับระบบหอกลั่นของห้องปฏิบัติการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบควบคุมที่ออกแบบขึ้นนี้สามารถใช้งานได้จริง และได้ผลการควบคุมเป็นที่น่าพอใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่อนิสิต กฤติชัย ธาราธรรมาธิกรณ์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4070526421 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD: FUZZY LOGIC / FUZZY SUPERVISORY CONTROL / DISTILLATION COLUMN /
KRITTICHAI TARATHAMMATIKORN : A FUZZY SUPERVISORY CONTROL SYSTEM OF A BINARY DISTILLATION COLUMN. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUVALAI GLANKWAMDEE, Ph.D. 85 pp. ISBN 974-332-029-6.

Fuzzy Supervisory Control System of a binary distillation column is studied in this thesis. Distillation process is one of the most important processes in many industries, however, it has complex behavior, high nonlinearity and may be affected by many sources of fault. So, we consider in many aspects of the control system design problem to achieve a reliable control system and the ease for plant operators to use and maintain the system. Some important design aspects to be addressed are the design and tuning of the Fuzzy Supervisory Controller (FSC), the fault monitoring system, the user interface and the instruments interface and control.

In the design of FSC, the well-known PI controllers are used as the main controllers with supervision from the FSCs. The FSCs monitor the situations of the system and use the predefined control laws to tune the parameters of the PI controllers. The real-time implementation shows satisfactory control results.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต กฤติชัย ธารธรรมวิกรณ์

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Suvalai Glankwamdee

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือของรองศาสตราจารย์ ดร.สุวลัย กลั่นความดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณาจารย์ในสาขาระบบควบคุมทุกท่าน ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สุธรรม วาณิชเสนี ประธานกรรมการ รวมทั้งกรรมการอีกสองท่านคือ อาจารย์ ดร.มานพ วงศ์สายสุวรรณ และ คุณวิบูลย์ ชูชีพชื่นกมล จากบริษัทปิโตรเคมีแห่งชาติ จำกัด ที่ได้ให้คำชี้แนะอันเป็นประโยชน์ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

เนื่องจากผู้วิจัยได้รับทุนการวิจัยจากโครงการศิษย์ก้นกุฏิของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จึงขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามา ณ ที่นี้ด้วย

ผู้วิจัยขอขอบคุณเพื่อนๆรุ่นพี่และรุ่นน้องในสาขาระบบควบคุมทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา เนื่องจากงานวิจัยนี้ต้องเกี่ยวข้องกับการกลั่นแยกแอลกอฮอล์จากน้ำโดยใช้อุปกรณ์หอกลั่นภายในห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม กลิ่นของแอลกอฮอล์จึงอาจรบกวนการทำงานของหลายๆท่านบ้าง ซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงได้ยาก จึงขอขอบคุณทุกท่านที่เสียสละและมีความอดทนขณะดำเนินการทดลองในงานวิจัย และขออภัยทุกท่านมา ณ ที่นี้

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และญาติผู้ใหญ่ของผู้วิจัยทุกท่าน ซึ่งให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2
จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 6
ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ 6
โครงสร้างของวิทยานิพนธ์ 7
2 การควบคุมที่กำกับดูแลด้วยฟัซซี 8
การออกแบบตัวควบคุมตรรกฟัซซีโดยวิธีลองผิดลองถูก 9
ระบบควบคุมตรรกฟัซซีสำหรับปรับจูนอัตราขยายของตัวควบคุมพีไอดี 10
แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของหอกลั่น 15
โครงสร้างของระบบควบคุม 16
ผลการจำลองระบบ 16
สรุป 18
3 ระบบควบคุมที่กำกับดูแลด้วยฟัซซีของหอกลั่นแยกสารสองชนิด 19
คุณลักษณะของหอกลั่นของห้องปฏิบัติการวิจัยฯ 19
ผลการศึกษาการควบคุมระบบ 25
สรุป 41
4 สรุปและข้อเสนอแนะ 42
รายการอ้างอิง 43

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก **หอกลั่นแยกสารสองชนิด** 46

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลักการกลั่นแยกสารผสม 47

ความดันไอและจุดเดือดของสาร 49

แผนภาพจุดเดือด 49

ความสามารถในการกลายเป็นไอสัมพัทธ์ 50

แผนภาพสมดุลไอ-ของเหลว 50

จำนวนชั้นของหอกลั่นและเส้นปฏิบัติการ 52

เส้นป้อนสาร 56

ปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกลั่น 57

ตัวแปรสำหรับการควบคุมความเข้มข้นสารผลิตภัณฑ์ 59

โครงสร้างของระบบควบคุม 60

สรุป 61

ข **ตรรกฟัซซีและการควบคุมตรรกฟัซซี** 62

ตรรกฟัซซี 62

ระบบควบคุมตรรกฟัซซี 64

ตัวควบคุมตรรกฟัซซี 64

ข้อดีของระบบควบคุมตรรกฟัซซี 66

ลักษณะงานที่เหมาะสมกับการควบคุมโดยตัวควบคุมตรรกฟัซซี 66

ลักษณะงานที่ไม่เหมาะสมกับการควบคุมโดยตัวควบคุมตรรกฟัซซี 67

ค **การออกแบบวงจรเชื่อมต่อในการควบคุมอัตราการป้อนกลับสารยอดหอ** 68

โครงสร้างของวงจรเชื่อมต่อที่สร้างขึ้น 75

การใช้งาน 76

รูปแสดงวงจรเชื่อมต่อที่ออกแบบ 78

ง **โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น** 79

ประวัติผู้เขียน 85

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลจุดทำงานที่กำหนดขึ้น 22
ตารางที่ 3.2 ค่าแปรปรวนของอุณหภูมิยอดหอ 40
ตารางที่ 3.3 ค่าแปรปรวนของอุณหภูมิฐานหอ 40

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบควบคุมที่จะสร้างขึ้น 6
รูปที่ 2.1 โครงสร้างการควบคุมแบบสองระดับ 8
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของตัวควบคุมแบบพีไอดีที่พารามิเตอร์ถูกปรับด้วยตัวควบคุมตรรกฟัซซี 11
รูปที่ 2.3 ตัวแปรเชิงภาษาของ $e(kh)$ และ $\Delta e(kh)$ 12
รูปที่ 2.4 ฟังก์ชันภาวะสมาชิกของ K_p' และ K_I' 13
รูปที่ 2.5 ฟังก์ชันภาวะสมาชิกของ α 13
รูปที่ 2.6 ผลตอบของกระบวนการโดยทั่วๆไปต่อสัญญาณเข้าแบบขั้น 13
รูปที่ 2.7 ฐานกฎฟัซซีสำหรับ K_p' 14
รูปที่ 2.8 ฐานกฎฟัซซีสำหรับ K_I' 14
รูปที่ 2.9 ฐานกฎฟัซซีสำหรับ α 14
รูปที่ 2.10 การรบกวนของ Feed Rate ที่ใช้ศึกษา 17
รูปที่ 2.11 ผลตอบส่วนเบี่ยงเบนอุณหภูมิยอดหอ 17
รูปที่ 2.12 ผลตอบอุณหภูมิฐานหอ 17
รูปที่ 2.13 อัตราการป้อนสารกลับยอดหอ 17
รูปที่ 2.14 อัตราการป้อนไอฐานหอ 17
รูปที่ 3.1 หอกลั่นแยกสารสองชนิดของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุมรุ่น Armfield UOP3CC 21
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ต่างๆของหอกลั่นแยกสารสองชนิดของห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุม 22
รูปที่ 3.3 แผนภาพจุดเดือดของสารผสมเอทานอลกับน้ำที่ความดัน 101 kPa 23
รูปที่ 3.4 แผนภาพสมดุลไอ-ของเหลวของสารผสมเอทานอลกับน้ำที่ความดัน 101 kPa 24
รูปที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่หม้อต้มซ้ำกับความดันตกคร่อมยอดหอ 24
รูปที่ 3.6 โครงสร้างการควบคุมหอกลั่นแบบ LV 25
รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันภาวะสมาชิกของตัวแปรเชิงภาษาต่างๆ (การทดลองที่ 1) 26
รูปที่ 3.8 ฐานกฎการควบคุมสำหรับตัวควบคุมตรรกฟัซซี (การทดลองที่ 1) 26
รูปที่ 3.9 ก.แผนภาพพื้นผิวของ K_p , ข. แผนภาพพื้นผิวของ K_I (การทดลองที่ 1) 27
รูปที่ 3.10 อุณหภูมิที่ชั้นยอดหอ (T1) และชั้นฐานหอ (T8) (การทดลองที่ 1) 27
รูปที่ 3.11 พลังงานที่จ่ายยังหม้อต้มซ้ำ (การทดลองที่ 1) 28
รูปที่ 3.12 อัตราป้อนสารกลับ (การทดลองที่ 1) 28
รูปที่ 3.13 ค่าพารามิเตอร์ K_p (การทดลองที่ 1) 28
รูปที่ 3.14 ค่าพารามิเตอร์ K_I (การทดลองที่ 1) 29

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.15 ค่าฟังก์ชันภาวะสมาชิกในส่วน IF-part ของกฎการควบคุมทั้ง 5 กฎ (การทดลองที่ 1) 29
รูปที่ 3.16 ฟังก์ชันภาวะสมาชิกของตัวแปรเชิงภาษาต่างๆ (การทดลองที่ 2) 30
รูปที่ 3.17 ฐานกฎการควบคุมสำหรับตัวควบคุมตรรกฟัซซี (การทดลองที่ 2) 30
รูปที่ 3.18 แผนภาพพื้นผิวของ K_p และ K_I (การทดลองที่ 2) 31
รูปที่ 3.19 อุณหภูมิที่ขั้นยอดหอ (T1) และขั้นฐานหอ (T8) (การทดลองที่ 2) 31
รูปที่ 3.20 พลังงานที่หม้อต้มซ้ำ (การทดลองที่ 2) 32
รูปที่ 3.21 อัตราป้อนสารกลับ (การทดลองที่ 2) 32
รูปที่ 3.22 ค่าพารามิเตอร์ K_p (การทดลองที่ 2) 32
รูปที่ 3.23 ค่าพารามิเตอร์ K_I (การทดลองที่ 2) 33
รูปที่ 3.24 ค่าฟังก์ชันภาวะสมาชิกในส่วน IF-part ของกฎการควบคุมทั้ง 5 กฎ (การทดลองที่ 2) 33
รูปที่ 3.25 อุณหภูมิที่ขั้นยอดหอ (T1) และขั้นฐานหอ (T8) (การทดลองที่ 3) 34
รูปที่ 3.26 พลังงานที่หม้อต้มซ้ำ (การทดลองที่ 3) 35
รูปที่ 3.27 อัตราป้อนสารกลับ (การทดลองที่ 3) 35
รูปที่ 3.28 อุณหภูมิที่ขั้นยอดหอ (T1) และขั้นฐานหอ (T8) (การทดลองที่ 4) 36
รูปที่ 3.29 พลังงานที่หม้อต้มซ้ำ (การทดลองที่ 4) 37
รูปที่ 3.30 อัตราป้อนสารกลับ (การทดลองที่ 4) 37
รูปที่ 3.31 ค่าพารามิเตอร์ K_p ของตัวควบคุมในวงรอบยอดหอ (การทดลองที่ 4) 37
รูปที่ 3.32 ค่าพารามิเตอร์ K_I ของตัวควบคุมในวงรอบยอดหอ (การทดลองที่ 4) 38
รูปที่ 3.33 ค่าพารามิเตอร์ K_p ของตัวควบคุมในวงรอบฐานหอ (การทดลองที่ 4) 38
รูปที่ 3.34 ค่าพารามิเตอร์ K_I ของตัวควบคุมในวงรอบฐานหอ (การทดลองที่ 4) 38
รูปที่ 3.35 ค่าฟังก์ชันภาวะสมาชิกในส่วน IF-part ของกฎการควบคุมทั้ง 5 กฎในวงรอบยอดหอ (การทดลองที่ 4) 39
รูปที่ 3.36 ค่าฟังก์ชันภาวะสมาชิกในส่วน IF-part ของกฎการควบคุมทั้ง 5 กฎในวงรอบฐานหอ (การทดลองที่ 4) 39
รูปที่ 3.37 ค่าแปรปรวนของอุณหภูมิยอดหอเปรียบเทียบทั้ง 4 การทดลอง 40
รูปที่ 3.38 ค่าแปรปรวนของอุณหภูมิฐานหอเปรียบเทียบทั้ง 4 การทดลอง 40
รูปที่ ก.1 พื้นฐานของการกลั่นแยกสาร 47
รูปที่ ก.2 การเคลื่อนที่ของไอและของเหลวภายในหอกลั่น 48
รูปที่ ก.3 อุปกรณ์พื้นฐานต่างๆที่สำคัญในกระบวนการกลั่น 48

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ก.4 แผนภาพจุดเดือดของสารผสมระหว่างสาร A และสาร B 50
รูปที่ ก.5 แผนภาพสมดุลไอ-ของเหลว 51
รูปที่ ก.6 แผนภาพสมดุลไอ-ของเหลวที่ไม่เป็นอุดมคติ 52
รูปที่ ก.7 แผนภาพสมดุลไอ-ของเหลวของสารผสมคงจุดเดือด 52
รูปที่ ก.8 การหา rectification section operating line 53
รูปที่ ก.9 การหา stripping section operating line 54
รูปที่ ก.10 องค์ประกอบของสารในเฟสไอและเฟสของเหลวในชั้นภายในหอกลั่น 55
รูปที่ ก.11 ตัวอย่างของตำแหน่งป้อนสารเข้า 56
รูปที่ ก.12 ลักษณะของเส้นป้อนสาร 56
รูปที่ ก.13 ผลของอัตราส่วนการป้อนสารกลับยอดหอต่อ rectification section operating line 57
รูปที่ ข.1 ตัวอย่างของโอเปอเรชัน and และ or ในตรรกฟัซซี 63
รูปที่ ข.2 โครงสร้างของตัวควบคุมตรรกฟัซซีโดยทั่วไป 65
รูปที่ ข.3 ตัวอย่างฐานกฎการควบคุม 66
รูปที่ ค.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ 68
รูปที่ ค.2 สัญญาณวัดและสัญญาณควบคุมในระบบ 69
รูปที่ ค.3 อุปกรณ์เชื่อมต่ออิเลคทรอนิคส์ 69
รูปที่ ค.4 การสั่งงานตัวแปรพลังงานความร้อนที่หม้อต้มซ้ำ 71
รูปที่ ค.5 แผนภาพขั้นตอนการป้องการการตัดการติดต่อ 71
รูปที่ ค.6 การสั่งงานตัวแปรความเร็วรอบมอเตอร์สูบสาร 72
รูปที่ ค.7 การสั่งงานตัวแปรการป้อนสารกลับยอดหอด้วยค่าอัตราส่วน a/b 72
รูปที่ ค.8 ตำแหน่งต่างๆของโซลินอยด์วาล์วในการป้อนสารกลับยอดหอ 72
รูปที่ ค.9 ขั้นตอนการอ่านค่าอุณหภูมิจากอุปกรณ์เชื่อมต่ออิเลคทรอนิคส์ 74
รูปที่ ค.10 แผนภาพโครงสร้างของวงจรเชื่อมต่อโดยคร่าวๆ 75
รูปที่ ค.11 แผนภาพทางเวลาแสดงการทำงานของรีเลย์เมื่อสัญญาณอ้างอิงมีค่า 128 76
รูปที่ ค.12 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณค่าอัตราส่วนป้อนสารกับอัตราส่วนป้อนสารกลับที่สั่งงานโดยวงจร 77
รูปที่ ค.13 วงจรสั่งงานการป้อนสารกลับยอดหอที่ออกแบบขึ้น 78
รูปที่ ง.1 โครงสร้างของโปรแกรมระบบควบคุมการกลั่นแยกสารที่พัฒนาขึ้น 79
รูปที่ ง.2 การป้อนรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่โปรแกรม 81

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ ง.3 หน้าจอหลักของโปรแกรม 81
รูปที่ ง.4 โมดูลการแสดงค่าสัญญาณต่างๆในระบบในรูปกราฟ 82
รูปที่ ง.5 การปรับจูนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมพีไอดีโดยผู้ปฏิบัติการ 82
รูปที่ ง.6 การออกแบบปรับจูนตัวควบคุมตรรกฟัซซี 83
รูปที่ ง.7 แผนภาพไวยากรณ์ของแต่ละกฎในฐานกฎการควบคุม 83
รูปที่ ง.8 การตั้งค่าสัญญาณควบคุมในการควบคุมแบบวงรอบเปิด 84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย