

ระบบควบคุมแบบพีชชีลอจิก



นาย วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-835-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FUZZY LOGIC CONTROL SYSTEM

Watcharaphan Prasertsith

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

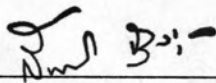
1995

ISBN 974-632-835-2

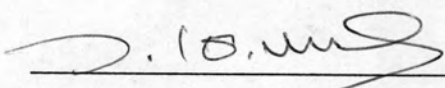
หัวข้อวิทยานิพนธ์ ระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิก
โดย นาย วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สุวลัย กลั่นความดี

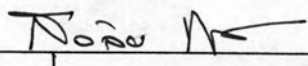


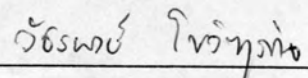
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาคตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ชุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วราภรณ์ เชาว์วิศิษฐ)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุวลัย กลั่นความดี)


กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วัชรพงษ์ ไชววิรุทกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์ : ระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิก (FUZZY LOGIC CONTROL SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สุวลัย กลั่นความดี, 85 หน้า. ISBN 974-632-835-2

การควบคุมฟัซซีเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการควบคุมกระบวนการ ซึ่งการออกแบบการควบคุมไม่จำเป็นต้องอาศัยแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่แม่นยำของกระบวนการ แต่เลียนแบบการตัดสินใจของมนุษย์ซึ่งมักอยู่ในรูปของกฎที่ไม่ชัดเจน ในงานวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาระบบควบคุมฟัซซีโดยได้พัฒนาโปรแกรมระบบควบคุมฟัซซีสำหรับกระบวนการขนาดเล็กทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ระบบดังกล่าวสามารถทำงานเป็นได้ทั้งตัวควบคุมพีไอดีหรือตัวควบคุมฟัซซี ผู้ใช้สามารถป้อนกฎการควบคุมสำหรับตัวควบคุมฟัซซีได้ในรูปของกฎถ้า-แล้วที่กำหนด ระบบที่พัฒนาขึ้นดังกล่าวนี้ถูกนำไปทดสอบกับกระบวนการเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในห้องปฏิบัติการ ซึ่งผลการควบคุมด้วยตัวควบคุมฟัซซีสามารถให้ผลตอบเชิงเวลาที่ดีกว่าตัวควบคุมพีไอดีได้

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา ระบบควบคุม
ปีการศึกษา 2538

ลายมือชื่อนิสิต วัชรพันธ์ ประเสริฐสิทธิ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา สุวลัย กลั่นความดี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา -

C515804 : MAJOR CONTROL SYSTEM

KEY WORD: CONTROL SYSTEM / FUZZY SET / FUZZY LOGIC

WATCHARAPHAN PRASERTSITH : FUZZY LOGIC CONTROL SYSTEM.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. SUVALAI GLANKWAMDEE, Ph.D. 85 pp.

ISBN 974-632-835-2

Fuzzy control is an alternative for controlling process. It does not require exact mathematical model in the design of control system but imitates human determination using imprecise control law. In this thesis, a computer program --running on a microcomputer-- is developed in order to study fuzzy control. This program serves as a control system, which is capable of being PID controllers or a fuzzy controller, for small processes. User can enter control law for a fuzzy controller in form of the predefined if-then form. Using this control system, the control of a laboratory scale heat-exchanger plant has been implemented. The resulted time responses of fuzzy control are better than those of PID control.

ภาควิชา.....วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขาวิชา.....ระบบควบคุม

ปีการศึกษา..... 2538

ลายมือชื่อนิติ..... วัฒนศิริ นงนุชพันธ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... โฉมใจ นงนุชพันธ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... -

กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร.สุวลัย กลั่นความดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการวิจัย ด้วยดีมาตลอด ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ได้แก่ รศ.ดร.วราภรณ์ เชาววิศิษฐ และ อ.ดร.วัชรพงษ์ โขวิฑูรกิจ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำต่างๆในงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆและน้องๆในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งนิสิตในสังกัด ห้องปฏิบัติการวิจัยระบบควบคุมทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือให้การทำวิทยานิพนธ์นี้ลุล่วงด้วยดี

ท้ายนี้ ผู้วิจัยต้องขอบคุณพี่น้องทุกคนที่บ้าน และกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา ซึ่งให้การสนับสนุนในด้านการเงิน ให้ความรักความห่วงใย และกำลังใจอย่างเต็มเปี่ยมแก่ผู้วิจัยเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ



หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฅ

บทที่

1. บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
จุดประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	3
ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	3
โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	4
2. ฟัชชีเซตและฟัชชีลอจิก.....	5
นิยามและคุณสมบัติเบื้องต้นของฟัชชีเซต.....	5
หลักการยี่ดุษย.....	7
การดำเนินการเชิงทฤษฎีเซต.....	8
ความสัมพันธ์ฟัชชีและผลประกอบ.....	11
ฟัชชีลอจิกและการใช้เหตุผลโดยประมาณ.....	15
ตัวแปรเชิงภาษา.....	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ประพจน์พืชจี.....	16
1. ตัวเชื่อมเชิงตรรก.....	17
2. นิเสธและคำขยายในประพจน์พืชจี.....	18
กฎพืชจี.....	19
1. กฎเงื่อนไขพืชจี.....	19
2. การแจกเหตุผลพืชจี.....	20
3. การรวมกลุ่มกฎพืชจี.....	20
การใช้เหตุผลพืชจี.....	21
1. กฎการอนุมานผลประกอบ.....	22
2. การแจกผลตามเหตุแบบทั่วไปและการแจกผลค้านเหตุแบบทั่วไป.....	22
3. การอนุมานฐานกฎพืชจี.....	24
การใช้เหตุผลโดยประมาณเชิงอุปมาน.....	27
3. ตัวควบคุมพืชจี.....	29
โครงสร้างพื้นฐานของตัวควบคุมพืชจี.....	29
1. พืชจีพีเคชันมอดูล.....	30
2. ฐานความรู้.....	30
3. เครื่องอนุมาน.....	31
4. ดีพืชจีพีเคชันมอดูล.....	31
ขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาระบบพืชจี.....	31
การกำหนดกฎ.....	33
การวิเคราะห์ระบบควบคุมพืชจี.....	34
1. การกระทำระหว่างกฎ.....	34
2. ความไม่ขัดแย้ง.....	35
3. ความสมบูรณ์.....	36
4. ความคงทน.....	37

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
พารามิเตอร์ในการออกแบบตัวควบคุมฟuzzy	37
1. ฟuzzyฟuzzyเคชัน	38
2. ฐานความรู้.....	38
3. เครื่องอนุมาน.....	40
4. ดีฟuzzyฟuzzyเคชัน	40
ระบบฟuzzyลอจิก.....	42
1. ระบบฟuzzyแบบของ Mamdani.....	42
2. ระบบฟuzzyแบบของ Tsukamoto	43
3. ระบบฟuzzyแบบของ Sugeno	44
4. ฟuzzyฟังก์ชันพื้นฐานฟuzzy	44
5. ระบบฟuzzyลอจิกแบบบวก	45
ระบบฟuzzyเป็นการประมาณฟังก์ชันสากล.....	46
4. ระบบควบคุมที่พัฒนา.....	49
องค์ประกอบที่สำคัญที่ใช้ในระบบควบคุมฟuzzyที่ใช้	50
1. อุปกรณ์วัดคุมประเภทตัวควบคุมฟuzzyไอดี	50
2. อุปกรณ์วัดคุมประเภทอุปกรณ์แสดงค่ากระบวนการ	51
3. หน่วยการประมวลการควบคุมฟuzzy	52
ลักษณะสมบัติของระบบควบคุมฟuzzyที่ใช้ในงานวิจัย.....	53
ขีดจำกัดของระบบควบคุมฟuzzyที่พัฒนา	54
5. การควบคุมเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	56
ลักษณะสมบัติของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	56
จุดมุ่งหมายของการควบคุม.....	58
การออกแบบระบบควบคุมฟuzzy.....	58
1. การกำหนดตัวแปรฟuzzyและค่าการเป็นสมาชิก	58
2. การกำหนดกฎการควบคุมฟuzzy.....	60

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
การทดลองการควบคุมกระบวนการ	64
1. ผลการรบกวนค่าตั้งแบบขั้น	64
2. ผลการรบกวนภาระแบบขั้น	65
3. ผลการรบกวนค่าตั้งแบบไซน์	65
6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	71
สรุปผลการทำวิทยานิพนธ์	71
1. ข้อดีของการควบคุมพีชชี	71
2. ข้อด้อยของการควบคุมพีชชี	71
ข้อเสนอแนะ	72
รายการอ้างอิง.....	73
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ตัวควบคุมพีไอดีเชิงเลข	77
ภาคผนวก ข. วิธีใช้โปรแกรมโดยย่อ	79
ประวัติผู้เขียน.....	85

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวดำเนินการที่นิยมใช้สำหรับตัวเชื่อมเชิงตรรก.....	18
ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของการแจกแจงเหตุผลในแบบดั้งเดิม.....	19
ตารางที่ 2.3 ตารางความจริงสำหรับการแจกแจงผลตามเหตุ.....	23
ตารางที่ 2.4 ตารางความจริงสำหรับการแจกแจงผลค้านเหตุ.....	23
ตารางที่ 5.1 กฎการควบคุมครั้งที่ 1.....	62
ตารางที่ 5.2 กฎการควบคุมพีชชีแบบคล้ายพีไอ.....	63
ตารางที่ 5.3 ตัวอย่างกฎการควบคุมพีชชีที่ใช้ในงานวิจัยนี้.....	64

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเซตแบบเคิมและฟัซซีเซต	6
รูปที่ 2.2 ัฟพอร์ด แกน และความสูงของฟัซซีเซต	6
รูปที่ 2.3 เซตนูนฟัซซี	7
รูปที่ 2.4 การดำเนินการคอมพลิเมนต์ ผลผนวก และผลตัด	9
รูปที่ 2.5 โพรเจกชันจาก $R_1(u_1, u_2, u_3)$ ไปบน $R_2(u_1, u_3)$	12
รูปที่ 2.6 การยืดขยายทรงกระบอกจาก $R_1(u_1, u_2)$ ไปเป็น $R_2(u_1, u_2, u_3)$	12
รูปที่ 2.7 การดำเนินการผลประกอบ	14
รูปที่ 2.8 ตัวแปรเชิงภาษา “อุณหภูมิ”	16
รูปที่ 2.9 การอนุมานผลประกอบ sup-min โดยความสัมพันธ์ R_c และอินพุตเป็นฟัซซีเซต	26
รูปที่ 2.10 การอนุมานผลประกอบ sup-min โดยความสัมพันธ์ R_p และอินพุตเป็นฟัซซีเซต	26
รูปที่ 2.11 การอนุมานผลประกอบ sup-min โดยความสัมพันธ์ R_c และอินพุตเป็นเซต โทนฟัซซี	27
รูปที่ 2.12 การอนุมานผลประกอบ sup-min โดยความสัมพันธ์ R_p และอินพุตเป็นเซต โทนฟัซซี	27
รูปที่ 3.1 โครงสร้างพื้นฐานของตัวควบคุมฟัซซี	30
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการพัฒนาระบบควบคุมฟัซซี	32
รูปที่ 3.3 ดีฟัซซีฟิเคชันด้วยวิธีจุดศูนย์ถ่วง	41
รูปที่ 3.4 ดีฟัซซีฟิเคชันด้วยวิธีความสูง	42
รูปที่ 3.5 การใช้เหตุผลฟัซซีแบบของ Tsukamoto	43
รูปที่ 3.6 ระบบฟัซซีซอกิกแบบบวก	45
รูปที่ 3.7 การปกคลุมกราฟของฟังก์ชันด้วยบริเวณย่อยฟัซซี	47
รูปที่ 3.8 กฎฟัซซีเป็นบริเวณย่อยฟัซซีในปริภูมิอินพุต-เอาต์พุต	48
รูปที่ 4.1 โครงสร้างของระบบควบคุมฟัซซีที่ใช้	49
รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงฟังก์ชันการทำงานของตัวควบคุมพีไอดี	50
รูปที่ 4.3 แผนภาพแสดงฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์แสดงค่ากระบวนการ	52
รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงฟังก์ชันการทำงานของหน่วยการควบคุมฟัซซี	50
รูปที่ 4.5 ระบบควบคุมแบบฟัซซี	54

สารบัญภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.6 แสดงพารามิเตอร์ที่ใช้กำหนดฟังก์ชันการเป็นสมาชิก.....	55
รูปที่ 5.1 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในการทดลอง	57
รูปที่ 5.2 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรฟuzzy ERR (โวลต์).....	59
รูปที่ 5.3 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรฟuzzy CERR (โวลต์/การชักตัวอย่าง).....	59
รูปที่ 5.4 ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของตัวแปรฟuzzy CU(%).....	60
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างลักษณะผลตอบจากการควบคุม	60
รูปที่ 5.6 ผลตอบการควบคุมเมื่อเปลี่ยนค่าตั้งแบบขั้นขนาดเล็ก.....	66
รูปที่ 5.7 ผลตอบการควบคุมเมื่อเปลี่ยนค่าตั้งแบบขั้นขนาดใหญ่.....	67
รูปที่ 5.8 ผลตอบการควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนภาวะ	68
รูปที่ 5.9 ผลตอบการควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนค่าตั้งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่ 0.1 Hz	69
รูปที่ 5.10 ผลตอบการควบคุมเมื่อมีการเปลี่ยนค่าตั้งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่ 1.0 Hz	70