

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 คำจำกัดความ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 กระบวนการควบคุมระดับน้ำ	4
2.2 ทฤษฎีฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic Theory)	7
2.3 ทฤษฎีการควบคุมแบบฟัซซี	7
2.4 เซนเซอร์ความดันแบบแผ่นไดอะแฟรม	33
2.5 แลปวิว	34
2.6 ฟีดแบ็กเบิ้ลยูเอ็ม	37
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานของโครงการ	41
3.1 รายละเอียดอุปกรณ์และส่วนประกอบของกระบวนการ	44
3.2 การเขียนโปรแกรม	51
บทที่ 4 ผลการทดลอง	70
4.1 หน้าต่างของโปรแกรมการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี	70
4.2 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปเปิด (Open Loop)	71
4.3 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด (ON-OFF)	72

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Controller)	73
4.5 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี	75
4.6 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลูปเปิด	76
4.7 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	77
4.8 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี่	78
4.9 ผลการทดลองการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี	80
4.10 เปรียบเทียบค่าการตอบสนองของระบบด้วยการใช้ตัวควบคุมแบบต่างๆ	83
4.11 การวิเคราะห์คุณภาพของชุดสาธิต	84
บทที่ 5 สรุปปัญหาและข้อเสนอแนะ	87
5.1 สรุปผลของโครงงาน	87
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	87
5.3 ข้อเสนอแนะ	87
บรรณานุกรม	88
ภาคผนวก ก ลายวงจรไฟฟ้าและ PCB	90
ภาคผนวก ข โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์	92
ภาคผนวก ค โปรแกรมแลปวิว	96
ภาคผนวก ง คู่มือใช้งานชุดสาธิต	99
ภาคผนวก จ	114
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	116
แบบประเมินชุดสาธิต	117
คะแนนประเมินคุณภาพของชุดสาธิต	121
ผลการวิเคราะห์คะแนน แบบประเมินคุณภาพ	136

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 การดีฟัซซิฟิเคชันของระบบควบคุมระดับน้ำในถัง	27
ตารางที่ 2.2 แสดงการหาค่าอัตราขยาย (Gain) ต่างๆ โดยใช้วิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ (Ziegler-Nichols)	32
ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาการทำไครงาน	68
ตารางที่ 3.2 แสดงระยะเวลาการทำไครงาน (ต่อ)	69
ตารางที่ 4.1 แสดงการหาค่าอัตราขยาย ต่างๆ โดยใช้วิธีซีเกลอร์-นิโคลส์ แบบปฏิกิริยาของกระบวนการ	81
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบผลการตอบสนองของเวลาการควบคุมระดับน้ำแบบ 1 ถึง	83
ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบผลการตอบสนองของเวลาการควบคุมระดับน้ำแบบ 2 ถึง	83
ตารางที่ 4.4 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบประเมินคุณภาพของชุดสาริต	85
ตารางที่ 4.5 สรุปคุณภาพของชุดสาริต	86

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 กระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ 1 ถึง	4
รูปที่ 2.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ 2 ถึง	4
รูปที่ 2.3 แบบจำลองกระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ 1 ถึง	5
รูปที่ 2.4 แบบจำลองกระบวนการควบคุมระดับน้ำแบบ 2 ถึง	6
รูปที่ 2.5 ตรรกะแบบจริงเท็จ (บูลีนลอจิก) และตรรกะแบบฟัซซี (ฟัซซีลอจิก)	8
รูปที่ 2.6 ความไม่แน่นอน (Uncertainly)	9
รูปที่ 2.7 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน	10
รูปที่ 2.8 การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี	11
รูปที่ 2.9 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตแบบวิยุต	12
รูปที่ 2.10 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตฟัซซีแบบต่อเนื่อง A	12
รูปที่ 2.11 ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B	13
รูปที่ 2.12 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ B	13
รูปที่ 2.13 คอมพลิเมนต์ของฟัซซีเซต A	14
รูปที่ 2.14 ฟังก์ชันเกาส์เซียน	15
รูปที่ 2.15 กราฟของฟังก์ชันระฆังคว่ำ	16
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างปริภูมิรูปแบบการจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี	17
รูปที่ 2.17 ขั้นตอนการประมวลผลแบบฟัซซี	18
รูปที่ 2.18 ขั้นตอนที่ 1 ของการประมวลผลแบบฟัซซี	18
รูปที่ 2.19 ขั้นตอนที่ 2 ของการประมวลผลแบบฟัซซี	19
รูปที่ 2.20 การอนุมาน	19
รูปที่ 2.21 ขั้นตอนที่ 3 ของการประมวลผลแบบฟัซซี	20
รูปที่ 2.22 กระบวนการที่ใช้กฎควบคุมการตัดสินใจ	20
รูปที่ 2.23 การประมวลผลด้วยวิธีหาค่าสูงสุด-ต่ำสุด	21
รูปที่ 2.24 ขั้นตอนที่ 4 ของการประมวลผลแบบฟัซซี	21
รูปที่ 2.25 การดีฟัซซิฟิเคชันโดยการหาค่าระดับการเป็นสมาชิกสูงสุด	22
รูปที่ 2.26 การดีฟัซซิฟิเคชันโดยการหาค่ากลางสูงสุด	22

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.27 การดีพีซีพีเคชันโดยการหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก	23
รูปที่ 2.28 การดีพีซีพีเคชันโดยการหาค่าจุดศูนย์กลางของพื้นที่	25
รูปที่ 2.29 แผนผังการควบคุมระดับของน้ำในถัง	24
รูปที่ 2.30 แผนภาพบล็อกการควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีซีซี	24
รูปที่ 2.31 เทอมเซตของตัวแปรอินพุต (ก) ค่าผิดพลาด และ (ข) ค่าผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง	25
รูปที่ 2.32 เมตริกซ์ FAM ของระบบควบคุมระดับน้ำในถัง	26
รูปที่ 2.33 การทำพีซีพีเคชันของระบบควบคุมระดับน้ำในถัง	26
รูปที่ 2.34 การอนุมานของระบบควบคุมระดับน้ำในถัง	27
รูปที่ 2.35 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่า Kp ของระบบ (โดยที่ค่า Ki และ Kd คงที่)	29
รูปที่ 2.36 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่า Ki ของระบบ (โดยที่ค่า Kp และ Kd คงที่)	30
รูปที่ 2.37 แสดงผลของการเปลี่ยนแปลงค่า Kd ของระบบ (โดยที่ค่า Kp และ Ki คงที่)	31
รูปที่ 2.38 แสดงแผนภาพบล็อกของตัวควบคุมแบบฟuzzy	31
รูปที่ 2.39 แสดงค่าตัวแปรต่างๆที่ได้จากการตอบสนองของกระบวนการ	33
รูปที่ 2.40 แผ่นไดอะแฟรม	34
รูปที่ 2.41 การต่อแผ่นไดอะแฟรมขนานกับแผ่นเพลตตัวนำ เพื่อใช้งานเป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า	34
รูปที่ 2.42 แสดงลักษณะของ Front Panel	36
รูปที่ 2.43 แสดงลักษณะของแผนภาพบล็อก	37
รูปที่ 2.44 แสดงลักษณะของไอคอนและตัวต่อ	38
รูปที่ 2.45 แสดงสัญญาณพีคบนเบสไลน์	38
รูปที่ 2.46 แสดงความสัมพันธ์ของ % วัฏจักรหน้าที่กับแรงดันเฉลี่ย	39
รูปที่ 2.47 วงจรใช้งานของ PIC18F4550	41
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	42
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)	43
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)	44
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน(ต่อ)	45
รูปที่ 3.2 ชุดบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ PIC18F4550	46

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.3 กล่องใส่บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์	47
รูปที่ 3.4 มอเตอร์ปั๊มขนาด 24 โวลต์ มีอัตราการไหล 7 ลิตร/นาที	48
รูปที่ 3.5 วาล์วน้ำ	48
รูปที่ 3.6 เซนเซอร์	49
รูปที่ 3.7 ถังน้ำกว้าง 10 ซม. ยาว 10 ซม. และความสูง 30 ซม.	49
รูปที่ 3.8 ถังเก็บน้ำ กว้าง 30 ซม. ยาว 50 ซม. และความสูง 35 ซม.	50
รูปที่ 3.9 กว้าง 70 ซม. ยาว 70 ซม. และสูง 60 ซม.	50
รูปที่ 3.10 โปรแกรม CCS	51
รูปที่ 3.11 บอร์ดที่ใช้ในการเบิร์น โปรแกรม	51
รูปที่ 3.12 โปรแกรมแลปวิวเวอร์ชัน 8	52
รูปที่ 3.13 สัญญาณ พัดลมเบิ้ลยูเอ็มที่วัฏจักรหน้าที่ 20%	54
รูปที่ 3.14 สัญญาณ พัดลมเบิ้ลยูเอ็มที่วัฏจักรหน้าที่ 50%	54
รูปที่ 3.15 แสดงการต่อ VISA เพื่อติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	55
รูปที่ 3.16 ไดรฟ์เวอร์ NI-VISA 4.6.2	55
รูปที่ 3.17 เครื่องมือ VISA	56
รูปที่ 3.18 การต่อใช้งานตัวควบคุมแบบพีซี	56
รูปที่ 3.19 เครื่องมือตัวควบคุมพีซี	57
รูปที่ 3.20 การต่อใช้งานตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	57
รูปที่ 3.21 เครื่องมือ Comparison	57
รูปที่ 3.22 แสดงการปรับค่าระดับน้ำเพื่อแสดงทางหน้าจอ	58
รูปที่ 3.23 แสดงหน้าต่างการสร้างกฎของพีซี	59
รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุต (E)	60
รูปที่ 3.25 แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุต (CE)	60
รูปที่ 3.26 แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุต (out)	61
รูปที่ 3.27 แสดงลักษณะการตั้งกฎของพีซีแบบ 3 สมาชิก	61

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.28	แสดงการเลือกเทอมกลางของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	62
รูปที่ 3.29	แสดงผลลัพธ์หลังจากเพิ่มจำนวนเทอมตัวแรกของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	63
รูปที่ 3.30	แสดงการเลือกเทอมกลางของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	63
รูปที่ 3.31	แสดงผลลัพธ์หลังจากเพิ่มจำนวนเทอมตัวที่สองของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก	64
รูปที่ 3.32	แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุต (E)	64
รูปที่ 3.33	แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุต (CE)	65
รูปที่ 3.34	แสดงลักษณะฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรเอาต์พุต (out)	65
รูปที่ 3.35	แสดงลักษณะการตั้งกฎของฟัซซีแบบ 5 สมาชิก	66
รูปที่ 3.36	การต่อใช้งานตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	66
รูปที่ 3.37	เครื่องมือ Comparison	67
รูปที่ 3.38	แสดงการปรับค่าระดับน้ำเพื่อแสดงทางหน้าจอ	67
รูปที่ 4.1	หน้าต่างควบคุมระดับน้ำโดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซีและแบบเปิด-ปิด	71
รูปที่ 4.2	แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปเปิด	72
รูปที่ 4.3	แสดงผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบ	73
รูปที่ 4.4	แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบเปิด-ปิด	73
รูปที่ 4.5	ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบเปิด-ปิด	74
รูปที่ 4.6	แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบฟัซซี	74
รูปที่ 4.7	ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบฟัซซี (จำนวนสมาชิก 3 ตัว)	75
รูปที่ 4.8	ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบฟัซซี (จำนวนสมาชิก 5 ตัว)	75
รูปที่ 4.9	แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลูปปิดโดยใช้ตัวควบคุม แบบพีไอดี	76

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ($K_p = 80$)	76
รูปที่ 4.11 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 1 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ($K_p = 10,000$)	77
รูปที่ 4.12 แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปเปิด	77
รูปที่ 4.13 แสดงผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิด	78
รูปที่ 4.14 แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	78
รูปที่ 4.15 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบเปิด-ปิด	79
รูปที่ 4.16 แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีซี	79
รูปที่ 4.17 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีซี (จำนวนสมาชิก 3 ตัว)	80
รูปที่ 4.18 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีซี (จำนวนสมาชิก 5 ตัว)	80
รูปที่ 4.19 แผนภาพบล็อกของการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี	81
รูปที่ 4.20 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ($K_p = 80$)	82
รูปที่ 4.21 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี($K_p = 10,000$)	83
รูปที่ 4.22 ผลการตอบสนองของระบบการควบคุมระดับน้ำ 2 ถึงแบบลููปปิดโดยใช้ตัวควบคุมแบบพีไอดี ($K_p = 5.83$, $K_i = 0.25$, $K_d = 1$)	83