# บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

จากทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้









ขั้นตอนในการดำเนินงาน และสามารถแบ่งขั้นตอนต่างๆได้ดังนี้

- 3.1 ศึกษาข้อมูล
- 3.2 ออกแบบวงจรกำลัง (Power circuit) และจำลอง Mechanical model
- 3.3 ส่วนประกอบของโครงสร้าง
- 3.4 ต่อวงจรกำลังและทดลอง
- 3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมและทดลอง
  - 3.5.1 ควบคุมแบบพีไอดี(PID Controller)
  - 3.5.2 ควบคุมแบบฟัซซี(Fuzzy Controller)
  - 3.5.3 ควบคุมแบบไฮบริดพีซซีพีไอดี(Hybrid Fuzzy PID Controller)
  - 3.5.4 ควบคุมแบบพี่ไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี(Fuzzy self-tuning PID Controller)
  - 3.5.5 ควบคุมแบบ ไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี(A Hybrid of Fuzzy

and Fuzzy self-tuning PID Controller)

- 3.6 ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดลองพร้อมบันทึกผล
- 3.7 จัดทำปริญญานิพนธ์

#### 3.1 ศึกษาข้อมูล

- 3.1.1 ทฤษฎีการควบคุมไฮดรอลิคไฟฟ้า
- 3.1.2 กระบอกสูบทำงานสองทาง (Double acting Cylinder)
- 3.1.4 วาล์วควบคุมทิศทางแบบ 4/3 ตำแหน่งปิด
- 3.1.5 อุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback Device)
- 3.1.6 ชุดขับวาล์ว (Valve Drive)
- 3.1.7 ทฤษฎีการควบคุมด้วย (PID Controller)
- 3.1.8 ทฤษฎีการควบคุมด้วย (Fuzzy Controller)
- 3.1.9 ทฤษฎีการควบคุมด้วย (Hybrid Fuzzy PID controller)
- 3.1.10 ทฤษฎีการควบคุมด้วย (Fuzzy self-tuning PID controller)
- 3.1.11 ทฤษฎีการควบคุมด้วย (A hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID controller)
- 3.1.12 Mechanical model ของระบบ Servo-Hydraulic
- 3.1.13 หลักการทำงานของลิเนียโพเทนซิโอมิเตอร์ (Linear Potentiometer)
- 3.1.14 การรับส่งข้อมูลด้วย DAQ NI6221 (68 Pin)
- 3.1.15 การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยพีไอดีในแลปวิว
- 3.1.16 การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยพีซซีในแลปวิว

 3.2 ออกแบบวงจรกำลัง(Power circuit) และจำลอง Mechanical model ของระบบ Servo-Hydraulic



ภาพที่ 3.1 วงจรกำลังที่ใช้ในระบบไฮดรอลิค

Mechanical model ของระบบ Servo-Hydraulic ได้นำMechanical model ของงานวิจัย เรื่อง The Adaptive Position Control of an Electro Hydraulic Servo Cylinder ของ Ming-Chang SHIH and Yih-Ran SHEU จากประเทศไต้หวันซึ่งมีลักษณะวงจรกำลังคล้ายกับ ระบบไฮดรอลิคที่มีอยู่



**ภาพที่ 3.2** วงจรกำลังที่ใช้ในระบบ The Adaptive Position Control of an Electro Hydraulic Servo Cylinder

มีฟังก์ชันถ่ายโอน(Transfer Function) ของระบบดังนี้ T<sub>s</sub> = <u>502</u> เมื่อได้สมการ Math s<sup>2</sup> +125s model แล้วจากนั้นนำสมการนี้ไป จำลอง(Simulation) ในโปรแกรม LabVIEW 2010

3.2.1 ทดสอบใช้ฟังก์ชันถ่ายโอน T<sub>s</sub> = <u>502</u> ในโปรแกรมแลปวิว(LabVIEW Program) s<sup>2</sup> +125s

Polymorphic instance SISO Parameters	<ul> <li>Feedth</li> <li>Indired</li> </ul>	rough :t 💌	Parameter Parameter Configura	e <b>r Inform</b> r source ation Dialo	ation og Box	•			
Parameter Name	Value	•	⊉ 🖶	ē 🔒					
∎ reset?	False		Model	Dimensio Inputs	ns v		Output 1	5	
						-			
< III Preview		<b>v</b>	Current Ir 0 Current C 0 Numerate	onput Dutput		Input-	Output N	lodel	
< III Preview		+	Current Ir 0 Current C 0 Numerato b0	Dutput	b2	Input-	Output M	b5	Ьб
< III Preview		-	Current Ir 0 Current C 0 Numerato b0 502	oput Output or b1	b2	b3	Output N	b5	b6
< Preview	502	-	Current Ir 0 Current C 0 Numerate 502 < III	nput Dutput or b1	b2	b3	b4	b5	b6
$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s^2}$	502 + 125s	F F	Current Ir 0 Current C 0 Numerate b0 502 < III Denomin	nput	b2	b3	b4	b5	b6
$H(s) = \frac{s}{s^2 + s^2}$	502 + 125s	-	Current Ir 0 Current C 0 Numerate b0 502 < III Denomin a0 	Dutput	b2 a2	b3 a3	b4	b5 a5	b6 ► a6

ภาพที่ 3.3 การใช้ฟังก์ชันถ่ายโอนในโปรแกรมLabVIEW





ภาพที่ 3.4 Source code simulation ระบบควบคุมแบบพีไอดี



Setpoint Simulation Transfer function by PID Controller for Electro Hydraulic System

ภาพที่ 3.5 หน้าจอระบบควบคุมแบบพีไอดีแสดงกราฟการตอบสนองของระบบ

ในการทดลองนี้ควบคุมตำแหน่งที่ 150 เราสามารถปรับค่าเกณฑ์ของพีไอดีได้ตามต้องการ ได้ ทำการปรับค่าเกณฑ์(K<sub>p</sub>) = 10, ค่าเกณฑ์ (K<sub>i</sub>) = 0.01 และค่าเกณฑ์ (K<sub>d</sub>) = 0.000001 ทำให้ได้ รูปกราฟดังรูป 3.5



ภาพที่ 3.6 Source code simulation ระบบควบคุมแบบฟัซซี



ภาพที่ 3.7 หน้าจอระบบควบคุมแบบฟัซซีแสดงกราฟการตอบสนองของระบบ

ในการทดลองนี้ควบคุมตำแหน่งที่ 150 ใช้ Membership Function 3x3 มีกฎฟัชซี 9 กฎ







Simulation Transfer function by Hybrid Fuzzy PID Controller for Electro Hydraulic System

ภาพที่ 3.9 หน้าจอระบบควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี แสดงกราฟการตอบสนองของระบบ

ในการทดลองนี้ควบคุมตำแหน่งที่ 150 ใช้ตัวควบคุมFuzzy Rule 9 Rule มี Membership Function 3x3 และตัวควบคุมแบบ PID ปรับค่าเกณฑ์(K<sub>p</sub>) = 10, ค่าเกณฑ์ (K<sub>i</sub>) = 0.01 และค่าเกณฑ์ (K<sub>d</sub>) = 0.000001

3.2.5 การทดสอบฟังก์ชันถ่ายโอน T<sub>s</sub> = <u>502</u> ด้วยระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วย s<sup>2</sup> +125s ฟัซซี(Fuzzy self-tuning PID)







ภาพที่ 3.11 หน้าจอระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีแสดงกราฟการตอบสนอง

ในการทดลองนี้ควบคุมตำแหน่งที่ 150 ใช้ตัวควบคุมแบบ Fuzzy self-tuning PID โดยมี Fuzzy Rule 9 Rule มี Membership Function 3x3 และตัวควบคุมแบบ PID ปรับค่าเกณฑ์ (K<sub>p</sub>) = 9.99865, ค่าเกณฑ์ (K<sub>i</sub>) = 0 และค่าเกณฑ์ (K<sub>d</sub>) = 0.000249931 โดยจะใช้ตัวควบคุมแบบ Fuzzy ปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมแบบ PID

3.2.6 การทดสอบ ฟังก์ชันถ่ายโอน T<sub>s</sub> = <u>502</u> ด้วยระบบควบคุมแบบไฮบริดแบบฟัซซี s<sup>2</sup> +125s และพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี( A hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID)



ภาพที่ 3.12 Source code simulation ระบบควบคุมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



**ภาพที่ 3.13** หน้าจอระบบควบคุมแบบ ไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี แสดงกราฟการตอบสนองของระบบ

ในการทดลองนี้ควบคุมตำแหน่งที่ 150 ใช้ตัวควบคุมแบบ พีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีโดยมีกฎ ฟัซซี 9 กฎ มี Membership Function 3x3 สองชุด และตัวควบคุมแบบพีไอดี ปรับค่าเกณฑ์ (K<sub>p</sub>) = 9.2272 , ค่าเกณฑ์ (K<sub>i</sub>) = 0 และค่าเกณฑ์ (K<sub>d</sub>) = 0.0002085โดยจะใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี ปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมแบบพีไอดี

#### 3.3 ส่วนประกอบของโครงสร้าง

ในส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware) ได้จัดหาอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในระบบดังนี้



ภาพที่ 3.14 กระบอกสูบทำงานสองทาง(Double acting cylinder)



ภาพที่ 3.15 Linear Potentiometer sensor



ภาพที่ 3.16 เซอร์โววาร์วแบบ4/3(4/3 Servo valve)



**ภาพที่ 3.17** Filter



ภาพที่ 3.18 Hydraulic Power Unit



**ภาพที่ 3.19** NI PCI 6221







ภาพที่ 3.21 Amplifier for potentiometer sensor



ภาพที่ 3.22 Power Supply ±24V

#### 3.4 ต่อวงจรกำลังและทดลอง

หลังจากที่ได้จัดหาอุปกรณ์ครบแล้วก็ได้ทดลองต่อระบบควบคุมดังรูปที่3.23



ภาพที่ 3.23 ทดลองต่อระบบควบคุมไฮดรอลิค(Hydraulic)

3.4.1 ทดสอบสัญญาณเอาต์พุต(Output)ของ Linear Potentiometer Sensor ได้ทำการ ทดลองป้อนไฟให้ Linear Potentiometer Sensor จะใช้แรงดันไฟDC 0-24 โวลท์โดยที่ต่อปลาย ของเซนเซอร์ยึดติดกับปลายของกระบอกสูบเมื่อสั่งงานผ่านโปรแกรมแลปวิว 2010 เพื่อให้กระบอก สูบและ Linear Potentiometer Sensor เคลื่อนที่ออกสุดได้แรงดัน 174.5 mV



**ภาพที่ 3.24** Linear Potentiometer Sensor เคลื่อนที่ออกสุดวัดแรงดันได้ 174.5 mV



เมื่อสั่งให้ Linear Potentiometer Sensor เลื่อนเข้าสุดได้แรงดัน 10.22 V

ภาพที่ 3.25 Linear Potentiometer Sensor เคลื่อนที่เข้าสุดวัดแรงดันได้ 10.22 V

จากผลการทดลองทำให้ทราบว่าสัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์เป็นสัญญาณอนาล็อกมีค่าประมาณ 0-10Vต้องเขียนโปรแกรมกลับค่าแรงดันของเซนเซอร์คือเมื่อกระบอกสูบเลื่อนออกสุดให้แรงมีค่า เท่ากับ 10 V และเมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่เข้าสุดให้แรงดันมีค่า 0 V โดยเอาค่าที่วัดได้ไปเป็น ค่าชดเชยในโปรแกรมเพื่อให้ได้แรงดันที่คงที่

2.4.2 เชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับโปรแกรมแลปวิว



**ภาพที่ 3.26** การเชื่อมต่ออุปกรณ์เข้ากับโปรแกรมแลปวิว

## 3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมและทดลอง

3.5.1 ทดลองควบคุมแบบพีไอดี



3.5.1.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี



**ภาพที่ 3.27** บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 3.28 โฟลว์ชาร์ตของระบบควบคุมแบบพีไอดี



3.5.1.3 เขียนโปรแกรมควบคุมแบบพีไอดี กับระบบจริง

ภาพที่ 3.29 โปรแกรมควบคุมแบบพีไอดี



ภาพที่ 3.30 หน้าจอระบบควบคุมแบบพีไอดี

จากการทดลองใช้เซ็นเซอร์Linear Potentiometer Sensor เป็นอุปกรณ์ป้อนกลับ (Feedback)เมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกสุดได้แรงดันเท่ากับ 0.325 โวลต์ และกระบอกสูบเคลื่อนที่ ออกสุดได้แรงดันเท่ากับ 10.22 โวลต์ แต่เราต้องการให้มีแรงดันอยู่ในช่วง 0-10 โวลต์ ต้องเขียน โปรแกรม Map ค่าให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ

3.5.2 ทดลองควบคุมแบบฟัซซี



3.5.2.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบฟัซซี



**ภาพที่ 3.31** บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบฟัซซี

## 3.5.2.2 โฟลว์ชาร์ต ของระบบควบคุมแบบฟัซซี



**ภาพที่ 3.32** โฟลว์ชาร์ต ของระบบควบคุมแบบฟัซซี

3.5.2.3 เขียนโปรแกรมควบคุมแบบพีไอดีกับระบบจริง ตัวอย่างการสร้างกฎการ ควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิคจะใช้ทฤษฎีของ Step Response มาช่วยสร้างโดยพิจารณาค่า ความผิดพลาดของระบบ(Error) และแนวโน้มของค่าความผิดพลาด(Delta Error)



จากกราฟ N คือ เมื่อค่าเป็นลบ(Negative), Z คือเมื่อค่าเป็นศูนย์(Zero) และ P คือ เมื่อค่า เป็นบวก(Positive) ค่าความผิดพลาดของระบบหาได้จาก Error = Set point – Feedback สมมุติว่า ถ้า Set point = 1และ Feedback =0. 5 จะได้ Error =0.5 ได้ค่าError เป็นบวกหมายถึงเมื่อเรา ป้อนSet pointไปตำแหน่ง1แต่กระบอกสูบกลับไปได้แค่ 0.5แสดงว่าไปไม่ถึงSet point ใต้กราฟ Set point จึงเป็น P หรือสมมุติว่า Set point = 1และ Feedback = 1.5 ได้Error = -0.5 แสดงว่า กระบอกสูบเคลื่อนที่เกินSet point ดังนั้นค่าบนกราฟจึงเป็น N

กฎของ Fuzzy Rule จะอยู่ในรูปแบบ IF-THEN เช่น มี 2 อินพุต x<sub>1</sub> และ x<sub>2</sub>(antecedent) และ เอาต์พุต y (consequent) ซึ่งมีกฎฟัชซีเป็น IF  $x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_2 \text{ is } A_2 \text{ THEN } y_1 \text{ is } B_1$ 

ดังนั้นจากกราฟที่จุด P1 มีค่าความผิดพลาด เป็นบวก(P)สมมุติให้เท่ากับตัวแปรEP และมี แนวโน้มของความผิดพลาดเป็นไปทางZให้เท่ากับ DZ หมายความว่าเมื่อกระบอกสูบเคลื่อนที่ออกไป เรื่อยๆแล้วมีแนวโน้มว่าจะออกไปอีกแต่ยังไม่ถึง Set point เราจะต้องสั่งให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ ออกไปอีกให้ถึงSet point ถ้าต้องการให้เคลื่อนที่ไปถึงSet pointช้า เอาต์พุตที่ได้จะเป็นZ แต่ถ้า ต้องการให้เคลื่อนเร็วเอาต์พุตจะเป็น P

ค่าผิดพลาดของระบบe (Error)หาได้จาก e = Set point – Feedbackและค่าอัตราการ เปลี่ยนแปลงของระบบ de (Delta Error) หาได้จาก de = e<sub>new</sub> – e<sub>old</sub>จากตัวอย่างมี 2 อินพุต ให้ EP และ DZ และ เอาต์พุต P เมื่อสร้างเป็นกฎจะได้ว่า

IF Error is EP and Delta Error is DZ THEN Output is P

ตารางที่ 3.1 Fuzzy Rule base Fuzzy 2 input 3x3 membership

e de	DN	DZ	DE
EN	Ν	Ν	Ν
ΕZ	Ν	Z	Р
EP	Ρ	Ρ	Ρ

ในตัวอย่างการทดลองนี้จะใช้ 3 membership กฎทั้งหมด 9 กฎ ทำการสร้างกฎให้ ครบ 9 กฎสร้างกฎฟัซซีด้วยโปรแกรมแลปวิว ดังนี้ เปิดโปรแกรมแลปวิว 2010 > Tool > Control Design and Simulation > Fuzzy System Designer....



ภาพที่ 3.34 ขั้นตอนการเข้าไปใช้ Fuzzy System Designer



ภาพที่ 3.35 Input variable membership functions ของ ค่าError ,delta Error และ Output variable membership functions ของ Output

กำหนดให้ : Е is Error DE Delta Error is Negative Ν is Ζ is Zero Ρ Positive is ΕN is Error Negative ΕZ Error Zero is EΡ Error Positive is DN Delta Negative is DZ Delta Negative is DP Delta Positive is







ภาพที่ 3.37 Input variable membership functions ของ Delta Error



ภาพที่ 3.38 Output variable membership functions ของเอาต์พุต



**ภาพที่ 3.39** การตั้งค่ากฎของฟัซซึไนโปรแกรมแลปวิว 2010 ตั้งค่า Fuzzy rule ดังนี้

IF 'Error' IS 'EN' AND 'Delta Error' IS 'DN' THEN 'OUTPUT' IS 'N'
 IF 'Error' IS 'EN' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'N'
 IF 'Error' IS 'EN' AND 'Delta Error' IS 'DP' THEN 'OUTPUT' IS 'N'
 IF 'Error' IS 'EZ' AND 'Delta Error' IS 'DN' THEN 'OUTPUT' IS 'N'
 IF 'Error' IS 'EZ' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'N'
 IF 'Error' IS 'EZ' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'Z'
 IF 'Error' IS 'EZ' AND 'Delta Error' IS 'DP' THEN 'OUTPUT' IS 'P'
 IF 'Error' IS 'EZ' AND 'Delta Error' IS 'DP' THEN 'OUTPUT' IS 'P'
 IF 'Error' IS 'EP' AND 'Delta Error' IS 'DN' THEN 'OUTPUT' IS 'P'
 IF 'Error' IS 'EP' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'P'
 IF 'Error' IS 'EP' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'P'
 IF 'Error' IS 'EP' AND 'Delta Error' IS 'DZ' THEN 'OUTPUT' IS 'P'



ภาพที่ 3.40 เอาต์พุตทดสอบระบบควบคุมแบบฟัซซี



**ภาพที่ 3.41** โปรแกรมควบคุมแบบพ<del>ั</del>ซซี

220- 200-	ition o	contro	ol by	Fuzz	y for Hy	ydraulio	: syste	m	Setpoint Feedback			
180-												RUN
160-												GTOD
140-												STOP
120-												RESET
80-												
60-												
40-												
20-												
0- -10-											Ì	ERROR
00:00:00	00:02:00	00:04	1:00	00:06:00	00:08:00	00:10:00	00:12:00	00:1	4:00	00:17:03	IJ	-13.2
Setpoint	(											0
	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	0	
Feedback												264.287
	200	180	160	140	120	100	80	60	40	20	' <mark>0</mark>	
Types of	f control s	ystems		Fuzzy	Controller	<b>•</b>						

**ภาพที่ 3.42** หน้าจอควบคุมและแสดงผลแบบฟัซซี

## 3.5.3 ทดลองควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี



3.5.3.1 บล็อกไดอะแกรม ของระบบควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี



**ภาพที่ 3.43** บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี

## 3.5.3.2 โฟลว์ชาร์ต ของระบบควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี



ภาพที่ 3.44 โฟลว์ชาร์ต ของระบบควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี



#### 3.5.3.3 เขียนโปรแกรมควบคุมแบบ ไฮบริดฟัซซีพีไอดีกับระบบจริง

ภาพที่ 3.45 โปรแกรมควบคุมแบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี

จากรูปโปรแกรมอธิบายการควบคุมแบบไฮบริดได้ดังนี้คือ เมื่อระบบเริ่มทำงานโดยมีค่าความ ผิดพลาด(Error) มากกว่า 0.5 ให้ในช่วงนี้เป็นการควบคุมแบบฟัซซีเมื่อระบบเริ่มเข้าใกล้ค่าที่ตั้งไว้ (Setpoint)หรือมีค่าความผิดพลาด ≤0.5 ให้เปลี่ยนเป็นการควบคุมแบบพีไอดีเพื่อลดปัญหาการเข้าสู่ ค่าที่ตั้งไว้ของการควบคุมแบบฟัซซีแต่ตอนเริ่มการทำงานระบบยังคงมีความเร็วเนื่องจากการควบคุม แบบฟัซซีเหมือนเดิม



**ภาพที่ 3.46** หน้าจอควบคุมและแสดงผลไฮบริดฟัซซีพีไอดี

3.5.4 ทดลองควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



3.5.4.1 บล็อกไดอะแกรม ของระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



**ภาพที่ 3.47** บล็อกไดอะแกรม ของระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



## 3.5.4.2 โฟลว์ชาร์ตของระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

ภาพที่ 3.48 โฟลว์ชาร์ตของระบบควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

3.5.4.3เขียนโปรแกรมควบคุมแบบ พีไอดีที่ปรับค่าด้วยพีซซีกับระบบจริงการควบคุมด้วยพีไอดีที่ปรับค่าด้วยพีซซี หมายถึง การที่สามพารามิเตอร์ Kp, Ki และ Kp ของ ตัวควบคุมพีไอดีจะถูกปรับจูนเนอร์โดยใช้ตัวควบคุมพีซซี เนื่องจากตัวควบคุมแบบพีซซีจะสามารถตัดสินใจในเงื่อนไขต่างๆในการทำงานได้ดังนั้นระบบการทำงานจึงเป็นแบบอัตโนมัติสมมติว่าช่วงตัวแปรของพารามิเตอร์ Kp, Ki และ Kp ของตัวควบคุมพีไอดีเป็น[Kpmin,Kpmax],[Kpmin, kpmax],[ase[Kpmin,Kpmax]]ช่วงของแต่ละพารามิเตอร์กำหนดได้โดยขึ้นอยู่กับการจำลองบนตัวควบคุมพีไอดีเพื่อนำมาสร้างกฎกำหนดช่วงของแต่ละพารามิเตอร์ดังนี้KationKationKation(0.00001,0.000001]หารามิเตอร์ดังนี้CationKation(0.1)ดังนี้Cation

$$K'_{p} = \frac{K_{p} - K_{pmin}}{K_{pmax} - K_{pmin}} = \frac{K_{p} - 8}{15 - 8},$$

$$K'_{i} = \frac{K_{i} - K_{imin}}{K_{imax} - K_{imin}} = \frac{K_{i} - 0.003}{0.01 - 0.003},$$

$$K'_{d} = \frac{K_{d} - K_{dmin}}{K_{dmax} - K_{dmin}} = \frac{K_{d} - 0.000001}{0.00001 - 0.000001}$$

ดังนั้น K<sub>p</sub>=7K'<sub>p</sub>+8; K<sub>i</sub>=0.007K'<sub>i</sub>+0.003; K<sub>d</sub>=0.000009K'd+0.000001

ใช้ Fuzzy controller 2 input 3 output



ภาพที่ 3.49 Input variable membership function ของ e and de











ภาพที่ 3.52 Output variable membership function ของ K'<sub>d</sub>

e de	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	NB	NB	NB	Ν	Z
Ν	NB	Ν	Ν	Ν	Z
Z	NB	Ν	Z	Ρ	PB
Р	Z	Ρ	Ρ	Ρ	PB
PB	Z	Р	PB	PB	PB

ตารางที่ 3.2 กฎฟัซซีของ K<sub>P</sub> สำหรับระบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

ตารางที่ 3.3 กฎฟัซซีของ K<sub>i</sub> สำหรับระบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

ede	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	PB	PB	PB	Ν	NB
Ν	PB	Ρ	Ρ	Z	NB
Z	Ρ	Ρ	Z	Ν	NB
Р	Z	Ρ	Ν	Ν	NB
PB	Z	Ν	NB	NB	NB

ตารางที่ 3.4 กฎฟัซซีของ K<sub>d</sub> สำหรับระบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

e de	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	NB	NB	NB	Ρ	PB
N	NB	Ν	Ν	Z	PB
Z	Ν	Ν	Z	Ρ	PB
Р	Z	Ν	Ρ	Ρ	PB
PB	Z	Ρ	PB	PB	PB

## เขียนโปรแกรม พีไอดีที่ปรับค่าด้วยพืชซี ได้ดังนี้



ภาพที่ 3.53 โปรแกรมควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



**ภาพที่ 3.54** หน้าจอควบคุมและแสดงผลพีไอดีที่ปรับค่าด้วยพ<del>ั</del>ซซี



3.5.5 ทดลองควบคุมแบบไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

3.5.5.1 บล็อกไดอะแกรมของไฮบริดแบบฟัซซีและพี่ไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



**ภาพที่ 3.55** บล็อกไดอะแกรมของไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



3.5.5.2 โฟลว์ชาร์ตของ ไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

**ภาพที่ 3.56** โฟลว์ชาร์ตของไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



3.5.5.3 เขียนโปรแกรมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี



ภาพที่ 3.58 Output variable membership function ของ  $K'_p$ 



ภาพที่ 3.59 Output variable membership function ของ K' $_{i}$ 





ตารางกฎ Fuzzy Rule ของ K'<sub>P</sub> K'<sub>i</sub> K'<sub>d</sub> สามารถเขียนได้ดังนี้

- กำหนดให้: NB หมายถึง Negative Big N หมายถึง Negative Z หมายถึง Zero P หมายถึง Positive
  - PB หมายถึง Positive Big

ตารางที่ 3.5 กฎพัซซีของ K'<sub>P</sub> สำหรับระบบไฮบริดแบบพัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยพัซซี

e de	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	NB	NB	NB	Ν	Z
N	NB	Ν	Ν	Ν	Z
Z	NB	Ν	Z	Р	PB
Р	Z	Р	Р	Р	PB
PB	Z	Р	PB	PB	PB

e de	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	PB	PB	PB	Ν	NB
N	PB	Ρ	Ρ	Ζ	NB
Z	Ρ	Ρ	Z	Ν	NB
Р	Z	Ρ	Ν	Ν	NB
PB	Z	Ν	NB	NB	NB

ตารางที่ 3.6 กฎพัซซีของ K'<sub>1</sub>สำหรับระบบไฮบริดแบบพัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยพัซซี

ตารางที่ 3.7 กฎพัซซีของ K'<sub>d</sub> สำหรับระบบไฮบริดแบบพัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยพัซซี

e de	NB	Ν	Z	Р	PB
NB	NB	NB	NB	Ρ	PB
Ν	NB	Ν	Ν	Z	PB
Z	Ν	Ν	Z	Ρ	PB
Р	Z	Ν	Р	Ρ	PB
PB	Z	Р	PB	PB	PB

รูปแบบการเขียนกฎฟัซซี

IF 'Error' IS 'N' AND 'Delta' IS 'N' THEN 'K'p' IS 'N' ALSO 'K'i' IS 'P' ALSO 'K'd' IS'Z' ในการเขียนกฏ Fuzzy Rule ของระบบควบคุมแบบ Self-tuning เราต้องทำการทดลองระบบ ควบคุมแบบPID ก่อนเพื่อจะได้เก็บค่าเกนของระบบควบคุมPID ว่าค่าเกนเท่าไรดีที่สุด จากนั้นเก็บ ผลค่าเกนไว้สำหรับเป็นเงื่อนไขในการสร้างกฏของ Fuzzy Rule ของระบบควบคุมแบบFuzzy self-tuning PID เมื่อค่า Error และ Delta คืออะไร ตั้งแต่ NB ถึง PB แล้ว จากนั้นกำหนดเอาต์พุตว่า จะให้เป็นอะไร ในส่วนนี้ขึ้นอยู่กับผู้ควบคุมจะกำหนดให้ระบบควบคุมออกมาในลักษณะใด และ เนื่องจากเป็นระบบควบคุมเป็นแบบ 3 Output เราต้องทราบเงื่อนไขอีกคือ สมมติให้ขณะที่ Kp = 10 หรือค่าใดๆ Ki = ? Kd = ?



ได้ทำการเขียนโปรแกรมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีดังนี้

ภาพที่ 3.61 โปรแกรมของระบบควบคุมแบบไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี

จากรูปโปรแกรมการควบคุมแบบ ไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซ การทำงานคือ ขณะที่กระบอกสูบเริ่มเคลื่อนที่มีค่าความผิดพลาดอยู่ในช่วง -0.21 ถึง -10 และช่วง 0.21 ถึง 10 ระบบการควบคุมจะเป็นแบบฟัซซี จากนั้นเมื่อค่าความผิดพลาดมีค่าอยู่ในช่วง -0.2 ถึง 0.2 จะสลับ เปลี่ยนไปใช้การควบคุมแบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีดังแสดงในรูปโปรแกรมการควบคุม

## แผนการดำเนินโครงงาน ชุดควบคุมไฮบริดแบบฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซีสำหรับระบบเซอร์โวไฮดรอลิค

(A hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID controller for Servo-Hydraulic System)

ตารางที่ 3.8 แสดงระยะเวลาการทำโครงงาน

a .		<b>ນີ.</b> ຍ.	54	ŀ	f	า.ค.	54			ส.ค.	54		ſ	า.ย.ร	54			ต.ค.	.54			พ.ย	J.5	4		ຽ.	ค.5	4		3	า.ค.ไ	55		f	า.พ.	. 55	5		มี.ค	.55	)	0/
รายละเอยดการทางาน	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2		3 4	1	L	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	. 70
3.1 ศึกษาข้อมูล								-							-																_			$\neg$		F			$\vdash$	$\vdash$	F	- 5
3.2 ออกแบบวงจรกำลังและจำลอง Math model	_							-							-													_			-			_					$\square$	$\square$	$\vdash$	- 10
3.3 ส่วนประกอบของโครงสร้าง								-																										_					$\square$	$\square$	$\vdash$	- 20
3.4 ต่อวงจรกำลังและทดลอง								ส อ							ส อ																										$\vdash$	- 30
3.5 เขียนโปรแกรมควบคุมและทดลอง								บ							บ																										$\vdash$	
3.5.1 แบบพีไอดี								ล							ิถ																_								$\vdash$	$\vdash$	$\vdash$	- 40
3.5.2 แบบพัชชี								า							า																_			_					$\vdash$	$\vdash$	$\vdash$	- 50
3.5.3 แบบไฮบริดฟัซซีพีไอดี								ภ							ภ																_			_					$\square$	$\square$	$\vdash$	- 60
3.5.4 แบบพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัซซี								า ค						7	า ค		;																	_					$\square$	$\square$	$\vdash$	- 70
3.5.5 แบบไฮบริดฟัซซีและพีไอดีที่ปรับค่าด้วยฟัชซี								-							_																_			_					$\square$	$\square$	$\vdash$	- 80
3.6 ประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดลองพร้อมบันทึกผล						_									E	_					//										$\overline{}$	_		-					$\vdash$	$\vdash$	$\vdash$	90
3.7 จัดทำปริญญานิพนธ์					_			-	_			_			-																			$\overline{-}$		$\vdash$			╞	╞	╞	10

แผนงานที่วางไว้

แผนงานที่ปฏิบัติจริง 🏼 🌆