

ภาคผนวก ง
ตัวอย่างใบงาน

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

การควบคุมด้วยพีไอดี (PID Controller)

ระบบควบคุม (Control System) คือการจัดองค์ประกอบส่วนต่างๆ ให้มีการทำงานที่สัมพันธ์กัน เพื่อบังคับหรือปรับปรุงให้ระบบทำงานตามที่ต้องการพลานต์ (Plant) คือสิ่งที่ต้องจะควบคุม อาจเป็นเครื่องมือหรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ดิสเตอร์บั่น (Disturbance) คือสัญญาณรบกวนที่เรามาในระบบทำให้ค่าเอาต์พุตของระบบเปลี่ยนไป การควบคุมป้อนกลับ (Feedback) คือการพยายามลดค่าแตกต่างระหว่างเอาต์พุตกับค่าอ้างอิงหรือ อินพุต ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) คือระบบที่ควบคุมที่รักษาค่าเอาต์พุตให้ใกล้เคียงกับค่าอินพุต โดยมีการเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองนี้ ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุม (Controller) เซอร์โวแมคคาทรอนิกส์ (Servomechanisms) คือระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยที่เอาต์พุตอยู่ในรูปของตำแหน่ง (Position) ความเร็ว (Velocity) หรือ อัตราเร่ง (Acceleration) ลักษณะการควบคุมสามารถแบ่งออกได้เป็น

2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

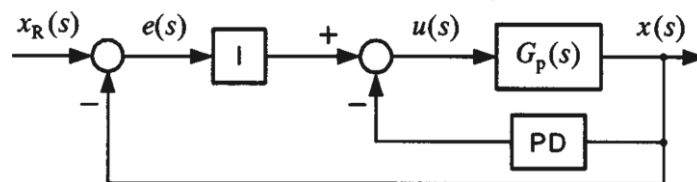
- 1) ระบบควบคุมแบบเปิด (Open-loop control system)
- 2) ระบบควบคุมแบบปิด (Closed-loop control system)

แต่ที่ในโครงการนี้ใช้การป้อนกลับแบบปิด (Closed-loop control system)

ระบบควบคุมแบบปิด (Closed-loop control system)

เมื่อระบบควบคุมเปิดไม่สามารถให้ความแม่นยำในการควบคุมได้ ดังนั้นจึงมีการพิจารณาที่จะนำสัญญาณเอาต์พุตซึ่งมีผลโดยตรงกับระบบควบคุม มาใช้งานโดยการนำสัญญาณเอาต์พุตจากระบบป้อนกลับมา เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งมีผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบนั้นจะเป็นสัญญาณค่าผิดพลาด (Error) เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับเข้าสู่ตัวควบคุม (Controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่เพื่อลดค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและทำให้เอาต์พุต ของระบบเข้าสู่ค่าที่เราต้องการ

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	



บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบปิด (Closed-loop control system)

PID Controller ประกอบด้วยภาคต่างๆ ดังนี้

Proportional-action controller (P-controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบสัดส่วน เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความผิดพลาด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$m = K_p(e)$$

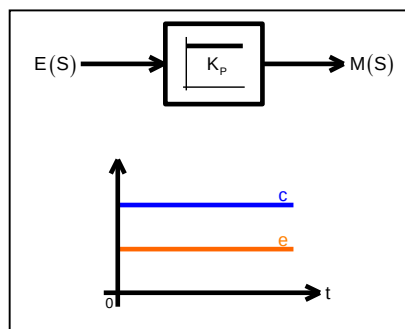
$$M(s) = K_p E(s)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating Variable)

K_p คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้

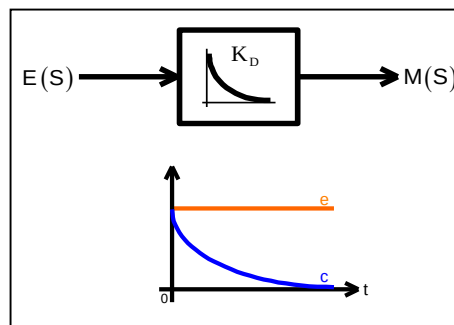


Time Diagram of Step Response (Proportional-action)

	ชุดประกอบการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	
คุณลักษณะที่สำคัญของการควบคุมแบบสัดส่วน (P-controller) ก็คือ จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณอินพุต (Actuating error; e) แบบทันทีทันใดขนาดของเอาต์พุต (Manipulating variable; m) นอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอินพุตแล้วยังขึ้นกับอัตราขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional gain; Kp) จะเห็นว่าค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ในสภาวะสม่ำเสมอเท่านั้น (Steady-state error) ซึ่งเท่ากับ $e_{ss} = \frac{m_{ss}}{K_p}$ (Steady-state; ss) การควบคุมแบบสัดส่วนต้องการค่าความผิดพลาดเพื่อกำหนดสัญญาณเอาต์พุตสำหรับกระบวนการ (Process or Plant) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การควบคุมแบบสัดส่วนไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดของระบบที่ถูกใช้ให้ควบคุมให้หมดได้ แต่เนื่องจากการควบคุมแบบสัดส่วนตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตแบบฉับพลัน จึงทำให้มีความไวในการควบคุมระบบ ซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติเด่นของการควบคุมแบบสัดส่วน Derivative-action controller (D-controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอนุพันธ์ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้ $m = K_d \left(\frac{de}{dt} \right)$ $M(s) = K_d S$ โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulation variable) K_d คือ อัตราขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Derivative gain) e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)		

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



Time Diagram of Step Response (Derivative-action)

จากสมการจะเห็นว่า การแก้ไขค่าผิดพลาดเป็นอัตราของการเปลี่ยนแปลงความผิดพลาด ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์ (D-controller) จะให้สัญญาณเอาต์พุต (Manipulating variable; m) ที่เกิดจากการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุต (Actuating error; e) เท่านั้น และจะไม่มีผลต่อสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรืออยู่ในสภาวะคงที่ (Steady-state error)

การควบคุมแบบอนุพันธ์ทำให้ระบบสามารถที่จะแก้ไขความผิดพลาดก่อนที่ค่าความผิดพลาดจะมีมากขึ้น แต่จะไม่รับรู้การมีอยู่ของค่าความผิดพลาดที่อยู่ในสภาวะคงที่ ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์เพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมระบบ การชดเชยข้อด้อยดังกล่าวทำได้โดยใช้การควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับการควบคุมแบบสัดส่วน และการควบคุมแบบปริพันธ์ เพื่อทำให้คุณสมบัติโดยรวมของการควบคุมดีขึ้น

Integral-action controller (I-controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบปริพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอินทิกรัล ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

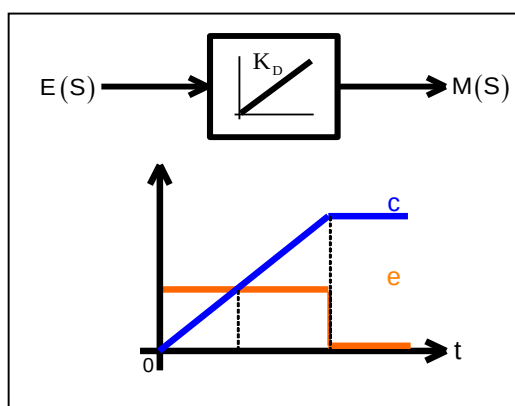
$$m = K_i \left(\int e dt \right)$$

$$M(s) = K_i [E(s)]$$

โดยที่ m คือปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating variable)
 K_i คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอินทิกรัล (Integral Gain)
e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

	ชุดประกอบการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



Time Diagram of Step Response (Integral-action)

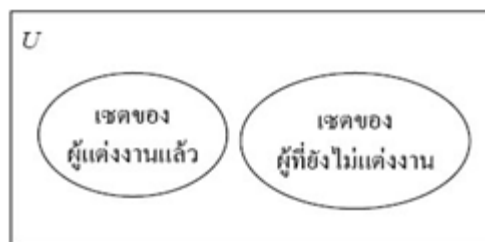
จากสมการจะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุต (Manipulating variable; m) เป็นค่าสะสมของสัญญาณอินพุต (Actuating error; e) ตราบใดที่ยังมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะหยุดเปลี่ยนแปลงและรักษาค่าไว้ให้คงที่ไว้เมื่อค่าความผิดพลาดเท่ากับศูนย์ (error; $e = 0$) ความเร็วการเพิ่มขึ้นของสัญญาณเอาต์พุตนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความผิดพลาดแล้วยังขึ้นกับ Integral reset time ; T_i

คุณลักษณะสำคัญของการควบคุมแบบปริพันธ์หรือ (I-controller) จะเห็นได้จากการอนุพันธ์สมการ B ซึ่งจะได้ $(\frac{dm}{dt}) = K_i(e)$ แสดงให้เห็นว่า อัตราการแก้ไขความผิดพลาดเป็นสัดส่วนกับค่าความผิดพลาด ดังนั้นตัวควบคุมแบบปริพันธ์จึงสามารถทำการแก้ไขความผิดพลาดของระบบจนกระทั่งไม่มีความผิดพลาดเหลืออยู่ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้การตอบสนองของระบบช้าลง (Discussion) เมื่อเทียบกับการควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional) แล้ว จะเห็นว่าการควบคุมแบบปริพันธ์ (I-controller) มีคุณสมบัติของการหน่วงเวลา (Time delay) รวมอยู่ด้วย

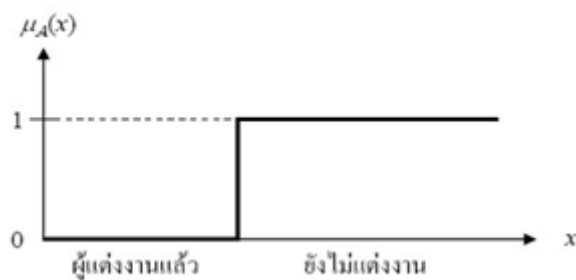
	ชุดประกอบการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

เซตแบบฉบับ

ในเซตแบบฉบับ (classical set) หรือเซตทวินัย (crisp set) เป็นเซตที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 $\{0, 1\}$ เท่านั้น เซตในทฤษฎีเซตแบบฉบับจะมีขอบเขตแบบแข็ง (sharp boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตที่ตัดขาดจากกันแบบทันทีทันใด เซตแบบฉบับมีการกำหนดค่าความเป็นสมาชิกตามแนวคิดเลขฐานสอง โดยที่ตัวแปรหนึ่ง ๆ จะมีค่าความเป็นสมาชิกเพียงสองค่า คือ 0 ไม่เป็นสมาชิก และ 1 เป็นสมาชิก ตัวอย่างเช่น เซตของกลุ่มผู้แต่งงาน จะสามารถบอกได้ว่าอย่างแน่ชัดว่าเป็นกลุ่มผู้แต่งงานหรือไม่แต่งงาน



ตัวอย่างเซตแบบฉบับ



ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน

	ชุดประกอบการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

แสดงตัวอย่างของเซตย่อยสองเซต คือเซตของผู้ที่แต่งงานและเซตของผู้ที่ไม่แต่งงาน จะเห็นได้ว่าคนหนึ่งคนจะเป็นสมาชิกภาพได้เพียงเซตเดียวเท่านั้น แต่งงานหรือไม่แต่งงาน ในภาพที่ 2-4 แสดงฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตผู้ที่ไม่แต่งงาน จากภาพจะเห็นได้ว่า ผู้ที่แต่งงานแล้วจะมีค่าความเป็นสมาชิกในเซตของผู้ไม่แต่งงานเป็น 0 ส่วนผู้ที่ไม่แต่งงานมีค่าความเป็นสมาชิกภาพของเซตผู้ที่ไม่แต่งงานเป็น 1 ค่าความเป็นสมาชิกของทั้งสองเซตจะตัดขาดจากกันอย่างทันทีทันใด รูปแบบคณิตศาสตร์ของเซตแบบฉบับมีดังนี้

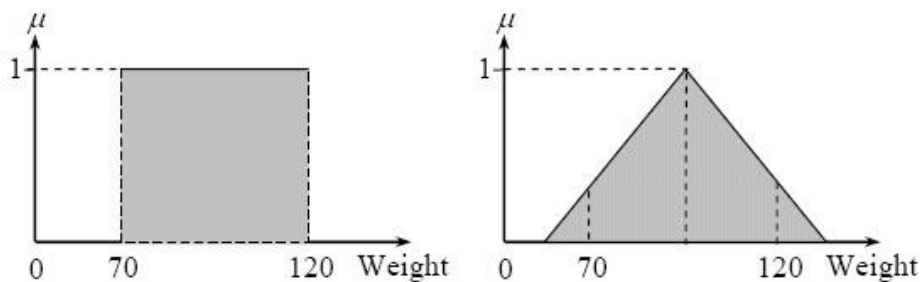
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases}$$

เมื่อ A เป็นเซตแบบฉบับหรือเซตแบบทวินัย x เป็นสมาชิกในเซต μ_A เป็นค่าความเป็นสมาชิกในเซต และ $\mu_A(x)$ เป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกในเซต A

ฟัซซีเซต

ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ในโลกแห่งความเป็นจริงเซตไม่ใช่ว่าจะมีเฉพาะเซตแบบฉบับเท่านั้น จะมีเซตแบบฟัซซีด้วย ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของกลุ่มแต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่เฉพาะกลุ่มแต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางกลุ่มจะมีความสุขมาก บางกลุ่มมีความสุขน้อย แตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างเกี่ยวกับความอ้วน นิยามคำว่าคนอ้วนในเซตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มีน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัม โดยนิยามแบบฟัซซีเซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	



การกำหนดค่าความเป็นสมาชิกของเซตทวินัยและเซตแบบฟัซซี

นิยามของฟัซซีเซต

กำหนดให้ X เป็นเซตที่ไม่ว่าง ฟัซซีเซต A สามารถแสดงลักษณะเฉพาะได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

เมื่อ $\mu_A(x)$ สามารถตีความเป็นค่าของความเป็นสมาชิกภาพของตัวประกอบ x ในฟัซซีเซต A สำหรับแต่ละ (อ่านว่า “ x เป็นสมาชิกของ X ”) ฟัซซีเซต สามารถเขียนเป็นเซตของคู่อันดับ (tuples)

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

เมื่อ A หมายถึงฟัซซีเซต x หมายถึงสมาชิกของเซต (set membership) $\mu_A(x)$ หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$ X หมายถึงเอกภพ สัมพัทธ์ (universe) หรือประชากร

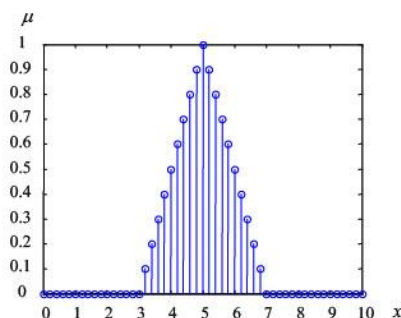
	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

ถ้า $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ เป็นเซตจำกัด และ A เป็นฟัซซีเซตใน X ซึ่งเป็นชนิดวิฤต (discrete) และจำกัด สัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซต เขียนได้เป็น

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots + \frac{\mu_A(x_n)}{x_n} \right\} = \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\}$$

เมื่อพจน์ $\mu_A(x_i)/x_i, i=1, 2, \dots, n$ หมายถึงค่าความเป็นสมาชิก $\mu_A(x_i)$ ของ x_i ในเซต

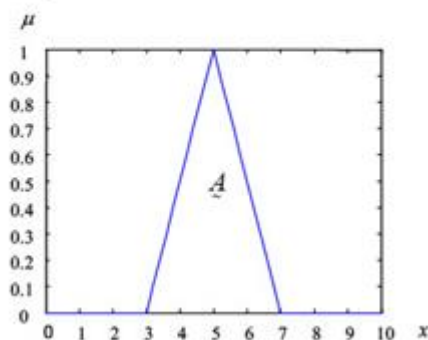
A และเครื่องหมาย “+” หมายถึงยูเนียน (union)



ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตฟัซซีแบบวิฤต A

ถ้าเอกภพสัมพัทธ์ X เป็นต่อเนื่อง (continuous) สัญกรณ์ (notation) ของฟัซซีเซต A เขียนได้เป็น

$$A = \left\{ \int \frac{\mu_A(x)}{x} \right\}$$



ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเซตฟัซซีแบบต่อเนื่อง A

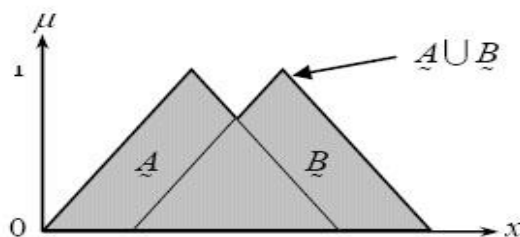
	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

การดำเนินการทางฟัซซีเซต

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ (Operation) คือ Union Intersection และ Complement

1. ยูเนียน (Union) ของฟัซซีเซต จะเป็น OR operation ในสมการ และ ภาพดังนี้

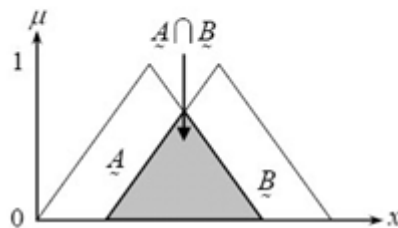
$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B}(x) &= \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \\ &= \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\end{aligned}$$



ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B

2. อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต จะเป็น AND operation ในสมการ และภาพดังนี้

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B}(x) &= \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \\ &= \min(\mu_A(x), \mu_B(x))\end{aligned}$$

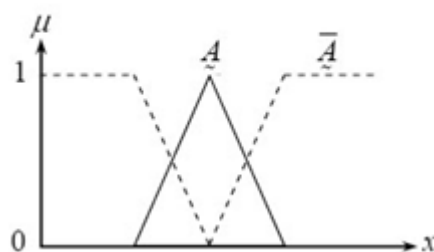


Intersection ของฟัซซีเซต A และ B

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

3. คอมพลิเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต ในสมการและภาพดังนี้

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$



Complement ของฟัซซีเซต A

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership function) เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน โดยเริ่มจากการแทนที่กับตัวแทนที่มีความไม่ชัดเจน ไม่แน่นอน และคลุมเครือ ดังนั้นส่วนที่สำคัญต่อคุณสมบัติหรือการดำเนินการของฟัซซี เพราะรูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงบาง 6 ชนิดดังนี้

1. ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function)

ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c\}$

$$\text{triangular}(x : a, b, c) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a) / (b - a) & a \leq x \leq b \\ (c - x) / (c - b) & b \leq x \leq c \\ 0 & x > c \end{cases}$$

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

2.ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู (trapezoidal membership function)

ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมูมีทั้งหมด 4 พารามิเตอร์คือ $\{a, b, c, d\}$

$$\text{trapezoidal}(x : a, b, c, d) = \begin{cases} 0 & x < a \\ (x - a) / (b - a) & a \leq x < b \\ 1 & b \leq x < c \\ (d - x) / (d - c) & c \leq x < d \\ 0 & x \geq d \end{cases}$$

3.ฟังก์ชันเกาส์เซียน (Gaussian membership function)

ฟังก์ชันเกาส์เซียนมีทั้งหมด 2 พารามิเตอร์คือ $\{m, \sigma\}$ ซึ่ง m หมายถึงค่าเฉลี่ย และ σ หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{gaussian}(x : m, \sigma) = \exp\left(-\frac{(x - m)^2}{\sigma^2}\right)$$

4.ฟังก์ชันระฆังคว่ำ (Bell-shaped membership function)

ฟังก์ชันรูประฆังคว่ำมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ค่าคือ $\{a, b, c\}$

$$\text{bell - shaped}(x : a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x - c}{a}\right|^{2b}}$$

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

5.ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$

$$S(x:a,b) = \begin{cases} 0 & x < a \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2} \leq x < b \\ 1 & x \geq b \end{cases}$$

6.ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership function)

ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$

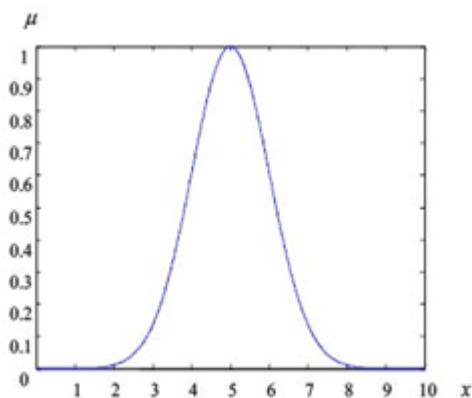
$$Z(x:a,b) = \begin{cases} 1 & x < a \\ 1-2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 2\left(\frac{x-b}{b-a}\right)^2 & \frac{a+b}{2} \leq x < b \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

การเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิก จะต้องเลือกตามความเหมาะสมความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้ และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงานหรือตามความต้องการ

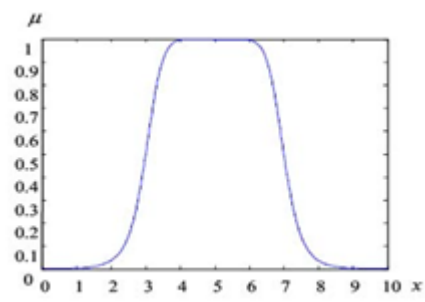
	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	

กฎฟัซซี (fuzzy rules)

วิทยาการเกี่ยวกับฟัซซีลอจิกมีจำนวนมาก แต่ที่นิยมและการประยุกต์ใช้งานมากที่สุดเห็นจะได้แก่ กฎฟัซซีแบบถ้า-แล้ว (fuzzy if-then rule) ตัวอย่างการใช้กฎในการแยกกลุ่มดังภาพที่ 1 ในภาพที่ 2 แสดงปริภูมิรูปแบบ (pattern space) การจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี

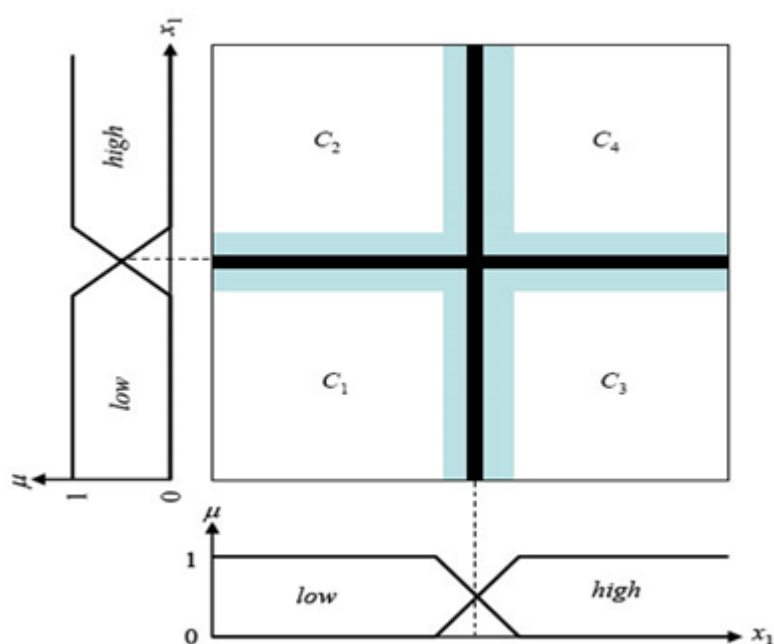


1. ฟังก์ชันเกาส์เซียน



2. กราฟของฟังก์ชันระฆังคว่ำ

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	Hybrid of PID & Fuzzy	



ตัวอย่างปริภูมิรูปแบบการจัดกลุ่มด้วยกฎฟัซซี่

จากภาพสามารถเขียนเป็นกฎในรูปประโยคภาษาได้ดังนี้

กฎข้อ 1: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_1

กฎข้อ 2: ถ้า x_1 มีค่า low และ x_2 มีค่า high แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_2

กฎข้อ 3: ถ้า x_1 มีค่า high และ x_2 มีค่า low แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_3

กฎข้อ 4: ถ้า x_1 มีค่า high และ x_2 มีค่า high แล้ว ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นกลุ่ม C_4

เมื่อ x_1 เป็นตัวแปรภาษาในมิติที่ 1, x_2 เป็นตัวแปรภาษาในมิติที่ 2, low และ high เป็นพจน์ภาษา (linguistic terms), ข้อมูล (x_1, x_2) เป็นคู่ลำดับของวัตถุที่ต้องการจัดกลุ่ม และ C_1, C_2, C_3 และ C_4 เป็นกลุ่มข้อมูล 1, 2, 3 และ 4

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

1.วัตถุประสงค์

หลังจบบทเรียนนี้ ผู้เรียนสามารถ

1. ควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรมแลบวิว(LabVIEW Programming) ได้
2. ใช้โปรแกรมในการควบคุมระบบแบบ Hybrid of PID & Fuzzy จากโปรแกรมแลบวิวได้
3. ติดตั้งอุปกรณ์ตามตัวอย่างได้ถูกต้อง
4. ปรับค่าเกณฑ์ของ PID ได้
5. บอกหลักการควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid Control ได้

2.รายการอุปกรณ์การทดลอง

รายชื่ออุปกรณ์	จำนวน	แบบอุปกรณ์ (หน้า)
Potentiometer	1	198
คอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรม Lab VIEW	1	200
Power Unit	1	-
การ์ด DAQ (NI PCI/PXI 6221)	1	196
Servo Valve	1	195
กระบอกสูบไฮดรอลิก (Cylinder)	1	193



ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

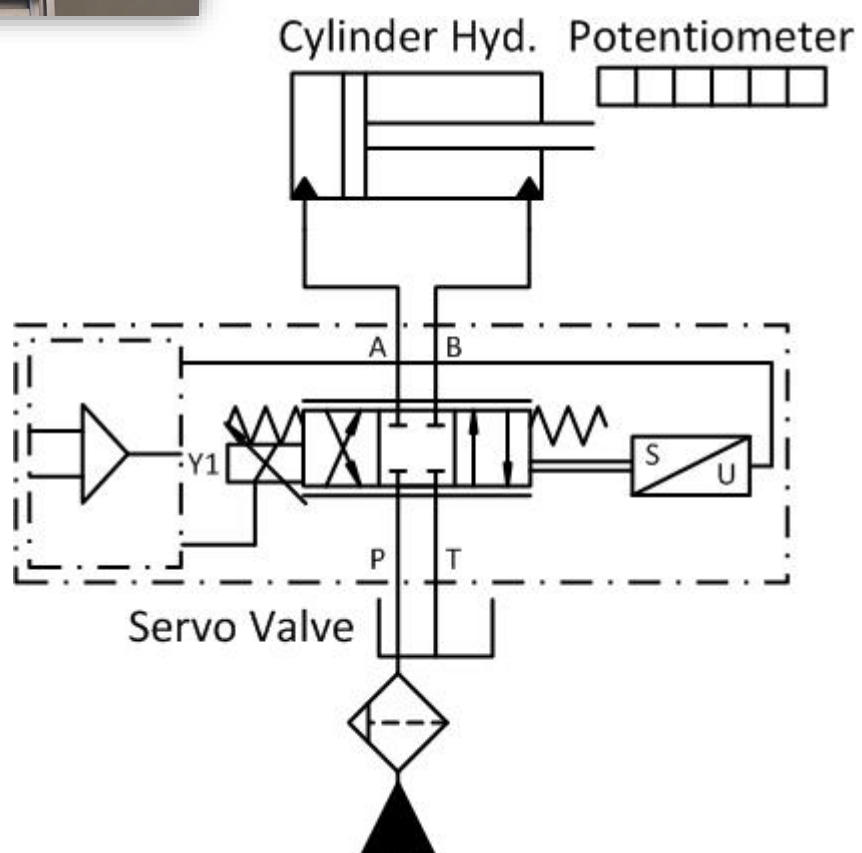
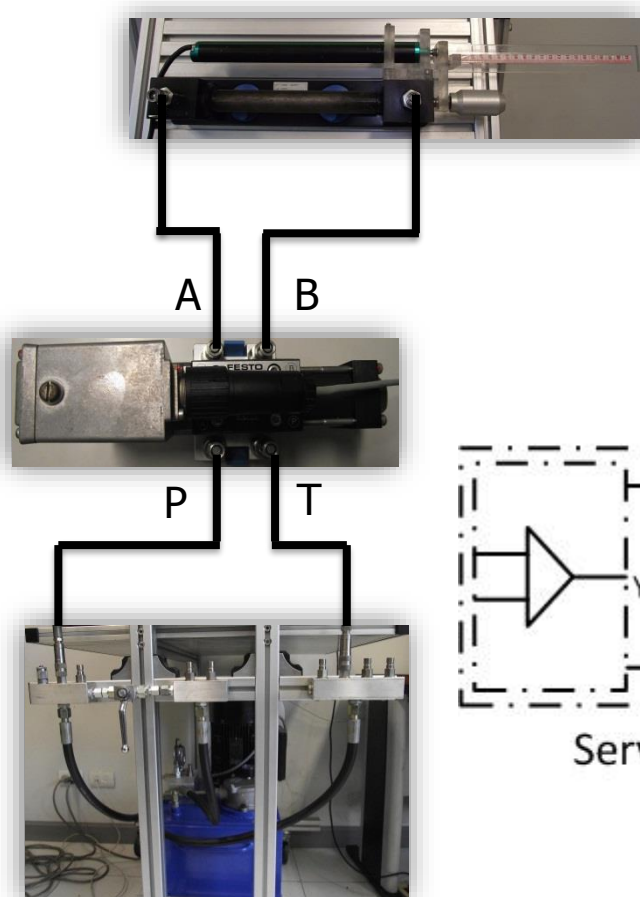
ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



3. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

3.1 ต่อวงจรตามแบบที่กำหนดให้

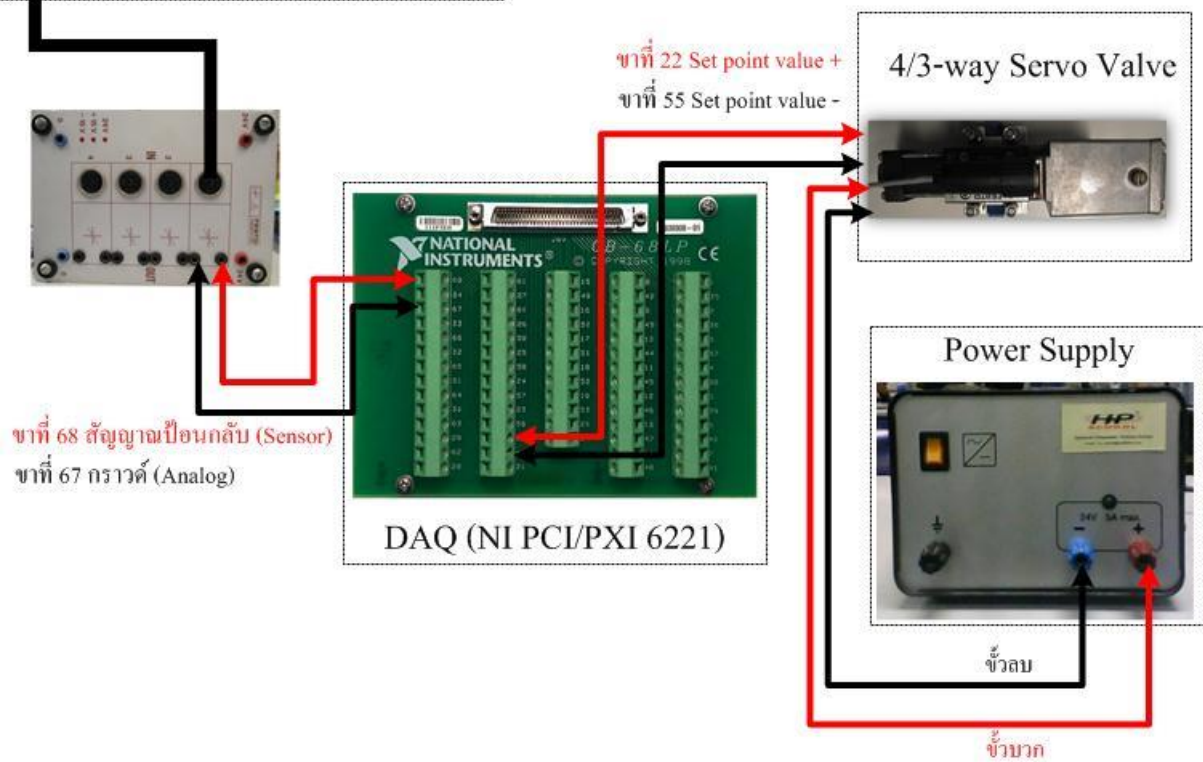
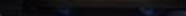
วงจรไฮดรอลิก



ในงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



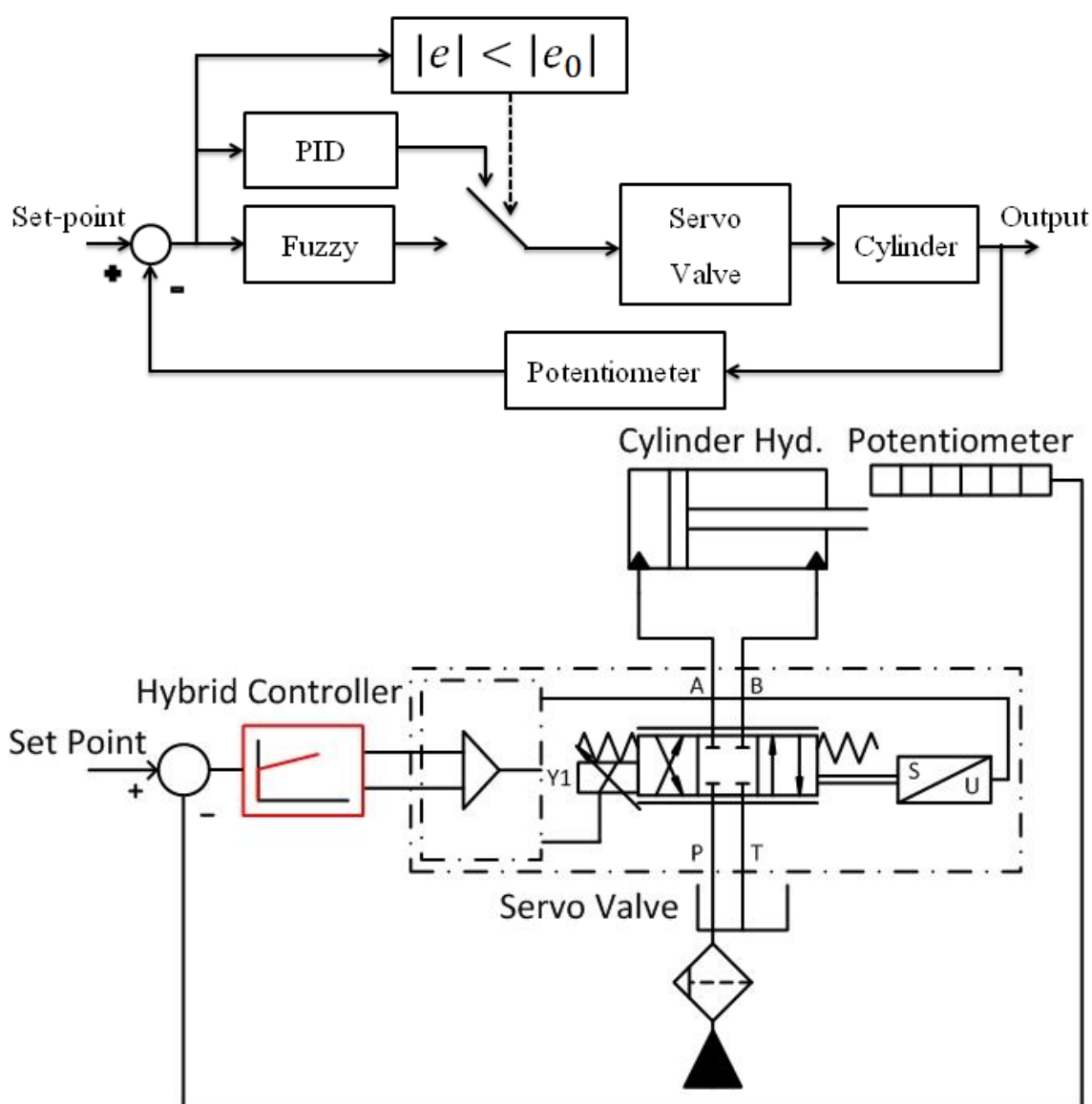
Potentiometer





ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy



	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.2 การต่ออุปกรณ์เข้ากับชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิก

ขั้นตอนที่ 1 ต่อไฟ 24 โวลต์และกราวด์เข้า Servo Valve

ขั้นตอนที่ 2 ต่อ Set Point Value ขั้วบวกและขั้วลบของ Servo Valve เข้าการ์ด DAQ (วิธีการต่อให้ไปดูที่หน้า 197)

ขั้นตอนที่ 3 ต่อ Potentiometer เข้ากับการ์ด DAQ (วิธีการต่อให้ไปดูที่หน้า 197)

ขั้นตอนที่ 4 ติดตั้งการ์ด DAQ เข้ากับคอมพิวเตอร์ที่มีตัวโปรแกรม Lad VIEW

ขั้นตอนที่ 5 เรียกอาจารย์ผู้สอนหรือผู้ควบคุมแลบมาตรวจสอบความถูกต้องทุกครั้งก่อนลงมือปฏิบัติงาน

3.3 วิธีการใช้โปรแกรม Lad VIEW บน Computer

ขั้นตอนที่ 1 เรียกใช้โปรแกรมชื่อ Controllers for Servo – Hydraulic System

ขั้นตอนที่ 2 เลือกที่ Load Fuzzy system เพื่อที่จะเลือก Rule Based ที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นตอนที่ 3 กดปุ่ม Run เพื่อทำการรันโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 4 เปลี่ยนที่ได้ Type of Control ให้เป็น Hybrid

ขั้นตอนที่ 5 ปรับค่า Set Point ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 ถ้าต้องการที่จะหยุดโปรแกรมให้กดปุ่ม Stop

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าต้องการที่จะรีเซ็ตค่าโปรแกรมให้กดปุ่ม Reset

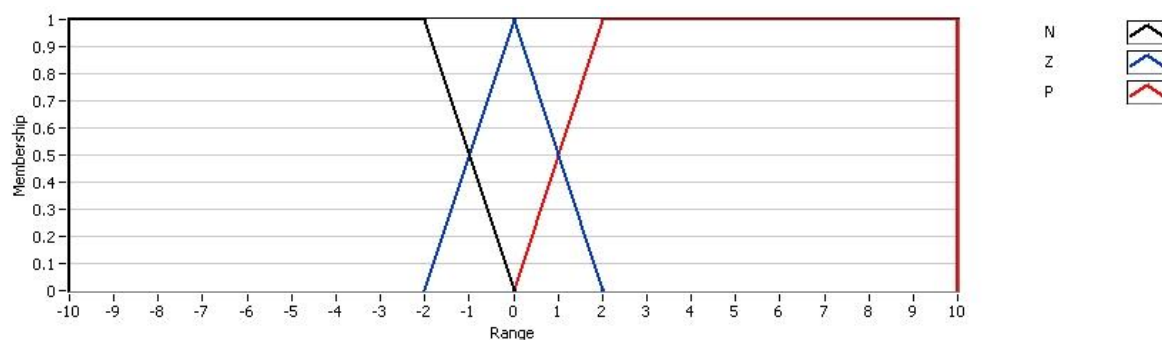
	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.4 จงออกแบบ Rule Based ของการควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกตามที่กำหนดไว้ให้

$\square e$	N	Z	P
e	N	Z	P
N	N	N	Z
Z	N	Z	P
P	Z	P	P

Input membership functions

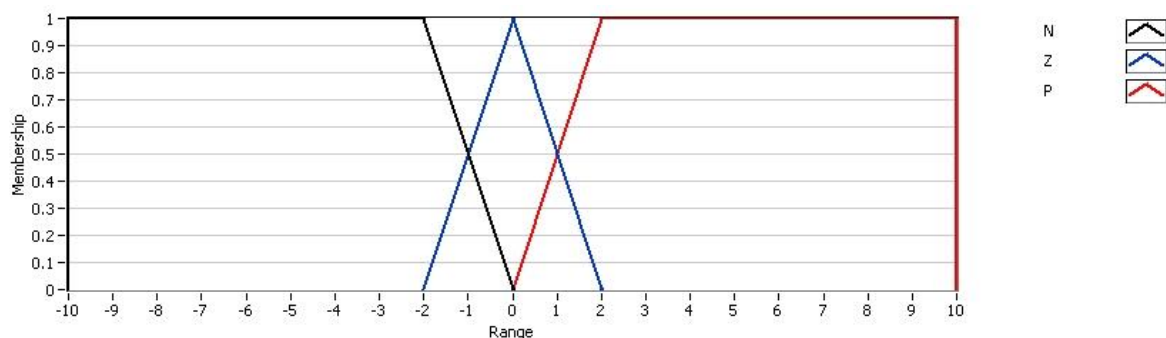
Membership function	Shape	Points
N	Trapezoid	-10 ; -10 ; -2 ; 0
Z	Triangl	-2 ; 0 ; 2
P	Trapezoid	0 ; 2 ; 10 ; 10



	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

□ e

Membersh p function	Shape	Points
N	Trapezoid	-10 ; -10 ; -2 ; 0
Z	Triangle	-2 ; 0 ; 2
P	Trapezoid	0 ; 2 ; 10 ; 10



Output membership functions

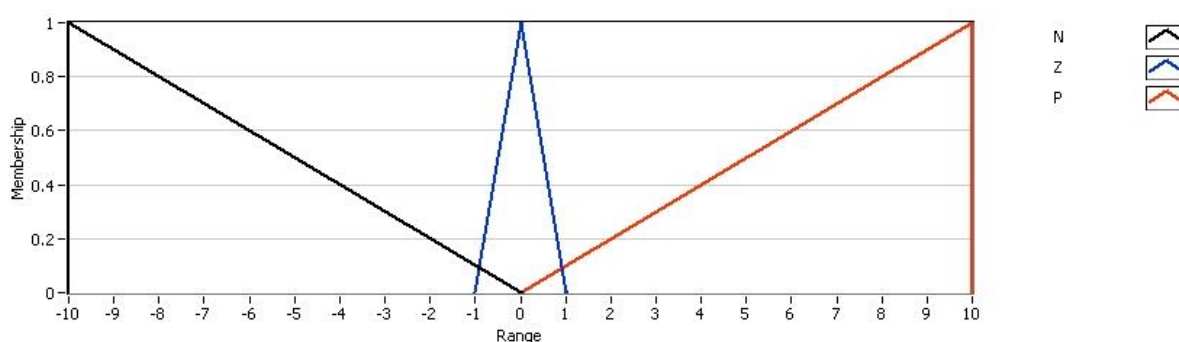
Out

Membership function	Shape	Points
N	Trapezoid	-10 ; -10 ; 0
Z	Triangle	-1 ; 0 ; 1
P	Trapezoid	0 ; 10 ; 10



ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



3.5 จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

โดยปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การ ควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				10	50
				10	75
				10	100

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				30	50
				30	75
				30	100
				50	50
				50	75
				50	100

3.6 สรุปผลการทดลอง

เขียนกราฟที่ได้จากการทดลองช่องว่างที่กำหนดให้

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.7 จงออกแบบ Rule Based ของการควบคุมตำแหน่งกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกตามที่กำหนดไว้ให้

$\square e$ e	NB	N	Z	P	PB
NB	NB	NB	N	N	Z
N	NB	N	N	Z	P
Z	N	N	Z	P	PB
P	N	Z	P	P	PB
PB	Z	P	P	PB	PB

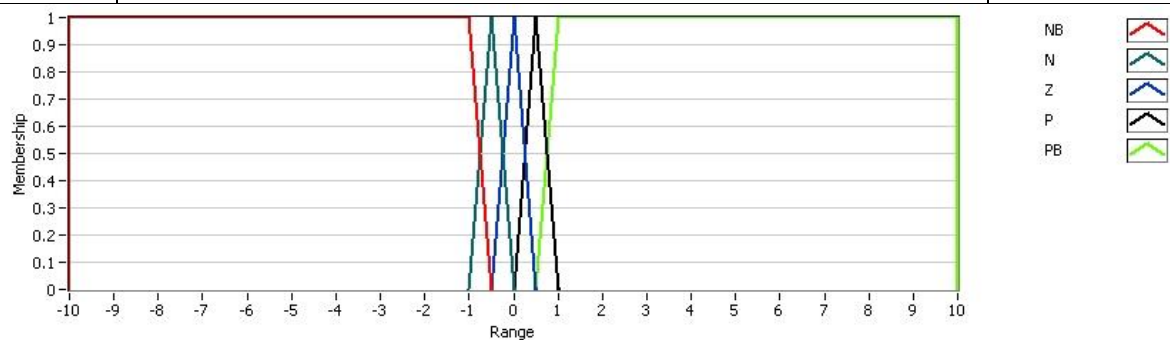
Input membership functions

e	Membership function	Shape	Points
	NB	Trapezoid	-10 ; -10 ; -1 ; -0.5
	N	Triangle	-1 ; -0.5 ; 0
	Z	Triangle	-0.5 ; 0 ; 0.5
	P	Triangle	0 ; 0.5 ; 1
	PB	Trapezoid	0.5 ; 1 ; 10 ; 10



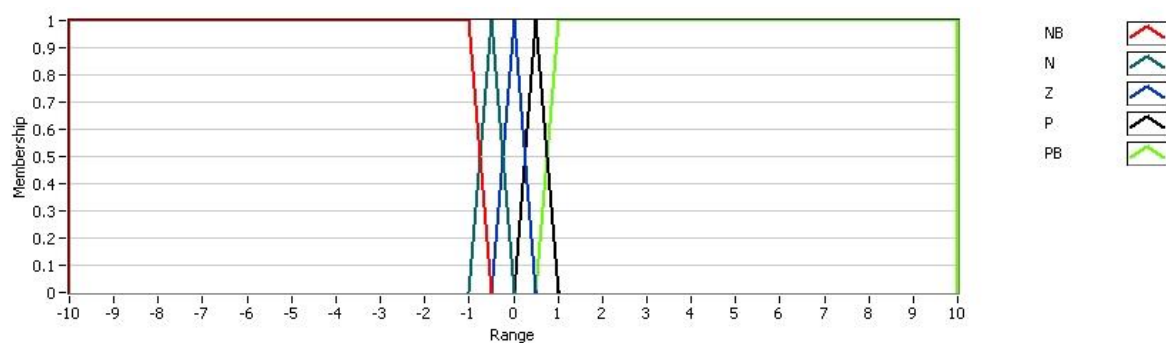
ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



□ e

Membership function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-10 ; -10 ; -1 ; -0.5
N	Triangle	-1 ; -0.5 ; 0
Z	Triangle	-0.5 ; 0 ; 0.5
P	Triangle	0 ; 0.5 ; 1
PB	Trapezoid	0.5 ; 1 ; 10 ; 10





ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

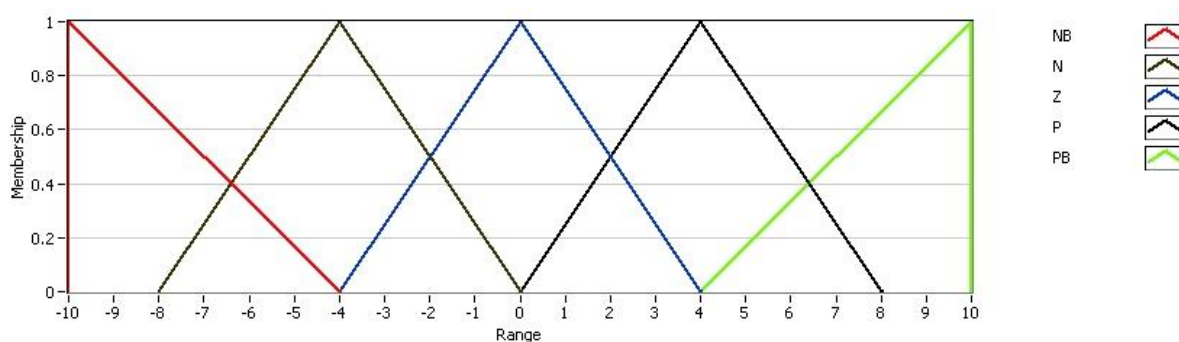
ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



Output membership functions

Out

Membership function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-10 ; -10 ; -4
N	Triangle	-8 ; -4 ; 0
Z	Triangle	-4 ; 0 ; 4
P	Triangle	0 ; 4 ; 8
PB	Trapezoid	4 ; 10 ; 10



	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.8 จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

โดยปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				15	50
				15	75
				15	100
				30	50
				30	75
				30	100
				45	50
				45	75
				45	100

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 1 การควบคุมตำแหน่งกระบอกสูบไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	
3.9 สรุปผลทดลอง เขียนกราฟที่ได้จากการทดลองช่องว่างที่กำหนดให้		

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

1.วัตถุประสงค์

หลังจบบทเรียนนี้ ผู้เรียนสามารถ

1. ควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรมแลบวิว(LabVIEW Programming) ได้
2. ใช้โปรแกรมในการควบคุมระบบแบบ Hybrid of PID & Fuzzy จากโปรแกรมแลบวิวได้
3. คิดตั้งอุปกรณ์ตามตัวอย่างได้ถูกต้อง
4. ปรับค่าเกณฑ์ของ PID ได้
5. บอกหลักการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid Controller ได้

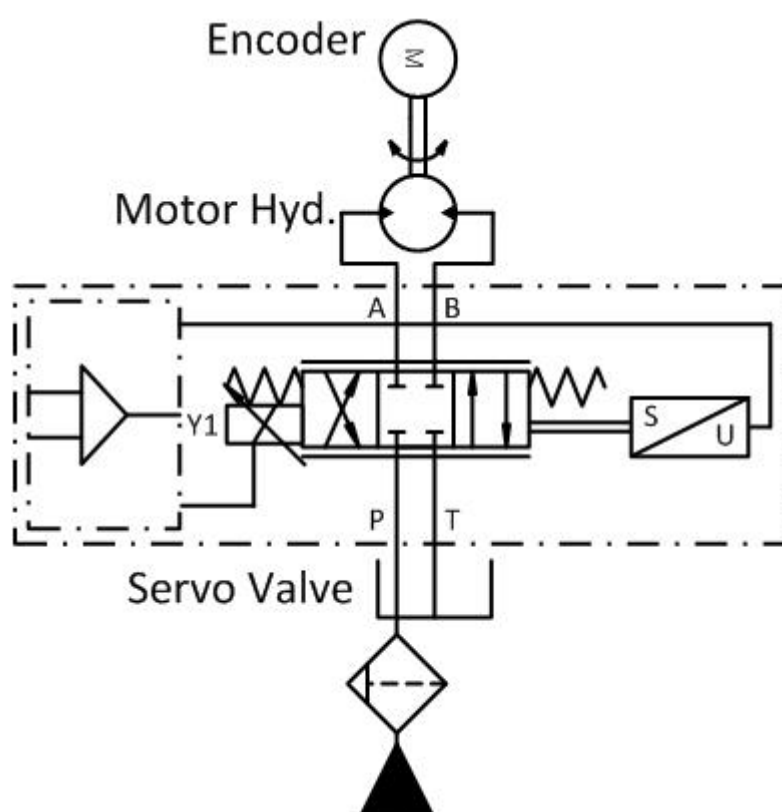
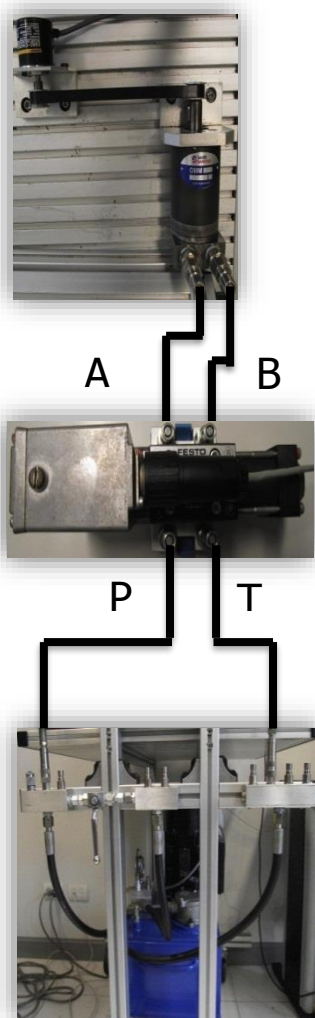
2.รายการอุปกรณ์การทดลอง

รายชื่ออุปกรณ์	จำนวน	แบบอุปกรณ์ (หน้า)
เอ็นโค้ดเดอร์ (Encoder)	1	199
คอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรม Lab VIEW	1	202
Power unit	1	-
การ์ด DAQ (NI PCI/PXI 6221)	1	196
Servo Valve	1	195
มอเตอร์ไฮดรอลิก (Motor)	1	202
Frequency to Volt (F to V)	1	-

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

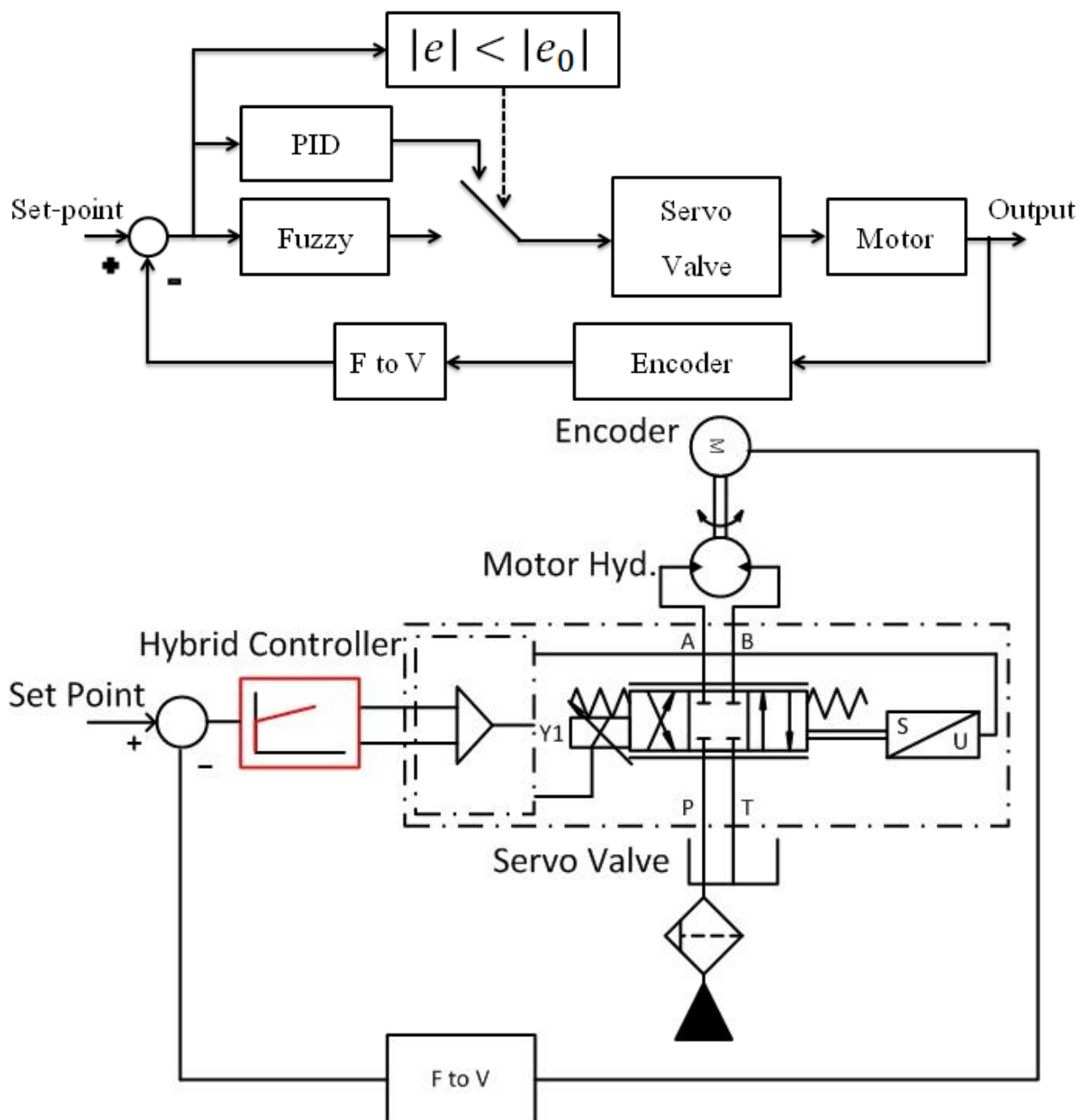
3.1 ต่อวงจรตามแบบที่กำหนดให้





ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy



	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.2 การต่ออุปกรณ์เข้ากับชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิก

ขั้นตอนที่ 1 ต่อไฟ 24 โวลต์และกราวด์เข้า Servo Valve

ขั้นตอนที่ 2 ต่อ Set Point Value ขั้วบวกและขั้วลบของ Servo Valve เข้าการ์ด DAQ (วิธีการต่อให้ไปดูที่หน้า 197)

ขั้นตอนที่ 3 ต่อ Encoder เข้ากับ F to V (วิธีการต่อให้ไปดูที่หน้า 199)

ขั้นตอนที่ 4 ต่อ F to V เข้ากับการ์ด DAQ (วิธีการต่อให้ไปดูที่หน้า 197)

ขั้นตอนที่ 5 ติดตั้งการ์ด DAQ เข้ากับคอมพิวเตอร์ที่มีตัวโปรแกรม Lad VIEW

ขั้นตอนที่ 6 เรียกอาจารย์ผู้สอนหรือผู้ควบคุมแลบมาตรวจสอบความถูกต้อง

3.3 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม Lad VIEW บน Computer

ขั้นตอนที่ 1 เรียกใช้โปรแกรมชื่อ Controllers for Servo – Hydraulic System

ขั้นตอนที่ 2 เลือกที่ Load Fuzzy system เพื่อที่จะเลือก Rule Based ที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นตอนที่ 3 กดปุ่ม Run เพื่อทำการรันโปรแกรม

ขั้นตอนที่ 4 เปลี่ยนที่ได้ Type of Control ให้เป็น Hybrid

ขั้นตอนที่ 5 ปรับค่า Set Point ตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 6 ถ้าต้องการที่จะหยุดโปรแกรมให้กดปุ่ม Stop

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าต้องการที่จะรีเซ็ตค่าโปรมให้กดปุ่ม Reset

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

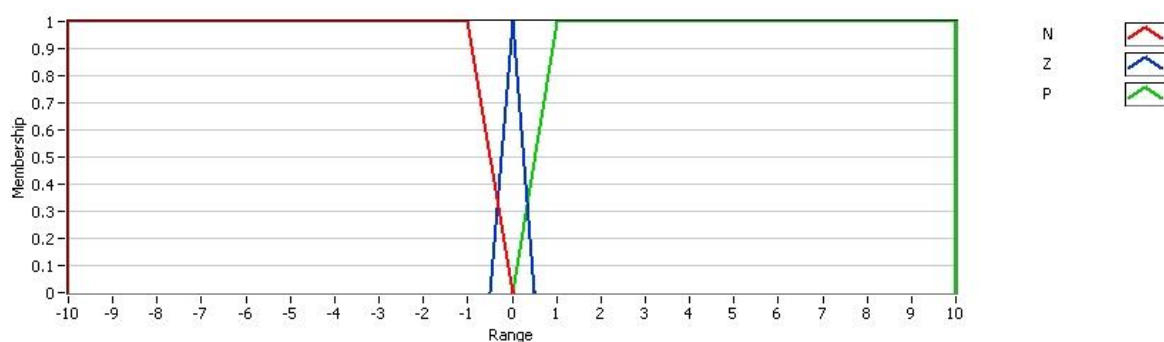
3.4 จงออกแบบ Rule Based ของการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกตามที่กำหนดไว้ให้

$\begin{matrix} \square & e \\ e & \end{matrix}$	N	Z	P
N	NB	NB	NB
Z	NB	N	P
P	Z	P	P

Input membership functions

e

Membership function	Shape	Points
N	Trapezoid	-10 ; -10 ; -1 ; 0
Z	Triangle	-0.5 ; 0 ; 0.5
P	Trapezoid	0 ; 1 ; 10 ; 10





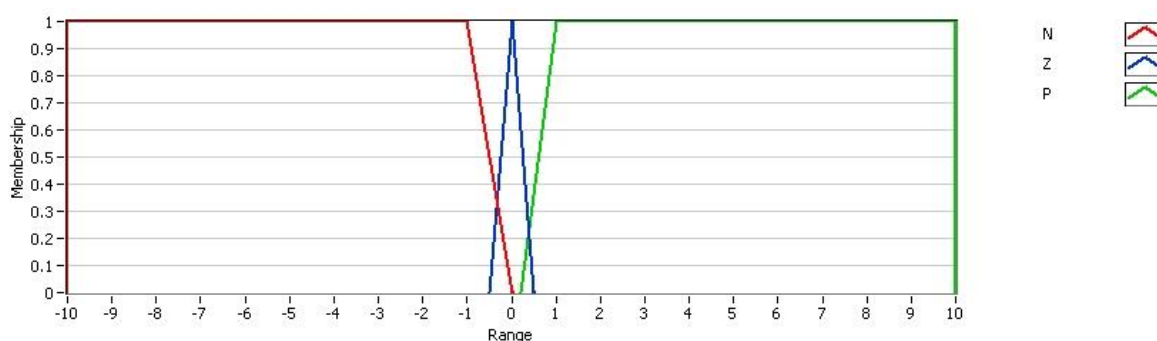
ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



□ e

Membership function	Shape	Points
N	Trapezoid	-10 ; -10 ; -1 ; 0
Z	Triangle	-0.5 ; 0 ; 0.5
P	Trapezoid	0. ; 1 ; 10 ; 10



Output membership functions

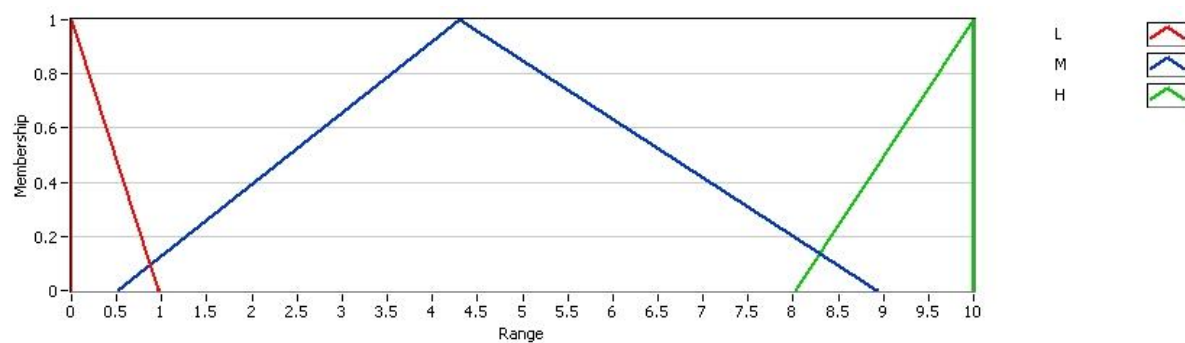
Out

Membership function	Shape	Points
N	Trapezoid	0 ; 0 ; 0.962567
Z	Triangle	0.508021;4.30481;8.93048
P	Trapezoid	8.02139 ; 10 ; 10



ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



3.5 จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

โดยปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การ ควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				10	50
				10	75
				10	100

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การ ควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				30	50
				30	75
				30	100
				50	50
				50	75
				50	100

3.6 สรุปผลการทดลอง

เขียนกราฟที่ได้จากการทดลองช่องว่างที่กำหนดให้

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.7 จงออกแบบ Rule Based ของการควบคุมตำแหน่งกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกตามที่กำหนดไว้ให้

$\square e$ e	NB	N	Z	P	PB
NB	NB	NB	NB	NB	NB
N	NB	NB	NB	NB	Z
Z	NB	NB	N	P	PB
P	NB	Z	P	P	PB
PB	NB	P	P	PB	PB

Input membership functions

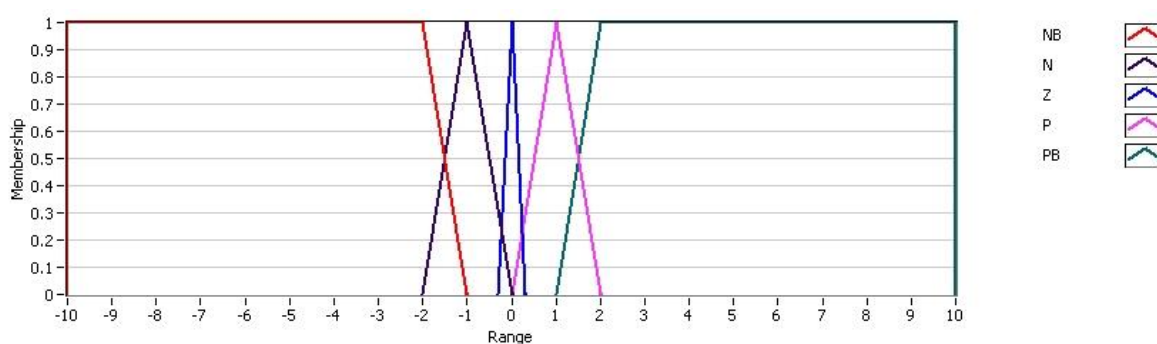
e

Membership function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-10 ; -10 ; -2 ; -1
N	Triangle	-2 ; -1 ; 0
Z	Triangle	-0.3 ; 0 ; 0.3
P	Triangle	0 ; 1 ; 2
PB	Trapezoid	1 ; 2 ; 10 ; 10



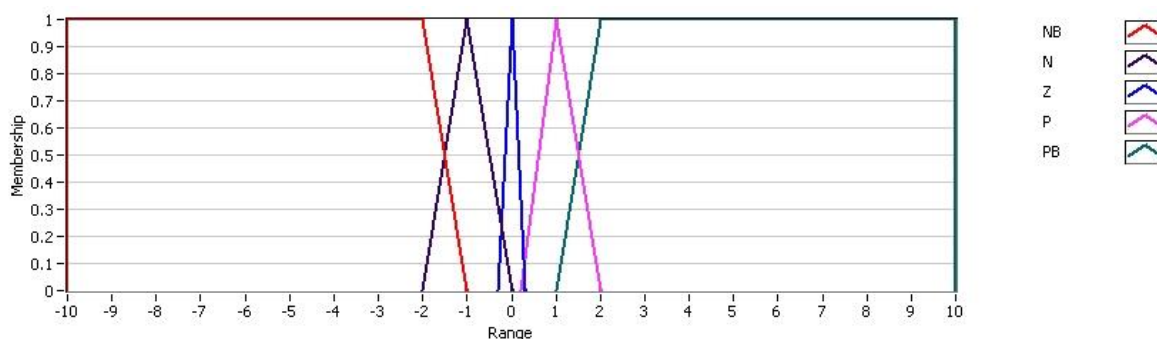
ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม
Hybrid of PID & Fuzzy



□e

Membership function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-10 ; -10 ; -2 ; -1
N	Triangle	-2 ; -1 ; 0
Z	Triangle	-0.3 ; 0 ; 0.3
P	Triangle	0.2 ; 1 ; 2
PB	Trapezoid	1 ; 2 ; 10 ; 10

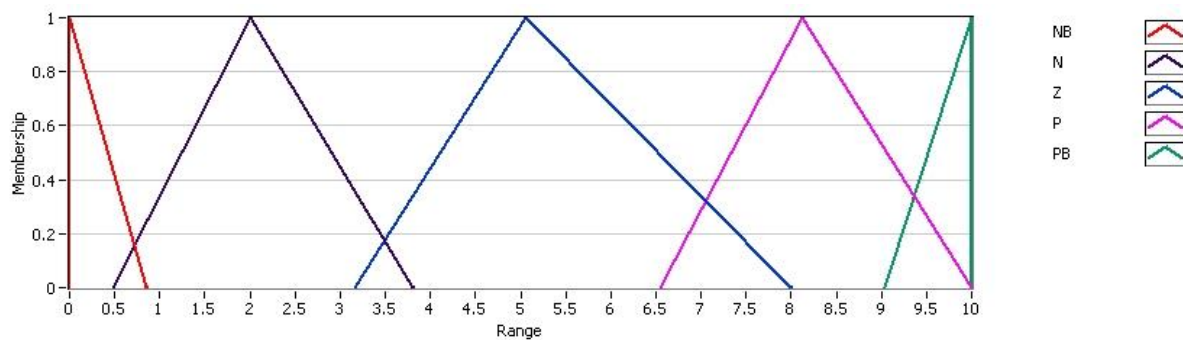


	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

Output membership functions

Out

Membership function	Shape	Points
NB	Trapezoid	0 ; 0 ; 0.855615
N	Triangle	0.481283;2.00535;3.79679
Z	Triangle	3.15508;5.053448;7.99465
P	Triangle	6.5508 ; 8.12834 ; 10
PB	Trapezoid	9.03743 ; 10 ; 10



	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	

3.8 จงบันทึกผลการทดลองลงในตารางต่อไปนี้

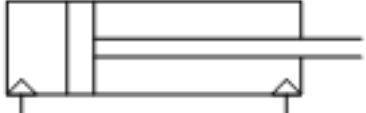
โดยปรับค่าเกณฑ์ของตัวควบคุมให้ได้ผลการตอบสนองที่ดีที่สุด

การทดลอง	Gain PID			P (bar)	ระยะทาง (cm)
	P	I	D		
การควบคุมตำแหน่งด้วย Computer โดยใช้การควบคุมแบบ Hybrid of PID & Fuzzy				15	50
				15	75
				15	100
				30	50
				30	75
				30	100
				45	50
				45	75
				45	100

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ใบงานที่ 2 การควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฮดรอลิกด้วยตัวควบคุม Hybrid of PID & Fuzzy	
<u>3.9 สรุปผลการทดลอง</u> เขียนกราฟที่ได้จากการทดลองช่องว่างที่กำหนดให้		

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

Characteristic (Cylinder)

- ☐ Operating pressure 6 MPa (60 bar)
- ☐ Maximum permissible pressure 12 MPa (120 bar)
- ☐ Double - acting
- ☐ Low - leakage , self - sealing coupling nipples
- ☐ Quick action mounting system Quick - Fix®
- ☐ Piston Ø : 16 mm
- ☐ Piston rod Ø : 10 mm
- ☐ Stroke : 200 mm
- ☐ Surface area ratio 1 : 1.6

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

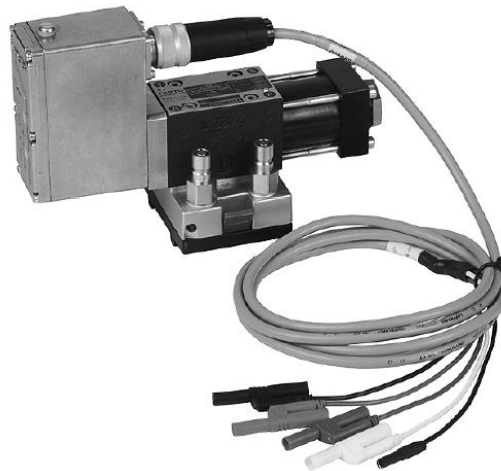
Characteristic (Motor)



- ☐ Operating pressure 6 Mpa (60 bar)
- ☐ Maximum permissible pressure 12 MPa (120 bar)
- ☐ Maximum permissible pressure in the return line 5 MPa (50 bar)
- ☐ Displacement: 8.2 cm³per revolution, 0 – 10 l/min equates to 0 – 1220 r.p.m.
- ☐ Design : orbit
- ☐ Low – leakage , self – sealing coupling coupling nipples
- ☐ Quick action mounting system Quick - Fix®

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

Characteristic (4/3-way Servo Valve)



No. Plug	designation		Color Plug
1	Supply+	24 V	red
2	Supply-	0 V	blue
3	Set point value +	0 - ± 10 V	Black
4	Set point value -	0 - ± 10 V	White
5	Signal of control piston	4- 24mA	(coupling)



ชุดประกอบการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy



ภาคผนวก

Characteristic (DAQ)

NI PCI/PXI-6221 (68-Pin)



คุณสมบัติโดยทั่วไปของบอร์ด

- ☐ Two 16-bit analog outputs (833 kS/s); 24 digital I/O; 32-bit counters
- ☐ NIST-traceable calibration certificate and more than 70 signal conditioning options
- ☐ Correlated DIO (8 clocked lines, 1 MHz)
- ☐ NI-MCal calibration technology for increased measurement accuracy
- ☐ Select high-speed M Series for 5X faster sampling rates or high-accuracy M Series for 4X resolution.

NI-DAQmx driver software and NI LabVIEW SignalExpress LE interactive data-logging software



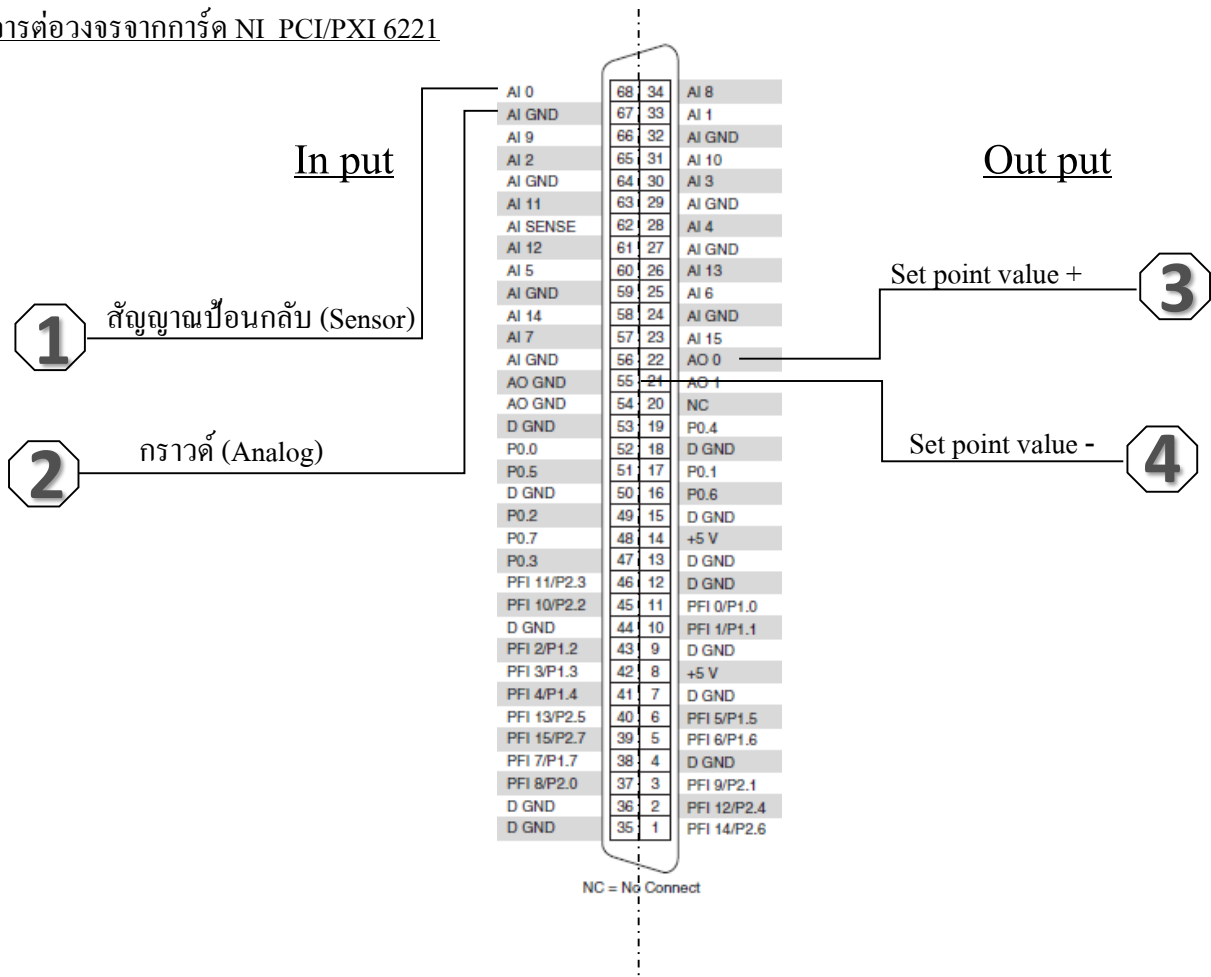
ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ
Hybrid of PID & Fuzzy

ภาคผนวก



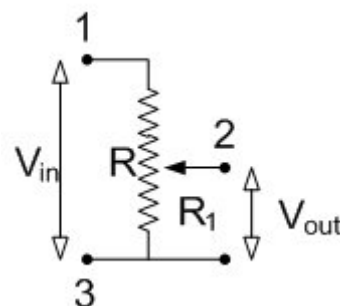
Characteristic (DAQ)

การต่อวงจรจากการ์ด NI PCI/PXI 6221



	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

Characteristic (Potentiometer)



- ☐ มีช่วงชัก (Stroke Rang) ที่ 200 มิลลิเมตร
- ☐ มีกล่องไฟเลี้ยง 24 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงในตัวเซนเซอร์
- ☐ สามารถวัดตำแหน่งออกมาเป็นไฟ 0 – 10 โวลต์ โดยสามารถนำสัญญาณไฟ 0 – 10 โวลต์ต่อเข้ากับกล่องไฟเลี้ยง

	ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

Characteristic (Encoder)



Color	Terminal
Brown	Power supply (+Vcc)
Black	Output phase A
White	Output phase B
Orange	Output phase Z
Blue	0 V (common)

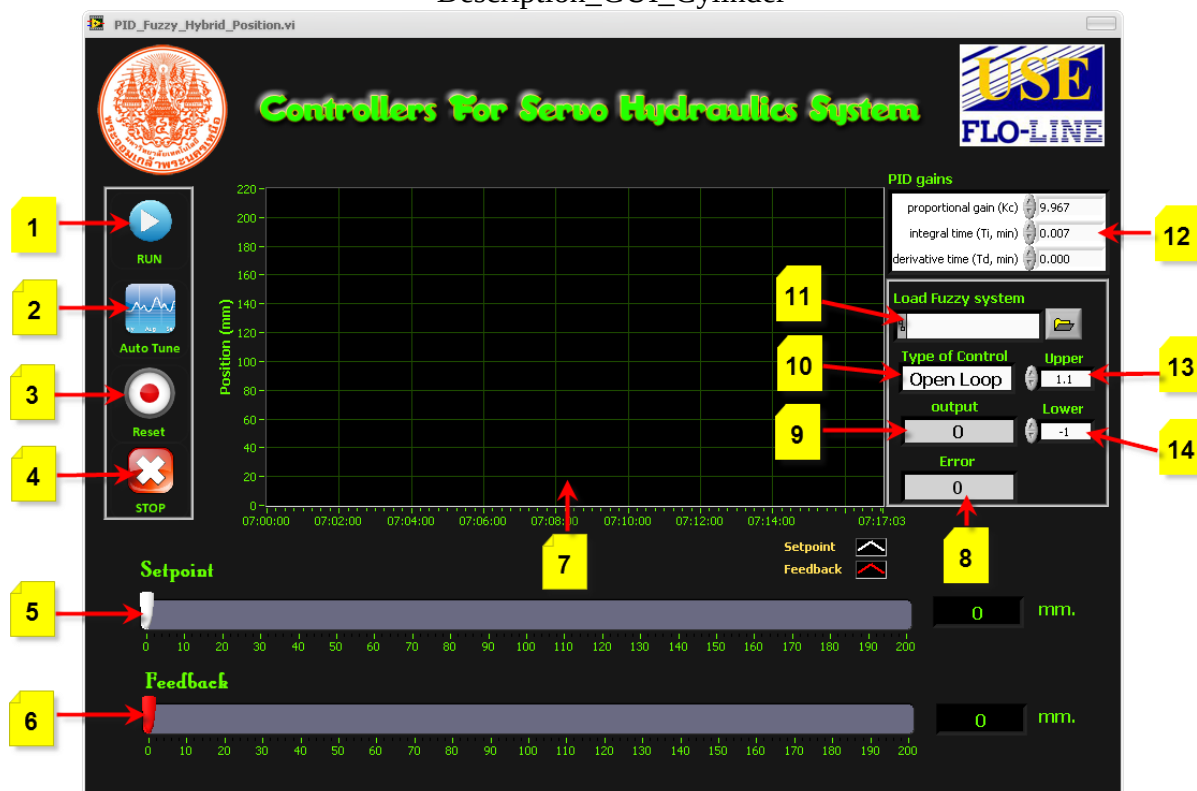


ชุดทดลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy

ภาคผนวก



Description_GUI_Cylinder



ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมมีดังนี้

หมายเลข 1 คือ ปุ่มรัน (Run) เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม

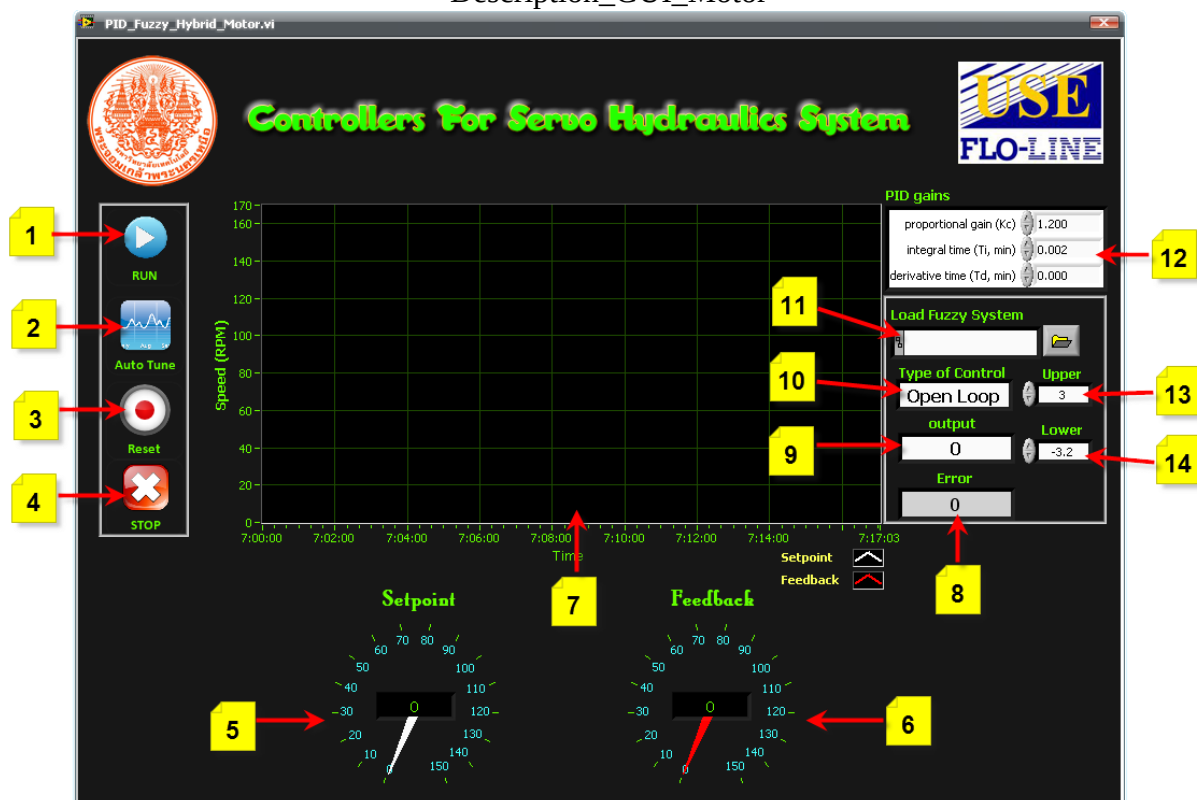
หมายเลข 2 คือ ปุ่มกดปรับค่าเกณฑ์อัตโนมัติ (Autotune)

หมายเลข 3 คือ ปุ่มกำหนดค่าใหม่ (Reset)

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก หมายเลข 4 คือ ปุ่มหยุดการทำงานของโปรแกรม (Stop) หมายเลข 5 คือ หน้าปัดสำหรับกำหนดตำแหน่ง (Set point) ที่สามารถพิมพ์ค่าตัวเลขเพื่อระบุความเร็วที่ต้องการจากแป้นพิมพ์ (Keyboard) ได้เลย และมีการกำหนดตำแหน่งที่สามารถใช้เมาส์เลื่อนสไลด์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ หมายเลข 6 คือ สไลด์แสดงค่าป้อนกลับ (Display Feedback) หมายเลข 7 คือ กราฟแสดงผล ระหว่างจุดกำหนด (Set Point) สีขาวและค่าป้อนกลับ (Feed Back) สีแดง หมายเลข 8 คือ แสดงค่าความผิดพลาด (Error) หมายเลข 9 คือ แสดงค่าเอาต์พุต (Output) หมายเลข 10 คือ ช่องเลือกการการควบคุมซึ่งมีทั้งหมด 2 แบบ คือ การควบคุมแบบรอบเปิด(Open Loop) และการควบคุมแบบรอบปิด (Close Loop) ซึ่งแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 แบบ คือ การควบคุมรอบปิดด้วยพีไอดีแบบปรับค่าเกณฑ์เอง (PID Manual) การควบคุมรอบปิดด้วยพีไอดีแบบปรับค่าเกณฑ์อัตโนมัติ (PID Autotune) การควบคุมรอบปิดด้วยฟัซซี (Fuzzy) และการควบคุมรอบปิดแบบผสม (Hybrid) หมายเลข 11 คือ ช่องเลือกกฎฟัซซี (Rule base) หมายเลข 12 คือ ช่องสำหรับปรับกำหนดค่า Proportional (Kp) Integral (Ti) Derivative (Td) หมายเลข 13 คือ ช่องสำหรับใส่ค่าความผิดพลาดสูงสุดเพื่อสับเปลี่ยนการควบคุม ค่าที่ใส่ในช่องนี้จะส่งผลเมื่อเลือกการควบคุมรอบปิดแบบผสม หมายเลข 14 คือ ช่องสำหรับใส่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดเพื่อสับเปลี่ยนการควบคุม ค่าที่ใส่ในช่องนี้จะส่งผลเมื่อเลือกการควบคุมรอบปิดแบบผสม	

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก	

Description_GUI_Motor



ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรม มีดังนี้

หมายเลข 1 คือ ปุ่มรัน (Run) เพื่อเริ่มการทำงานของโปรแกรม

หมายเลข 2 คือ ปุ่มกดปรับค่าเกณฑ์อัตโนมัติ (Autotune)

หมายเลข 3 คือ ปุ่มกำหนดค่าใหม่ (Reset)

	ชุดประลองการควบคุมระบบเซอร์โวไฮดรอลิกด้วย PID , Fuzzy และ Hybrid of PID & Fuzzy	
	ภาคผนวก หมายเลข 4 คือ ปุ่มหยุดการทำงานของโปรแกรม (Stop) หมายเลข 5 คือ หน้าปัดสำหรับกำหนดความเร็ว (Set point) ที่สามารถพิมพ์ค่าตัวเลขเพื่อระบุความเร็วที่ต้องการจากแป้นพิมพ์ (Keyboard) ได้เลย และมีการกำหนดความเร็วที่สามารถใช้เมาส์เลื่อนเข็มที่หน้าปัดไปยังความเร็วที่ต้องการได้ หมายเลข 6 คือ หน้าปัดแสดงค่าป้อนกลับ (Display Feedback) หมายเลข 7 คือ กราฟแสดงผล ระหว่างจุดกำหนด (Set Point) สีขาวและค่าป้อนกลับ (Feed Back) สีแดง หมายเลข 8 คือ แสดงค่าความผิดพลาด (Error) หมายเลข 9 คือ แสดงค่าเอาต์พุต (Output) หมายเลข 10 คือ ช่องเลือกการการควบคุมซึ่งมีทั้งหมด 2 แบบ คือ การควบคุมแบบรอบเปิด (Open Loop) และการควบคุมแบบรอบปิด (Close Loop) ซึ่งแบ่งการควบคุมออกเป็น 4 แบบ คือ การควบคุมรอบปิดด้วยพีไอดีแบบปรับค่าเกณฑ์เอง (PID Manual) การควบคุมรอบปิดด้วยพีไอดีแบบปรับค่าเกณฑ์อัตโนมัติ (PID Autotune) การควบคุมรอบปิดด้วยฟัซซี (Fuzzy) และการควบคุมรอบปิดแบบผสม (Hybrid) หมายเลข 11 คือ ช่องเลือกกฎฟัซซี (Rule base) หมายเลข 12 คือ ช่องสำหรับปรับกำหนดค่า Proportional (Kp) Integral (Ti) Derivative (Td) หมายเลข 13 คือ ช่องสำหรับใส่ค่าความผิดพลาดสูงสุดเพื่อสับเปลี่ยนการควบคุม ค่าที่ใส่ในช่องนี้จะส่งผลเมื่อเลือกการควบคุมรอบปิดแบบผสม หมายเลข 14 คือ ช่องสำหรับใส่ค่าความผิดพลาดต่ำสุดเพื่อสับเปลี่ยนการควบคุม ค่าที่ใส่ในช่องนี้จะส่งผลเมื่อเลือกการควบคุมรอบปิดแบบผสม	