

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบและเปรียบเทียบระบบควบคุมการทำงาน ของระบบอิเล็กทรอนิกส์ แบบพีไอดีคอนโทรลเลอร์ กับ แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมแรงของเครื่องอัดเม็ดยา

DESIGN AND COMPARISON OF A CONTROLLER BETWEEN PID AND FUZZY LOGIC
FOR TABLETTING MACHINE FORCE CONTROL



T119365

โดย

นาย กัณย์ เลียงกลกิจ

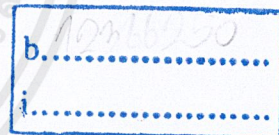
นาย ทศพล ทะวงษ์เงิน

นาย ปวริศ ตะกรุดคง

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ณัฐวดี เตไปวา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119365
วัน,เดือน,ปี. - 7 S.A. 2554



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2553

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบและเปรียบเทียบระบบควบคุมการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ พีไอดี
คอนโทรลเลอร์ กับ แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมแรงของเครื่องอัดเม็ดยา

DESIGN AND COMPARISON OF A CONTROLLER BETWEEN PID AND FUZZY LOGIC

FOR TABLETTING MACHINE FORCE CONTROL

ผู้จัดทำ

1. นาย กัมย์ เสี่ยงกลกิจ รหัสประจำตัว 50010075
2. นาย ทศพล ทวงษ์เงิน รหัสประจำตัว 50010568
3. นาย ปวีศ ตะกรุดคง รหัสประจำตัว 50010936

ศรุต เตมียา

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. ณัฐวุฒิ เตมียา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและเปรียบเทียบระบบควบคุมการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ โทร-ไฮดรอลิกส์ พีไอดี คอนโทรลเลอร์ กับ แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิกในการควบคุมแรงของเครื่องอัดเม็ดคยา

นาย กัญย์ เลียงกลกิจ รหัสประจำตัว 50010075

นาย ทศพล ทะวงษ์เงิน รหัสประจำตัว 50010568

นาย ปวริศ ตะกรุดคง รหัสประจำตัว 50010936

ผศ.ดร. ณัฐวุฒิ เดไปวา อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้ทำการเปรียบเทียบการทำงานของระบบควบคุมไฮดรอลิกส์ 2 แบบ คือ PID และ Fuzzy logic ซึ่งแต่ละระบบมีข้อดีข้อเสียต่างกัน นำมาใช้ในการควบคุมแรงอัดของเครื่องอัดเม็ดคยา อาศัยการทำงานแบบอิเล็กทรอนิกส์ โทร-ไฮดรอลิก คือมีค่าอินพุตเป็นกระแสไฟฟ้าจ่ายไฟให้กับชุดอุปกรณ์ โดยผ่านเซอร์โววาล์ว จากเซอร์โววาล์วกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นแรงดันเพื่อขับกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ จนกลายเป็นแรงที่ใช้อัดเม็ดคยาในที่สุด การควบคุมชุดอุปกรณ์ทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น เซอร์โววาล์ว หรือเซนเซอร์รับแรง รวมถึงเซนเซอร์วัดความดัน เหล่านี้ จะอาศัยโปรแกรม LabVIEW โดยทำหน้าที่รับและส่งสัญญาณผ่านทาง Data Acquisition Card(DAQ) โดยการทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วงในแต่ละระบบ ช่วงแรกเป็นระบบควบคุมพีไอดีต้องการหาสมการทางคณิตศาสตร์ของระบบนี้ก่อนที่จะนำไปคำนวณเพื่อหาค่า Gain, ค่า K_p , K_i และ K_d ตามลำดับ ช่วงที่สองจะเป็นระบบฟัซซี่ลอจิก ต้องมีการศึกษาข้อมูลของเครื่องอัดเม็ดคยาก่อน จึงสามารถออกแบบตารางเมมเบอร์ชิพของค่าอินพุตและเอาต์พุตของระบบ จากนั้นออกแบบรูเบสของระบบโดยอาศัยกฎ If-Then เพื่อเตรียมใช้ในการทดลองและควบคุมการทำงานผ่านโปรแกรม LabVIEW จากผลการทดลองพบว่า ในเครื่องอัดเม็ดคยานี้หากมีการเปลี่ยนแปลงแรงอัดบ่อยครั้งจะไม่เหมาะกับระบบควบคุมพีไอดี เพราะต้องทำการปรับค่า K_p , K_i และ K_d ใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงแรง แต่สำหรับระบบฟัซซี่ลอจิกจะสะดวกและมีความหลากหลายในการควบคุมแรงมากกว่าเพราะการออกแบบรูเบสที่เหมาะสมนั้นจะทำให้ไม่จำเป็นต้องปรับแต่งค่าใดๆเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESIGN AND COMPARISON OF A CONTROLLER BETWEEN PID AND FUZZY LOGIC
FOR TABLETTING MACHINE FORCE CONTROL

Gunn Lieangkonkit

Todsapon Tawongern

Pawaris Tagrudkong

Assoc.Prof.Dr.Nattawoot Depaiwa Advisor

ABSTRACT

The objective of this research is a comparison between PID-controller and Fuzzy logic. The controller will control force in tableting machine with Electro-Hydraulic system. Electricity voltage will send to Servo-valve as an input for the system. The input voltage will convert to a pressure in hydraulic cylinder as an output force. Control of this system will use Data Acquisition Card(DAQ) via LabVIEW program. The detected signals are from sensors such as Servo-valve, Loadcell or Pressure sensor etc. Experiment divided in two phase, begin with PID controller the mathematic model of the system was calculated to find the suitable Gain, K_p , K_i and K_d . Fuzzy logic's phase. After investigate the system then membership functions of the system were designed. The rules were based on If-Then rule for the experiment. In the result, The PID controller is not suitable for tableting machine, because this system has various force inputs, so K_p , K_i and K_d value must be changed due to any input cases. From this reason Fuzzy logic controller would be more suitable for this system.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ก็เพราะด้วยความเอาใจใส่ แนะนำ และช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ เสมอมาจาก ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ เดโว อาจารย์ที่ปรึกษา และพี่ไธด์ รุ่นพี่ปริญญาโทต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมโยธาที่เอื้อเพื่อให้ยืมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้ และขอบคุณพี่ศักดิ์ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ ในการทำโครงการนี้

ที่สำคัญที่สุดต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุกๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย ภัณย์ เลียงกลกิจ

นาย ทศพล ทะวงษ์เงิน

นาย ปวีศ ตะกรุดคง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ปกใน	หน้าที่ 1
บทคัดย่อ	หน้าที่ 2
กิตติกรรมประกาศ	หน้าที่ 4
สารบัญ	หน้าที่ 5
บทที่ 1 บทนำ	หน้าที่ 6
บทที่ 2 ทฤษฎีของระบบอิเล็กทรอนิกส์	หน้าที่ 8
บทที่ 3 ทฤษฎีของระบบควบคุมพีไอดี	หน้าที่ 11
บทที่ 4 ทฤษฎีของระบบควบคุมพีซีลอจิก	หน้าที่ 16
บทที่ 5 โปรแกรมแลบวิว	หน้าที่ 36
บทที่ 6 เครื่องอัตโนมัติ	หน้าที่ 45
บทที่ 7 การคำนวณในระบบควบคุมพีไอดี	หน้าที่ 50
บทที่ 8 การออกแบบระบบควบคุมพีซีลอจิก	หน้าที่ 55
บทที่ 9 การออกแบบระบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมแลบวิว	หน้าที่ 59
บทที่ 10 ผลการทดลอง	หน้าที่ 67
บทที่ 11 บทวิจารณ์และสรุปผลการทดลอง	หน้าที่ 83
บทที่ 12 ภาคผนวก	หน้าที่ 86
บทที่ 13 เอกสารอ้างอิง	หน้าที่ 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ระบบอิเล็กทรอนิกส์เป็นระบบที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ในวงการอุตสาหกรรมควบคุม รวมถึงระบบควบคุมต่างๆ เพราะสามารถสั่งงานได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือเครื่องมือต่างๆ จากนั้นแปลงไปเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไฟฟ้าที่สามารถจ่ายเป็นช่วงได้ เพื่อแปลงเป็นแรงต่างๆไม่ว่าจะเป็นแรงกดจากกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ซึ่งในโครงการนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้กับการควบคุมแรงอัดเม็ดยา โดยทำการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังชุดอุปกรณ์ด้วยระบบควบคุม 2 ระบบ คือ ระบบพีไอดี และระบบพีซีซีลอจิก ซึ่งทั้งสองระบบมีข้อดีข้อเสียต่างกัน ขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยในโครงการชุดนี้ออกแบบระบบควบคุมทั้งสองระบบและนำผลการทดลองที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ว่าระบบควบคุมใดเหมาะสมกับการใช้กับระบบควบคุมแรงอัดเม็ดยานี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อออกแบบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุม ระหว่างระบบควบคุมพีไอดีและระบบพีซีซีลอจิก

1.2.2 เพื่อศึกษาการทำงานของระบบควบคุมไฮดรอลิกส์ทั้ง 2 ระบบและยังหาข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบเพื่อเลือกใช้ในการทำงานต่อไป

1.2.3 เพื่อหาระบบควบคุมไฮดรอลิกส์ที่เหมาะสมจะใช้งานกับเครื่องอัดเม็ดยา

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 สามารถพัฒนาชุดควบคุมไฮดรอลิกส์แบบพีไอดี ที่เหมาะสมกับชุดอุปกรณ์ได้
- 1.3.2 สามารถพัฒนาชุดควบคุมไฮดรอลิกส์แบบแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซี่ลอจิกที่เหมาะสมกับชุดอุปกรณ์ได้
- 1.3.3 ใช้ประโยชน์จากการใช้โปรแกรมคำนวณความน่าจะเป็นของชุดอุปกรณ์ได้

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ออกแบบและเปรียบเทียบการทำงานของระบบควบคุม 2 ระบบ ระหว่างระบบควบคุมพีไอดี และระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก เพื่อควบคุมแรงที่ใช้ในการอัดเม็ดยา ในช่วงแรง 500, 800 และ 1200 กิโลกรัม

1.5 วิธีการดำเนินการ

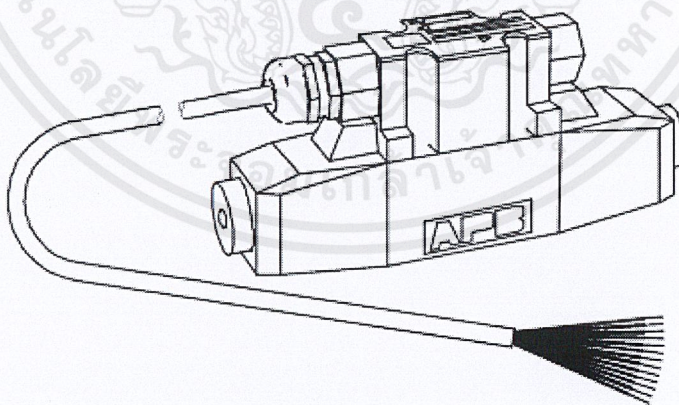
การทดลองของโครงการนี้แบ่งเป็นสองส่วน คือ ทดลองโดยควบคุมผ่านระบบพีไอดี และทดลองโดยควบคุมผ่านระบบฟัซซี่ลอจิก โดยจะทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมแมทแล็บ ซิมูลิงค์ ในการจำลองผลการทดลอง และใช้ โปรแกรมแลบวิวในการสั่งการให้เครื่องทำงาน เริ่มจากการคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ของชุดอุปกรณ์ตั้งแต่การไหลผ่านพรอพ โฟชั่นนอนวาล์ว ไปจนถึงขั้นตอนการอัดเม็ดยา จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าเกณฑ์ ของระบบพีไอดี จำลองการทำงานโดยโปรแกรมแมทแล็บ และทำการปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมแลบวิว บันทึกผลการทดลอง จากนั้นเป็นระบบฟัซซี่ลอจิก จะทำการศึกษาระบบก่อนและทำการจำลองโดยโปรแกรมซิมูลิงค์ โปรแกรมแมทแล็บ เพื่อศึกษาระบบแล้วจึงทำการปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมแลบวิว บันทึกผล และสรุปในขั้นตอนต่อไป

บทที่ 2

อิเล็กทรอนิกส์ไฮดรอลิกส์

2.1 หลักการทำงาน

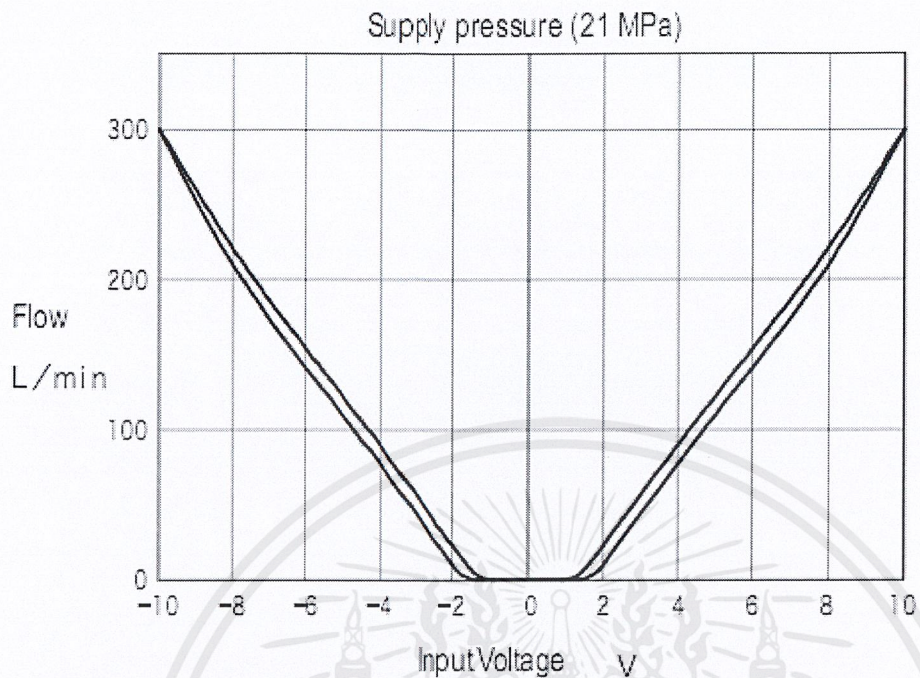
อิเล็กทรอนิกส์ไฮดรอลิกส์ คือ การนำค่ากระแสไฟฟ้า (Input) จ่ายแรงดันไฟฟ้า ไปยังกลไกใดกลไกหนึ่งในที่นี้ คือ วาล์วควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional Valve) เนื่องจากอุปกรณ์นี้จะสามารถทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นช่วงได้ ตั้งแต่ +10V ถึง -10V ซึ่งแรงดันตัวนี้จะนำไปสั่งการในการยกขดลวดภายในวาล์ว คล้ายกับการกำหนดอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกส์ผ่านรูออริฟิส เพื่อแปลงให้เป็นแรงที่ใช้ในการอัดเม็ดยา ซึ่งสามารถควบคุมการไหลได้หลายรูปแบบไม่ว่า หนึ่งทิศทาง หรือ สองทิศทาง เป็นต้น



รูปที่ 2.1 วาล์วควบคุมแบบสัดส่วน

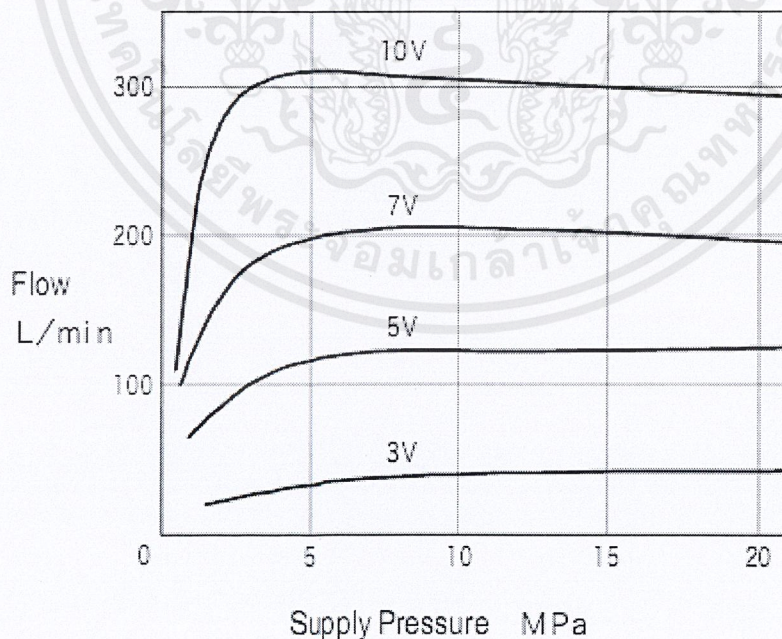
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input Voltage - Flow Characteristics



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดันที่จ่าย กับอัตราการไหลผ่านรูออริฟิส

Supply Pressure - Flow Characteristics



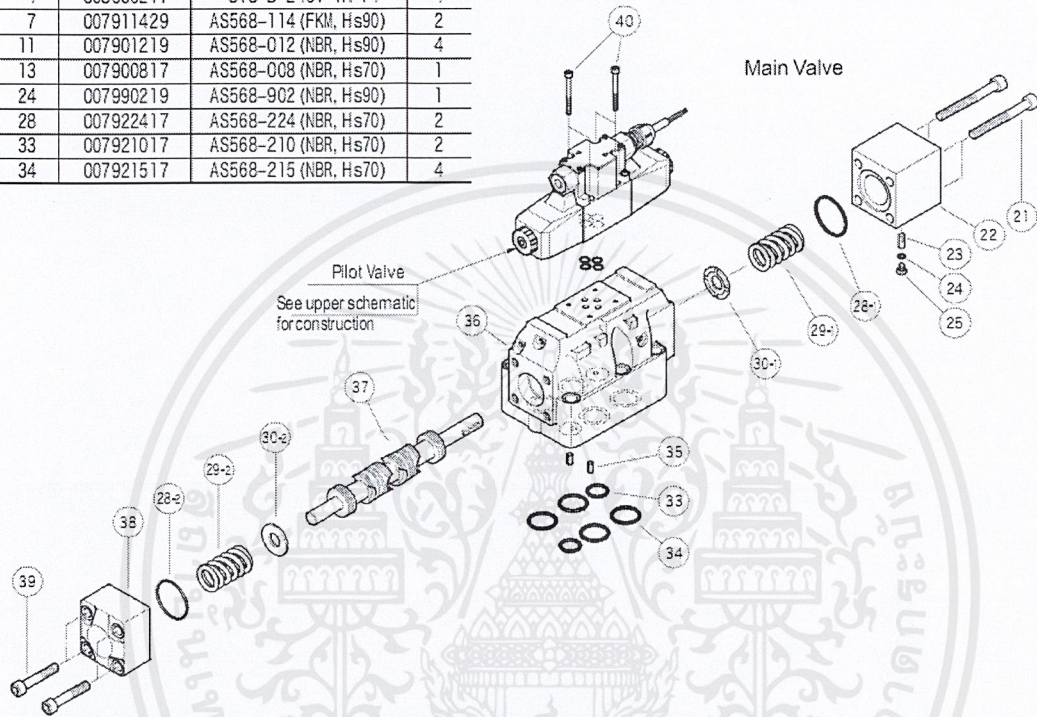
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความดัน กับอัตราการไหลผ่านรูออริฟิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในวาล์วควบคุมแบบสัดส่วนจะมีสปูล (Spool) มีลักษณะคล้ายเข็มที่อุดรูการไหลของน้ำมันไว้ แต่ถ้าวาล์วจ่ายไฟ ก็จะถูกยกขึ้นตามสัดส่วนไฟฟ้าที่เรากำหนด จึงเรียกว่าวาล์วควบคุมแบบสัดส่วนนั่นเอง

O-Rings COM-8

No.	Part No.	Standard	Qty
2	008001917	JIS B 2401 1A-P21	2
4	008000217	JIS B 2401 1A-P4	4
7	007911429	AS568-114 (FKM, Hs90)	2
11	007901219	AS568-012 (NBR, Hs90)	4
13	007900817	AS568-008 (NBR, Hs70)	1
24	007990219	AS568-902 (NBR, Hs90)	1
28	007922417	AS568-224 (NBR, Hs70)	2
33	007921017	AS568-210 (NBR, Hs70)	2
34	007921517	AS568-215 (NBR, Hs70)	4



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ภายในวาล์วควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

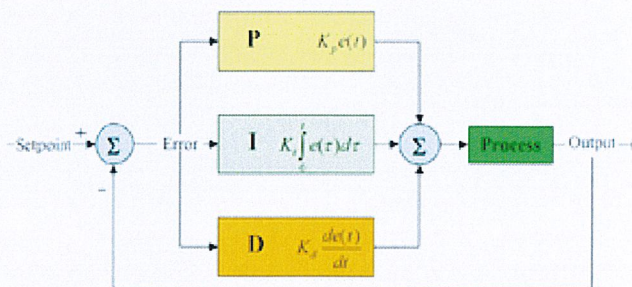
บทที่ 3

ทฤษฎีของระบบควบคุมฟีดแบ็ค

3.1 พื้นฐานของระบบควบคุมฟีดแบ็ค

ระบบควบคุม (Control System) คือ การจัดองค์ประกอบส่วนต่างๆ ให้มีการทำงานที่สัมพันธ์กัน เพื่อบังคับหรือปรับปรุงให้ระบบทำงานตามที่ต้องการ พลานต์ (Plant) คือ สิ่งที่ต้องจะควบคุม อาจเป็นเครื่องมือหรือเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงาน ดิสเตอร์บรันด์ (Disturbance) คือ สัญญาณรบกวนที่เข้ามาในระบบทำให้ค่าเอาต์พุตของระบบเปลี่ยนไป การควบคุมป้อนกลับ (Feedback) คือ การพยายามลดค่าความแตกต่างระหว่างเอาต์พุตกับค่าอ้างอิงหรือ อินพุต ระบบควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control System) คือ ระบบที่ควบคุมที่รักษาค่าเอาต์พุตให้ใกล้เคียงกับค่าอินพุต โดยมีการเปรียบเทียบสัญญาณทั้งสองนี้ ผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นค่าผิดพลาด (Error) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ใช้ป้อนเข้าสู่ตัวควบคุม (Controller)

แต่ที่ในโครงการนี้ใช้การป้อนกลับแบบปิด (Closed-loop control system) เพราะระบบควบคุมเปิดไม่สามารถให้ความแม่นยำในการควบคุมได้ ดังนั้นจึงมีการพิจารณาที่จะนำสัญญาณเอาต์พุตซึ่งมีผลโดยตรงกับระบบควบคุมมาใช้งาน โดยการนำสัญญาณเอาต์พุตจากระบบป้อนกลับมา เปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้กับระบบ ซึ่งมีผลต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองที่นำมาเปรียบเทียบนั้นจะเป็นสัญญาณค่าผิดพลาด (Error) เพื่อที่จะใช้เป็นสัญญาณป้อนกลับเข้าตัวควบคุม (Controller) ให้ตัวควบคุมนำไปสร้างสัญญาณควบคุมใหม่เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบและทำให้เอาต์พุตของระบบเข้าสู่ค่าที่เราต้องการ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมระบบควบคุมแบบปิด (Closed-loop control system)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ปัจจัยต่างๆในระบบพีไอดี

ประกอบด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

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

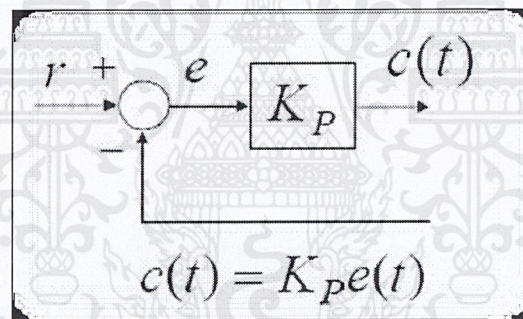
$$m = K_p(e)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating Variable)

K_p คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 Proportional Control

คุณลักษณะที่สำคัญของการควบคุมแบบสัดส่วน (P-controller) ก็คือ จะมีผลตอบสนองต่อสัญญาณอินพุต (Actuating error; e) แบบทันทีทันใดขนาดของเอาต์พุต (Manipulating variable; m) นอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอินพุตแล้วยังขึ้นกับอัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional gain; K_p) จะเห็นว่าค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะคงอยู่ได้ก็ต่อเมื่อมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ในสถานะสม่ำเสมอเท่านั้น (Steady-state error) ซึ่งเท่ากับ $e_{ss} = \frac{m_{ss}}{K_p}$ (Steady-state; s)

การควบคุมแบบสัดส่วนต้องการค่าความผิดพลาดเพื่อกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตสำหรับกระบวนการ (Process or Plant) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การควบคุมแบบสัดส่วนไม่สามารถกำจัดค่าความผิดพลาดของระบบที่ถูกใช้ให้ควบคุมให้หมดได้ แต่เนื่องจากการควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองต่อสัญญาณอินพุตแบบล้น จงทำให้มีความไวในการควบคุมระบบ ซึ่งถือได้ว่าเป็นคุณสมบัติเด่นของการควบคุมแบบสัดส่วน

2. Integral-action controller (I-controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบปริพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการ เพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอินทิกรัล ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

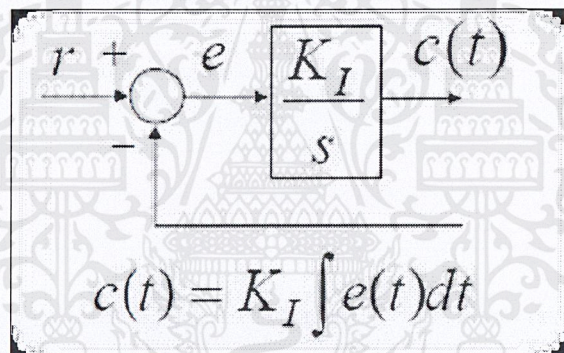
$$m = k_i(\int e dt)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulating variable)

K_i คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอินทิกรัล (Integral Gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.3 Integral Control

จากสมการจะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุต (Manipulating variable ; m) เป็นค่าสะสมของสัญญาณอินพุต (Actuating error ; e) ครอบคลุมที่ยังมีสัญญาณอินพุตหรือค่าความผิดพลาดปรากฏอยู่ค่าของสัญญาณเอาต์-

พุตจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าของสัญญาณเอาต์พุตจะหยุดเปลี่ยนแปลงและรักษาค่าให้คงที่ไว้เมื่อค่าความผิดพลาดเท่ากับศูนย์ (error ; $e = 0$) ความเร็วการเพิ่มขึ้นของสัญญาณเอาต์พุตนอกจากจะขึ้นอยู่กับขนาดของค่าความผิดพลาดแล้วยังขึ้นกับ Integral reset time ; T_i

คุณลักษณะสำคัญของการควบคุมแบบปริพันธ์หรือ (I-controller) จะเห็นได้จากการอนุพันธ์สมการ (2.10) ซึ่งจะได้ $\frac{dm}{dt} = k_i(e)$ อัตราการแก้ไขความผิดพลาดเป็นสัดส่วนกับค่าความผิดพลาด ดังนั้นตัวควบคุมแบบปริพันธ์จึงสามารถทำการแก้ไขความผิดพลาดของระบบจนกระทั่งไม่มีความผิดพลาดเหลืออยู่ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้การตอบสนองของระบบช้าลง (Discussion) เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบกับการควบคุมแบบสัดส่วน (Proportional) แล้ว จะเห็นว่า การควบคุมแบบปริพันธ์ (I-controller) มีคุณสมบัติของการหน่วงเวลา (Time delay) รวมอยู่ด้วย

3. Derivative-action controller (D-controller) หรือที่เรียกว่า การควบคุมแบบอนุพันธ์ เป็นการควบคุมซึ่งมีการปฏิบัติการเพื่อแก้ไขความผิดพลาดโดยให้สัญญาณที่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการอนุพันธ์ของค่าความผิดพลาด (Time integral of the error) เขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

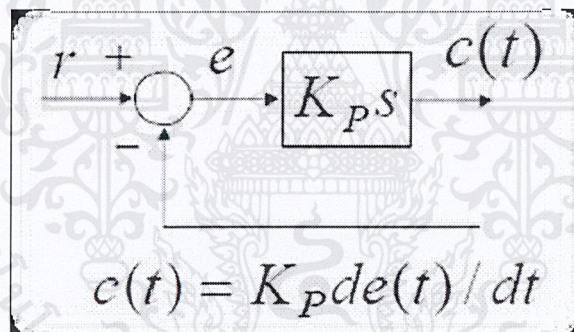
$$m = k_d \left(\frac{de}{dt} \right)$$

โดยที่ m คือ ปริมาณที่เปลี่ยนแปลงที่ใช้แก้ไขความผิดพลาด (Manipulation variable)

K_d คือ อัตราการขยายของตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Derivative gain)

e คือ ค่าความผิดพลาดที่เปลี่ยนแปลง (Actuating error)

จากสมการสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 3.4 Derivative Control

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

การควบคุมแบบอนุพันธ์ทำให้ระบบสามารถที่จะแก้ไขความผิดพลาดก่อนที่ค่าความผิดพลาดจะมีมากขึ้น แต่จะไม่รับรู้การมีอยู่ของค่าความผิดพลาดที่อยู่ในสภาวะคงที่ ดังนั้นการควบคุมแบบอนุพันธ์เพียงอย่างเดียวจึงไม่เหมาะที่จะใช้ในการควบคุมระบบ การชดเชยข้อด้อยดังกล่าวทำได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้การควบคุมแบบอนุพันธ์ร่วมกับการควบคุมแบบสัดส่วนและการควบคุมแบบปริพันธ์ เพื่อทำให้
คุณสมบัติโดยรวมของการควบคุมดีขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ทฤษฎีของระบบควบคุมระบบฟัซซี่ลอจิก

ฟัซซี่ลอจิก (fuzzy logic) ศาสตร์ด้านการคำนวณที่เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในวงการวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ และได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ มากมาย เช่น ด้านการแพทย์ ด้านการทหาร ด้านธุรกิจ ด้านอุตสาหกรรม เป็นต้น มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักศึกษาด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ควรจะได้ศึกษาเพื่อทำความเข้าใจในศาสตร์ฟัซซี่ลอจิกและโครงข่ายประสาทเทียมให้ลึกซึ้ง ทั้งนี้เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆซึ่งนับวันจะยังมีความต้องการระบบคอมพิวเตอร์ ที่มีความสามารถในการปรับเปลี่ยนระบบได้โดยอัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป มีการตัดสินใจแบบชาญฉลาดยิ่งมนุษย์ได้มากขึ้น ซึ่งมนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่ไม่เคยพบได้โดยอาศัยความรู้เท่าที่ได้เรียนรู้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

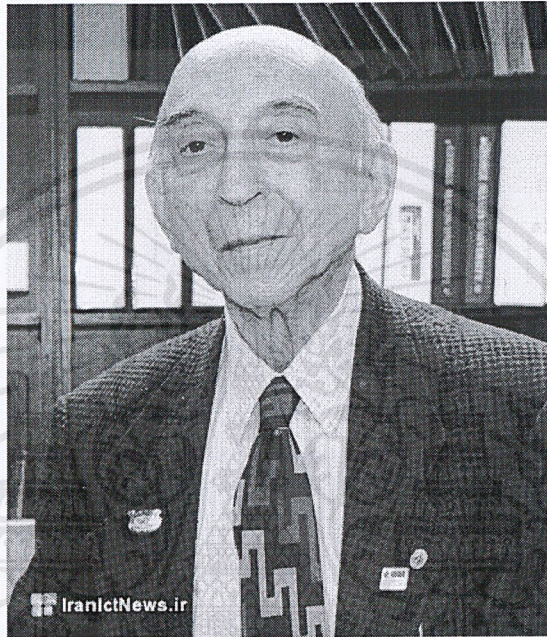
4.1 ระบบฟัซซี่

เป็นระบบด้านคอมพิวเตอร์ที่ทำงานโดยอาศัยฟัซซี่ลอจิกที่คิดค้นโดย L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ฟัซซี่ลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (exact) ยกตัวอย่างเช่น เซตของอายุคน อาจแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา จะเห็นได้ว่าในแต่ละช่วงอายุคนไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าวัยทารกกับวัย เด็กแยกจากกันแน่ชัดช่วงใด วัยทารกอาจถูกตีความว่าเป็นอายุระหว่าง 0 ถึง 1 ปี บางคนอาจตีความว่าวัยทารกอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่น ก็ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าช่วงต่อของอายุควรจะอยู่ในช่วงใด อาจตีความว่าวัยเด็กมีอายุอยู่ในช่วง 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นตัวอย่างของความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นลักษณะทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นทั่วไป เซตของเหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่าฟัซซี่เซต (fuzzy set)

จากแนวความคิดของ Zadeh เกี่ยวกับความไม่แน่นอนได้มีการขยายแนวคิดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ มากมายจนนับไม่ถ้วน ได้มีนักวิจัยได้คิดค้นทฤษฎีเสริมกับแนวคิดเดิมจนทำให้ฟัซซี่เซตโดดเด่นในวงการคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าฟัซซี่เซตจะนำเสนอจากคนอเมริกันแต่ประเทศอเมริกาก็ไม่ได้นำไปประยุกต์ใช้อย่างจริงจังในช่วงต้น ๆ แต่ประเทศญี่ปุ่นเล็งเห็นคุณค่าของศาสตร์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ด้านนี้ได้เป็นผู้บุกเบิกฟัซซีเซตทางการค้า โดยได้นำไปประยุกต์ใช้ในเครื่องใช้ไฟฟ้ามากมาย เช่น เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และอื่น ๆ อีกมากมาย ในยุคปัจจุบันประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้ความสำคัญกับศาสตร์นี้มากขึ้น โดยได้มีการทุ่มงบประมาณให้กับการวิจัยมากขึ้น และฟัซซีลอจิกถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ มากมาย ตัวอย่างเช่น ในโครงการอวกาศ NASA และ โครงการด้านการทหาร



รูปที่ 4.1 Lotfi Zadeh ผู้คิดค้นระบบฟัซซีลอจิก

4.2 ฟัซซีเซต

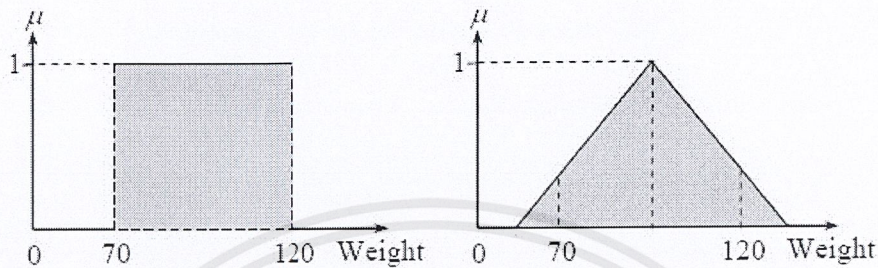
ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบ ทฤษฎีฟัซซีเซตจะครอบคลุมทฤษฎีเซตแบบฉบับ โดยฟัซซีเซตยอมให้มีค่าความเป็นสมาชิกของเซตระหว่าง 0 และ 1 ซึ่ง

แตกต่างจาก classical set หรือ crisp set ที่มีค่าความเป็นสมาชิกเป็น 0 หรือ 1 $\{0, 1\}$ เท่านั้น ฟัซซีเซตจะมีขอบเขตแบบฟัซซีไม่ใช่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใดจากขาวเป็นดำ ตัวอย่างเช่น เซตของคู่แต่งงานที่มีความสุข จะเห็นได้ว่าสมาชิกในเซตนี้จะไม่มีการเฉพาะคู่แต่งงานที่มีความสุขระดับเดียวกันหมด บางคู่จะมีความสุขมาก บางคู่มีความสุขน้อย แตกต่างกันไป การใช้เซตแบบดั้งเดิมจึงไม่เหมาะสม

119365

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเกี่ยวกับความอ้วน นิยามคำว่าคนอ้วนในเขตทวินัยอาจกำหนดเป็นคนที่มึน้ำหนักตั้งแต่ 70 ถึง 120 กิโลกรัม โดยนิยามแบบฟัซซีเซตอาจกำหนดเป็นคนที่มีความอ้วนประมาณ 80 กิโลกรัม ซึ่งเป็นการให้นิยามที่ไม่แสดงถึงขอบเขตที่แน่นอน



รูป 4.2 เปรียบเทียบการกำหนดความเป็นสมาชิกของ classical set กับ fuzzy set

4.3 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 สามารถเขียนเป็นเซตของคู่ลำดับ (tuples)

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

เมื่อ A หมายถึงฟัซซีเซต A

x หมายถึงสมาชิกของเซต (set membership)

$\mu_A(x)$ หมายถึง ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (membership function) $\mu_A(x)$ บางครั้งแทนด้วย $A(x)$

X หมายถึงเอกภพ สัมพัทธ์ (universe) หรือประชากร

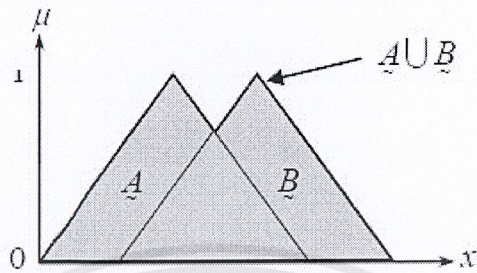
4.4 การดำเนินการทางฟัซซีเซต

การดำเนินการของฟัซซีเซตมีคุณสมบัติเหมือนกับเซตโดยทั่วไป มีการดำเนินการ (operation) เช่น Union Intersection และ Complement เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1. ยูเนียน (Union) ของฟัซซีเซต จะเป็น OR operation ในสมการ

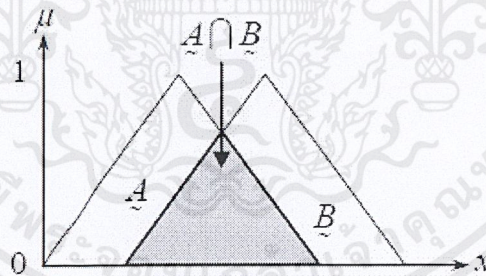
$$\begin{aligned}\mu_{A \cup B}(x) &= \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \\ &= \max(\mu_A(x), \mu_B(x))\end{aligned}$$



รูปที่ 4.3 ยูเนียนของฟัซซีเซต A และ B

4.4.2. อินเตอร์เซกชัน (Intersection) ของฟัซซีเซต จะเป็น AND operation ในสมการ

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

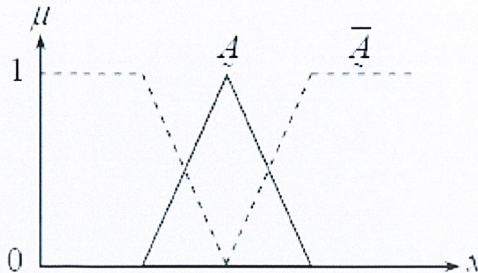


รูปที่ 4.4 อินเตอร์เซกชันของฟัซซีเซต A และ B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คอมพลิเมนต์ (Complement) ของฟัซซีเซต จะเป็น Not operation ในสมการ

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



รูปที่ 4.5 คอมพลิเมนต์ ของฟัซซีเซต A

		ZADEH operator	Logic operation
Intersection		$\mu_{A \cap B} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B)$	AND
Union		$\mu_{A \cup B} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B)$	OR
Negation		$\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A$	NOT

รูปที่ 4.6 การดำเนินการของฟัซซีเซตกับ Logic operation

4.4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

ชนิดของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียงบาง 6 ชนิด ดังนี้

1. ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (triangular membership function)

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

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

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 $\{a, b, c\}$

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

5. ฟังก์ชันตัวเอส (Smooth Membership Function)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

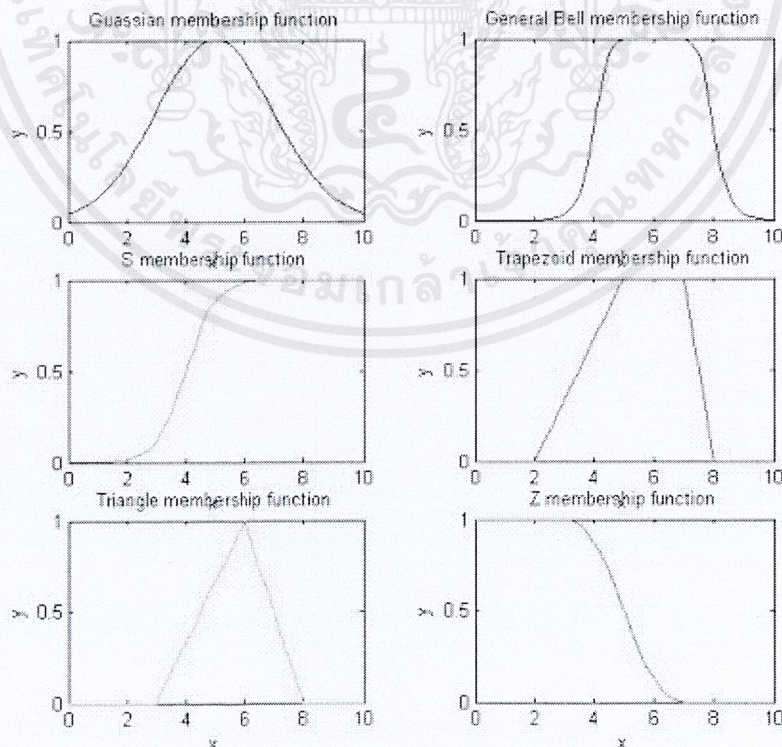
ฟังก์ชันรูปตัวเอสมีพารามิเตอร์ทั้งหมด 2 ค่าคือ $\{a, b\}$

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

6. ฟังก์ชันตัวแซด (Z-membership function)

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

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



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะของฟังก์ชันแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกฟังก์ชันของความเป็นสมาชิก จะต้องเลือกตามความเหมาะสมความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามา โดยสามารถที่ทับซ้อนกันเพื่อให้การดำเนินงานราบเรียบ ซึ่งมีความเป็นสมาชิกหลายค่าได้ และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้เหมาะกับงานที่กำลังปฏิบัติงานหรือตามความต้องการ

4.6 กฎฟัซซี (fuzzy rules)

ฐานกฎฟัซซีประกอบขึ้นด้วยชุดของกฎฟัซซี (Rules) จำนวนหนึ่งโดยในการหาเหตุผลแบบฟัซซีลอจิกนั้นเมื่อทราบปริมาณอินพุตแล้ว ก็จะต้องมีกฎฟัซซีเพื่อที่จะสามารถโยงจากปริมาณอินพุตที่ทราบไปยังปริมาณเอาต์พุตได้ (หรือในบางกรณีก็อาจจะทราบปริมาณเอาต์พุต แล้วโยงกลับไปหาปริมาณอินพุตก็เป็นได้) โดยแต่ละกฎเป็นการแสดงนัยหรืออิมพลิเคชัน (Implication) แสดงถึงความสัมพันธ์ (Relation) ระหว่างปริมาณฟัซซีอินพุตกับปริมาณฟัซซีเอาต์พุตซึ่งนิยมเขียนอยู่ในลักษณะของประโยค “IF x is A THEN y is B” ซึ่งเป็นการแสดงนัยในลักษณะ

ปริมาณฟัซซีอินพุต \rightarrow ปริมาณฟัซซีเอาต์พุต

หรือ เหตุ \rightarrow ผล

ซึ่งสามารถเขียนเป็นประโยคมาตรฐานได้เป็น

IF <antecedent> THEN <consequence>

โดยส่วน Antecedent คือส่วนที่เป็นเหตุหรือเงื่อนไขของกฎนั้นอาจจะประกอบขึ้นด้วยข้อความฟัซซี (Fuzzy propositions) ข้อความเดียวดังตัวอย่างข้างต้นหรือหลายๆข้อความเชื่อมกัน เช่น IF x is A AND y is B THEN z is C โดย AND เรียกว่าเป็น ตัวเชื่อมตรรก (Logical connective) ซึ่งอาจจะเป็นตรรกอื่นๆเช่น OR , AND NOT และ OR NOT เป็นต้น ก็ได้ขึ้นอยู่กับเหตุผลของแต่ละกฎ แต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้เฉพาะ AND หรือ OR เท่านั้น

4.7 ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy inference system , FIS)

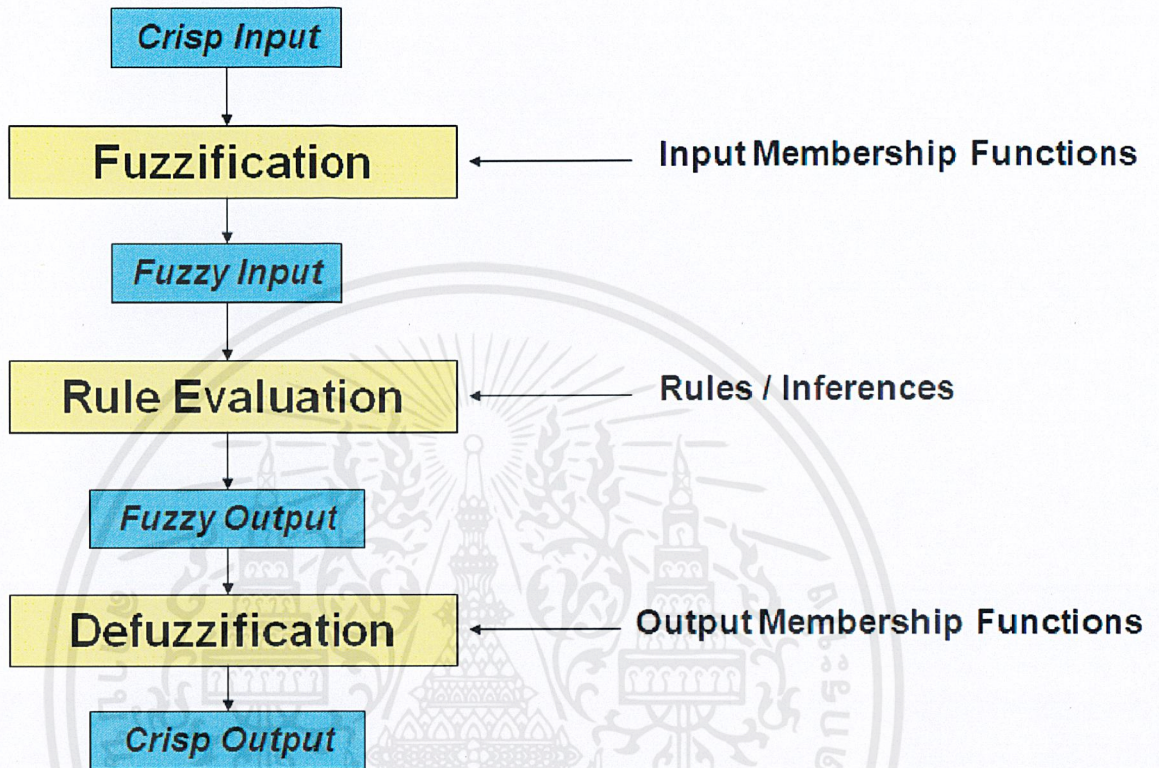
ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy Inference System หรือ FIS) คือระบบที่ทำการหาข้อสรุปผลลัพธ์ โดยใช้กระบวนการทาง Fuzzy logic ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการคิดตัดสินใจของมนุษย์ ซึ่งถ้าสังเกตขั้นตอนในการคิดตัดสินใจของสมองของเราในการทำงานประจำวันต่างๆ ดังตัวอย่าง ในขณะที่กำลังขับรถยนต์ สายตาก็จะรายงานความโค้งของถนนมายังสมอง ซึ่งสมองก็จะตีค่าความโค้งของถนนนี้ออกมาเป็นค่าตัวแปรภาษาพูด เช่น “โค้งมาก” “โค้งปานกลาง” “โค้งน้อย” เป็นต้น และนอกจากจะรายงานความโค้งของถนนแล้ว ก็ยังรายงานความเร็วของตัวรถซึ่งสมองก็ตีค่าออกมาเป็นค่าตัวแปรภาษาพูด เช่น “เร็วมาก” “เร็วปานกลาง” “เร็ว” เป็นต้น แล้วจึงใช้ค่าตัวแปรสองตัวนี้มาประกอบกันเป็นตัวแปรอินพุต แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกฎในเรื่องของการขับรถที่แต่ละคนได้สะสมมาจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของตนเอง แล้วจึงใช้กฎเหล่านี้ในการหาผลของการตัดสินใจออกมา เช่น ถ้าปริมาณอินพุตเป็น “ถนนโค้งมากและความเร็วมาก” ซึ่งไปตรงกับกฎ “ถ้าถนนโค้งมากและความเร็วมากก็เหยียบเบรคแรง” และได้ผลการตัดสินใจออกมาเป็น “เหยียบเบรคแรง” แต่อย่างไรก็ตาม ค่าตัวแปรแสดงการเหยียบเบรคแรงนี้ ก็ยังมีค่าความคลุมเครือเกินไปที่กล้ามเนื้อเท้าจะสามารถปฏิบัติการได้ สมองจึงทำการเปลี่ยนค่าตัวแปร “เหยียบเบรคแรง” นี้ให้เป็นค่าที่มีปริมาณแน่นอนในหน่วยที่กล้ามเนื้อเท้าสามารถจะรับคำสั่งไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง แล้วภายในอีกระยะเวลาหนึ่ง (ซึ่งจะเป็นเวลานานเท่าไรก็ได้แต่อุปนิสัย ความชำนาญ ความรู้ในเรื่องนั้นของแต่ละคน) เช่น 30 วินาที ก็จะทำการตัดสินใจแบบการหาเหตุผลแบบฟัซซี และสั่งการครั้งใหม่เพื่อแก้ไข และจะทำซ้ำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหยุดรถ

ระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ (Fuzzy Inference System หรือ FIS) ประกอบขึ้นด้วยส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนคือ

1. ส่วนฟัซซีฟิเคชัน (Fuzzification) ทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณอินพุตให้เป็นค่าฟัซซี
2. ฐานกฎ (Rule base) ซึ่งเป็นที่รวมของกฎต่างๆ ที่ใช้ประกอบในการคิดตัดสินใจ
3. ส่วนกลไกการอินเฟอร์เรนซ์ (Inference engine) เป็นส่วนที่ทำการวินิจฉัยเพื่อตัดสินใจ ซึ่งตามปกติแล้วระบบอินเฟอร์เรนซ์แบบฟัซซีนี้จะสามารถรับค่าของปริมาณอินพุตที่เป็นทั้งปริมาณคริस्पหรือปริมาณฟัซซีก็ได้ ส่วนทางด้านปริมาณเอาพุตนั้นระบบจะให้ออกมาเป็นปริมาณฟัซซีก่อนเสมอ แต่เมื่อในการทำงานบางอย่างที่ต้องการปริมาณเอาพุตเป็นปริมาณคริस्प จึงจะมีการเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนดีฟัซซิฟิเคชัน (Defuzzification) เพื่อเปลี่ยนปริมาณเอาพุทที่เป็นฟัซซีเซตให้เป็นปริมาณคริสป์ในขนาดที่เหมาะสม ดังนั้นส่วนประกอบของระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์จึงแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูป



รูปที่ 4.8 แผนผังการทำงานของระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์

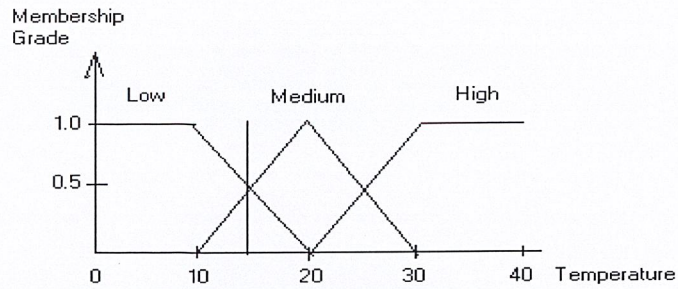
4.7.1 Fuzzification

Fuzzification ขั้นตอนนี้เป็นการนำเอาปริมาณอินพุตที่รับมา มาปรับค่าให้เป็นค่าฟัซซี (Fuzzy Values) ซึ่งประกอบด้วย ชื่อของฟัซซีเซตที่ปริมาณอินพุตนั้นเป็นสมาชิกและค่าความเป็นสมาชิก (Membership grades) ที่แสดงระดับความเป็นสมาชิก รวมเป็น membership function เป็นฟังก์ชันที่มีการกำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่ต้องการใช้งาน รูปร่างของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกมีความสำคัญต่อกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหา โดยฟังก์ชันความเป็นสมาชิกจะไม่สมมาตรกันหรือสมมาตรกันทุกประการก็ได้ โดยเลือกตามความเหมาะสม ความครอบคลุมของข้อมูลที่จะรับเข้ามาหรือขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ออกแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้ที่ใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม

เช่น เมื่อระบบฟัซซีอินเฟอร์เรนซ์ได้รับสัญญาณจากเครื่อง วัดอุณหภูมิเป็นปริมาณคริสป์หรือตัวเลข เช่น 15 องศา หน่วยฟัซซิฟิเคชันก็จะนำค่าที่รับมานี้มาทำการเปลี่ยนให้เป็นค่าฟัซซีดังใน

รูปที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การหาฟัซซี่

ซึ่งก็จะได้ค่าฟัซซี่ออกมา 2 ค่า เนื่องจากที่อุณหภูมิ 15 องศานี้เป็นสมาชิกของฟัซซี่เซต 2 เซต คือ Low และ Medium ที่ค่า membership grade เท่ากันคือ 0.5 ดังนั้นหน่วยฟัซซี่ฟิเลชั่นจึงให้เอาพหุออกมาเป็น Low (0.5) และ Medium (0.5) เป็นต้น

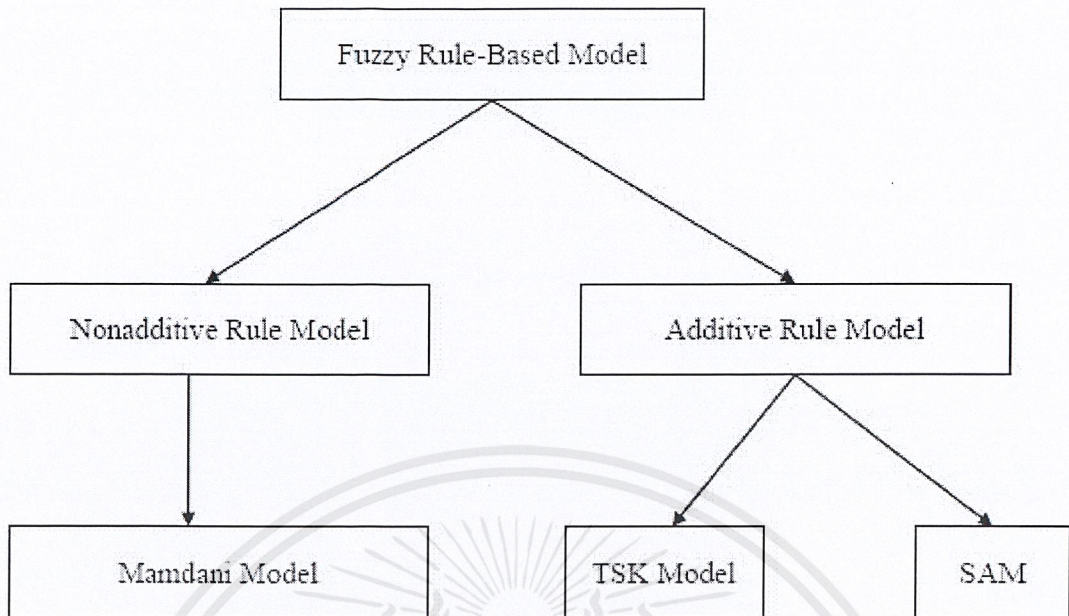
4.7.2 Fuzzy Rule Base

Fuzzy Rule Base ประกอบขึ้นด้วยชุดของกฎฟัซซี่ (Rules) จำนวนหนึ่ง โดยในการหาเหตุผลแบบฟัซซี่ลอจิกนั้นเมื่อทราบปริมาณอินพุตแล้ว ก็จะต้องมีกฎฟัซซี่เพื่อที่จะสามารถโยงจากปริมาณอินพุตที่ทราบไปยังปริมาณเอาต์พุตได้

ในการประมาณค่าฟังก์ชัน (function approximation) ระบบกฎฟัซซี่ที่ใช้มี 3 ชนิดใหญ่ ๆ ได้แก่

(1) รูปแบบ Madani (2) รูปแบบ Takagi-Sugeno-Kang (TSK) และ (3) รูปแบบ Standard

Additive Model (SAM) รูปแบบ Madani รวมผลการอนุมาน (inference) ของกฎ โดยวิธีการซ้อนทับ (superimposition) จากกฎหลาย ๆ ข้อ ซึ่งไม่เป็นแบบบวกกัน จึงเรียกระบบแบบนี้ว่าเป็น nonadditive rule model แต่สำหรับ TSK และ SAM มีการอนุมานแบบรวมค่าน้ำหนัก (weighted sum) จากหลาย ๆ กฎ เพื่อรวมเป็นข้อสรุปสุดท้าย จึงเรียกระบบแบบนี้ว่า additive rule model การจัดกลุ่มของระบบกฎแบบฟัซซี่แสดงในภาพที่ 4.8



รูป 4.10 ระบบกฎของระบบฟัซซีลอจิก

4.7.2.1. ระบบกฎฟัซซีของแมมดานิ (Mamdani)

ระบบกฎฟัซซีแบบ Mamdani เป็นระบบที่มีความนิยมใช้มากที่สุดระบบหนึ่งในทางปฏิบัติ เป็นระบบที่ใช้ตัวแปรภาษาทั้งในข้อตั้งและข้อตามเพื่อจัดเทียบฟังก์ชันจาก เป็น $U_1 \times U_2 \times \dots \times U_n$ เป็น W

กฎที่ 1: IF $(x_1 \text{ is } A_{11})$ AND $(x_2 \text{ is } A_{12})$ AND ... AND $(x_n \text{ is } A_{1n})$ THEN y is C_1

กฎที่ 2: IF $(x_1 \text{ is } A_{21})$ AND $(x_2 \text{ is } A_{22})$ AND ... AND $(x_n \text{ is } A_{2n})$ THEN y is C_2

...

กฎที่ L: IF $(x_1 \text{ is } A_{L1})$ AND $(x_2 \text{ is } A_{L2})$ AND ... AND $(x_n \text{ is } A_{Ln})$ THEN y is C_L

เมื่อ $x_j, j = 1, \dots, n$, เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุต x , y เป็นตัวแปรเอาต์พุต, A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตั้ง (antecedent membership function) ในกฎที่ $i, i = 1, \dots, L$, C_i เป็นพจน์ภาษาของข้อตามหรือฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตาม (consequent membership function) ของกฎที่ i

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ A^i เป็นฟัซซีเซตใหม่ สำหรับกฎข้อที่ $i, i = 1, \dots, L$

$$A^i = A_{i1} \cap A_{i2} \cap \dots \cap A_{in}$$

แสดงในรูปฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้เป็น

$$\mu_{A^i}(x) = \min(\mu_{A_{i1}}(x_1), \mu_{A_{i2}}(x_2), \dots, \mu_{A_{in}}(x_n))$$

ถ้าหากมีอินพุตเข้ามาในรูป

$$(x_1 = x'_1), (x_2 = x'_2), \dots, (x_n = x'_n)$$

โดยที่ x'_1, x'_2, \dots, x'_n เป็นค่าอินพุตใด ๆ จะได้ค่าฟัซซีในส่วนของข้อนี้คือ

$$\alpha_i = \min(\mu_{A_{i1}}(x'_1), \mu_{A_{i2}}(x'_2), \dots, \mu_{A_{in}}(x'_n))$$

ค่าเอาต์พุตของกฎแต่ละข้อของระบบฟัซซีแบบ Mamdani ที่เป็นค่าฟัซซีสามารถหาได้จากสมการ

$$\mu_{C_i}(y) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(y)$$

ค่าเอาต์พุตของระบบเป็นผลรวมจากเอาต์พุตจากกฎแต่ละข้อ โดยใช้สมการ

$$\mu_C(y) = \max(\mu_{C_1}(y), \mu_{C_2}(y), \dots, \mu_{C_L}(y))$$

ฟัซซีเอาต์พุต สามารถแปลงเป็นค่าปกติได้โดยวิธี defuzzification แบบเฉลี่ยน้ำหนัก

$$y^* = \frac{\sum \mu_C(\bar{y}) \times \bar{y}}{\sum \mu_C(\bar{y})}$$

เมื่อ \bar{y} เป็นค่า centriod ของ ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่สมมาตร

วิธีการอนุมานแบบ Mamdani กำหนดให้ ระบบฟัซซีแบบ Mamdani มี 2 อินพุต x_1 และ x_2

(antecedent) และ 1 เอาต์พุต y (consequent) ซึ่งมีกฎฟัซซีเป็น

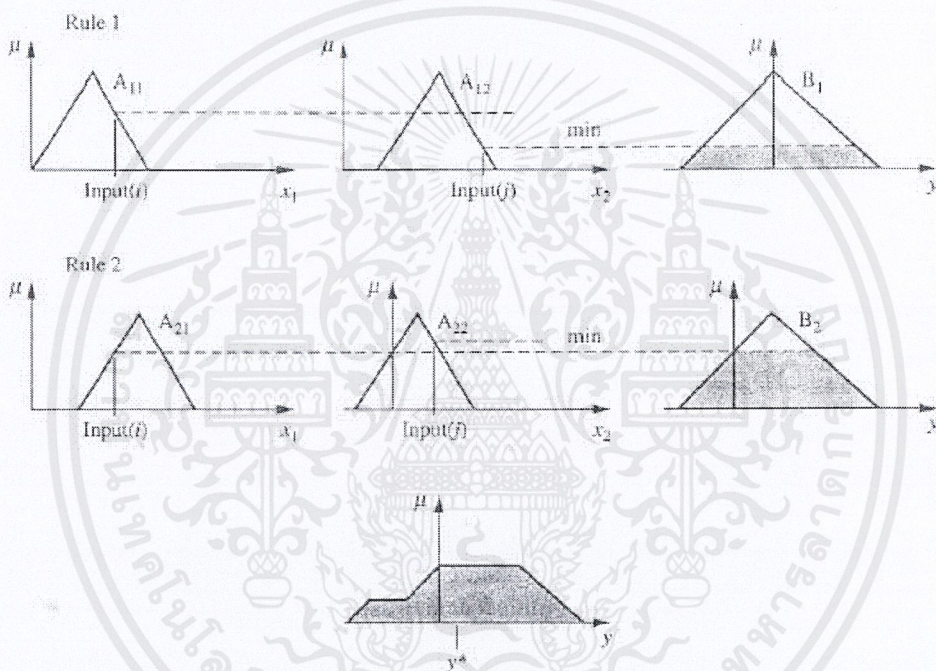
IF x_1 is A_{k1} and x_2 is A_{k2} THEN y is B_k สำหรับ $k = 1, 2, \dots, r$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลรวมเอาต์พุตหาได้ โดยการใช้วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด (max-min composition) และวิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ผลคูณ (max-product composition)

1. วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Mamdani's Minimum) วิธีการของทฤษฎีนี้ อาศัยความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในเรื่องเซตและสับเซต ผลลัพธ์ที่ได้คือรูปที่เกิดจากการซ้อนทับกันของพื้นที่ B_1 และ B_2 ดังตัวอย่างรูปที่ 4.9

$$\mu_{B_k}(y) = \max \left[\min \left(\mu_{A_{k1}}(\text{Input}(i)), \mu_{A_{k2}}(\text{Input}(j)) \right) \right] \quad \text{สำหรับ } k = 1, 2, \dots, r$$



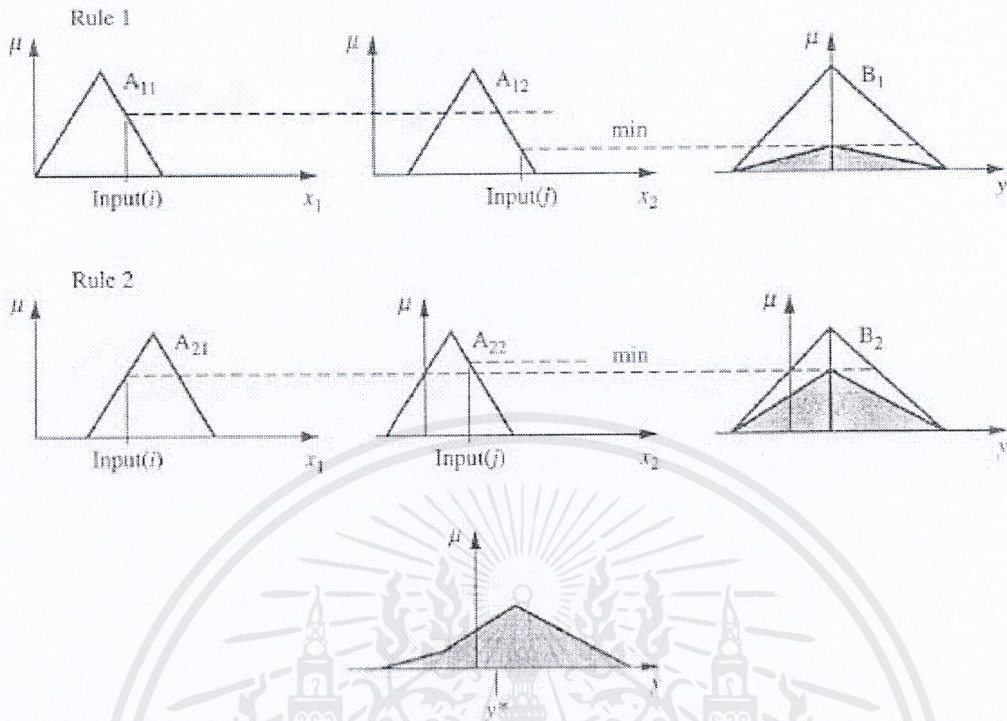
รูป 4.11 กราฟพีการอนุมานแบบแมนดานี (Max-Min)

2. วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ผลคูณ (Max-Dot)

วิธีนี้ก็คล้ายกับวิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด แต่จะแตกต่างกันที่การออกแบบจะเป็นในรูปของสเกลที่เกิดจากการคูณกันของสมาชิกฟัซซีในแต่ละสมาชิกที่เกิดจากการอินพุทของระบบการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\mu_{\tilde{B}_k}(y) = \max(\mu_{\tilde{A}_{k1}}(\text{Input}(i)) \cdot \mu_{\tilde{A}_{k2}}(\text{Input}(j))) \quad \text{สำหรับ } k = 1, 2, \dots, r$$



รูป 4.12 กราฟฟิววิธีการอนุมานแบบแมนดานี (Max-Dot)

4.7.2.2. ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK (Takagi-Sugeno-Kang)

ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK ซึ่งนำเสนอโดย Takagi และ Sugeno ในปีค.ศ. 1984 และต่อมา Sugeno และ Kang ได้วิจัยต่อมา ระบบกฎฟัซซีแบบ TSK จะอยู่ในรูป

กฎที่ 1: IF (x_1 is A_{11}) AND (x_2 is A_{12}) AND ... AND (x_n is A_{1n})

THEN $y_1 = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{10} + b_{11}x_1 + \dots + b_{1n}x_n$

กฎที่ 2: IF (x_1 is A_{21}) AND (x_2 is A_{22}) AND ... AND (x_n is A_{2n})

THEN $y_2 = f_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{20} + b_{21}x_1 + \dots + b_{2n}x_n$

...

กฎที่ L: IF (x_1 is A_{L1}) AND (x_2 is A_{L2}) AND ... AND (x_n is A_{Ln})

THEN $y_L = f_L(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_{L0} + b_{L1}x_1 + \dots + b_{Ln}x_n$

เมื่อ $x_j, j = 1, \dots, n$, เป็นตัวประกอบที่ j ของตัวแปรอินพุต x , y เป็นตัวแปรเอาต์พุต, A_{ij} เป็นพจน์ภาษาของข้อตั้ง (consequence linguistic term) หรือเป็นฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของข้อตั้ง

(antecedent membership function) ในกฎที่ $i, i = 1, \dots, L$, f_i เป็นสมการเชิงเส้นของข้อตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (consequent linear function) ของกฎข้อที่ i

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากมีอินพุตเข้ามาในรูปแบบ

$$(x_1 = x'_1), (x_2 = x'_2), \dots, (x_n = x'_n)$$

โดยที่ x'_1, x'_2, \dots, x'_n เป็นค่าอินพุตใด ๆ จะได้ค่าฟัซซีในส่วนของข้อตั้งเป็น

$$\alpha_i = \min(\mu_{A_1}(x'_1), \mu_{A_2}(x'_2), \dots, \mu_{A_m}(x'_m))$$

ค่าเอาต์พุตของกฎแต่ละข้อของระบบฟัซซีแบบ TSK สามารถหาได้จากสมการ

$$y_i = b_{i0} + b_{i1}x_1 + \dots + b_{in}x_n$$

ค่าเอาต์พุตของระบบเป็นผลรวมจากเอาต์พุตจากกฎแต่ละข้อ โดยใช้สมการ

$$y = \frac{\sum_{i=1}^L \alpha_i \times y_i}{\sum_{i=1}^L \alpha_i}$$

4.7.2.3. ระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน (Standard Additive Model: SAM)

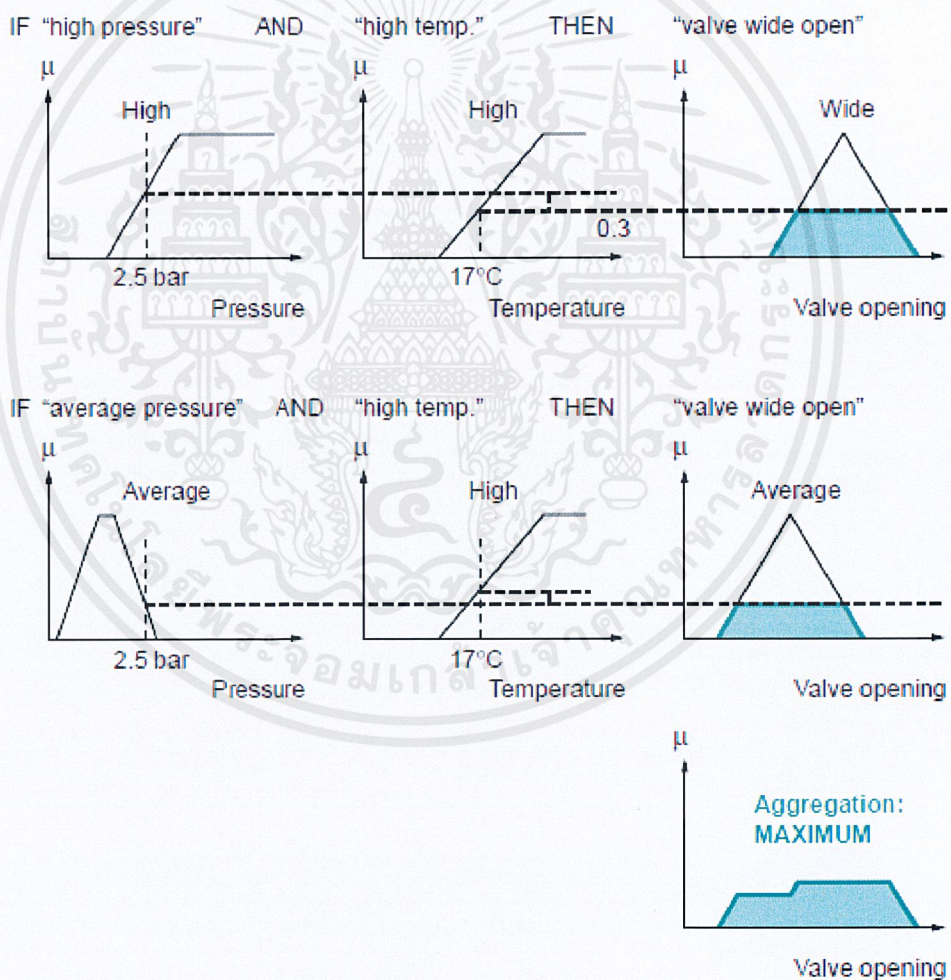
ระบบฟัซซีแบบบวกมาตรฐาน เช่น ระบบฟัซซีแบบซุกาโมโต หรือ Tsukamoto's Fuzzy System (Tsukamoto, 1979) ในระบบนี้ส่วนข้อตั้งและข้อตามจะเป็นพจน์ภาษาคัลัยกับ ระบบฟัซซีของ Mamdani แต่ส่วนของข้อตาม (consequent) ของกฎฟัซซีจะถูกแสดงเป็นฟัซซีเซตซึ่งมีฟังก์ชันสมาชิกแบบทางเดียว (monotonic membership function) ดังภาพที่ 5-17 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบทางเดียวบางครั้งเรียกว่า shoulder function เป็นค่าอนุมานเอาต์พุตของแต่ละกฎที่เป็นค่าธรรมดาทั่วไป (crisp value) ผลเอาต์พุตทั้งหมด (ดังภาพที่ 517) สามารถคำนวณได้จากค่าเฉลี่ยน้ำหนักของเอาต์พุตจากแต่ละกฎ ดังสมการ

$$z = \frac{\sum_{i=1}^L w_i \times z_i}{\sum_{i=1}^L w_i}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากกฎแต่ละข้อมีค่าเอาต์พุตเป็นค่าใช้งานทั่วไปแล้ว ระบบจะรวมเอาต์พุตทั้งหมดได้อย่างรวดเร็วไม่ต้องอาศัยวิธีการแปลงค่าฟัซซีเป็นค่าธรรมดา (defuzzification) ดังนั้นจึงประหยัดเวลามากขึ้น

กลไกการวินิจฉัย เป็นส่วนที่นำค่าฟัซซีของปริมาณอินพุตมาเปรียบเทียบกับส่วนเหตุของกฎที่มีอยู่ในฐานกฎ เมื่อตรงกับกฎใดกฎนั้นก็ถูกกระตุ้น (fired) ให้ทำงาน โดยให้ปริมาณฟัซซีเอาพุตออกมา (Fuzzy Implication) โดยในขั้นตอนของ Fuzzy Implication นั้นจะมีการทำ Fuzzy Operation อยู่ด้วย และเนื่องจากในการอินเฟอร์เรนซ์แต่ละครั้งมักจะมีกฎหลายๆกฎทำงานพร้อมกันจึงต้องนำเอาเอาพุตที่ได้จากแต่ละกฎมารวมกัน (Fuzzy Aggregator) เพื่อให้ได้ปริมาณเอาพุตเพียงตัวเดียว



รูปที่ 4.13 รูปแสดงการทำงานของกระบวนการ Fuzzy Aggregation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

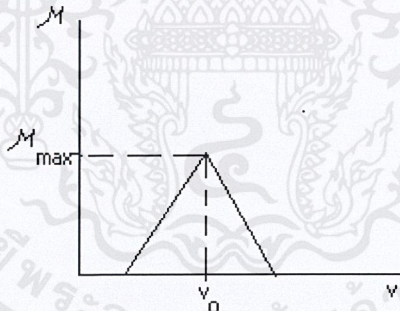
4.7.3 ส่วนกลไกการอินเฟอร์เรนซ์ (Inference engine)

กฎที่มีอยู่ในระบบฟัซซีลอจิกนั้น ให้ผลลัพธ์ของการตัดสินใจออกมาเป็นฟัซซีเซตซึ่งยังมีค่าคลุมเครือ (Fuzzy) อยู่ เนื่องจากยังมีค่ากระจายตามฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตเอาพุทนั้นอยู่ แต่โดยทั่วไปแล้วผลลัพธ์ของการตัดสินใจนั้นจะต้องออกมาในลักษณะที่เป็นปริมาณคริสป์หรือตัวเลขจึงจะสามารถนำไปใช้งานเป็นผลลัพธ์ของการตัดสินใจครั้งนั้นๆ ได้ ดังนั้นในระบบฟัซซีลอจิกจึงต้องมีหน่วย Defuzzifier สำหรับทำหน้าที่เปลี่ยนปริมาณเอาพุทที่เป็นฟัซซีเซตให้เป็นปริมาณคริสป์ในขนาดที่เหมาะสมกับลักษณะของแต่ละงาน ซึ่งวิธีการ Defuzzifier นี้สามารถกระทำได้หลายวิธีแล้วแต่ความเหมาะสมกับสถานการณ์ของปัญหา โดยวิธีการที่เป็นที่นิยมได้แก่ Max procedure method, MAX-DOT, Centroid of area method (COA) เป็นต้น

4.7.3.1 Max Procedure Method เป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดด้วยการใช้ค่าตัวแปรเอาพุทที่

$$v_o = v(\max \mu_C(v)), v \in V$$

ให้ค่าความเป็นสมาชิกสูงสุดของฟัซซีเซตเอาพุทตามสมการ ดังตัวอย่างในรูป



4.7.3.2 Mean of maxima Method (MOM) สำหรับวิธีการ Max procedure method นั้น ถ้าในฟัซซีเซตเอาพุทนั้นเกิดมีจุด Local maxima หลายๆจุด ก็ให้นำเอาค่าตัวแปร ณ ตำแหน่งที่เกิดค่าความเป็นสมาชิกสูงสุด แต่ละจุดมาหาค่าเฉลี่ยตามสมการ

$$v_o = \sum_{j=1}^J \frac{v_j}{J}$$

โดย $v_j = v(\max \mu_C(v)), v \in V$

$J =$ Number of maximum membership function occurred

$C =$ ฟัซซีเซตเอาพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่า วิธีการนี้ก็มี ความง่ายอยู่ แต่ก็มีข้อเสียคือไม่ได้มีการนำเอาลักษณะการกระจายค่าความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตเอาพามาพิจารณาด้วยแต่อย่างใด

4.7.3.3 Centroid of Area Method (COA) ทำการหาค่าตัวแปร v ตำแหน่งที่เกิดจุด Centroid ของฟัซซีเซตเอาพุตามสมการ

สำหรับฟัซซีเซตเอาพุแบบ Continuous

$$v_o = \frac{\int v \mu_v(v) dv}{\int \mu_v(v) dv}$$

สำหรับฟัซซีเซตเอาพุแบบ Discrete

$$v_o = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu_C(v_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_C(v_k)}$$

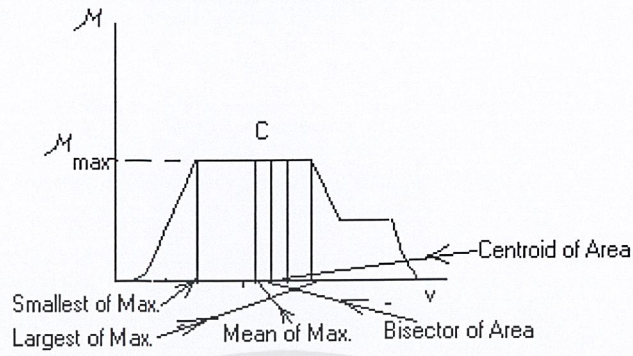
จะเห็นว่าวิธีการนี้มีการนำเอาลักษณะของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของเอาพุเซตมาประมวลผลด้วย ซึ่งบางแห่งก็เรียกเป็นวิธีการ Center of gravity (COG)

4.7.3.4 Smallest of Maximum Method (SOM) ถ้าในฟัซซีเซตเอาพุทนั้นเกิดมีจุด Local maxima หลายๆ จุด ก็จะนำเอาค่าตัวแปร v ตำแหน่งที่เกิด maximum อันที่ต่ำที่สุด ไปเป็นปริมาณคริสปีเอาพุ

4.7.3.5 Largest of Maximum Method (LOM) ถ้าในฟัซซีเซตเอาพุทนั้นเกิดมีจุด Local maxima หลายๆ จุด ก็จะนำเอาค่าตัวแปร v ตำแหน่งที่เกิด Maximum อันที่สูงที่สุด ไปเป็นปริมาณคริสปีเอาพุ

4.7.3.6 Bisector of Area Method (BOA) ใช้ค่าตัวแปรเอาพุ v ตรงเส้นแบ่งครึ่งพื้นที่ภายใต้กราฟของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของฟัซซีเซตเอาพุ มาเป็นค่าคริสปีเอาพุ

ตั้งตัวอย่างผลจากการตีพิชชีพีเคชันแบบต่างๆ ดังในรูป



รูป 4.14 แสดงค่าเอาพุทที่ได้จากวิธีการต่างๆ



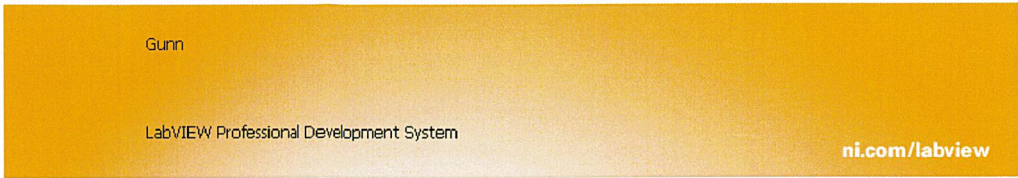
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

โปรแกรมแลบวิว

5.1 การใช้โปรแกรมแลบวิวเบื้องต้น

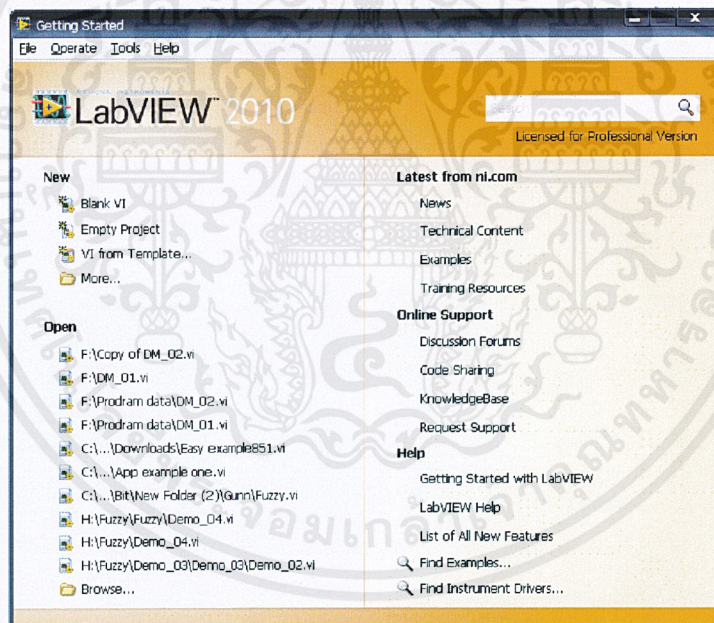
แลบวิว (LabVIEW) เป็น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สร้างเพื่อนำมาใช้ในด้านการวัดและเครื่องมือวัดสำหรับงานทางวิศวกรรม คำว่า LabVIEW ย่อมาจากคำว่า Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench ซึ่งหมายความว่า เป็น โปรแกรมที่สร้าง เครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรม ดังนั้น จุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ช่วยโยกการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆ สิ่งที่แลบวิว แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือแลบวิวนี้เป็น โปรแกรมประเภท GUI(Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียนโค้ด(Code) หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และ ที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็นภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ภาษา จี (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เรารู้คุ้นเคยกับภาษาพื้นฐานเช่น ภาษา ซี หรือ ฟออร์ทราน ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด ซึ่งแม้ว่าในเบื้องต้นอาจจะสับสนกับการจัดเรียงหรือการเขียน โปรแกรมบ้าง แต่เมื่อคุ้นเคยกับการใช้โปรแกรมนี้แล้วเราจะพบว่า โปรแกรมนี้เป็น โปรแกรมที่มีประโยชน์และใช้งานได้ง่ายมากในการปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการวัดรวมทั้งระบบควบคุม



NATIONAL INSTRUMENTS
LabVIEW™ 2010



รูปที่ 5.1 หน้าต่างโปรแกรม

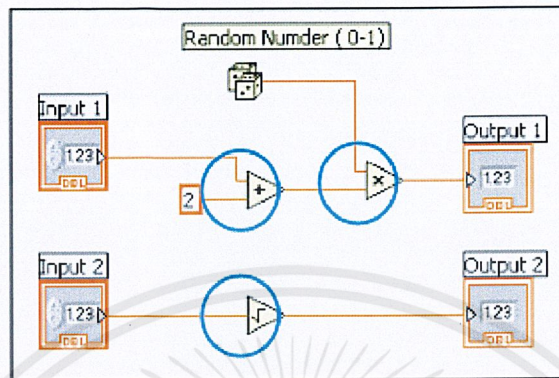


รูปที่ 5.2 หน้าต่างเริ่มโปรแกรม

โดยหน้าแรกเมื่อเข้าสู่โปรแกรมจะพบกับหน้าต่างเริ่ม โปรแกรม จากนั้นเลือกสร้าง ไฟล์ใหม่ (Blank VI) ซึ่งจะทำให้เราได้ ไฟล์ที่เป็นไฟล์ที่เราใช้สร้างมาในสกุลวีไอ (.vi) ตามสกุลของโปรแกรม แลบวิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการประมวลผลของโปรแกรมแลบVIEW จะมีการประมวลผลแบบ ส่งผ่านข้อมูล (Dataflow) ซึ่งจะทำงานเป็นโนด (Node) โดยแต่ละโนดจะทำงานก็ต่อเมื่อโนดนั้นมีการรับค่าอินพุท (Input) ครบทุกตัว ในส่วนที่เป็นวงกลมคือ โหนดดังแสดงในภาพ



รูปที่ 5.3 การประมวลผลแบบการส่งผ่านข้อมูลใน โปรแกรมแลบVIEW

โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาโดยโปรแกรมแลบVIEW จะเรียกว่าอุปกรณ์เสมือนจริง (Virtual Instrument, VI) เพราะลักษณะที่ปรากฏทางจอภาพเมื่อผู้ใช้งานจะเหมือนกับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรม ในขณะเดียวกันหลังจากของอุปกรณ์เสมือนจริงเหล่านั้นจะเป็นการทำงานของฟังก์ชัน โปรแกรมย่อย (Subroutines) และโปรแกรมหลักเหมือนกับภาษาทั่วไป สำหรับแต่ละวีไอ จะประกอบด้วย ส่วนประกอบที่สำคัญสามส่วนคือ ฟรอนท์ เพลน (Front Panel), บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ไอคอนและคอนเนกเตอร์ (Icon, Connector) ทั้งสามส่วนนี้จะประกอบกันขึ้นมาเป็นอุปกรณ์เสมือนจริง ลักษณะและหน้าที่ของส่วนประกอบทั้งสาม มีดังต่อไปนี้

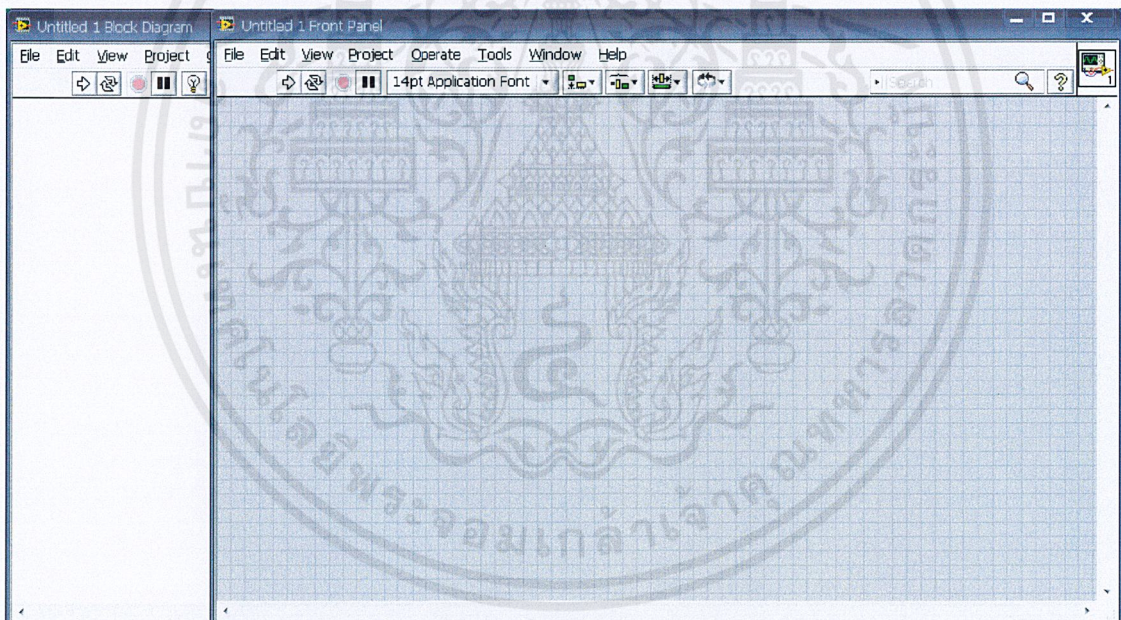
5.1.1 ฟรอนท์ เพลน

ฟรอนท์ เพลน หรือหน้าปัด จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้โปรแกรม (User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัดของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตช์ปิดเปิด, ปุ่มบิด, ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่านั้นสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการเขียน โปรแกรมประเภทวิซวล (Visual) ทั้งหลายคงจะเข้าใจถ้าหากบอกว่าฟรอนท์ เพลนนี้เปรียบเสมือน GUI ของโปรแกรมหรือวีไอ นั่นเอง ลักษณะของ ฟรอนท์ เพลน แสดงในรูปที่

5.1.2 บล็อกไดอะแกรม

เปรียบเสมือนโค้ด หรือ โปรแกรมของแลบVIEW จะปรากฏอยู่ในรูปของภาษาจี ซึ่งบล็อกไดอะแกรม จะถือว่าเป็น โปรแกรมที่สามารถทำงานได้ทันที (Executable Program) และอีกข้อดีของโปรแกรมแลบVIEWจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลาทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้น โดยผู้ใช้สามารถดูรายละเอียดของความผิดพลาดที่จะแสดงให้เห็นตลอดเวลาเมื่อเกิดขึ้น ซึ่งทำให้สะดวกขึ้นมาก

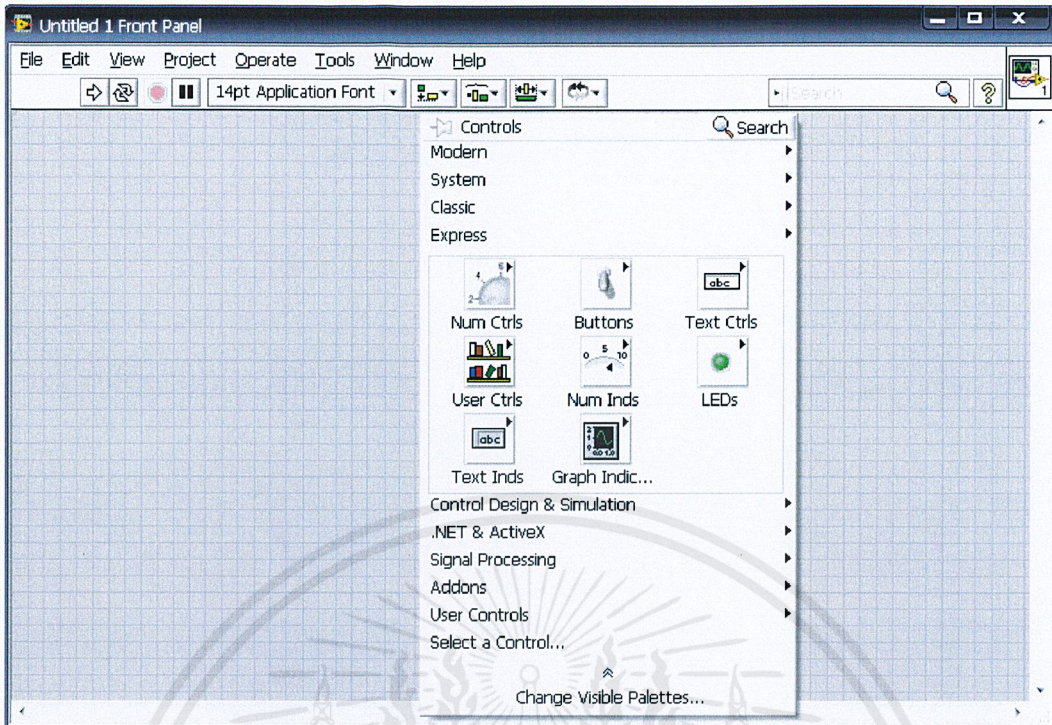
ส่วนประกอบภายในบล็อกไดอะแกรมจะประกอบด้วย ฟังก์ชัน ค่าคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ จะปรากฏในรูปบล็อก (Block) จากนั้นทำการเชื่อมแต่ละบล็อกด้วยสาย (Wire) ที่เหมาะสมเพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลซึ่งกันและกัน ให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เพื่อแสดงผลมายังผู้ใช้งานต่อไป ตามรูปที่



รูปที่ 5.4 หน้าต่าง Front Panel และ Block Diagram

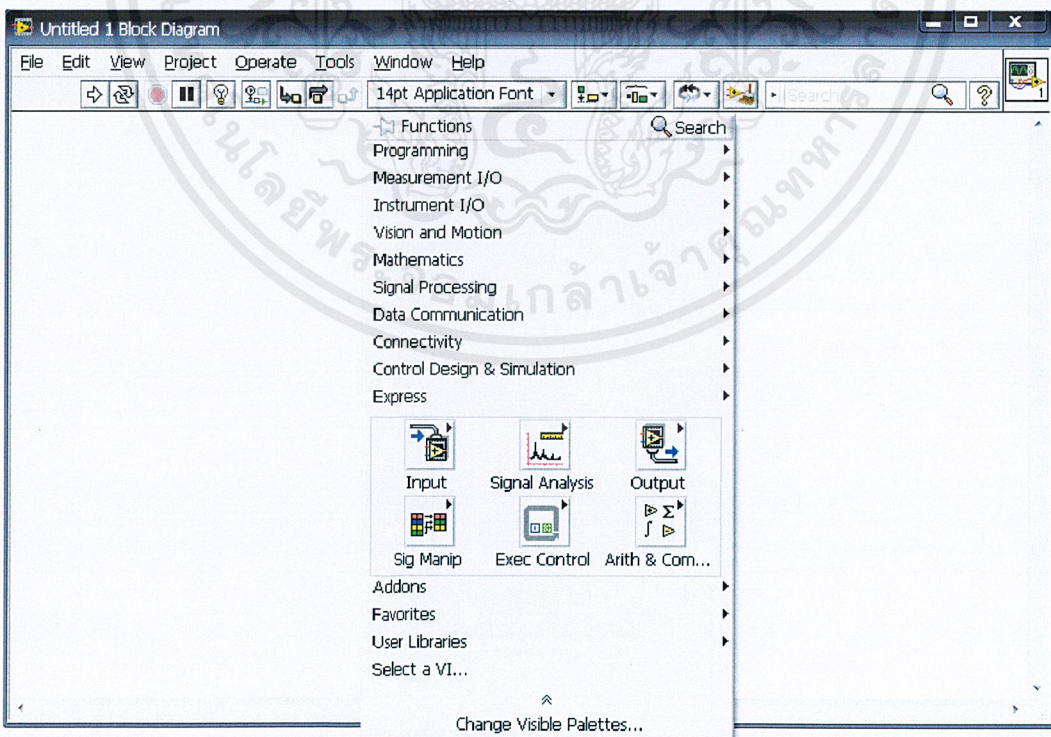
หากคลิกขวาที่ ฟอนท์ เพเนล จะได้อุปกรณ์ที่ไว้สร้าง อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม ซึ่งจะแบ่งเป็นหมวดขึ้นกลับหน้าที่ใช้การทำงาน ตามรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 หน้าต่าง เครื่องมือควบคุม (Controls Palette)

หากเราทำเช่นเดียวกับด้านบนในหน้าต่างบล็อกไดอะแกรม จะได้หน้าต่าง เครื่องมือที่ใช้เขียนโค้ด (Functions Palette) แทน ตามรูปที่

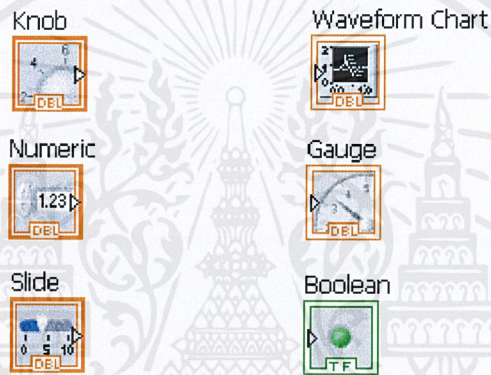


รูปที่ 5.6 หน้าต่างเครื่องมือที่ใช้เขียนโค้ด (Functions Palette)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุ (Object) ที่อยู่บน ฟอนท์ เพนเนลจะมีอยู่สามประเภท คือ

1. อุปกรณ์คอนโทรล (Controls) คือ ประเภทที่รับค่าจากผู้ใช้(Input) ซึ่งผู้ใช้สามารถพิมพ์ค่าลงไป หรือใช้เมาส์คลิกเพื่อเปลี่ยนแปลงค่าได้ เช่น ปุ่มหมุน ปุ่มเลื่อน สวิตช์ เป็นต้น
2. อุปกรณ์อินดิเคเตอร์ (Indicators) คือ ประเภทที่ใช้แสดงค่าเท่านั้น(Output) ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ค่าในฟอนท์เพนเนลได้ เช่น กราฟ มิเตอร์ หลอดไฟ เป็นต้น
3. อุปกรณ์ตกแต่ง (Decorations) จะไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมเลย แต่มีไว้เพื่อตกแต่งให้ดูสวยงาม น่าใช้งาน

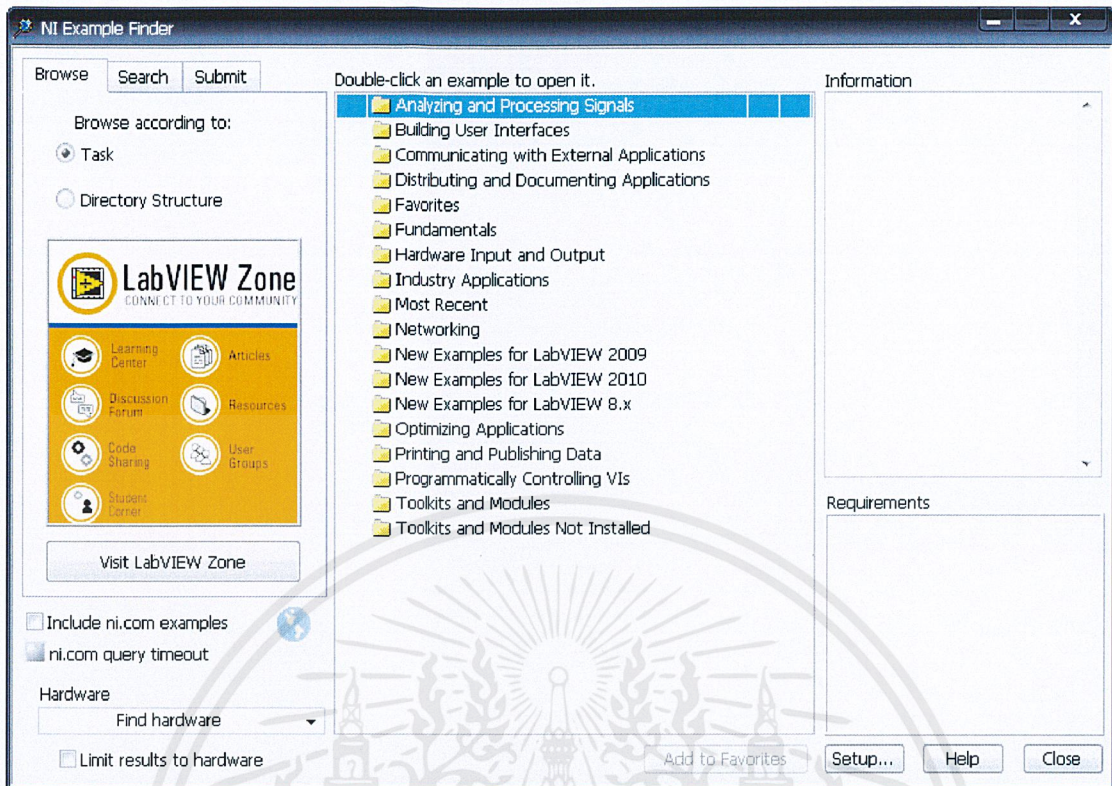


รูปที่ 5.7 แสดงไอคอนที่เป็นคอนโทรลทางด้านซ้าย และ อินดิเคเตอร์ทางด้านขวา

5.1.3 ตัวช่วยในโปรแกรม

ตัวช่วยในโปรแกรม (Help Utilities) ภายในโปรแกรมจะมีเอกสาร หรือบทความเพิ่มเติมไว้ให้อ่าน เพื่อหาตัวอย่างที่เหมาะสม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ รวมทั้งโปรแกรมที่ผู้ใช้ต้องการออกแบบ เพียงแค่กดแถบเครื่องมือช่วยเหลือ (Help) นอกจากนั้นยังสามารถหาตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ ของโปรแกรมที่ ni.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

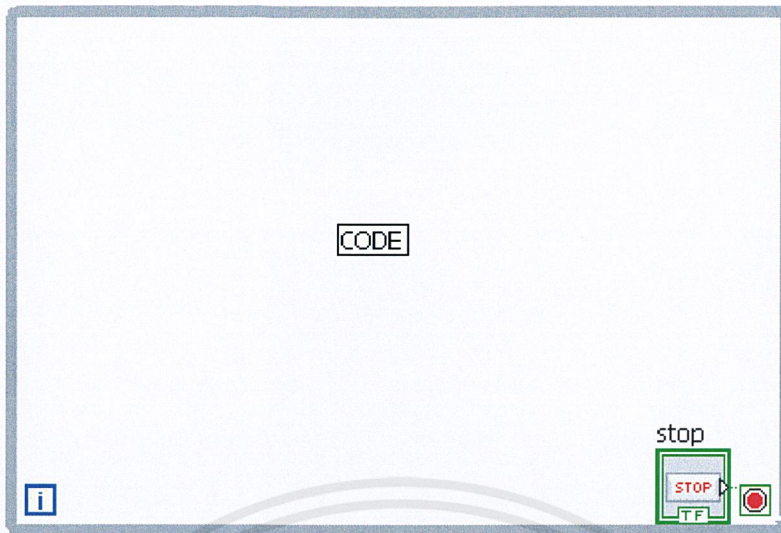


รูปที่ 5.8 หน้าต่างตัวอย่างโปรแกรมภายในโปรแกรมแลบวิว

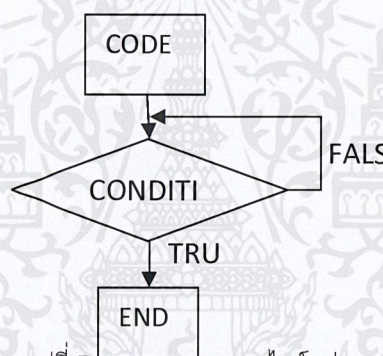
5.1.4 ลูป

เนื่องจากโปรแกรมแลบวิวมีการทำงานแบบการส่งผ่านข้อมูลซึ่งกันและกัน ดังนั้นจะมีการอาศัยฟังก์ชันมาช่วยในการทำงาน เนื่องจากการคำนวณหลายอย่างจำเป็นจะต้องทำในลักษณะซ้ำๆ การทำลูปจึงเป็นเทคนิคสำคัญที่ต้องรู้ไว้สำหรับ แลบวิวลูปคือกรอบสี่เหลี่ยมที่ล้อมรอบโค้ดที่จะรันซ้ำเอาไว้ มีสองประเภทตามลักษณะการใช้งาน แต่ในโครงงานนี้ใช้ ประเภทไวล์ลูป

ไวล์ลูป (While Loop) เป็นกรอบสี่เหลี่ยมประกอบด้วย คำสั่งที่จะส่งค่าตัวเลขออกมาว่าตอนนี้ While loop วิ่งมากี่ครั้งโดนเริ่มนับจากศูนย์ จะรันจนกว่าจะได้รับคำสั่งต่างๆภายในโค้ด ที่ได้เขียนไว้ภายในลูป เพื่อทำการสั่งการต่อไป



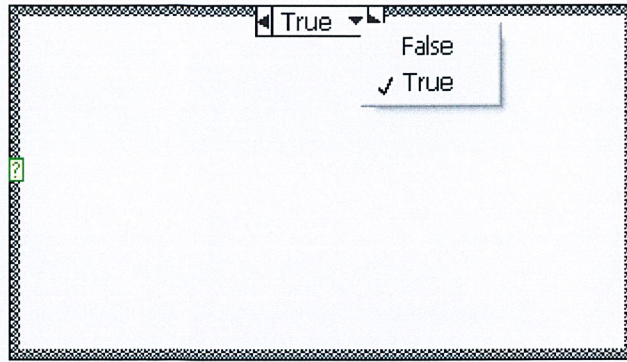
รูปที่ 26 ไวลด์ลูป



รูปที่ 5.9 การทำงานของไวลด์ลูป

5.1.5 โครงสร้างเงื่อนไข (Case Structure)

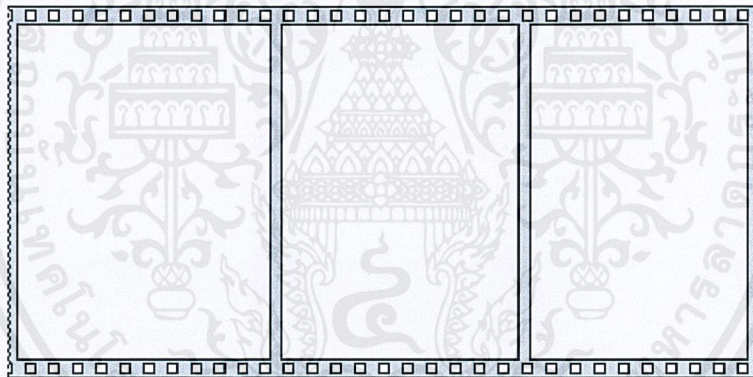
ประกอบด้วยเงื่อนไขย่อยอย่างน้อยสองชั้นทับกันอยู่ ซึ่งจะมองเห็นแค่ครั้งละหนึ่งเงื่อนไขเท่านั้น และจะมีตัวเลือกว่าจะนำเงื่อนไขมาใช้ในโปรแกรม ภายในโครงสร้างเงื่อนไขจะเป็นฟังก์ชันที่เราออกแบบ ซึ่งสามารถสั่งให้จบการทำงานของโปรแกรมได้ เช่น การเปรียบเทียบค่าว่าเท่ากัน แล้วจึงหยุดการทำงานของโปรแกรม เป็นต้น



รูปที่ 5.10 การเลือกเงื่อนไขภายในโครงสร้างเงื่อนไข

5.1.6 การออกแบบลำดับการทำงานของโปรแกรม (Sequential Programming)

เป็นการออกแบบให้มีลำดับการทำงานที่แน่นอน โดยทั่วไปแล้ว โปรแกรมจะรันโค้ดหลักก่อนตามหลักการส่งผ่านข้อมูล แต่ในบางกรณีหากเราต้องการแยกการทำงานในขั้นตอนต่างๆ ออกจากกัน เพื่อป้องกันอุปสรรค หรือ กลไกต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 5.11 การลำดับเงื่อนไขการทำงาน

5.1.7 กระบวนการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (Data Acquisition, DAQ)

หลังจากการอ่านค่าสัญญาณทางไฟฟ้าแบบอัตโนมัติแล้ว จะมีการนำค่าที่อ่านได้มาเก็บไว้บนคอมพิวเตอร์เพื่อการวัด วิเคราะห์ จัดเก็บ หรือแสดงผลด้วยซอฟต์แวร์

สัญญาณทางไฟฟ้า มีสองประเภทคือ สัญญาณแบบอะนาล็อกและแบบดิจิตอล

1. สัญญาณแบบอะนาล็อก จะมาในรูปแบบของแรงดันไฟฟ้า (Voltage)

แบบต่อเนื่อง ถ้าสัญญาณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับไปมาอย่างรวดเร็วเรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเรียกว่าสัญญาณแบบมีความถี่ (AC) และสัญญาณที่มีระดับคงที่หรือเปลี่ยนแปลงช้าจะเรียกว่าสัญญาณแบบไม่มีความถี่ (DC)

2. สัญญาณแบบดิจิทัล คือสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีอยู่สองระดับคือระดับต่ำ (0V) กับระดับสูงโดยสัญญาณดิจิทัลแบบลอจิก TTL/CMOS จะใช้แรงดันระดับสูงเป็น 5V และมีลอจิกแบบอื่นๆที่ใช้ในอุตสาหกรรมอีก เช่น 12V, 24V และ 60V เป็นต้น

หน้าที่ของอุปกรณ์ รับค่าและแปลงค่าสัญญาณทางไฟฟ้า

อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์นั้นแบบพื้นฐานจะสามารถทำงานได้หลายหน้าที่พร้อมกัน โดยมีหน้าที่หลักสี่อย่างคือ

1. อนุบาลอกอินพุท สำหรับรับสัญญาณอนุบาลอก จะรับได้หลายช่องสัญญาณพร้อมกันตั้งแต่ไม่กี่ช่องไปจนถึงหลักร้อย ซึ่งใช้ในการวัดค่าสัญญาณแรงดันจากเซนเซอร์ต่างๆ เป็นต้น ปกติจะวัดตั้งแต่ -10V ถึง +10V แต่มีรุ่นพิเศษที่สามารถวัดได้มากกว่านั้น
2. อนุบาลอกเอาต์พุท สร้างสัญญาณอนุบาลอกทั้งแบบกระแสตรง และกระแสสลับ ในรูปสัญญาณกราฟ
3. ดิจิตอล อินพุท/เอาต์พุท ใช้ในการรับหรือสร้างสัญญาณดิจิทัล เพื่อทำงานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกอย่างเช่น สวิตช์ รีเลย์ หรือ หลอดไฟ เป็นต้น
4. เคาท์เตอร์ อินพุท/เอาต์พุท ทำหน้าที่วัดสัญญาณจากเอนโค้ดเดอร์ (Encoder) หรือสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse)



รูปที่ 5.12 การ์ดรับค่าสัญญาณทางไฟฟ้า

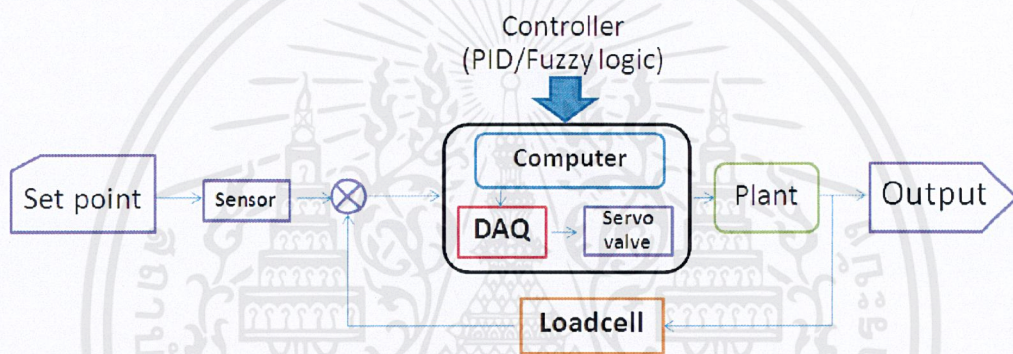
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

เครื่องอัตโนมัติ

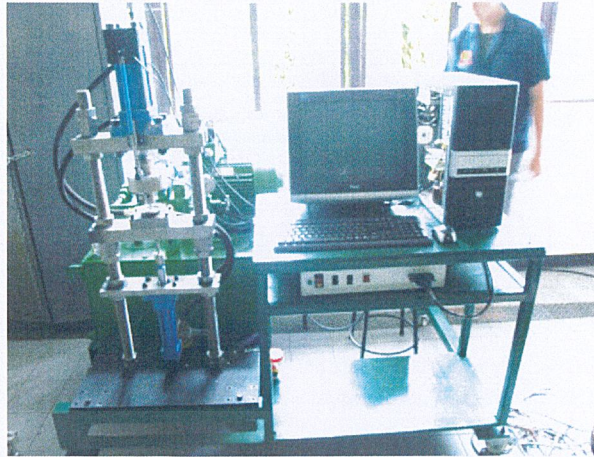
6.1 หลักการทำงานของระบบควบคุมแรงอัตโนมัติ

ในชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองการควบคุมการทำงานจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือรับค่า รวมถึงสั่งการผ่านคอมพิวเตอร์ และ เซนเซอร์ต่างๆ



รูปที่ 6.1 แผนภาพการควบคุมแรงอัตโนมัติและสั่งการชุดอุปกรณ์

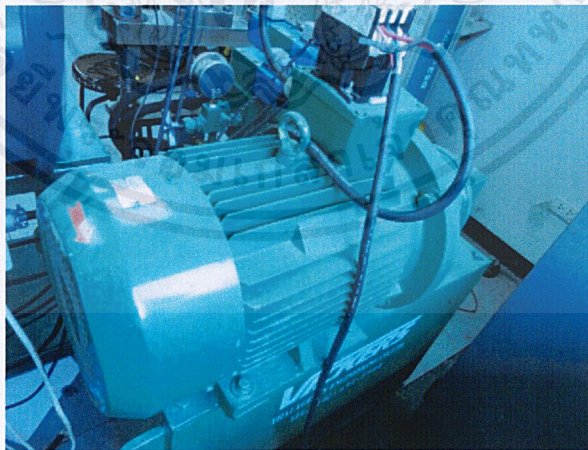
จากรูปที่ 1 เมื่อเราใส่ค่าแรงที่เราต้องการใช้ในการอัดเข้าไปเป็นกิโลกรัม เซนเซอร์จะตรวจจับแรงก่อนจากนั้นนำไปทำการควบคุมในระบบโดยระบบพีไอดี และระบบพีซีซึ่งตามประเภทของระบบควบคุม แรงที่ต้องการจะถูกแปลงเป็นโวลต์ ใช้สั่งการเซอร์โวแล้วโดยแปลงเป็นแรงดันให้กระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ไปเป็นแรงที่ใช้ในการอัดในชุดอุปกรณ์(Plant) จากนั้นจะรับค่าจากเซนเซอร์รับแรง(Loadcell) เพื่อนำมาตรวจสอบว่าแรงที่อัดไปแล้วมีค่าเท่ากับที่ต้องการหรือไม่(Error) ถ้าไม่ระบบควบคุมจะสั่งให้มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปเพิ่มเพื่อทำการอัดให้ได้เท่ากับแรงที่ต้องการ



รูปที่ 6.2 ชี้นงาน

6.2 อุปกรณ์

6.2.1 เครื่องต้นกำลัง หรือ ปั๊มไฮดรอลิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอัตราการไหลของน้ำมันในระบบไฮดรอลิกส์ ให้มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยได้รับกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า ผ่านเพลลาขับมาหมุนปั๊ม ปั๊มจะประกอบไปด้วยแบบอัตราการไหลคงที่มีทิศทางการไหลทางเดียว ปั๊มแบบอัตราการไหลคงที่มีทิศทางการไหลสองทาง ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลได้ ปั๊มแบบปรับอัตราการไหลได้ค่อนข้างสมบูรณ์ ปั๊มแบบทิศทางการไหลสองทางปรับอัตราการไหลได้ ปั๊มแบบสมบูรณ์ที่มีทิศทางการไหลสองทาง ปรับอัตราการไหลได้ และเพลลาขับปั๊มหมุนได้สองทาง เป็นต้น

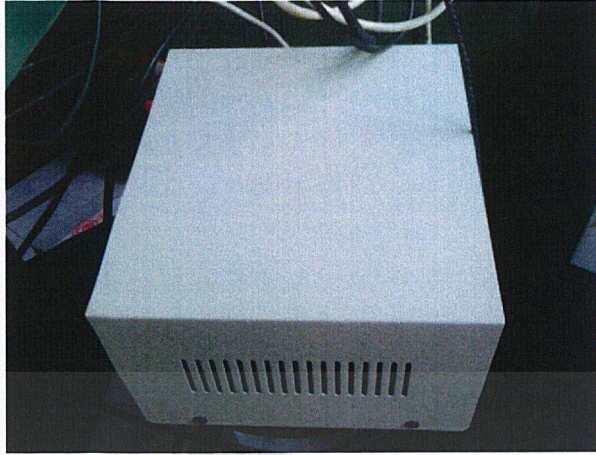


รูปที่ 6.3 เครื่องต้นกำลัง

6.2.2 แหล่งจ่ายไฟ ทำหน้าที่สำหรับจ่ายไฟเข้าสู่ชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ รวมไปถึง

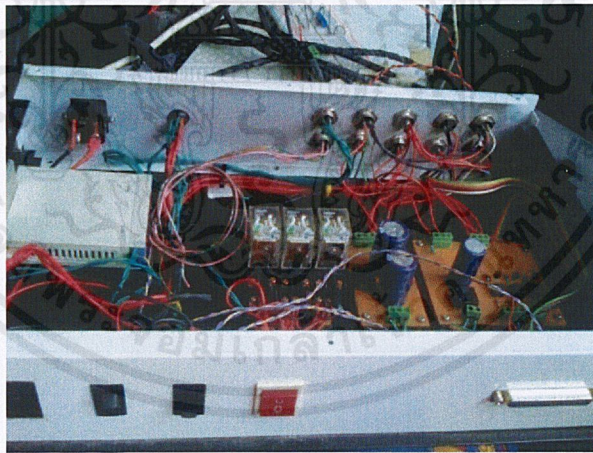
เซนเซอร์ด้วย โดยมีไฟบวก ไฟลบ และกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 แหล่งจ่ายไฟ

6.2.3 กล่องคอนโทรล ทำหน้าที่เป็นชุดควบคุมและคอยรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์แล้วไปสั่งการในระบบของเราอีกที สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้เช่น เชื่อมต่อกับการ์ด DAQ เชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น



รูปที่ 6.5 กล่องคอนโทรล

6.2.4 กระจบอกไฮดรอลิกส์ ที่ใช้อยู่เป็นชนิดสองทิศทางแต่มีก้านสูบเดียว ทำหน้าที่ส่งถ่ายพลังงานของๆไหลให้เป็นพลังงานทางกล โดยจะรับแรงดันที่มาจากปั้มน้ำมันไฮดรอลิกส์แล้วก้านสูบก็จะสามารถเคลื่อนที่ได้ขึ้นลงตามคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 ครอบอกไฮดรอลิกส์

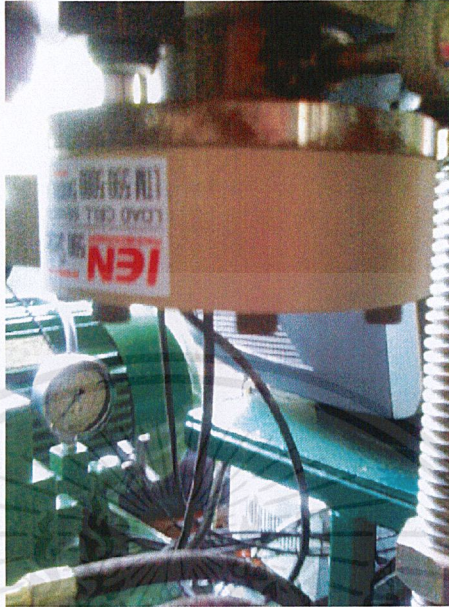
6.2.5 พรอพพอชั่นนอล วาล์ว ทำหน้าที่เปิด-ปิดวาล์ว ตามสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกจ่ายเข้า เพื่อนควบคุมแรงดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่จะถูกส่งไปยังครอบอกไฮดรอลิกส์



รูปที่ 6.7 พรอพโพชั่นนอลวาล์ว

6.2.6 โหลดเซลล์ เป็นเซนเซอร์อ่านค่าแรงที่ถูกกระทำหรือกระทำไป มีหน้าที่คอยอ่านค่าที่กดทับไปบนชิ้นเพื่อที่จะนำมาแสดงบนบนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



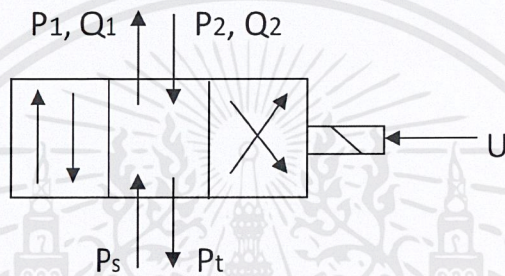
รูปที่ 6.8 โหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การคำนวณในระบบควบคุมพีไอดี

เราใช้การคำนวณทางคณิตศาสตร์เพื่อหาสมการทางคณิตศาสตร์(Mathematics model) ของระบบนี้ โดยคำนวณจาก Proposition Valve, กระจบอกลูกสูบไฮดรอลิกส์ และ แท่นอัดเม็ดยาซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็นสปริงรับแรง เพื่อช่วยในการสะดวกในการคำนวณ เพื่อหาสมการทางคณิตศาสตร์



รูปที่ 7.1 Proposition Valve

จากสมการออร์ฟิส

$$Q = C_d A \sqrt{\Delta P}$$

เมื่อเราควบคุม A โดยใช้ค่าสัญญาณ U จะได้สมการดังนี้

$$Q_1 = C_d U \sqrt{P_s - P_1} = f_1(U, P_1) \quad \dots (1)$$

$$Q_2 = C_d U \sqrt{P_2} = f_2(U, P_2) \quad \dots (2)$$

เนื่องจากสมการข้างต้นเป็น สมการ Nonlinear ได้แปลงเป็น Linearization โดยใช้การกระจายแบบ Taylor's series equation จะได้

$$Q_1 = f_1(U, P_1) = \left. \frac{\partial f_1}{\partial U} \right|_{U=0, P_1=\bar{P}_1} U + \left. \frac{\partial f_1}{\partial P_1} \right|_{U=0, P_1=\bar{P}_1} (P_1 - \bar{P}_1) + \text{nonlinear terms}$$

$$Q_2 = f_2(U, P_2) = \left. \frac{\partial f_2}{\partial U} \right|_{U=0, P_2=\bar{P}_2} U + \left. \frac{\partial f_2}{\partial P_2} \right|_{U=0, P_2=\bar{P}_2} (P_2 - \bar{P}_2) + \text{nonlinear terms}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอัตราการไหลที่ผ่าน *Proposition valve* จะแปรผันตรงกับสัญญาณควบคุม U จะได้สมการดังนี้

$$\left. \frac{\partial f_1}{\partial U} \right|_{\substack{U=0 \\ P_1=\bar{P}_1}} = 0$$

$$\left. \frac{\partial f_2}{\partial U} \right|_{\substack{U=0 \\ P_2=\bar{P}_2}} = 0$$

และโดยที่

$$\left. \frac{\partial f_1}{\partial P_1} \right|_{\substack{U=0 \\ P_1=\bar{P}_1}} (P_1 - \bar{P}_1) + \text{nonlinear terms} \approx 0$$

$$\left. \frac{\partial f_2}{\partial P_2} \right|_{\substack{U=0 \\ P_2=\bar{P}_2}} (P_2 - \bar{P}_2) + \text{nonlinear terms} \approx 0$$

เนื่องจากว่าค่ามีความสมมาตรจะได้

$$\frac{\partial f_1}{\partial U} = \frac{\partial f_2}{\partial U} = K$$

$$Q_1 = Q_2 = KU \dots (3)$$

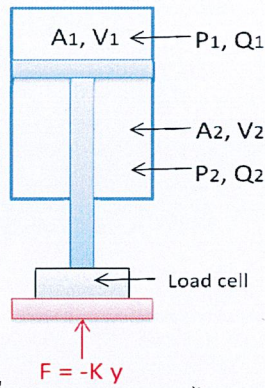
K = สัมประสิทธิ์ของ *Proposition valve*

$$Q_{max} = Q_{nor} \sqrt{\frac{P_s}{(1 + \alpha^{-3})\Delta P_{nor}}}$$

$$K = \frac{Q_{max}}{Q_{nor}} = \sqrt{\frac{P_s}{(1 + \alpha^{-3})\Delta P_{nor}}}$$

เมื่อ $\alpha = \frac{A_T}{A_b}$

และ $Q_{nor}, \Delta P_{nor}$ เป็นอัตราการไหลและผลต่างของความดันเฉลี่ยของ *Proposition valve* จากเก็ตตัวล็อกของผู้ผลิตกระบอกสูบไฮดรอลิกส์



รูปที่ 7.2 กระบอกลูกสูบไฮดรอลิก

สมการการอัดตัวของน้ำมันภายในกระบอกลูกสูบ

$$Q_1 = A_1 \dot{x} + \frac{V_1}{\beta} \dot{P}_1 \quad \dots(4)$$

$$Q_2 = A_2 \dot{x} - \frac{V_2}{\beta} \dot{P}_2 \quad \dots(5)$$

โดยที่ $V_1 = V_{01} + A_1 x \quad \dots(6)$

$$V_2 = V_{02} + A_2 x \quad \dots(7)$$

เมื่อ V_{01}, V_{02} คือ ปริมาตรเริ่มต้นของกระบอกลูกสูบขณะเริ่มทำงาน

β = บัคมอดูลัสของน้ำมัน

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ได้

$$m\ddot{x} = P_1 A_1 - P_2 A_2 - c\dot{x} - F + mg \quad \dots(8)$$

เมื่อ $F = K_S x$ ดังนั้น

$$x = \frac{F}{K_S}$$

$$\dot{x} = \frac{\dot{F}}{K_S}$$

$$\ddot{x} = \frac{\ddot{F}}{K_S}$$

แทนค่า x, \dot{x}, \ddot{x} ลงในสมการที่ 8 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$m \frac{\ddot{F}}{K_s} = P_1 A_1 - P_2 A_2 - c \dot{x} - F + mg$$

แทนค่า $\frac{\partial f}{\partial t}(F, P)$

$$\ddot{F} = \frac{K_s}{m} (P_1 A_1 - P_2 A_2) - \frac{c}{m} \dot{F} - \frac{K_s}{m} F \quad \dots(9)$$

จากสมการ (4),(5) เมื่อ $Q=KU$ และ $\dot{x} = \frac{\dot{F}}{K_s}$

จะได้

$$\dot{P}_1 = \frac{\beta K U}{V_1} - \frac{\beta A_1 \dot{F}}{V_1 k_s} \quad \dots(10)$$

$$\dot{P}_2 = \frac{\beta K U}{V_2} - \frac{\beta A_2 \dot{F}}{V_2 k_s} \quad \dots(11)$$

แทน (10),(11) ลงใน (9)

$$\frac{m \ddot{F}}{k_s} = \frac{\beta K U A_1}{V_1} - \frac{\beta A_1^2 \dot{F}}{V_1 k_s} - \frac{\beta A_2^2 \dot{F}}{V_2 k_s} - \frac{\beta K U A_2}{V_2} - \frac{c \dot{F}}{k_s} - \dot{F}$$

แปลงเป็นรูปแบบลาปลาซ

$$\frac{ms^3 F(s)}{k_s} + \frac{cs^2 F(s)}{k_s} + \frac{\beta A_1^2 s F(s)}{V_1 k_s} + \frac{\beta A_2^2 s F(s)}{V_2 k_s} + s F(s) = \frac{\beta K A_1 U(s)}{V_1} + \frac{\beta K A_2 U(s)}{V_2}$$

จัดรูปได้

$$\frac{F(s)}{U(s)} = T(s) = \frac{\frac{\beta K k_s}{m} \left[\frac{A_1}{V_1} + \frac{A_2}{V_2} \right]}{s^3 + \frac{cs^2}{m} + \left[\frac{\beta A_1^2}{m V_1} + \frac{\beta A_2^2}{m V_2} + \frac{k_s}{m} \right] s}$$

แทนค่าในสมการด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

$$\beta = \frac{1.5 \times 10^9 N}{m^2}, K = 4 \times 10^{-5} \frac{m^3 s^{-1}}{v}$$

$$A_1 = 3.117 \times 10^{-3}, A_2 = 5.726 \times 10^{-4} m^2$$

$$V_1 = 1.8702 \times 10^{-4} m^3, V_2 = 2.2904 \times 10^{-5} m^3$$

$$m = 7 kg, c = 3 \times 10^4 N/ms^{-1}$$

$$k_s = 1.489 \times 10^9 N/m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้

$$T(s) = \frac{8.934 \times 10^{14}}{s^3 + 6 \times 10^3 s^2 + 6.605 \times 10^8 s}$$

จัดรูปใหม่จะได้ทรานสเฟอ์ฟังก์ชัน

$$T(s) = \frac{8.934 \times 10^{14}}{s(s^2 + 6 \times 10^3 s + 6.605 \times 10^8)} \quad \dots(12)$$

$$T(s) = \frac{8.934 \times 10^{14}}{s(s + 3000 + 25524.498i)(s + 3000 - 25524.498i)} \quad \dots(13)$$

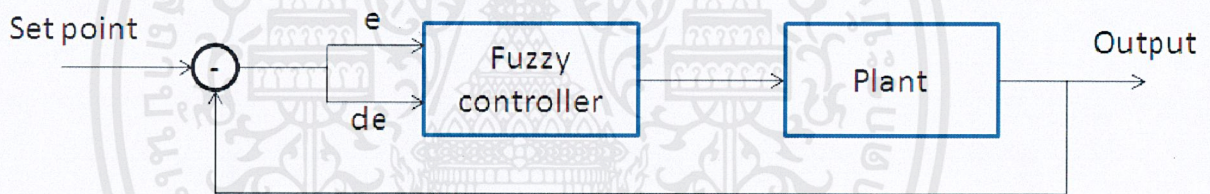


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

การออกแบบระบบควบคุมฟัซซี่ลอจิก

การออกแบบระบบควบคุมแบบฟัซซี่ลอจิกสำหรับงานวิจัยนี้ ได้อาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความผิดพลาด(e) และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด(de) มาใช้ในการออกแบบ เนื่องจาก เครื่องอัดเม็ดยาที่ออกแบบนั้น กลุ่มผู้ออกแบบได้ออกแบบโดยควบคุมแรง โดยออกแบบให้มีค่าความผิดพลาดต่ำกว่า 2 % ดังนั้นจึงการออกแบบให้ระบบฟัซซี่ลอจิก ปรับค่าแรงให้ได้ตามที่กำหนด จนกว่าค่าความผิดพลาด(e)และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด(de) ให้เป็นศูนย์หรือต่ำกว่า 2%



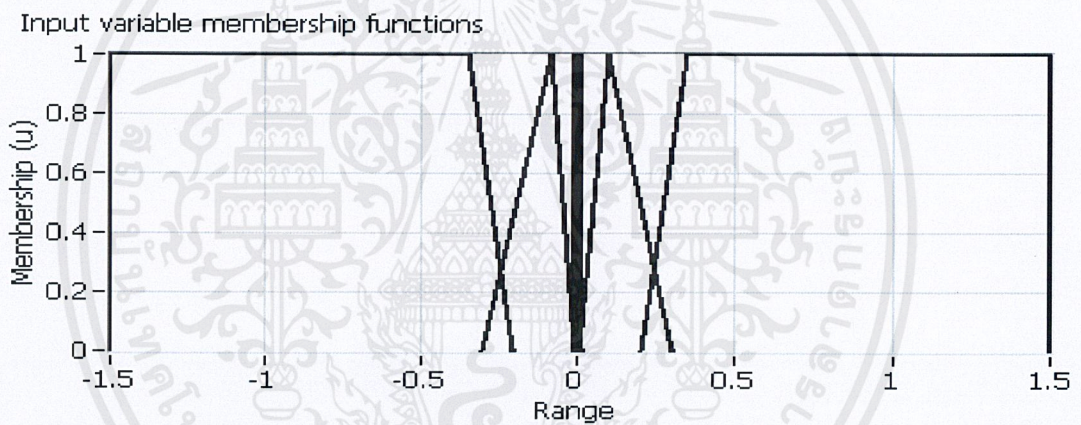
รูป 8.1 แผนภาพบล็อกของระบบฟัซซี่คอนโทรลเลอร์

การออกแบบสมาชิกอินพุท

การออกแบบสมาชิกอินพุท ออกแบบให้มี 2 อินพุท คือ ค่าความผิดพลาด(e)และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด(de) โดยกำหนดสมาชิกของแต่ละสมาชิกเป็น 8 สมาชิก มีช่วงการทำงานระหว่าง -10 ถึง 10 และใช้เมมเบอร์ชิพฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม เนื่องจากข้อมูลที่รับค่าเข้ามามีความละเอียดมาก ดังนั้นเพื่อให้ระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูลที่รับค่าเข้ามานั้น มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนเพื่อความสะดวกต่อการออกแบบ จึงใช้เมมเบอร์ชิพฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยม ดังรูป



รูปที่ 8.2 เมมเบอร์ชิฟฟังก์ชันของ e



รูปที่ 8.3 เมมเบอร์ชิฟฟังก์ชันของ de

การออกแบบกฎการทำงาน

การออกแบบกฎการทำงานนั้นมีแนวทางในการออกแบบ ใช้ระบบกฎฟัซซีของแมมดานิ (Mamdani) และใช้วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด-ต่ำสุด (Mamdani's Minimum) เพื่อหาผลรวมเอาพุท โดยอาศัยความรู้จากการควบคุม ความชำนาญในการเรียนรู้ระบบ ความรู้ที่ได้จากสมการคณิตศาสตร์ ที่ช่วยให้รู้การทำงานของระบบ และจากค่าความผิดพลาดของแรงที่รับมาจากโหลดเซลล์ ไปควบคุมสัญญาณที่จ่ายให้กับโปรบโปรชันเนลวาล์ การออกแบบกฎแสดงดังรูปที่

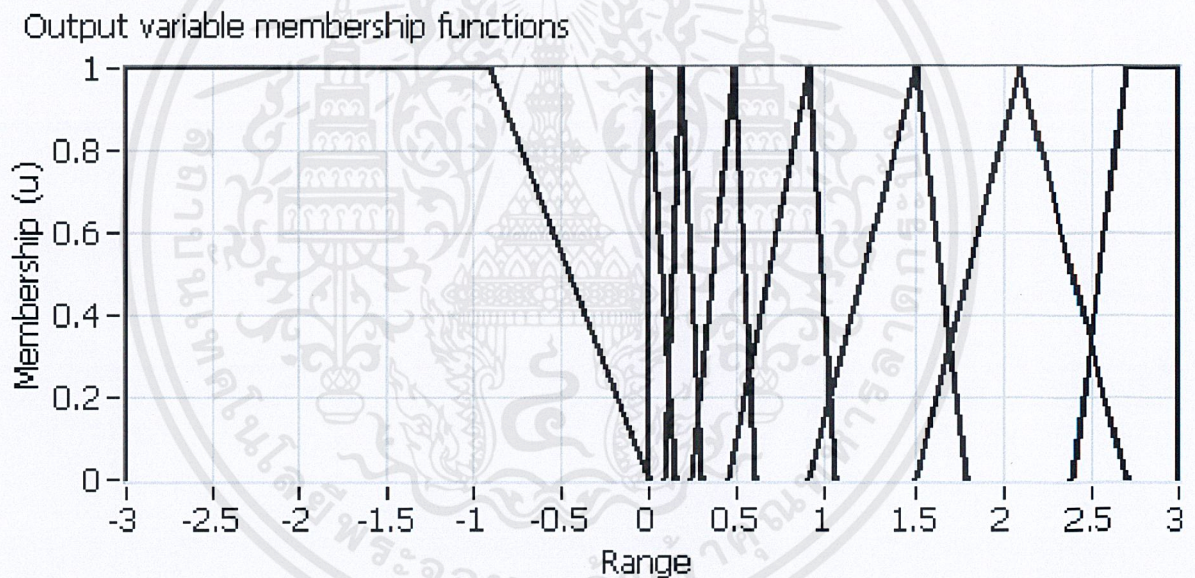
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e \ de	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4	5	6
-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	3	2	2	2	1	2	2	2	1	2
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3
5	5	4	3	3	3	3	3	3	3	4
6	6	4	3	3	3	3	3	4	5	5
7	7	-3	3	3	3	4	5	6	7	7

รูป 8.4 กฎการทำงาน

การออกแบบสมาชิกเอาพุท

การออกแบบสมาชิกเอาพุทสมาชิกเอาพุทของสัญญาณที่ควบคุมโซลินอย์วาล์วมีด้วยกัน 8 สมาชิก และใช้เมมเบอร์ชิพฟังก์ชันรูปสามเหลี่ยมตามรูป โดยออกแบบให้มี ค่าระหว่าง -3 ถึง 3 เพราะถ้าออกแบบให้ระบบจ่ายสัญญาณมากหรือน้อยกว่านี้ ระบบไฮดรอลิกจะทำงานรวดเร็วเกินไป จนอาจสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ และสร้างอันตรายแก่ผู้ใช้งานได้

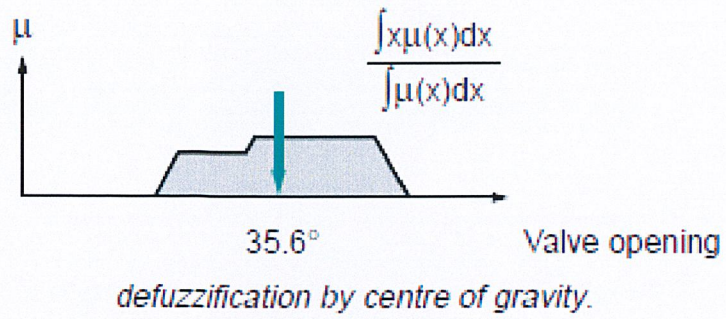


รูปที่ 8.5 เมมเบอร์ชิพฟังก์ชันของค่าเอาพุท

การแปลงค่าสมาชิกเอาพุท(Defuzzifier)

การแปลงสัญญาณของสมาชิกเอาพุท ได้ใช้ทฤษฎี Centroid of Area Method (COA) ทำการหาค่าตัวแปร ณ ตำแหน่งที่เกิดจุด Centroid ของพีชชีเซตเอาพุทตามสมการ เนื่องจากการออกแบบที่ละเอียดอ่อนทำให้เมื่อระบบรับค่าอินพุทเข้ามา กฎจะถูกกระตุ้นให้ทำงานหลายกฎ และผู้ออกแบบต้องการให้ระบบนำค่าเอาพุทนั้นๆมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปใช้งานจึงได้ใช้ทฤษฎีนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 8.6 แสดงขั้นตอน Defuzzifier แบบ centre of gravity



บทที่ 9

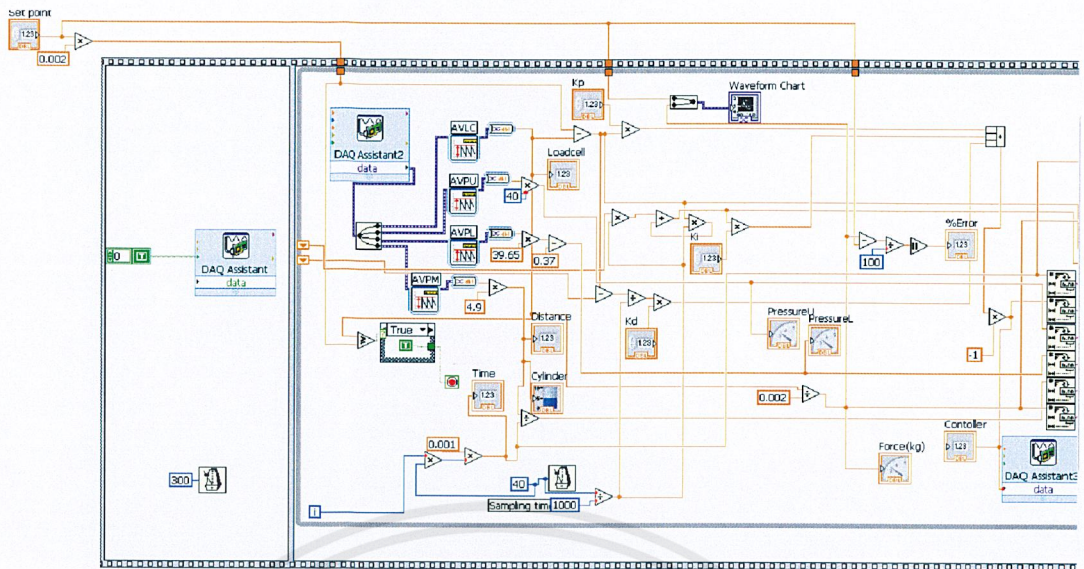
การออกแบบระบบปฏิบัติการโดยใช้โปรแกรมแลบวิว

9.1 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากบทที่ ที่อธิบายหลักการการทำงานของชุดอุปกรณ์ควบคุมแรงที่ใช้ในการอัดเม็ดยา เราจะทำการออกแบบโปรแกรมที่จะตอบสนองต่อการใช้ที่เราต้องการ ใน โครงงานนี้จึง แบ่งระบบปฏิบัติการออกเป็น 2 ส่วน คือ โปรแกรมควบคุมในระบบพีไอดี และระบบพีซีซีลอจิก โดยที่ทั้งสองระบบมีการใช้งานในฟังก์ชันต่างๆ เพื่อรับค่าจากโพลด์เซลล์ และ ส่งการไปยังพรอพโพชั่นนอลแล้ว เพื่อกดกระบอกสูบต่อไป

9.1.1 โปรแกรมระบบควบคุมพีไอดี

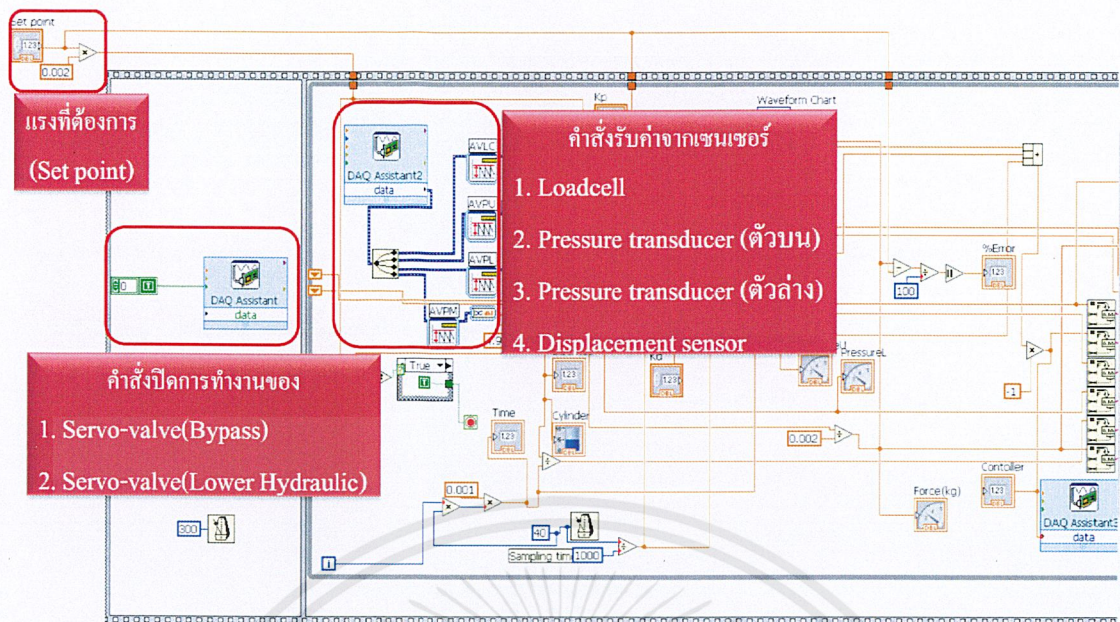
ในระบบพีไอดีจะมีการใช้ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์เข้ามาเป็นหลักในกระบวนการ และจะมีการรับค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ อาทิเช่น เซนเซอร์รับแรง เซนเซอร์วัดระยะทาง เซนเซอร์วัดความดัน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 9.1 ระบบการทำงานของโปรแกรมของระบบควบคุมพีไอดี

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

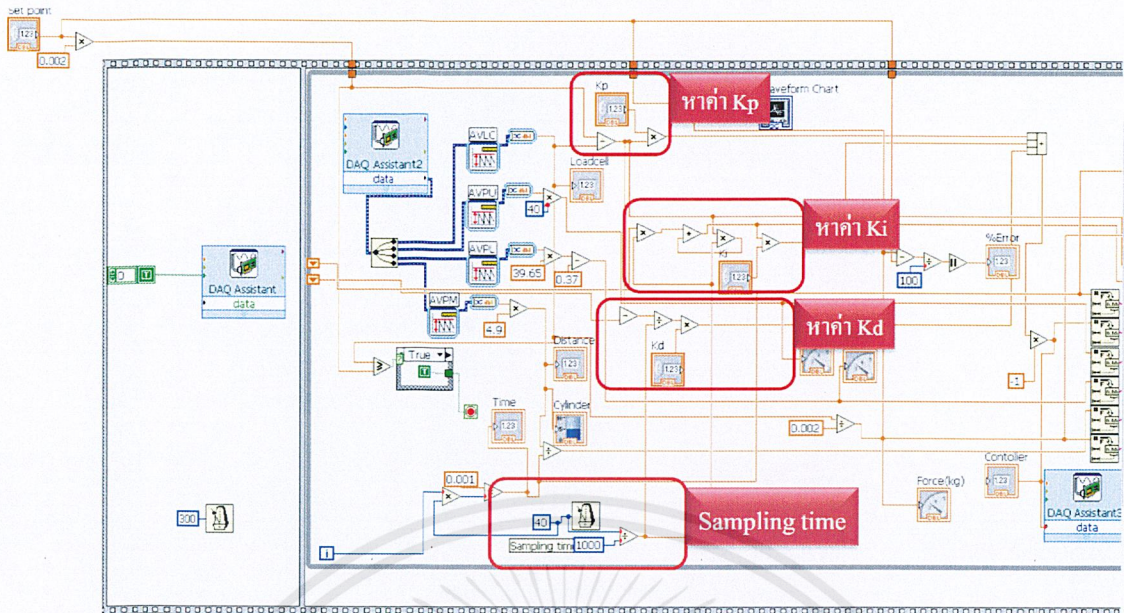
1. ใส่แรงที่ต้องการลงไปไว้ในโปรแกรม
2. เมื่อโปรแกรมได้รับค่าแรงที่ต้องการเป็นหน่วยกิโลกรัมแล้วจะแปลงค่าที่ได้ โดยทำการคูณกับ 0.002 เพื่อแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าไปสั่งการในโปรแกรม
3. จากลำดับเหตุการณ์แรกจะทำการสั่งการผ่านการตั้งการทางไฟฟ้า เพื่อสั่งการ ฟิลเซอร์ ไววาล์ว ตัวบายพาส และเซอร์ไววาล์วตัวกระบอกสูบล่าง
4. จากนั้นจะทำการเรียกสัญญาณข้อมูลมาจากเซนเซอร์ 4 ตัว คือ เซนเซอร์วัดแรง เซนเซอร์วัดความดันในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ด้านบนและล่าง และ เซนเซอร์วัดระยะทาง นอกจากเซนเซอร์วัดแรงแล้วอีกสามตัวจะไม่มีผลต่อการสั่งงานของโปรแกรม เพียงแค่รับค่ามาตรวจสอบเท่านั้น



รูปที่ 9.2 แสดงขั้นตอนที่ 1 - 4

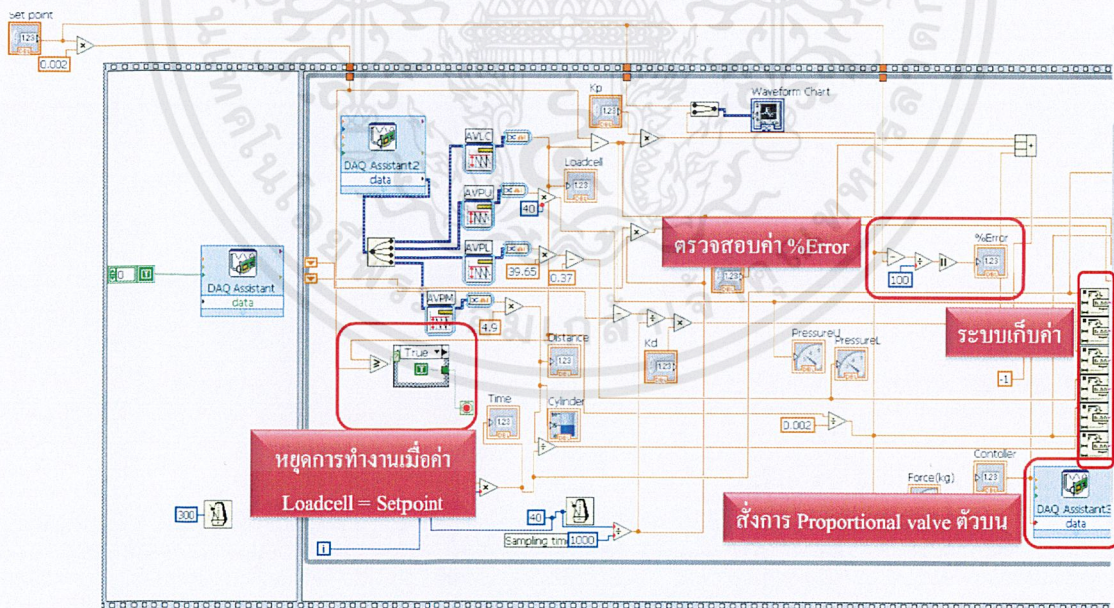
5. เมื่อรับค่าจากเซนเซอร์วัดแรงแล้วจะนำไปเปรียบเทียบกับแรงที่ต้องการ เพื่อหาค่าเออเรอร์(Error) เพราะการทำงานต้องทราบค่าความแตกต่างว่าต่างกันเท่าไร และนำไปคำนวณในกระบวนการในระบบพีไอดีต่อไป
6. การคำนวณในระบบพีไอดีจะทำการหาค่าความแตกต่างระหว่าง ค่าแรกที่ได้มา กับค่าถัดไป ในระบบ มารวมกับค่าผลต่างที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา และค่าผลรวมที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา
7. หลังจากการรวมค่าจากระบบแล้ว จะสั่งการเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังรีลไฟวาล์วเพื่อสั่งการจ่ายเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นแรงที่ใช้ในการอัดเม็ดยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



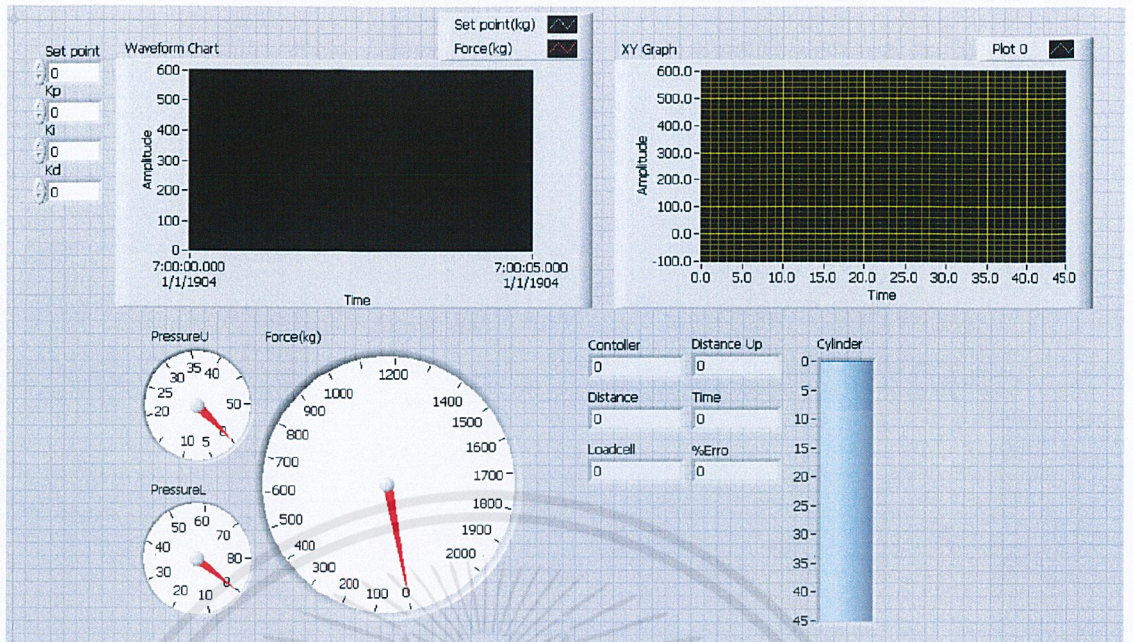
รูปที่ 9.3 แสดงขั้นตอนที่ 5 - 7

8. มีฟังก์ชันตรวจค่าว่าแรงที่อัดได้กับแรงที่ต้องการเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากัน โปรแกรมจะหยุดการทำงาน ถ้าไม่เท่ากันจะสั่งให้จ่ายไฟเพิ่มไปให้อัดต่อไป จนกว่าจะได้แรงที่ต้องการจากค่าเกณฑ์ที่ใส่ไป และมีอีกฟังก์ชัน เพื่อเก็บค่า



รูปที่ 9.4 แสดงขั้นตอนที่ 8

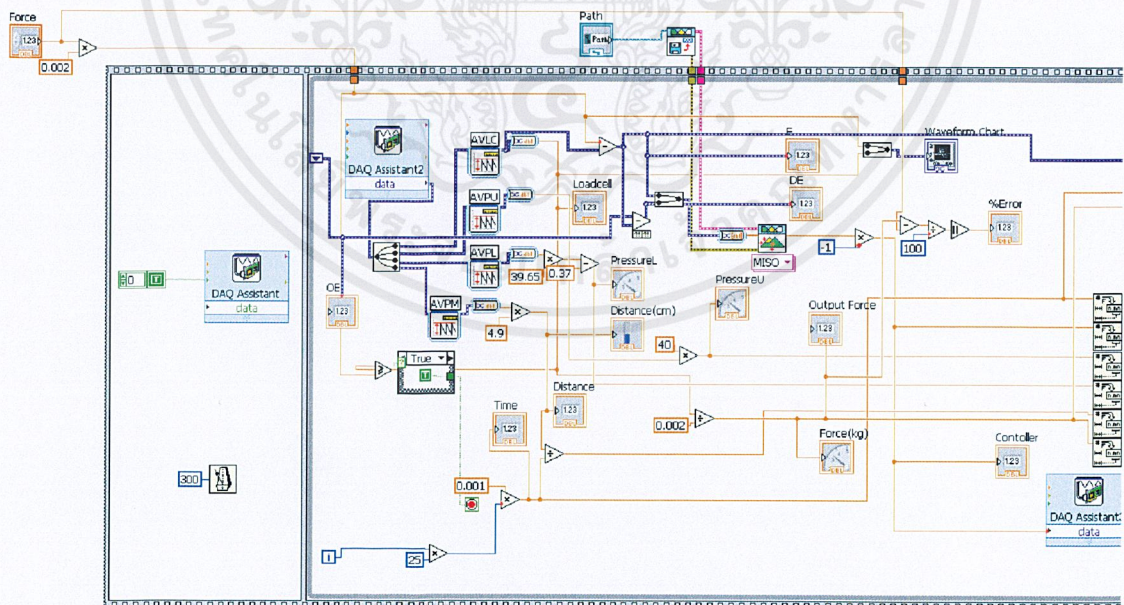
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.5 หน้าจอการทำงานของบริษัทโปรแกรมในระบบพีซี

9.1.2 ขั้นตอนการทำงานในระบบพีซี

ในระบบพีซีจะมีการทำงานที่แตกต่างออกไปในบางฟังก์ชัน เช่น การสั่งงานจะใช้กล่องควบคุมการทำงานของระบบ แต่การทำงานในขั้นตอนต่างๆจะคล้ายกันเหมือนเดิม

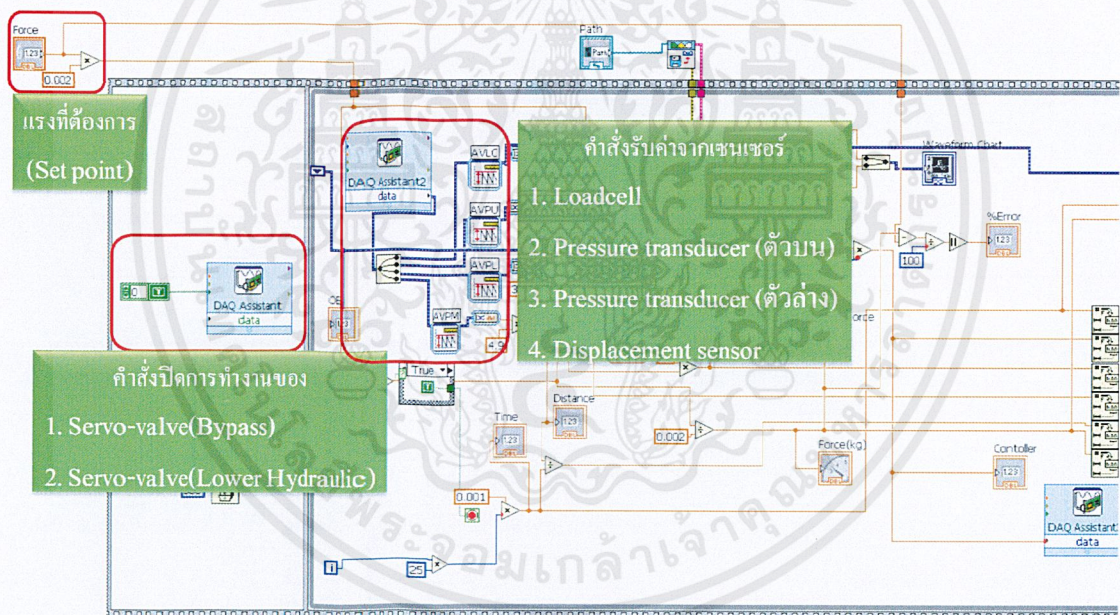


รูปที่ 9.6 ระบบการทำงานของโปรแกรมของระบบควบคุมพีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรม

1. ใส่แรงที่ต้องการลงไป ในโปรแกรม
2. เมื่อ โปรแกรมได้รับค่าแรงที่ต้องการเป็นหน่วยกิโลกรัมแล้วจะแปลงค่าที่ได้ โดยทำการคูณกับ 0.002 เพื่อแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าไปสั่งการใน โปรแกรม
3. จากลำดับเหตุการณ์แรกจะทำการสั่งการผ่านการตั้งการทางไฟฟ้าเพื่อสั่งการ ผิดเซอร์โววาล์ว ตัวบายพาส และเซอร์โววาล์วตัวกระบอกสูบล่าง
4. จากนั้นจะทำการเรียกสัญญาณข้อมูลมาจากเซนเซอร์ 4 ตัว คือ เซนเซอร์วัด แรง เซนเซอร์วัดความดันในกระบอกสูบไฮดรอลิกส์ ด้านบนและล่าง และ เซนเซอร์วัดระยะทาง นอกจากเซนเซอร์วัดแรงแล้วอีกสามตัวจะไม่มีผลต่อการ สั่งงานของ โปรแกรม เพียงแค่รับค่ามาตรวจสอบเท่านั้น

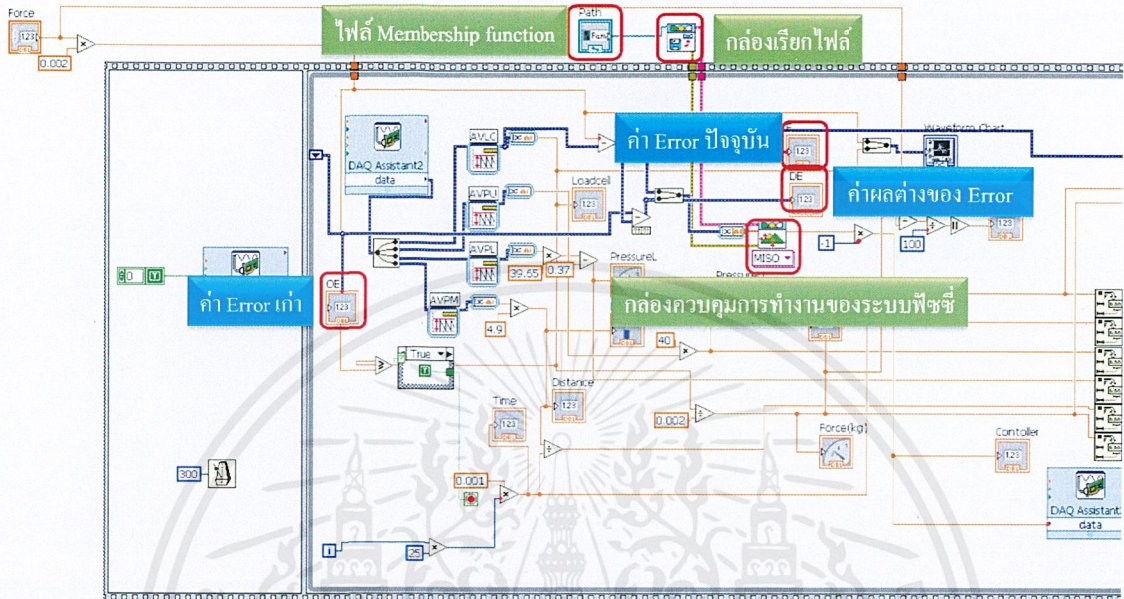


รูปที่ 9.7 แสดงขั้นตอนที่ 1 - 4

5. ขั้นตอนนี้จะแตกต่างจากระบบพีไอโดยตรงที่มีการเรียกใช้ไฟล์เมมเบอร์ชิพจากที่ ได้ออกแบบมาตามรูป
6. ในระบบการสั่งการของพีซี จะมีการหาค่าผลต่างที่เปลี่ยนไปตามเวลา ทั้งค่า ใหม่และค่าเก่า(Delta Error, Old Delta Error) ก่อนที่จะส่งสัญญาณเข้าไปยัง กล้องควบคุมพีซี

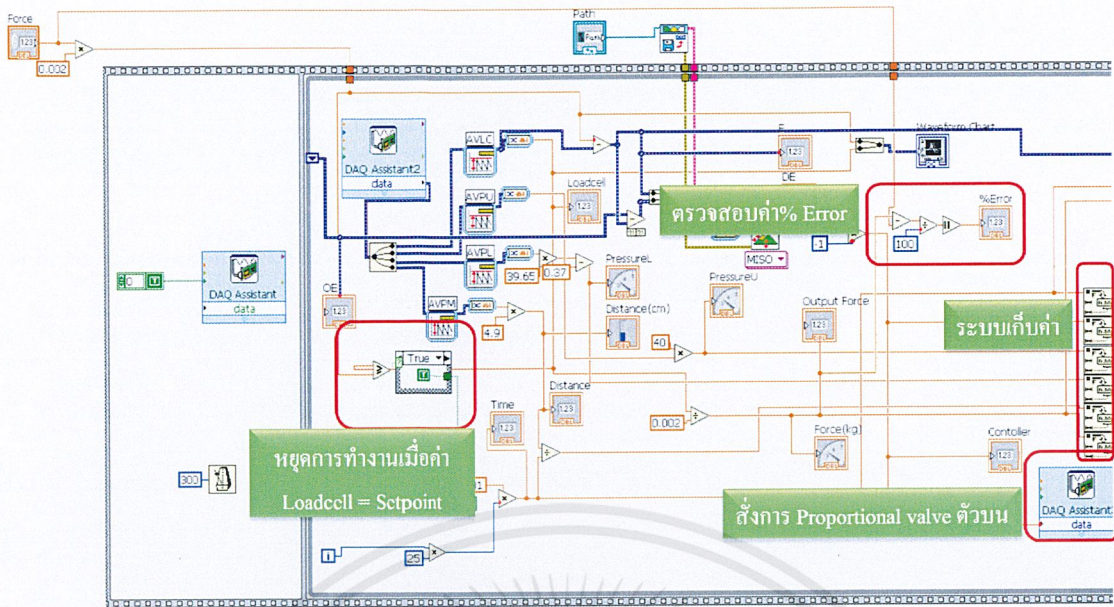
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หลังจากการรวมค่าจากระบบแล้ว จะตั้งการเป็นการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังพรีอพโพชั่นนอลวาล์ว เพื่อบังคับการจ่ายเป็นกระแสไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นแรงที่ใช้ในการอัดเม็ดยา

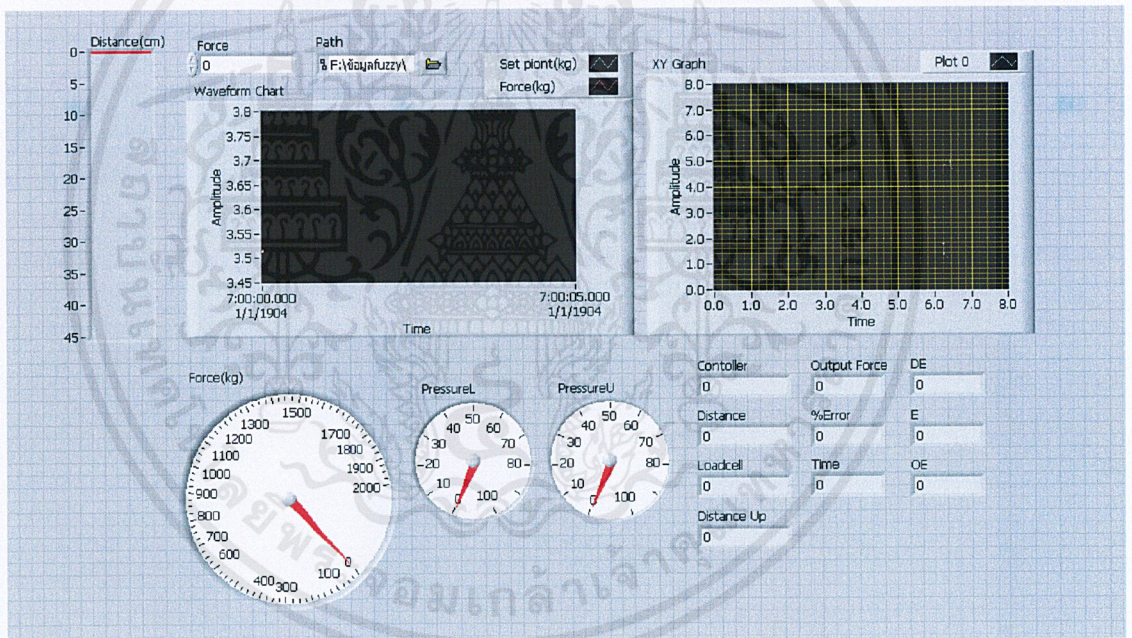


รูปที่ 9.8 แสดงขั้นตอนที่ 5 - 7

8. มีฟังก์ชันตรวจค่าว่าแรงที่อัดได้กับแรงที่ต้องการเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากัน โปรแกรมจะหยุดการทำงาน ถ้าไม่เท่ากันจะสั่งให้จ่ายไฟเพิ่มไปให้อัดต่อไป จนกว่าจะได้แรงที่ต้องการตามกฎของฟิชซีที่เราได้ออกแบบ และมีอีกฟังก์ชันเพื่อเก็บค่า



รูปที่ 9.9 แสดงขั้นตอนที่ 8



รูปที่ 9.10 หน้าจอการทำงานของโปรแกรมในระบบพีไอดี

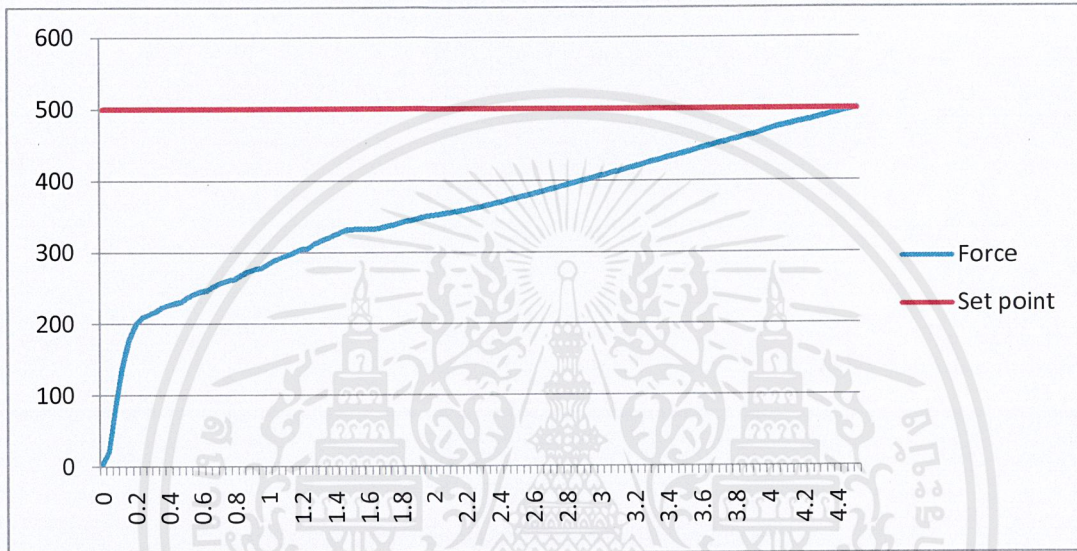
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

ผลการทดลอง

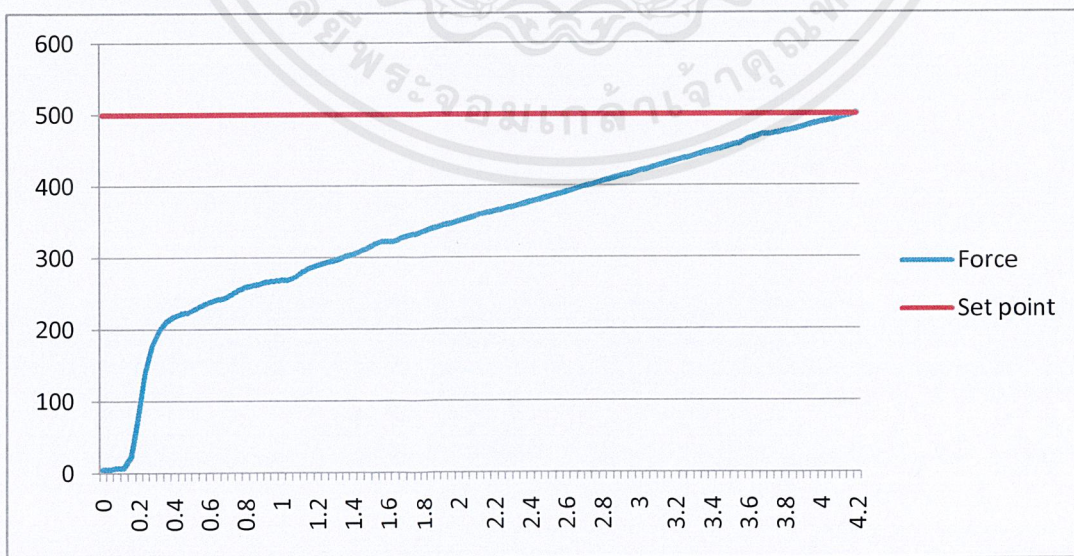
10.1 กราฟที่ได้จากระบบการทดลองพีไอดี

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 1 ด้วยเวลา 4.4 วินาที



รูปที่ 10.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

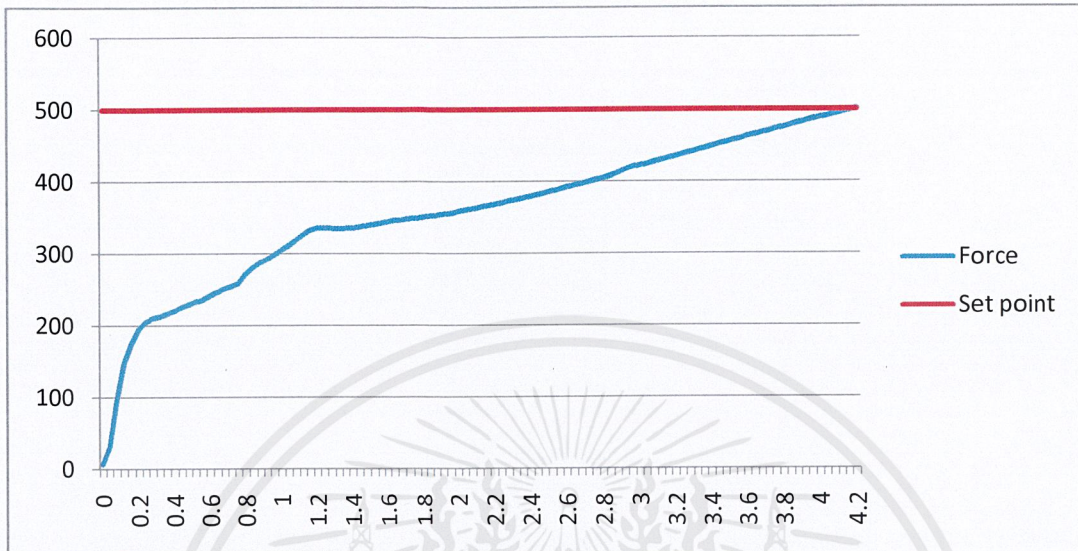
ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 2 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

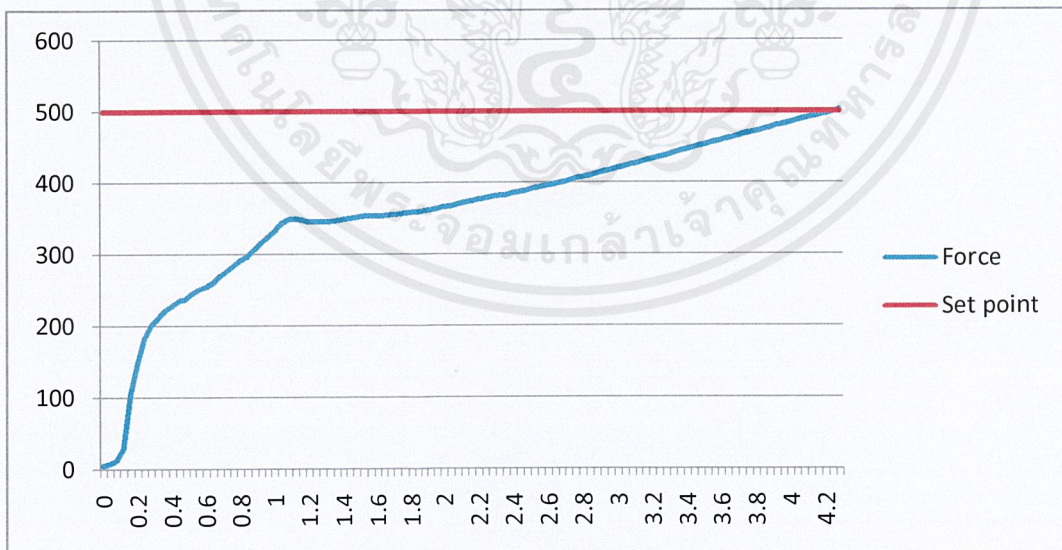
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 3 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

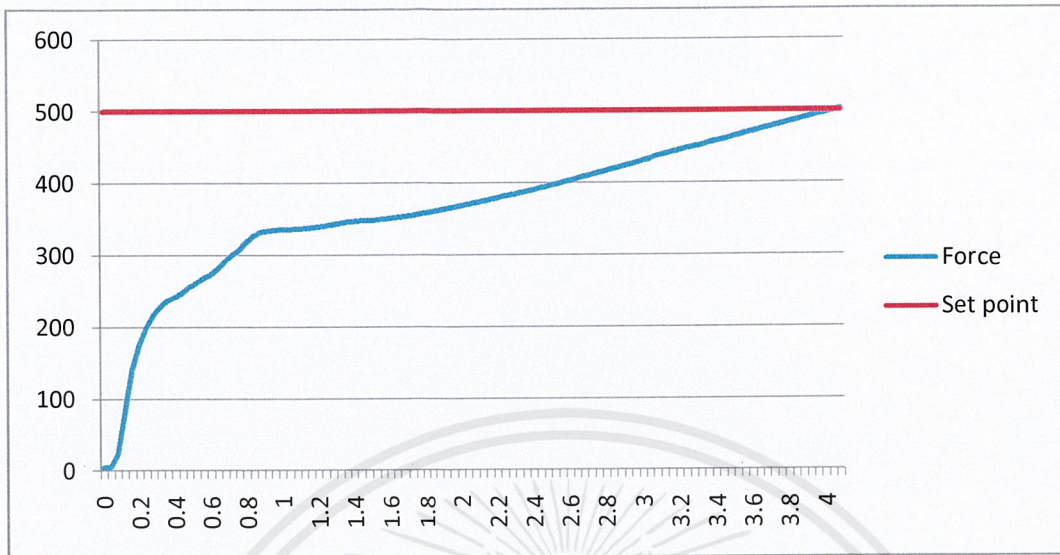
ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 4 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

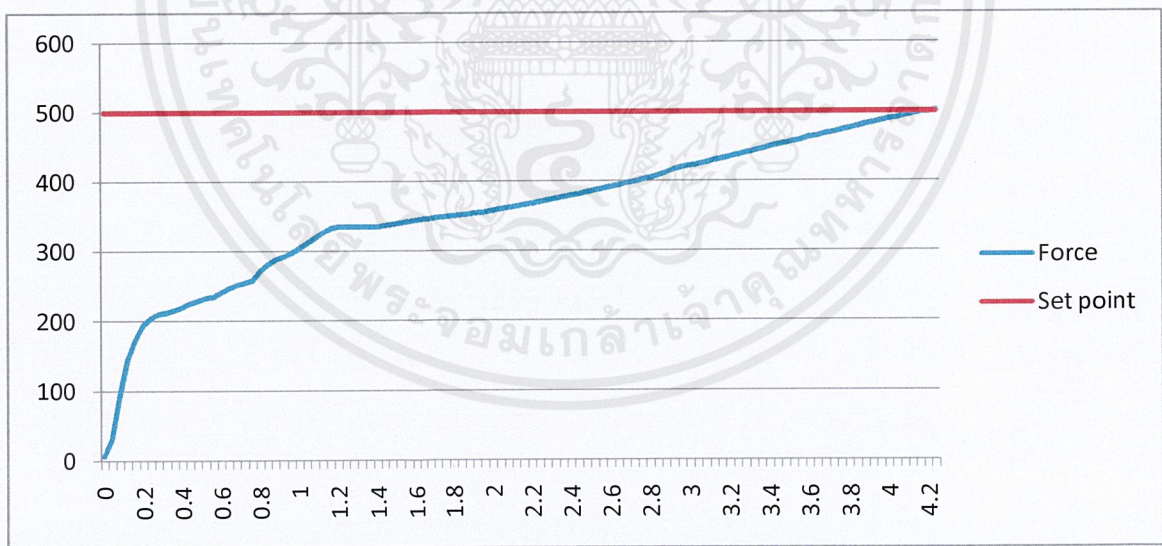
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 5 ด้วยเวลา 4 วินาที



รูปที่ 10.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

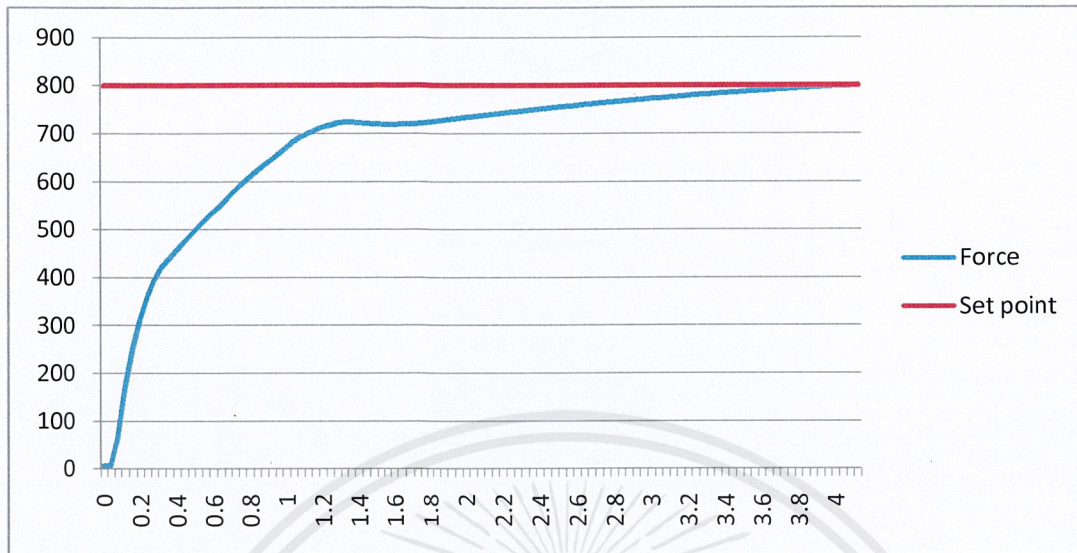
หาค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งหมดของแรง 500 kg



รูปที่ 10.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

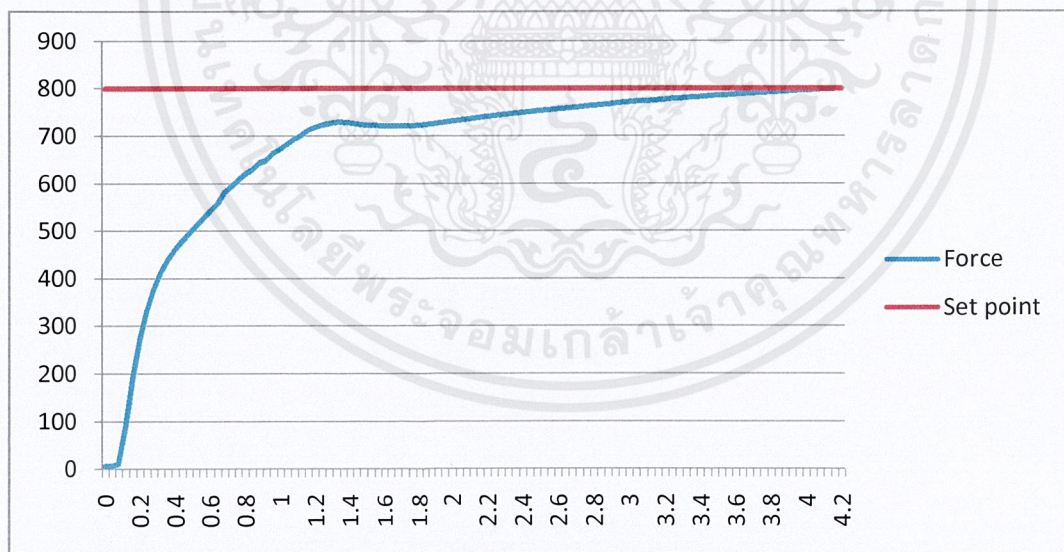
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 1 ด้วยเวลา 4 วินาที



รูปที่ 10.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

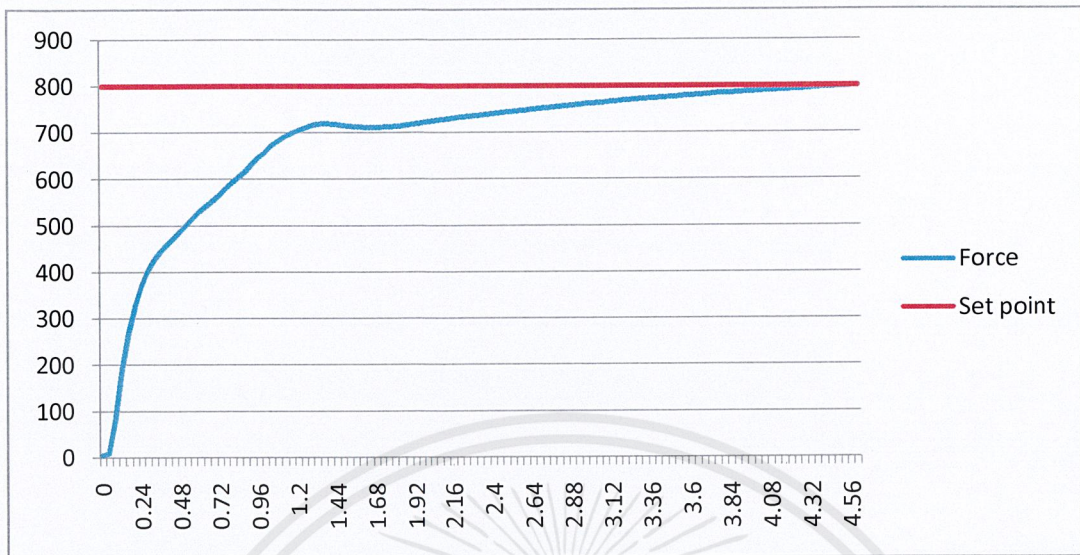
ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 2 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

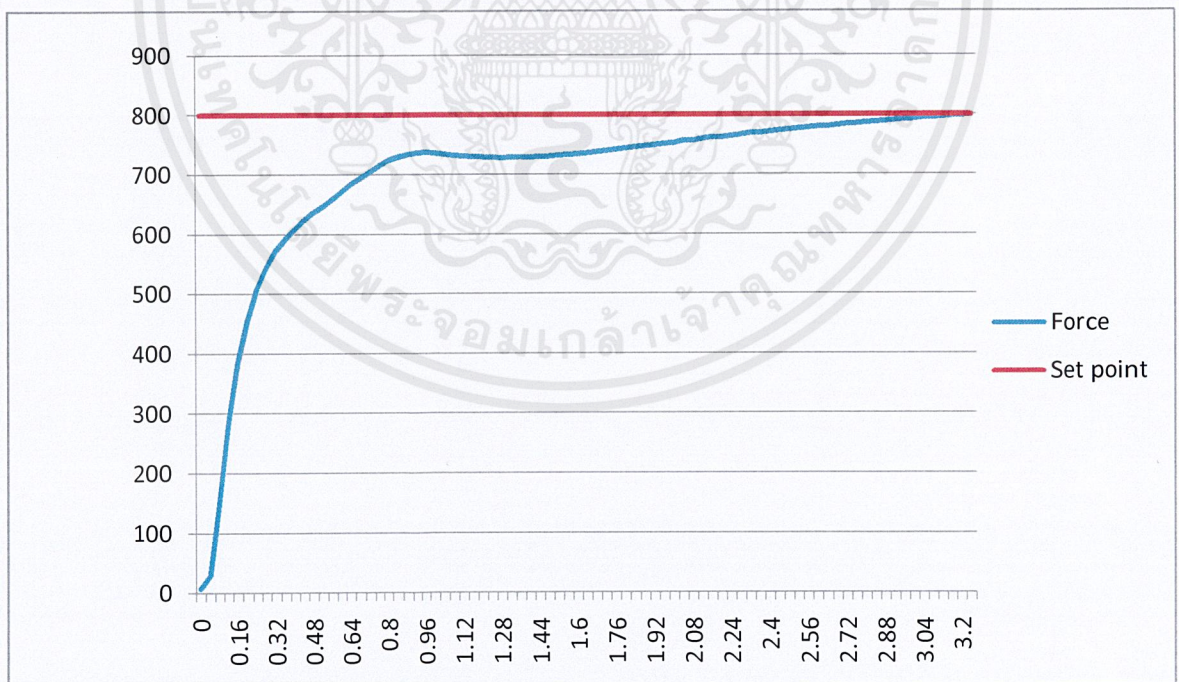
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 3 ด้วยเวลา 4.56 วินาที



รูปที่ 10.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

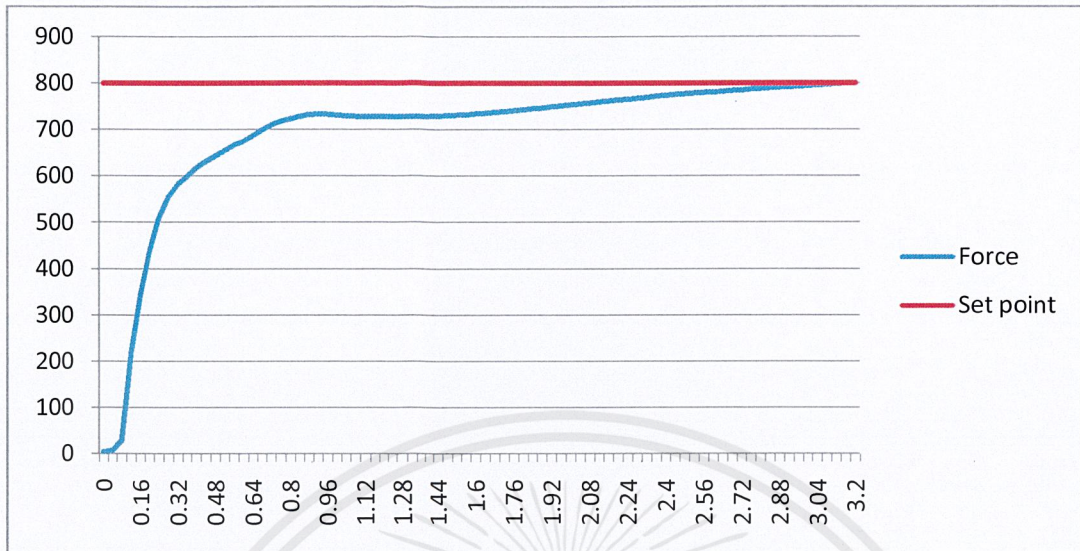
ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 4 ด้วยเวลา 3.2 วินาที



รูปที่ 10.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

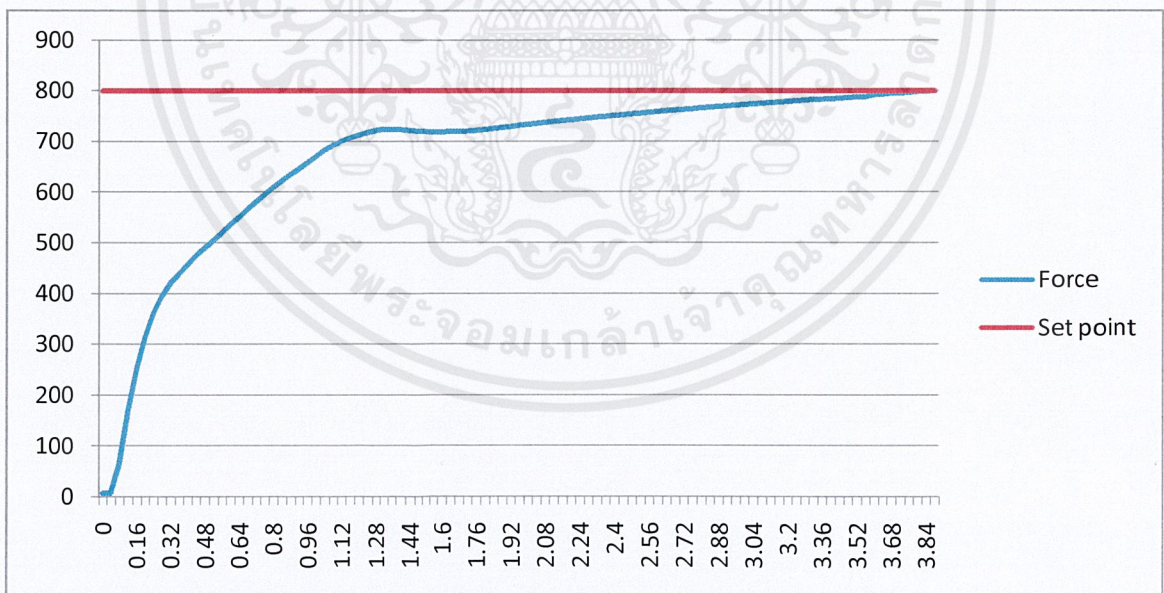
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 5 ด้วยเวลา 3.2 วินาที



รูปที่ 10.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

หาค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งหมดของแรง 800 kg ด้วยเวลา 3.84 วินาที

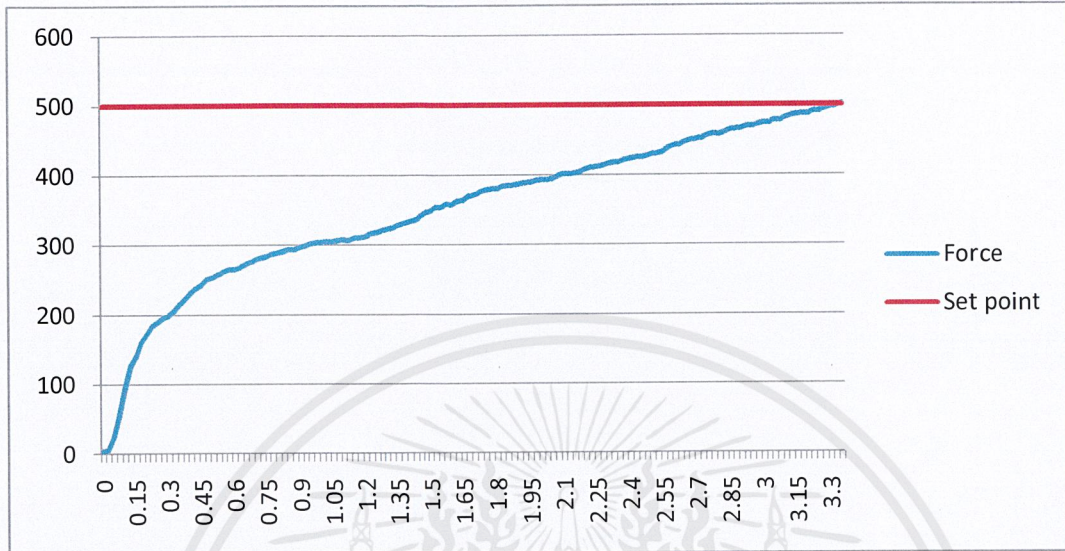


รูปที่ 10.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

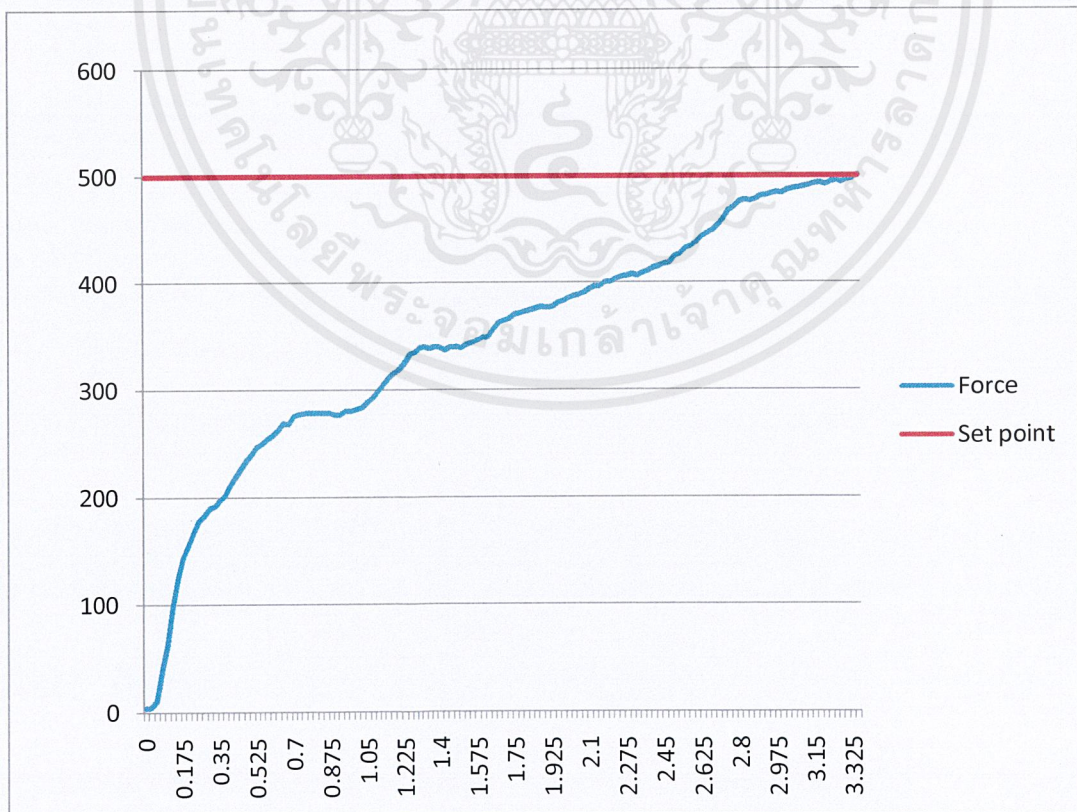
10.2 กราฟที่ได้จากระบบการทดลองฟิชชี่

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครึ่งที่ 1 ด้วยเวลา 3.3 วินาที



รูปที่ 10.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

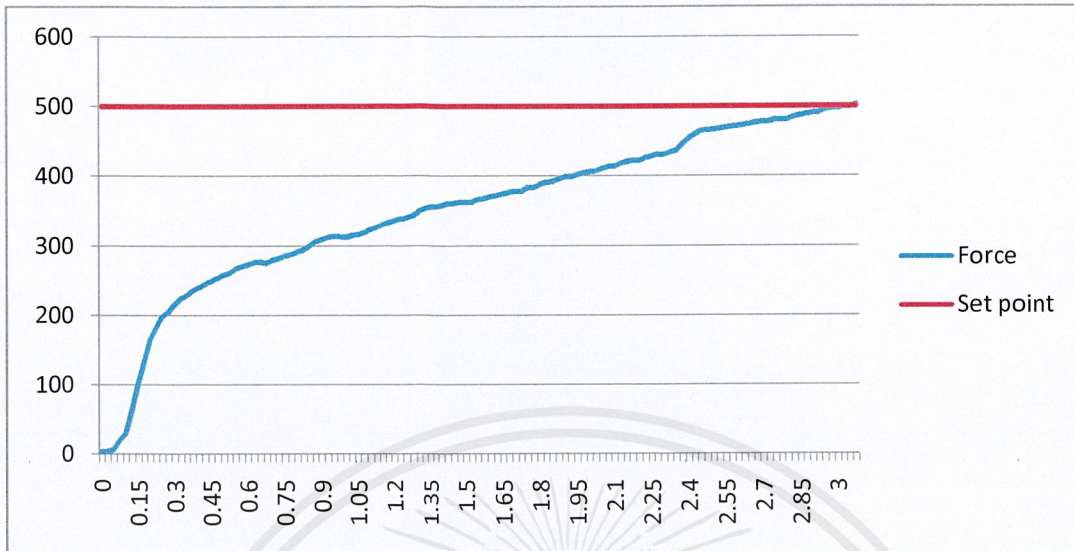
ควบคุมแรงอัด 500 kg ครึ่งที่ 2 ด้วยเวลา 3.325 วินาที



รูปที่ 10.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

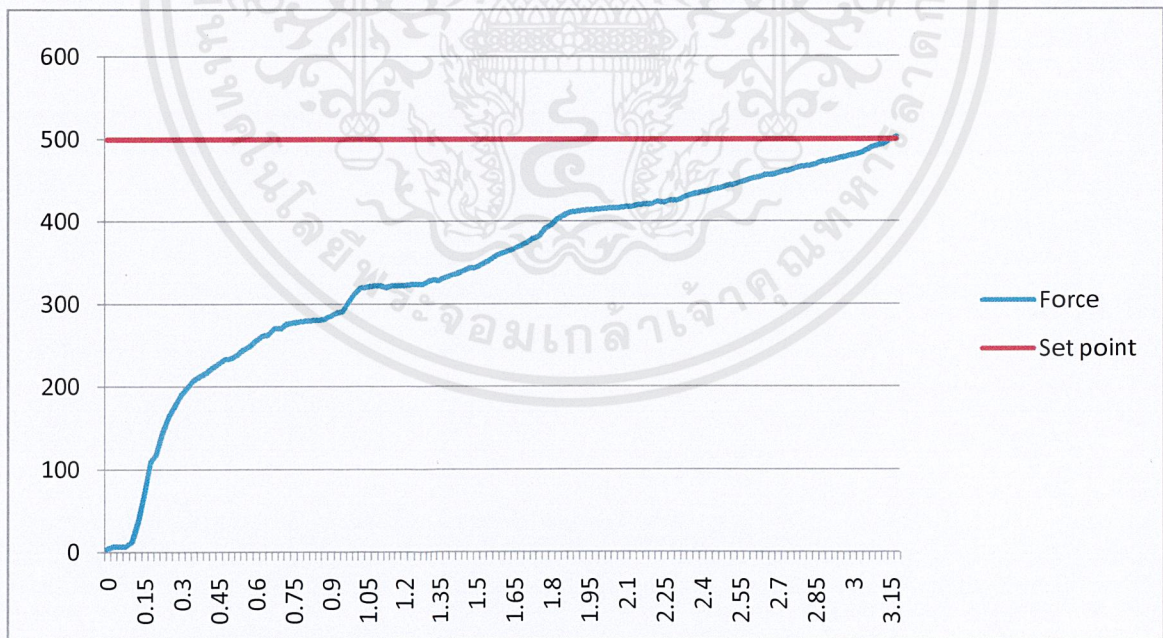
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 3 ด้วยเวลา 3 วินาที



รูปที่ 10.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

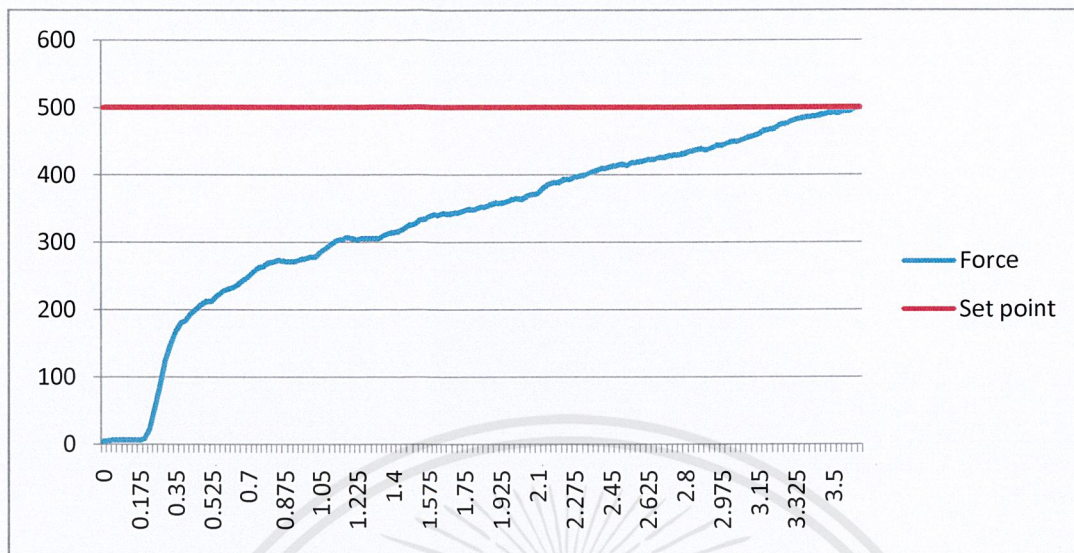
ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 4 ด้วยเวลา 3.15 วินาที



รูปที่ 10.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

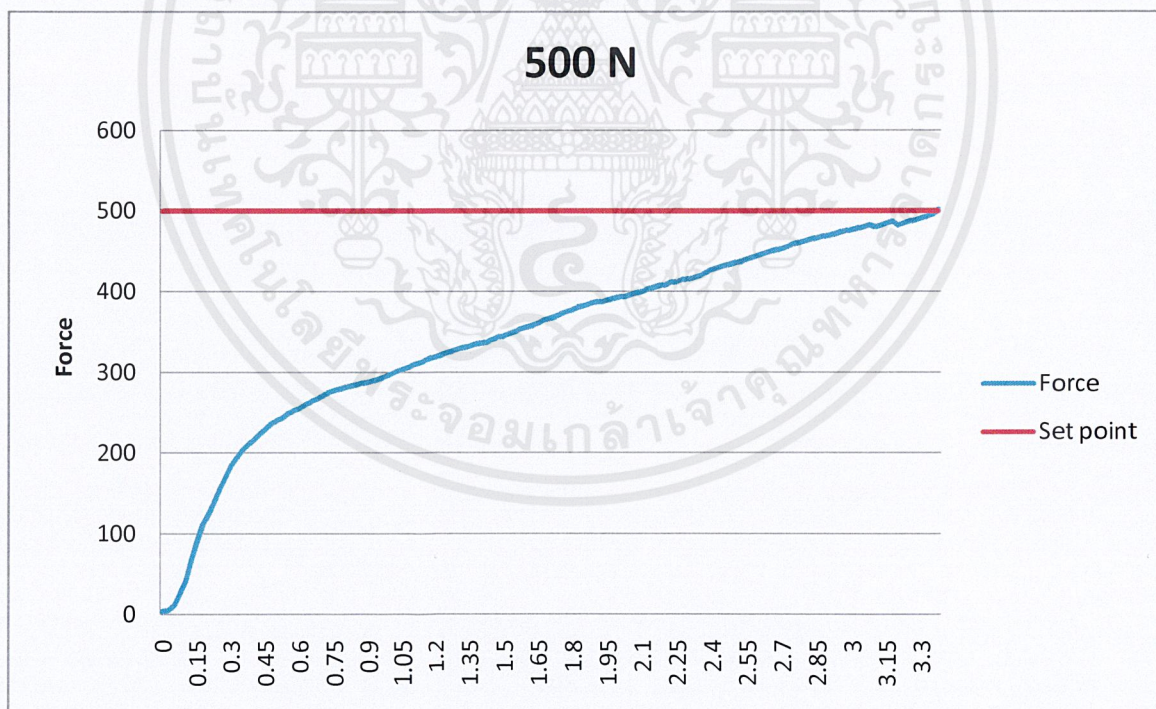
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 500 kg ครั้งที่ 5 ด้วยเวลา 3.5 วินาที



รูปที่ 10.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

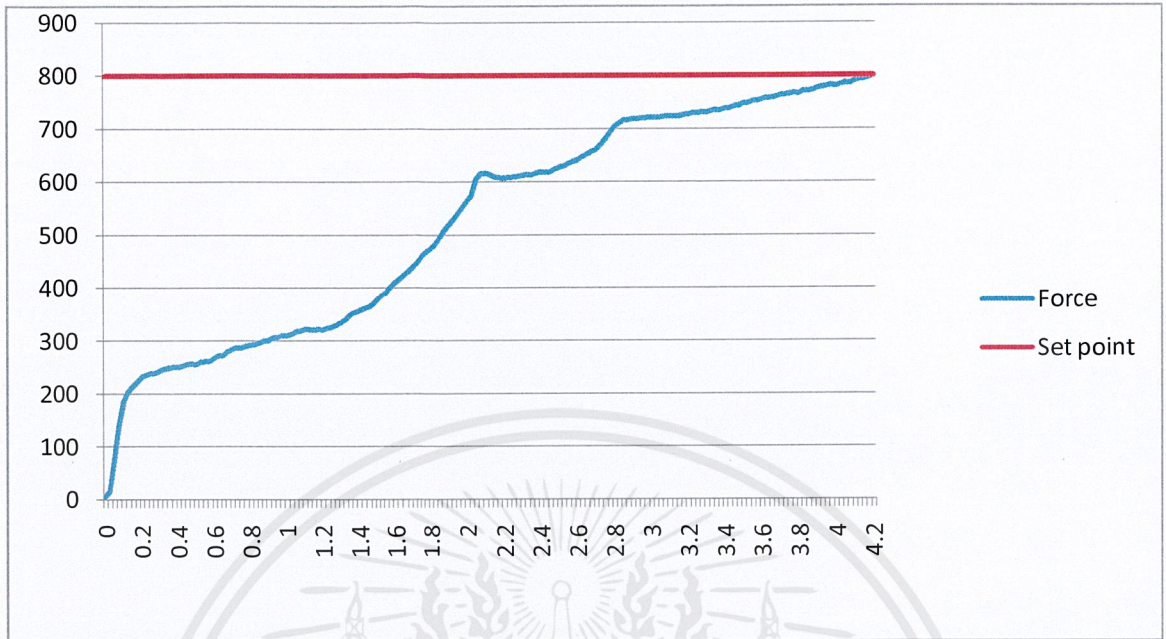
หาค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งหมดของแรง 500 kg



รูปที่ 10.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 500 kg

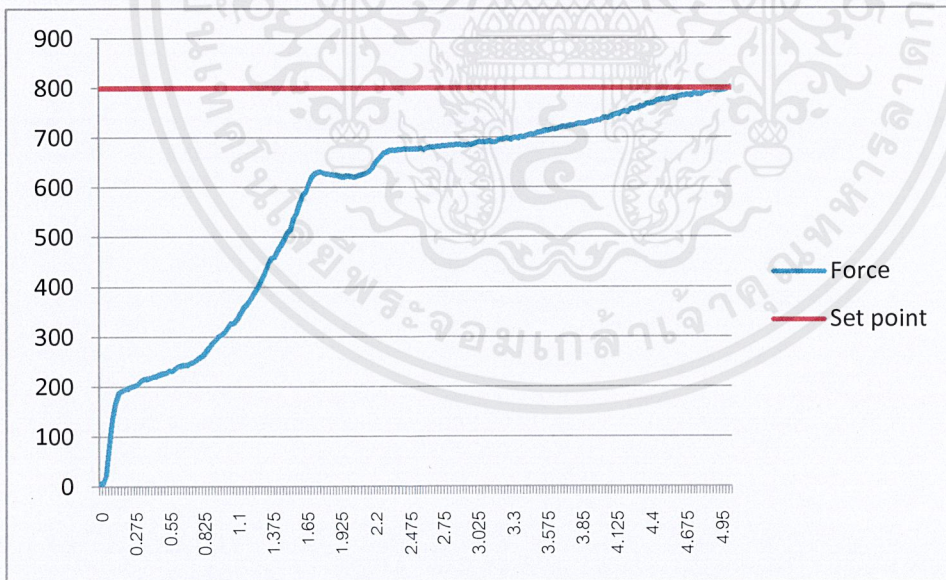
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 1 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดด้วยแรง 800 kg

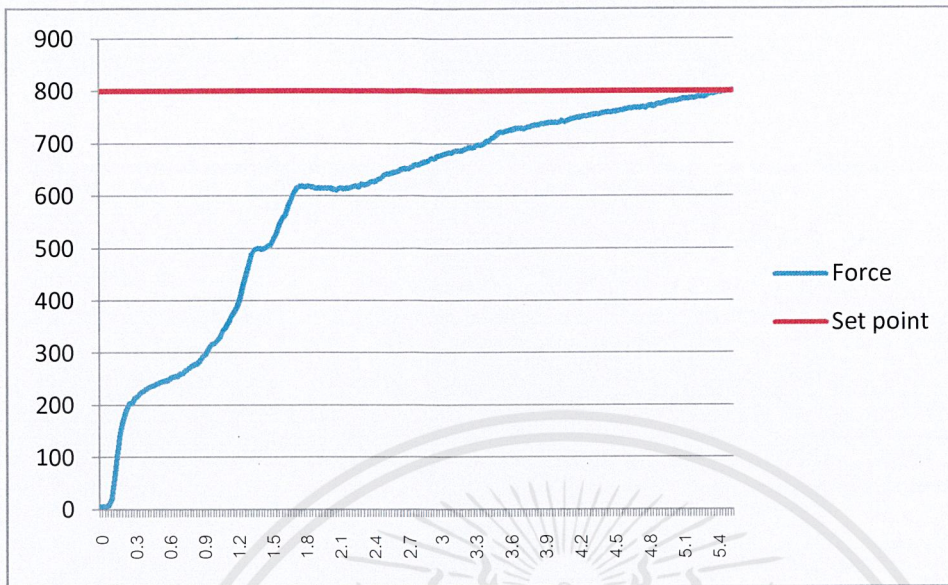
ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 2 ด้วยเวลา 4.96 วินาที



รูปที่ 10.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดด้วยแรง 800 kg

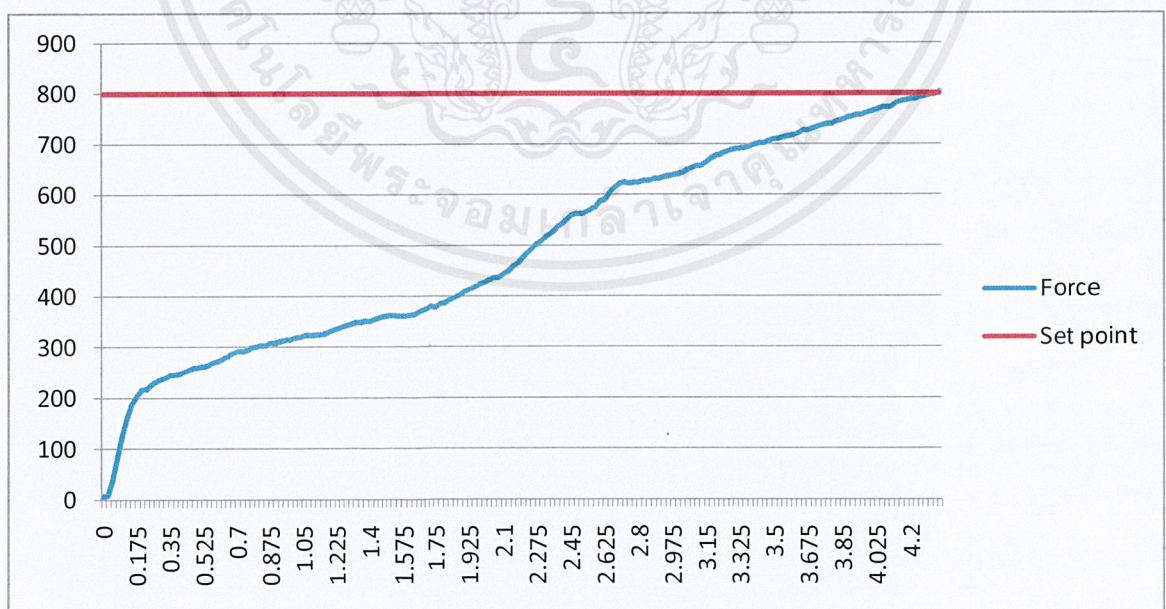
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 3 ด้วยเวลา 5.4 วินาที



รูปที่ 10.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

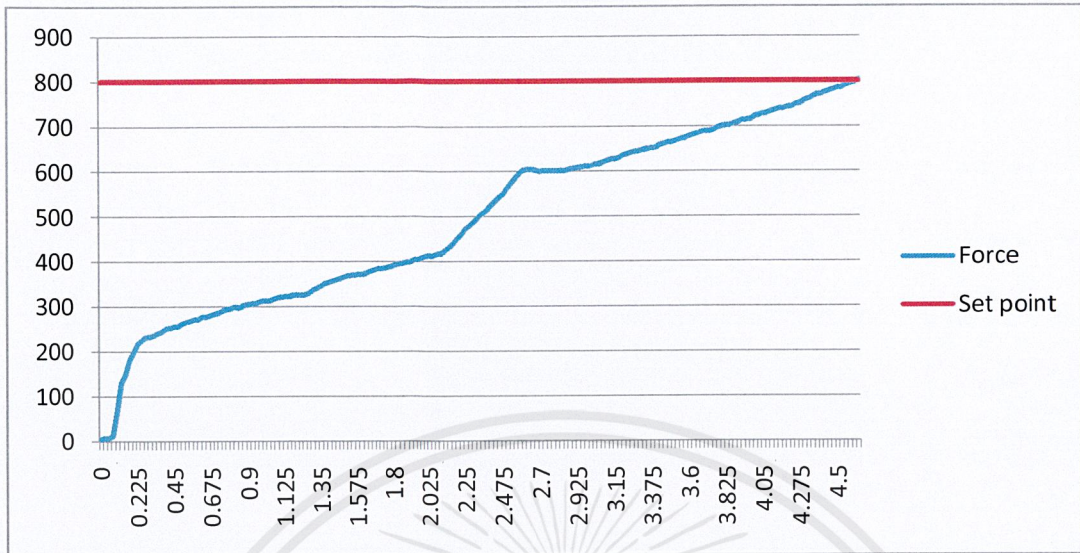
ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 4 ด้วยเวลา 4.2 วินาที



รูปที่ 10.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

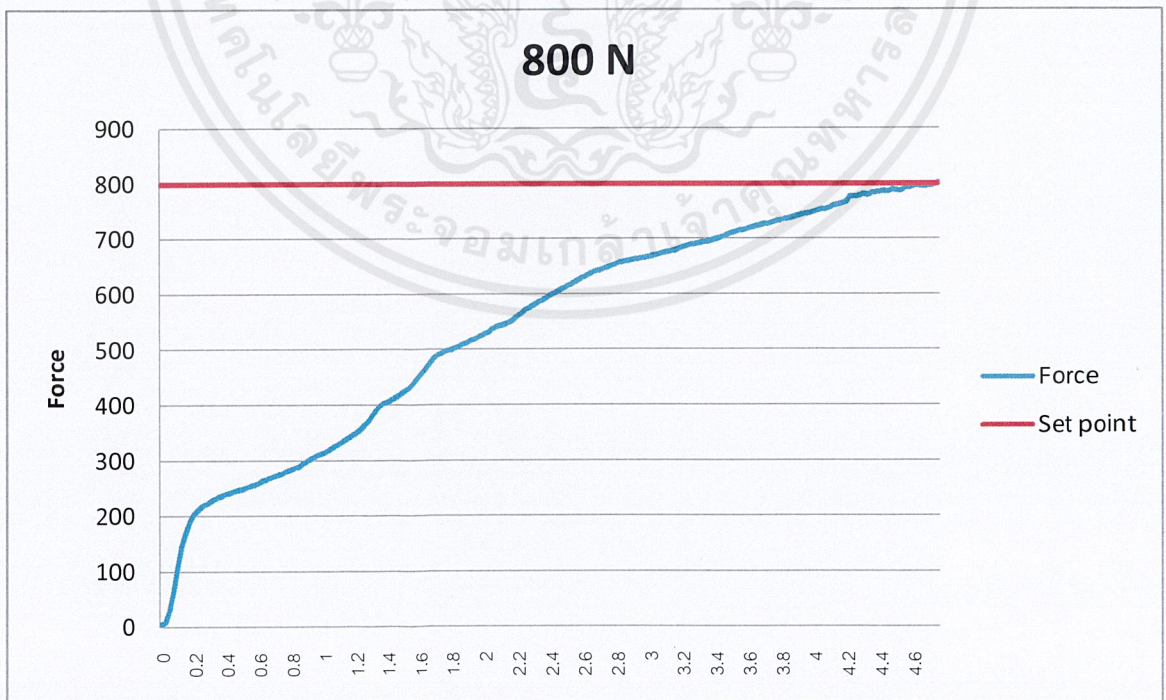
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 800 kg ครั้งที่ 5 ด้วยเวลา 4.5 วินาที



รูปที่ 10.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

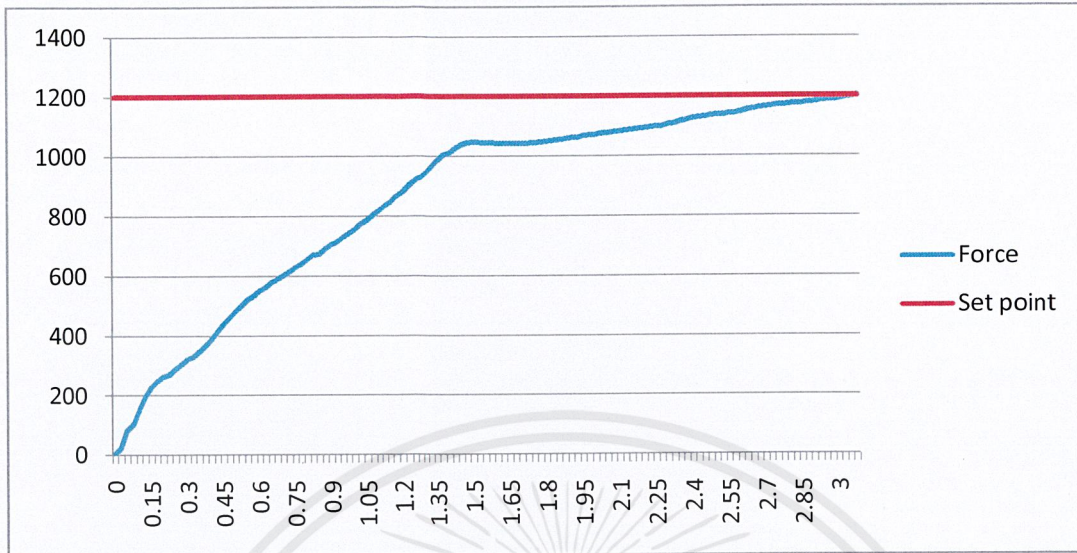
หาค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งหมดของแรง 800 kg



รูปที่ 10.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 800 kg

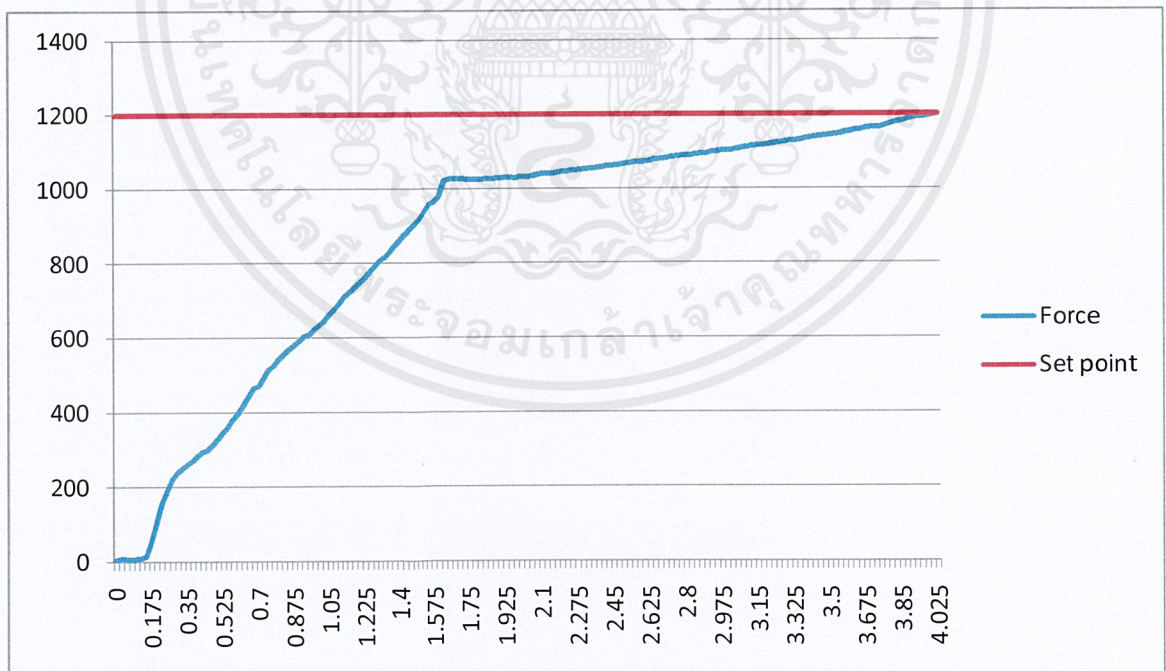
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 1200 kg ครั้งที่ 1 ด้วยเวลา 3 วินาที



รูปที่ 10.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

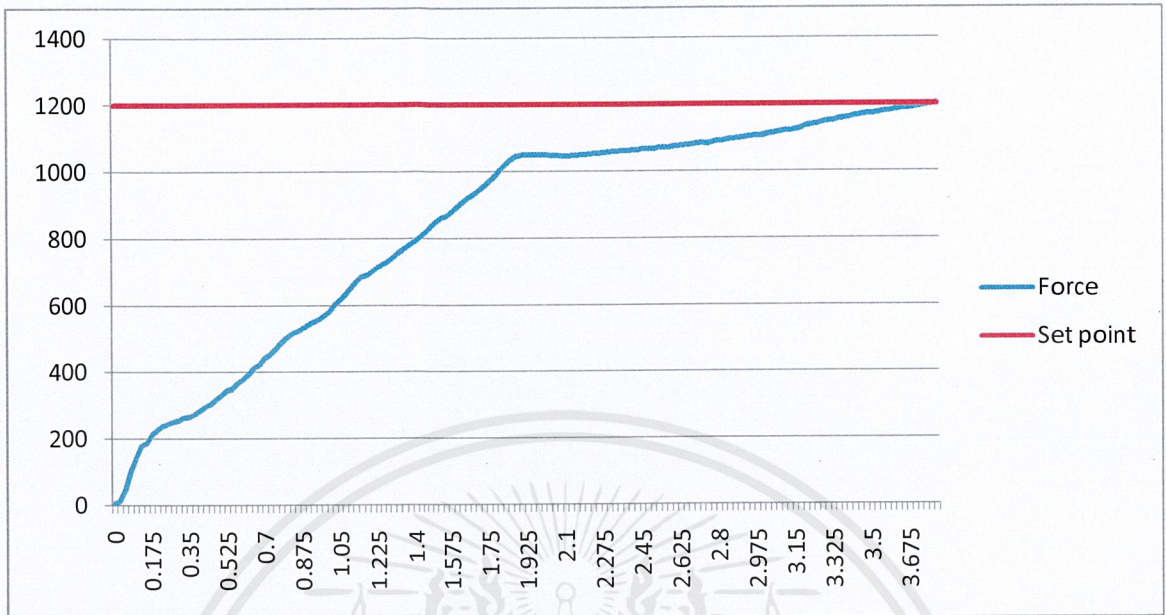
ควบคุมแรงอัด 1200 kg ครั้งที่ 2 ด้วยเวลา 4.025 วินาที



รูปที่ 10.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

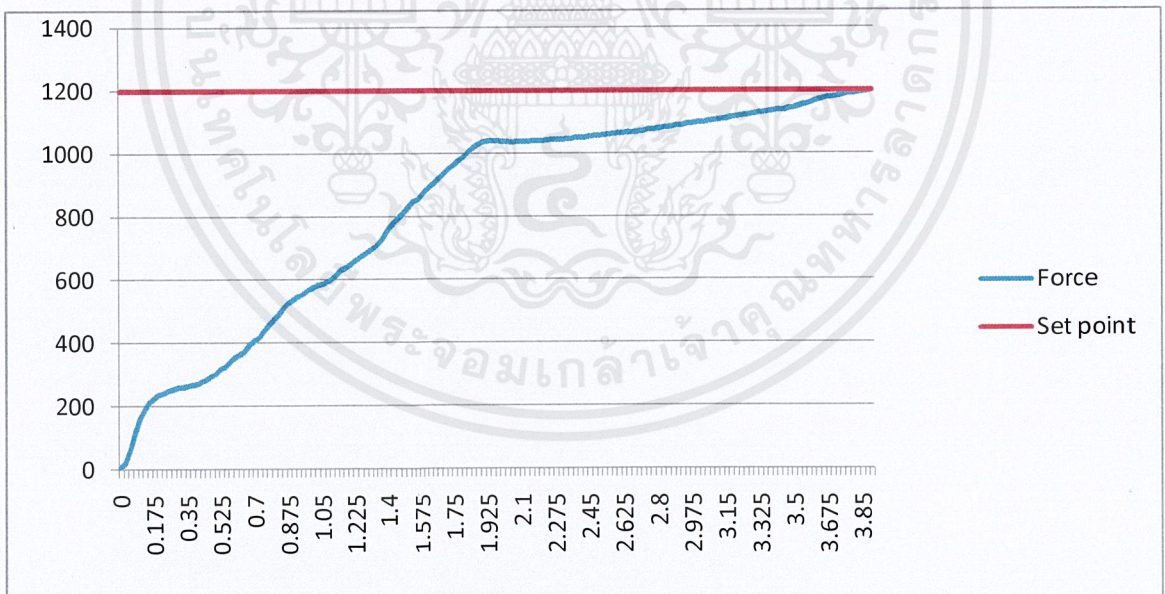
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 1200 kg ครั้งที่ 3 ด้วยเวลา 3.675 วินาที



รูปที่ 10.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

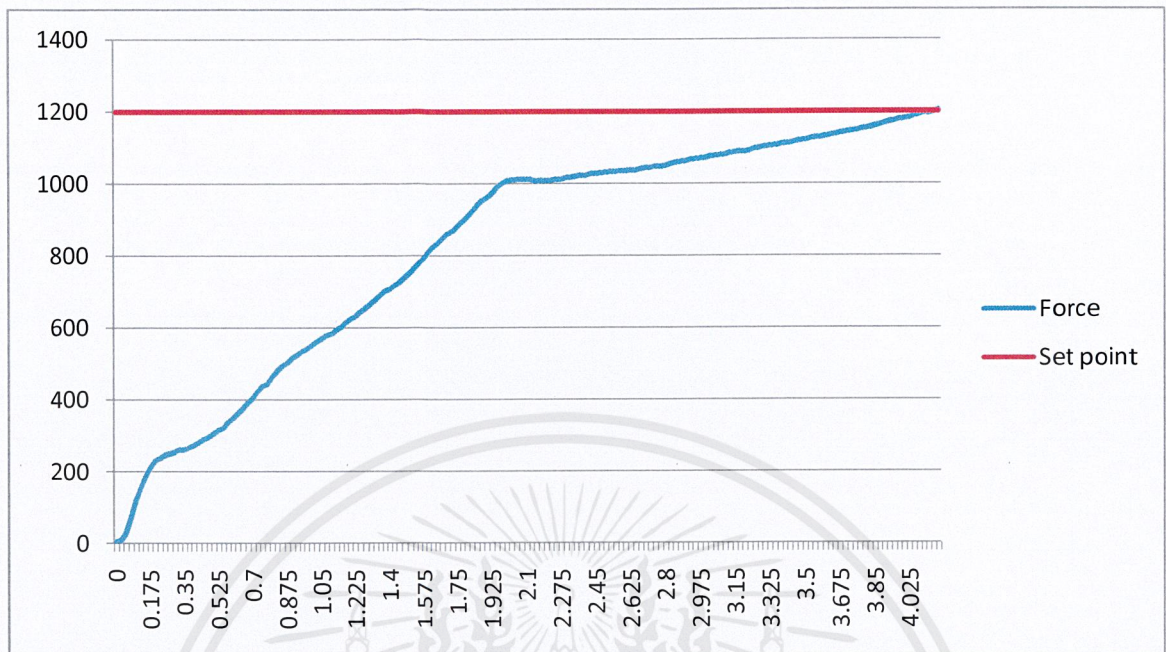
ควบคุมแรงอัด 1200 kg ครั้งที่ 4 ด้วยเวลา 3.85 วินาที



รูปที่ 10.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

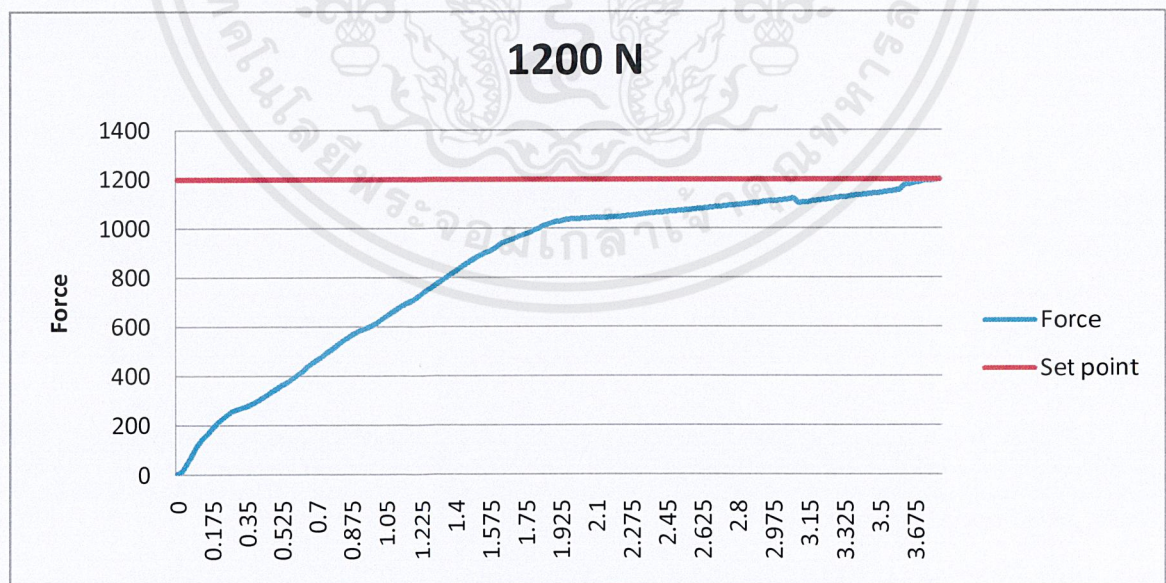
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมแรงอัด 1200 kg ครึ่งที่ 5 ด้วยเวลา 4.025 วินาที



รูปที่ 10.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

หาค่าเฉลี่ยจากกราฟทั้งหมดของแรง 1200 kg



รูปที่ 10.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง แรง และ เวลา ของการอัดเม็ดยาด้วยแรง 1200 kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11

วิจารณ์และสรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการทำงานของระบบควบคุมไฮดรอลิกส์ 2 แบบ คือ PID และ Fuzzy logic ในการควบคุมแรงอัดของเครื่องอัดเม็ดยา

11.1 วิจารณ์ผลการทดลองในระบบ พีไอดี

11.1.1 ระบบพีไอดีเป็นระบบที่มีความแม่นยำแต่ก็จำเป็นต้องหาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

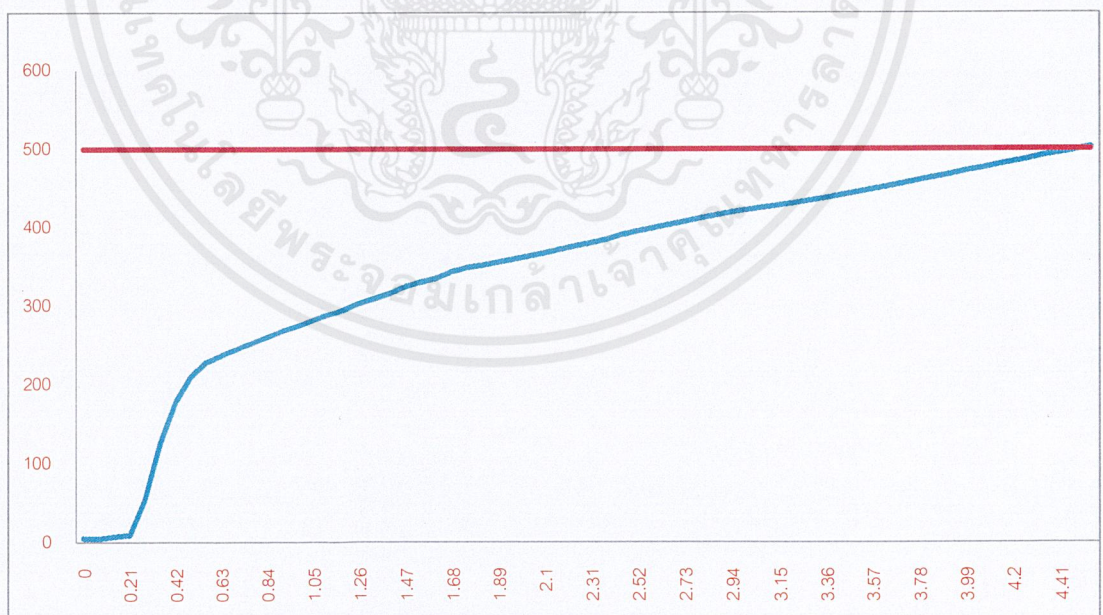
11.1.2 อุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกส์ คือ จะไปส่งผลต่อค่า บัคโมดูลัส ทำให้ค่าที่จูนได้แต่ละช่วงอุณหภูมิจะต่างกัน ตัวอย่างเช่น

เมื่อเราต้องการแรงกดที่ 500 kg ที่อุณหภูมิ 28°C

ค่าที่จูนได้ $K_p = 0.35$

$K_i = 0.22$

$K_d = 0.001$



รูปที่ 11.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกด(kg)เทียบกับเวลา(s) อัดด้วยแรง 500 kg อุณหภูมิ 35°C

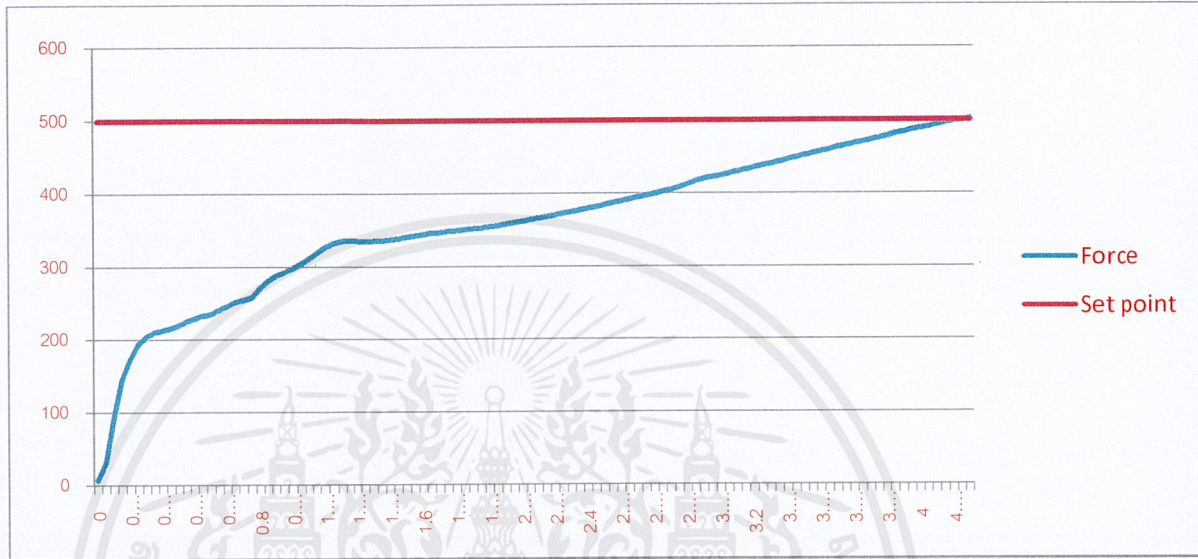
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราต้องการแรงกดที่ 500 kg ที่อุณหภูมิ 35°C

ค่าที่จูนได้ $K_p = 0.36$

$K_i = 0.22$

$K_d = 0.001$



รูปที่ 11.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกด(kg)เทียบกับเวลา(s) อัดด้วยแรง 500 kg อุณหภูมิ 45°C

11.1.3 การจูนค่าที่ ส่งผลกระทบต่อกัน เพราะว่า การจูนค่าแต่ละค่าไม่ว่าจะเป็น K_p , K_i และ K_d ก็มีข้อดีข้อเสียของตัวเอง ดังนี้

1. การจูนค่าตัวควบคุมแบบสัดส่วน หรือ K_p

ข้อดี คือ ลดผลตอบสนองชั่วครู่ทำให้มีผลตอบสนองที่ไวขึ้น

ข้อเสีย คือ ถ้าใช้งานเดี่ยวๆ จะไม่สามารถขจัด steady state error ได้ และ ถ้าจูนค่าไม่

ดีอาจเกิด โอเวอร์ชูตได้

2. การจูนค่าตัวควบคุมแบบปริพันธ์ หรือ K_i

ข้อดี คือ ขจัด steady-state error ได้ และสามารถใช้งานเดี่ยวๆ ได้ แต่ต้องเป็นค่าที่เหมาะสม ไม่เช่นนั้นจะเกิดการแกว่ง

ข้อเสีย คือ ไม่สามารถขจัด โอเวอร์ชูต ได้

3. การจูนค่าตัวควบคุมแบบอนุพันธ์ หรือ K_d

ข้อดี คือ ลดผลตอบสนองที่เป็น โอเวอร์ชูต ได้

ข้อเสีย คือ ไม่สามารถขจัด steady-state error ได้ และ ไม่สามารถใช้งานเดี่ยวๆ ได้

ต้องใช้งานร่วมกับตัวควบคุมแบบสัดส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.2 วิจารณ์ผลการทดลองในระบบ ฟิชชี

11.2.1 ระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิกที่ออกแบบในการควบคุมเครื่องอัดเม็ดยานี้ มีความยากในการออกแบบ เนื่องจากระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิกมีความซับซ้อน แต่สามารถใช้งานได้ในช่วงการทำงานที่กว้าง ที่ระหว่าง 500 กิโลกรัม-1200 กิโลกรัม โดยที่ไม่ต้องปรับแต่งระบบใหม่

11.2.2 การออกแบบระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิก ไม่จำเป็นต้องหาสมการทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอัดเม็ดยา เพื่อมาใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบ ทำให้ประหยัดเวลาในการคำนวณ

11.2.3 เมื่อค่าตัวแปรของเครื่องอัดเม็ดยามีการเปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิของน้ำมันไฮดรอลิกส์เพิ่มสูงขึ้นเป็นต้น ก็จะไม่มีผลต่อการทำงานของระบบฟิชชีลอจิก

11.3 สรุปผลงานวิจัย

11.3.1 ระบบควบคุมแบบพีไอดี เหมาะสำหรับระบบการทำงานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอินพุทบ่อยครั้ง เช่น ถ้าต้องการเม็ดยาที่อัดด้วยแรง 600 กิโลกรัม เป็นจำนวน 100 เม็ด ต้องใช้ระบบควบคุมแบบพีไอดี เพราะทำงานได้แม่นยำและรวดเร็วกว่าระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิก

11.3.2 ระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิก เหมาะสำหรับระบบการทำงานที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าอินพุทบ่อยครั้ง เช่น ถ้าต้องการเม็ดยาที่อัดด้วยแรงเริ่มต้นที่ 500 กิโลกรัมถึง 1000 กิโลกรัมโดยแรงเพิ่มขึ้นทีละ 50 กิโลกรัม ต้องใช้ระบบควบคุมแบบฟิชชีลอจิก เพราะไม่จำเป็นต้องปรับแต่งระบบควบคุมใหม่เมื่อค่าอินพุทมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนกับระบบควบคุมแบบพีไอดี

บทที่ 12

ภาคผนวก ก

12.1 ความปลอดภัยในการทดลอง

ก่อนที่จะทำการทดลองกับชุดอุปกรณ์ ความปลอดภัยของผู้ทำการทดลองจนถึงความปลอดภัยของเครื่องมือ จำเป็นต้องมีการออกแบบ ตรวจสอบ วางแผนที่แน่นอน เนื่องจาก ในการทำงาน แรงอัดของไฮดรอลิกส์มีกำลังสูงมาก ความปลอดภัยต่อผู้ใช้จะต้องสำคัญมาก นอกจากนี้เครื่องมือไฮดรอลิกส์นั้นใช้ต้นทุนในการผลิตสูง หากเกิดข้อผิดพลาดในการทดลอง อาจทำให้ประบอกสูบเกิดการรั่วหรือแตกได้

12.2 แนวทางปฏิบัติในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดจากกับอุปกรณ์

การทดลองในโครงการนี้ เนื่องจากมีชุดอุปกรณ์ไฮดรอลิกส์สองชุด วาล์วควบคุมการไหลแบบสัดส่วนหนึ่งตัว วาล์วจ่ายการไหลคงที่อีกสองตัว เช่นเซอร์รับแรง เช่นเซอร์วัดความดัน และ เซอร์วัดระยะทางเป็นต้น โดยมีปัญหาและการป้องกันดังนี้

12.2.1 ในการทำงานจำเป็นต้องปิดวาล์วที่จ่ายการไหลคงที่ ที่ทำหน้าที่จ่ายน้ำมันกลับสู่ถังก่อนไม่เช่นนั้น วาล์วควบคุมแบบสัดส่วนจะไม่สามารถทำงานได้

12.2.2 นอกจากวาล์วที่ตัดการไหลกลับสู่ถังน้ำมันแล้ว ยังต้องตัดการไหลที่จ่ายไปยังกระบอกสูบตัวล่างที่ทำหน้าที่ ดันเม็ดยาขึ้นมาหลังจากที่ถูกอัด

12.2.3 ต้องสังเกตตำแหน่งของกระบอกสูบล่าง เพื่อป้องกันการชนกันขณะการอัด ระหว่างกระบอกสูบบนและล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.2.4 เซนเซอร์รับแรงจะอ่านค่าแรงในช่วง 0 – 5 ตัน แต่ที่แรงที่เครื่องทำได้อาจจะมากกว่านั้น ถ้ามีการจ่ายแรงดันเต็มที่ออกมาทันที อาจจะทำให้เกิดความเสียหายต่อเซนเซอร์ตัวนี้ได้ จึงควรสำรวจทิศทางการทำงานของอุปกรณ์ แรงดันที่จ่ายมา ควรสร้างช่วงที่ปลอดภัยไม่ควรให้เคลื่อนที่เร็วเกินไป

12.2.5 เซนเซอร์วัดระยะทาง ต้องทำการปรับตำแหน่งจุดเริ่มต้นให้แน่นอน เพราะการทำงานของโปรแกรมอาจจะมีสัญญาณรบกวนมาในระบบ จึงอาจทำให้ค่าคลาดเคลื่อนหากหากไม่มีการตั้งตำแหน่งที่ถูกจังหวะจึงกระบอกสูบกลับ อาจเกิดการอัด ชนกันของกระบอกสูบกับแท่นเครื่องได้

12.3 แนวทางปฏิบัติในการป้องกันอันตรายกับผู้ทำการทดลอง

12.3.1 อันตรายจากหัวอัดเม็ดยา อย่างที่ทราบกันดีว่าแรงที่ใช้อัดเม็ดยานั้นค่อนข้างสูง ดังนั้นช่วงที่เครื่องทำงานไม่ควรนำมือหรืออุปกรณ์อื่นใด นอกเหนือจากแผงที่ใช้ในการทดลอง ไปขวางทางการทำงานของเครื่อง

12.3.2 อันตรายจากกระแสไฟฟ้า เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการจ่ายไฟให้มอเตอร์นั้นเป็นไฟสามเฟส มีแรงดันสูงกว่าไฟตามบ้านทั่วไป ดังนั้นหากเกิดข้อผิดพลาด ในเรื่องของระบบไฟฟ้ควร จะสับสะพานไฟก่อนให้เรียบร้อย ไม่ควรประมาท

ดังนั้น ควรศึกษาระบบการทำงานของชุดอุปกรณ์ให้ดีก่อนที่จะออกแบบ โปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝันนั่นเอง

บทที่ 13

เอกสารอ้างอิง

ข้อมูลทั้งหลายภายในรายงานชุดนี้ได้อ้างอิงบางส่วนจากหนังสือวิชาการบางเล่มดังนี้

7.1 บทความจากหนังสือ

- [1] Norman S. Nise. 2007. Control system engineering. Wiley, 4th Ed.
- [2] รศ.ดร.มนัส สัจจวรศิลป์, 2000, คู่มือการใช้งาน Matlab ฉบับสมบูรณ์, สำนักพิมพ์อินโดเพรส
- [3] Zekai Sen, 2002, Fuzzy logic and hydrological modeling
- [4] Jan Jantzen , 2000, Foundations of fuzzy control
- [5] Zdenko Kovacic, Stjepan Bogdan , 2002, Fuzzy controller design : theory and applications
- [6] John Yen, Reza Langari, Lotfi A. Zadeh, 2007, Industrial applications of fuzzy logic and intelligent system
- [7] กิจไพบุลย์ ชิวพันธุ์ศรี, 2007, การออกแบบแอปพลิเคชันในระบบกราฟิกด้วย LabVIEW

7.2 บทความจากวารสารออนไลน์

- [8] Ang, K.H., Chong, G.C.Y., and Li, Y. (2005). PID control system analysis, design, and technology, *IEEE Trans Control Systems Tech*, 13(4), pp.559-576. <http://eprints.gla.ac.uk/3817>, Aug14, 2010 5.30 pm.
- [9] Mamdani, E. H., Application of fuzzy algorithms for the control of a simple dynamic plant. In *Proc IEEE* (1974), 121-159. Aug28, 2010 6.00 pm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้