การออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมกระจายส่วน : พีซีเอส 7

FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7

ชรินทร์ทร ชัยชนะ
ณัฐธิดา ดวงจันทร์
ธัญพงศ์ ศรีไพโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมกระจายส่วน : พีซีเอส 7

FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7

ชรินทร์ทร ชัยชนะ
ณัฐธิดา ดวงจันทร์
ธัญพงศ์ ศรีไพโรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7

CHARINTORN CHAICHANA
NUTTIDA DAUNGCHAN
TANYAPONG SRIPAIROJ

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERIG
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมกระจายส่วน : พีซีเอส 7 FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชรินทร์ทร ชัยชนะ **รหัสนักศึกษา** 56010266 นางสาวณัฐธิดา ดวงจันทร์ **รหัสนักศึกษา** 56010390 นายธัญพงศ์ ศรีไพโรจน์ **รหัสนักศึกษา** 56010596
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา	2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมกระจายส่วน : พีซีเอส 7 FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายชรินทร์ทร ชัยชนะ	**รหัสนักศึกษา** 56010266
	นางสาวณัฐธิดา ดวงจันทร์	**รหัสนักศึกษา** 56010390
	นายธัญพงศ์ ศรีไพโรจน์	**รหัสนักศึกษา** 56010596
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์	
ปีการศึกษา	2559	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการควบคุมอัตราการไหล, ความดัน, และระดับของน้ำ โดยใช้การออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมแบบกระจายส่วน พีซีเอส 7 ซึ่งมีข้อดีคือ จะชดเชยการหน่วงเวลาของระบบ สามารถเปลี่ยนรูปแบบพารามิเตอร์และค่าความไม่แน่นอนในเวลาเดียวกัน สามารถปรับการควบคุมแบบพีไอให้ออนไลน์โดยใช้ฟัซซี่โลจิกมาเพื่อปรับปรุงให้การควบคุมมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นและเข้าสู่สภาวะคงที่โดยเร็ว ขั้นตอนการออกแบบระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่บนระบบควบคุมแบบกระจายส่วน พีซีเอส 7 ใช้ซอฟแวร์สำเร็จรูปที่มีชื่อว่า Process Control System SIMATIC PCS7 รุ่นที่ 7.1 ของบริษัทซีเมนส์ ที่มีการใช้งานอยู่จริงในเชิงอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เช่น โรงกลั่นน้ำมัน แท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมิคอล และโรงไฟฟ้า สำหรับตั้งค่าคอนฟิกของอุปกรณ์ต่างๆ และโครงข่ายการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการ นอกจากนี้ยังสร้างส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้งาน (Human User Interface) เพื่อใช้ในการแสดงผลของการควบคุมกระบวนการ

การประเมินผลการทดลองระบบควบคุมสำหรับควบคุมการปิด-เปิดวาล์วควบคุมเพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหล, ค่าความดัน, และค่าระดับเข้าสู่เป้าหมายตามค่าที่ต้องการและมีสมรรถนะที่ดีนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าของตัวควบคุม PI และออนไลน์ค่า PI โดยใช้ฟัซซี่ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นสมรรถนะการควบคุมที่ดีขึ้น อัตราการไหลและความดันสามารถเข้าสู่เป้าหมายตามค่าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	FUZZY SELF-ADAPTIVE PI-SMITH CONTROL SYSTEM DESIGN ON DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM: PCS7
Authors	Mr.Charintorn Chaichana Ms.Nuttida Daungchan Mr.Tanyapong Sripairoj
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Sakreya Chitwong
Year	2016

ABTRACT

This project proposes a method to control the water flow, pressure, and level by using Fuzzy Self-Adaptive PI-Smith Control System Design on Distributed Control System: PCS7 which has advantages to compensate for time-delay, fuzzy control overcome change of model parameter, uncertainty, at the same time, adjustable PI controller is tuning online by fuzzy logics to improve the control accuracy in steady state. Fuzzy Self- Adaptive PI-Smith Control System Design on Distributed Control System: PCS7 by using a software, Process Control System SIMATIC PCS7 V.7.1 from SIEMENS, that is used in industry such as oil refinery, oil and gas rig, chemical and petrochemical industry and power plant. Hardware and network configuration together with programming by CFC are performed on PCS7. For monitoring the process value, WinCC together with PCS 7 is used as Human User Interface (HMI).

Evaluation of control system experiment for controlling the valve travelling for flow rate, pressure, and level into the set point and have good performance that is based on value of the PI controller and tuning online by using fuzzy. Result is shown the excellent control performance and flow rate can reach the target.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและปรึกษาจากรศ.สักรียา ชิตวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและควบคุมการดำเนินงานโครงงาน กลุ่มผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ในห้องแลป Electronic and Circuit หลักสูตรวิชาวิศวกรรมการวัดคุม ที่มอบแนวทางและให้คำชี้แนะตลอดจนความช่วยเหลือทางด้านการทดลองทั้งในทฤษฎีและปฏิบัติ จนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ในการเอื้ออำนวยความสะดวก ในการทำโครงงาน ทำให้การปฏิบัติงานสำเร็จได้โดยราบรื่น

ขอขอบคุณหลักสูตรวิชาวิศวกรรมการวัดคุม ห้องสมุดสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นสถานที่ใช้เป็นแหล่งค้นคว้าหาข้อมูล รวมทั้งห้องปฏิบัติการวิศวกรรมการวัดคุม ที่ใช้ในการทดลองโครงงาน จวบจนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอบกราบขอบพระคุณบุพการีที่ให้กำเนิดตลอดจนอบรมเลี้ยงดู สั่งสอนให้เป็นคนดี มีความตั้งใจในการศึกษาเพื่อเป็นคนดีของสังคม และเป็นกำลังใจให้กับบุตรจนกระทั่งสำเร็จการศึกษาสมความตั้งใจ

คุณค่าและประโยชน์ อันพึงได้จากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ.....I
ABSTRACT.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VII
สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 สาระสำคัญของโครงการ.....1
1.2 หลักการและเหตุผล.....1
1.3 วัตถุประสงค์.....1
1.4 ขอบเขต.....1
1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

บทที่ 2 ทฤษฎีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 พื้นฐานการควบคุมพีไอดี.....3
2.1.1 ตัวควบคุมแบบสัดส่วน.....3
2.1.2 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์.....4
2.1.3 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์.....4
2.2 อัลกอริธึมของพีไอดี.....6
2.3 บล็อก PIDConL ของพีซีเอส 7.....7
2.3.1 คำอธิบายของ PIDConL.....7
2.3.2 การทำงานของบล็อก PIDConL.....8
2.3.3 การออกแบบ.....8
2.4 ตัวทำนายของสมิท (Smith Predictor).....8
2.5 ฟัซซี่ลอจิค (Fuzzy Logic).....9
2.5.1 ระบบควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Control).....10
2.5.2 ฟังก์ชันสมาชิก (The Membership Function).....10
2.5.3 ฟังก์ชันของระบบฟัซซี่.....10
2.5.3.1 การทำฟัซซี่ (Fuzzification).....11
2.5.3.2 การอนุมาน (Inference).....11
2.5.3.3 การทำดีฟัซซี่ (Defuzzification).....11
2.6 สรุป.....11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน **13**

3.1 โครงสร้างของกระบวนการ 13

3.1.1 การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุม 13

3.1.2 แผนผังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการและอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ 14

3.1.3 องค์ประกอบของกระบวนการ 15

3.1.3.1 วาล์วควบคุม (Control Valve) 15

3.1.3.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Transmitter) 16

3.1.3.3 อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter) 17

3.1.3.4 อุปกรณ์วัดระดับ (Level Transmitter) 18

3.1.3.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 / IF303 18

3.1.3.6 ตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอ (DP/PA Coupler) 20

3.1.3.7 ตัวควบคุม (Controller) 20

3.1.3.8 สถานีวิศวกรรม (Engineering Station: ES) 21

3.1.3.9 โปรแกรม PCS7 รุ่น 7.1 21

3.1.3.10 โปรแกรม FuzzyControl++V.6 22

3.2 การออกแบบระบบฟัซซี่ 22

3.2.1 ระบบฟัซซี่ของอัตราการไหล 22

3.2.2 ระบบฟัซซี่ของความดัน 27

3.2.3 ระบบฟัซซี่ของระดับ 31

3.3 การควบคุมอัตราการไหล 36

3.3.1 การควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอ 36

3.3.2 การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 36

3.4 การควบคุมความดัน 38

3.4.1 การควบคุมความดันแบบพีไอ 38

3.4.2 การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 39

3.5 การควบคุมระดับ 40

3.5.1 การควบคุมระดับแบบพีไอ 40

3.5.2 การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 41

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง **43**

4.1 วิธีการทดลอง 43

4.2 ผลการทดลอง 44

4.2.1 การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 44

4.2.2 การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 45

4.2.3 การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโดยใช้โปรแกรม WinCC....49
4.3.1 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมอัตราการไหล....49
4.3.2 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมความดัน....50
4.3.3 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมระดับ....51

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....52
5.1 สรุปผลการทดลอง....52
5.2 วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะ....52

บรรณานุกรม....54

ภาคผนวก....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 คุณลักษณะทั่วไปของ FI 303 19
3.2 คุณลักษณะทั่วไปของ IF 303 19
3.3 คุณลักษณะทั่วไปของ FDC157-0 20
3.4 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมอัตราไหล 26
3.5 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมความดัน 31
3.6 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมระดับ 35

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวควบคุมแบบสัดส่วน....3
2.2 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์....4
2.3 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์....5
2.4 ผลตอบสนองจากการนำเอาตัวควบคุมพีไอดีแบบต่างๆ ไปใช้กับระบบหลายๆ แบบ....5
2.5 Transfer Function ของระบบ Type 0, 1^{st}Order....6
2.6 ขั้นตอนการตอบสนองที่เกิดขึ้น....7
2.7 แผนภาพระบบควบคุมของตัวทำนายสมิท....9
2.8 ฟังก์ชันสมาชิก....10
2.9 หลักการของระบบฟัซซี่....11
2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่....11
3.1 การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุม....14
3.2 พีแอนด์ไอดีของกระบวนการทั้งหมด....14
3.3 Control Valve ยี่ห้อ SAMSON....15
3.4 Control Valve ยี่ห้อ Research....16
3.5 Control Valve ยี่ห้อ Cashco....16
3.6 Magnetic Flow Transmitter ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น AXF01 5G....17
3.7 Flow Transmitter ยี่ห้อ Rosemount รุ่น 8800....17
3.8 Pressure Transmitter ยี่ห้อ BURKERT....18
3.9 D/P Level Transmitter ยี่ห้อ ABB Kent-Taylor....18
3.10 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 / IF303....19
3.11 ตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอ (DP/PA Coupler)....20
3.12 ตัวควบคุมของซีเมนส์ รุ่น S7-400....21
3.13 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุตของอัตราการไหล....22
3.14 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Flow Error....23
3.15 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Flow....24
3.16 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp....24
3.17 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti....25
3.18 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต 2 เอาต์พุตของความดัน....27
3.19 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Pressure Error....28
3.20 ระดับความเป็นสมาชิกของความดัน....28
3.21 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp....29
3.22 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti....29
3.23 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุตของระดับ....31
3.24 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Level Error....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตของระดับ	33
3.26 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp	33
3.27 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti	34
3.28 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ใน การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	36
3.29 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอ แบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	37
3.30 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ใน การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	38
3.31 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอ แบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	39
3.32 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ใน การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	41
3.33 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอ แบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่	42
4.1 ผลการทดลองอัตราการไหล: ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอ ร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต	44
4.2 ผลการทดลองความดัน: ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอ ร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต	45
4.3 ผลการทดลองระดับขาขึ้น: ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอ ร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต	47
4.4 ผลการทดลองระดับขาลง: ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอ ร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต	48
4.5 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมอัตราการไหล	49
4.6 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมความดัน	50
4.7 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมระดับ	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ สำหรับควบคุมกระบวนการ โดยการประยุกต์ใช้งานวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ ด้วยการพัฒนาโปรแกรมควบคุม และโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานบนระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทซีเมนส์ รุ่นพีซีเอส 7 เพื่อทำการทดสอบสมรรถนะของระบบ

1.2 หลักการและเหตุผลของปริญญานิพนธ์

เนื่องจากการควบคุมกระบวนการในทางอุตสาหกรรม ซึ่งมีจำนวนอินพุต-เอาท์พุตเป็นจำนวนมาก อย่างเช่น โรงกลั่นน้ำมัน แท่นขุดเจาะน้ำมันและก๊าซ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเคมิคอล และโรงไฟฟ้า เป็นต้น ส่วนใหญ่นิยมใช้ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนสำหรับควบคุมกระบวนการ เพื่อให้นักศึกษาที่จบการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม มีองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมแบบกระจายส่วน ด้วยเหตุผลนี้ จึงจัดทำโครงงานศึกษาระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทซีเมนส์ รุ่นพีซีเอส 7 เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจโครงสร้างสถาปัตยกรรมของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน การใช้งานโปรแกรมเซ็ตค่าคอนฟิกของโครงข่าย, อุปกรณ์ และตัวควบคุม เช่น การตั้งค่าคอนฟิกเกี่ยวกับอุปกรณ์อินพุต-เอาต์พุต เป็นต้น การเขียนโปรแกรมลูปควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ เพื่อทำการควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ตลอดจนการใช้เขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้

1.3 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่
2. เรียนรู้ใช้งานระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทซีเมนส์ รุ่นพีซีเอส7
3. เขียนโปรแกรม CFC และใช้งานโปรแกรม FuzzyControl++ V6 สำหรับพัฒนาระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ โดยใช้งานระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทซีเมนส์ รุ่นพีซีเอส 7
4. เขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม WinCC

1.4 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการวัดและควบคุม ออกแบบกลไกของฟัซซี่ด้วยโปรแกรม FuzzyControl++ V6 เขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ ด้วยโปรแกรม CFC เขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม WinCC และทดสอบระบบควบคุมกระบวนการทั้งหมด เพื่อเก็บผลลัพธ์สมรรถนะของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการใช้งานระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทซีเมนส์ รุ่นพีซีเอส 7
2. ศึกษาทำความเข้าใจในเนื้อหาวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่
3. จัดทำเอกสารเกี่ยวกับการวัดและควบคุม
4. ประยุกต์ใช้งานกลไกของฟัซซี่ด้วยโปรแกรม FuzzyControl++ V6
5. เขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการด้วยโปรแกรม CFC
6. เขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม WinCC
7. ทดสอบระบบควบคุมกระบวนการ เพื่อเก็บผลการทดลอง
8. จัดทำรายงาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจวิธีการควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่
2. สามารถพัฒนาระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ ด้วยโปรแกรม CFC และ FuzzyControl++ V6
3. สามารถใช้งานอุปกรณ์วัดที่มีการสื่อสารแบบโปรฟิบัสพีเอ
4. สามารถเขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม WinCC
5. สามารถทำเอกสารเกี่ยวกับการวัดและควบคุม
6. สามารถนำความรู้เพื่อการประกอบอาชีพต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องการควบคุม แบบสมิท-พีไอปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

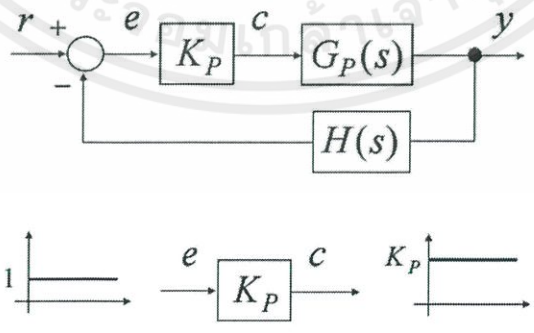
ในบทนี้จะกล่าวถึงหลักการที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมแบบสมิท-พีไอปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ โดยเริ่มจากความรู้พื้นฐานในเรื่องการควบคุมแบบพีไอดี, ตัวทำนายของสมิท และฟัซซี่ลอจิค ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้จัดทำควรทราบ เพื่อเป็นตัวช่วยให้ผู้จัดทำได้ออกแบบการควบคุมให้ตรงตามวัตถุประสงค์

2.1 พื้นฐานการควบคุมแบบพีไอดี

ตัวควบคุมแบบพีไอดี เป็นตัวควบคุมที่พบบ่อยมากที่สุดในงานอุตสาหกรรมทั่วไป [1] เพราะเป็นตัวควบคุมที่ใช้งานง่าย การปรับค่าเกนอาศัยหลักการที่ไม่ได้ซับซ้อนมากนักก็ให้ผลตอบสนองเป็นที่ยอมรับได้ สามารถปรับแต่งการควบคุมได้ง่ายเมื่อต้องการ ระบบควบคุมแบบพีไอดีมีตัวควบคุมย่อย 3 ตัว คือ 1) ตัวควบคุมแบบสัดส่วนหรือตัวควบคุมพี 2) ตัวควบคุมแบบปริพันธ์หรือตัวควบคุมไอ และ 3) ตัวควบคุมแบบ อนุพันธ์หรือตัวควบคุมดี ในการควบคุมระบบทั่วไปมักใช้งานตัวควบคุมร่วมกัน เช่น การควบคุมแบบพีไอ การควบคุมแบบพีดี และการควบคุมแบบพีไอดี รายละเอียดการทำงานของตัวควบคุมแต่ละแบบมีดังนี้

2.1.1 ตัวควบคุมแบบสัดส่วน

หรือตัวควบคุมแบบพี ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณค่าความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการขยายสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวด้วยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการ ประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวควบคุมแบบสัดส่วน

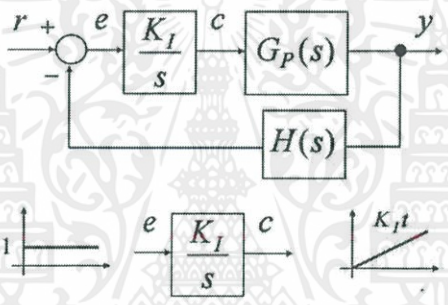
จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ การปรับค่าเกนให้สูงขึ้นจะมีผลทำให้ระบบมีผลตอบสนองที่เร็วขึ้น ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด 0 (ลักษณะของระบบที่เมื่อจ่ายสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันได) ถ้าผลตอบสนองที่ได้มีค่าความผิดพลาดคงที่ๆค่าๆหนึ่ง ตัวควบคุมแบบนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ แต่ก็สามารถทำให้ค่าความผิดพลาดดังกล่าวมีค่าน้อยลงได้ด้วยการปรับค่าเกนให้สูง ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วการปรับค่าเกนให้สูงมากขนาดไหนเอาท์พุตที่ออกจริงๆ จากตัวควบคุมมักมีค่าจำกัด และการปรับเกนให้มีค่าสูงสำหรับระบบที่มีอันดับสูง อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ เช่น การปรับเกนให้สูงขึ้นสำหรับระบบอันดับสอง ผลที่ตามมาก็คือค่าพุ่งเกินก็จะสูงขึ้นตามด้วย ซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อระบบได้

2.1.2 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์

หรือตัวควบคุมแบบไอ ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการอินทิเกตสัญญาณความผิดพลาดดังกล่าวแล้วคูณด้วยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.2



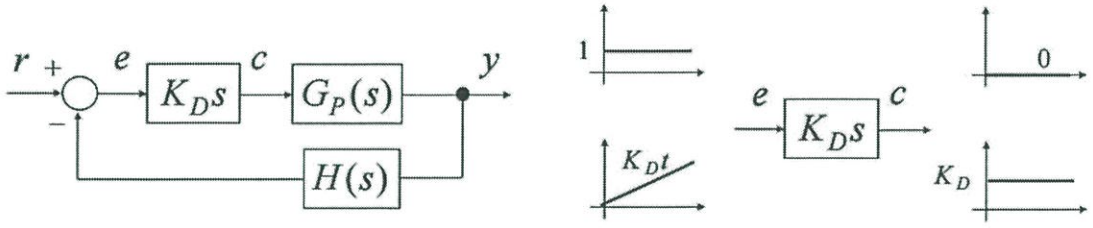
รูปที่ 2.2 ตัวควบคุมแบบปริพันธ์

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ ถ้านำไปใช้กับระบบชนิด 0 (ลักษณะของระบบที่เมื่อ จ่ายสัญญาณอินพุตแบบขั้นบันได ถ้าผลตอบสนองที่ได้มีค่าความผิดพลาดคงที่ๆค่าๆหนึ่ง) ตัวควบคุมแบบนี้จะสามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้ ข้อด้อยที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุม แบบนี้ไม่สามารถลดผลของการพุ่งเกินของผลตอบสนองได้ และการปรับเกนให้มีค่าสูงอาจจะทำให้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ เช่น การปรับเกนให้สูงขึ้นอาจจะมีผลทำให้ผลตอบสนองของระบบเกิด การแกว่งตัวได้

2.1.3 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์

หรือตัวควบคุมแบบดี ตัวควบคุมแบบนี้จะนำเอาสัญญาณความผิดพลาดระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับสัญญาณเอาท์พุตมาเป็นอินพุตของตัวควบคุม แล้วตัวควบคุมจะทำการสร้างสัญญาณเอาท์พุตด้วยการอนุพันธ์ สัญญาณความผิดพลาดดังกล่าว แล้วคูณด้วยค่าเกนของตัวควบคุม บล็อกไดอะแกรมและลักษณะของการประมวลผลสัญญาณเป็นดังรูปที่ 2.3

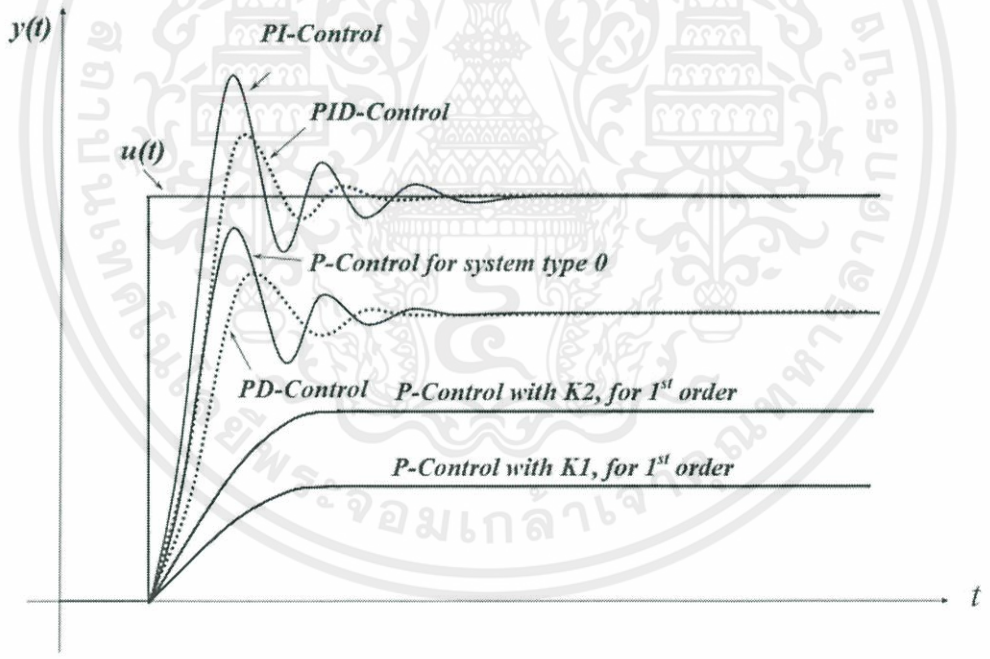
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตัวควบคุมแบบอนุพันธ์

จุดเด่นของตัวควบคุมแบบนี้เมื่อนำไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้ใช้สำหรับลดผลของการพุ่งเกนของผลตอบสนองได้ ลดผลตอบสนองที่มีการเปลี่ยนแปลงไปมาได้ แต่ต้องปรับค่าเกนให้เหมาะสมด้วย ไม่เช่นนั้น อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ ปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการนำเอาตัวควบคุมนี้ไปใช้งานก็คือ ตัวควบคุมแบบนี้จะไม่สามารถขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวได้และการใช้ตัวควบคุมนี้อาจจะทำให้ได้ผลตอบสนองที่ช้าลงได้

ตัวอย่างผลตอบสนองต่ออินพุตแบบขั้นบันไดของระบบต่างๆ ด้วยการใช้งานระบบควบคุมพีไอดีในลักษณะต่างๆ กัน เป็นดังรูปที่ 2.4



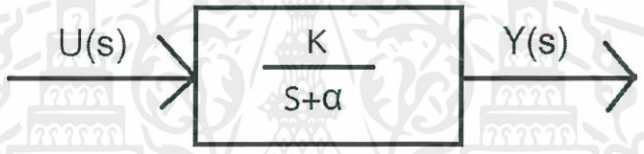
รูปที่ 2.4 ผลตอบสนองจากการนำเอาตัวควบคุมพีไอดีแบบต่างๆ ไปใช้กับระบบหลายๆ แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าถ้าหากนำตัวควบคุมแบบพีไปใช้กับระบบที่เป็นอันดับหนึ่ง ผลตอบสนองที่ได้ จะมีค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว ซึ่งสามารถลดผลกระทบได้ด้วยการเพิ่มค่าเกนของตัวควบคุมให้สูงขึ้น สำหรับการนำไปใช้กับระบบที่มีอันดับสูงกว่านั้นและเป็นชนิด 0 ค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวก็จะยังคงมีค่าอยู่ และการลดผลกระทบด้วยการปรับค่าเกนของตัวควบคุมพีให้สูงขึ้น อาจจะส่งผลให้การพุ่งเกินมีค่าสูงขึ้นได้ถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพีกับไอ หรือตัวควบคุมแบบพีดีกับระบบนี้แล้วตัวควบคุมแบบไอก็จะช่วยขจัดค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัว แต่ผลตอบสนองที่ได้จะยังมีค่าพุ่งเกินเหมือนเดิม ถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพีกับดี หรือตัวควบคุมแบบพีดีกับระบบนี้แล้ว การพุ่งเกินของผลตอบสนองก็จะลดลง แต่ค่าความผิดพลาดในสภาวะคงตัวก็จะยังคงอยู่ ดังนั้นถ้าหากใช้ตัวควบคุมร่วมกันระหว่างพีไอและดีด้วยการปรับค่าเกนให้เหมาะสมกับระบบนั้นๆ ก็จะได้ผลตอบสนองแบบหน่วงต่ำกว่าวิกฤตที่มีค่าพุ่งเกินเหมาะสมกับระบบนั้นๆ

Transfer Function ของระบบ Type 0, 1^{st}Order คือ

$$H(s) = \frac{Y(s)}{U(s)} \tag{2.1}$$



รูปที่ 2.5 Transfer Function ของระบบ Type 0, 1^{st}Order

2.2 อัลกอริธึมของพีไอดี

ค่าสัญญาณควบคุมที่ตัวควบคุมจะถูกสร้างขึ้นในโหมดอัตโนมัติ ดังอัลกอริธึมนี้ [2]

$$MV = Gain \cdot (1 + 1/TI \cdot s) + TD/(1 + TD/DiffGain \cdot s) \cdot ER \tag{2.2}$$

โดยที่ s คือ จำนวนเชิงซ้อน

Gain คือ ค่าเกน

TI คือ ค่าของตัวควบคุมปริพันธ์

TD คือ ค่าของตัวควบคุมอนุพันธ์

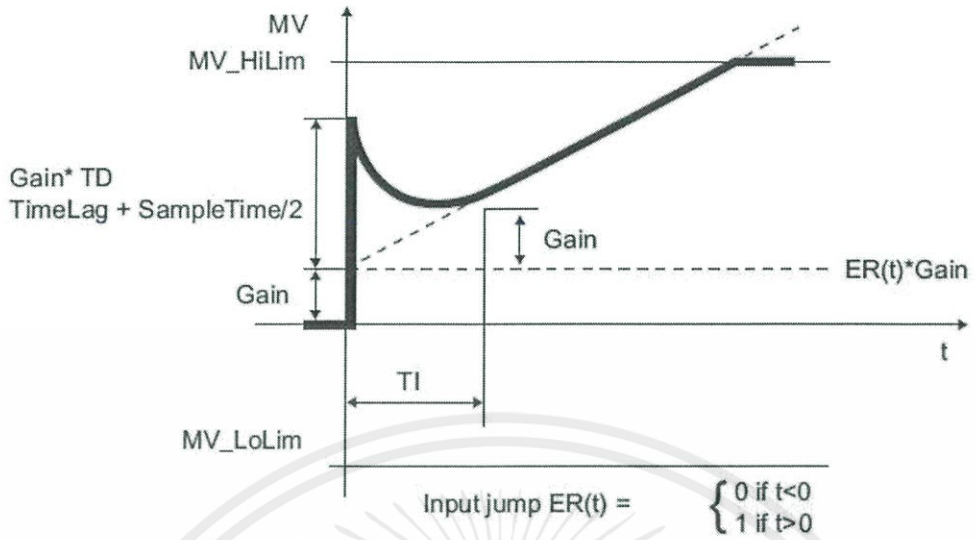
DiffGain คือ ค่าแตกต่างของค่าเกน

ER คือ ค่าความผิดพลาด

การตอบสนองเริ่มจากเมื่อเราต้องการควบคุมกระบวนการกำหนดค่า Setpoint ที่ค่าๆ หนึ่ง ใส่ค่า Gain เข้าไป ในช่วงแรกค่า PV จะเกิดการกระชากแล้วจะค่อยๆ เข้าหา Setpoint โดยที่การทำจูนค่า Gain, TI, และ TD จะทำให้ให้ค่า PV เข้าหา Setpoint มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการตอบสนองที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการตอบสนองที่เกิดขึ้น

หมายเหตุ สูตรนี้อธิบายถึงแอพพลิเคชันมาตรฐานที่เปิดใช้งานการทำงานโดย P, I และ D และการดำเนินการ P และ D ไม่อยู่ในการควบคุมแบบย้อนกลับ (PropSel = 1, TI ≠ 0, D_InSel =0 และ P_FbkSel = 0 เป็นพารามิเตอร์ที่อยู่ในบล็อก PIDConL ถ้า = 0 คือ ปิดการใช้งาน ถ้า ≠ 0 =1 คือ เปิดการใช้งาน)

ความหน่วงเวลาของ D จะมาจาก TD / DiffGain

- การควบคุม P สามารถปิดลงได้โดย PropSel = 0
- การควบคุม I สามารถปิดโดย TI = 0
- การควบคุม D สามารถปิดโดย TD = 0

2.3 บล็อก PIDConL ของพีซีเอส 7

2.3.1 คำอธิบายของ PIDConL

ชื่อของบล็อก (ชนิด + ตัวเลขกำกับ) และฟังก์ชันการทำงาน

ชนิดและตัวเลขกำกับของบล็อก PIDConL : FB 1874

ฟังก์ชันการทำงาน : การควบคุม

บล็อกการควบคุมนี้สามารถใช้งานได้ ดังนี้

- Fixed Set Point Control
- Cascade Control
- Ratio Control
- Split-range Control
- Smith Predictor Closed-loop Control
- Override Control (Override)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การทำงานของบล็อก PIDConL ของโปรแกรมพีซีเอส7

บล็อกนี้เป็นตัวควบคุมพีไอดี ที่มีสัญญาณขาออกอย่างต่อเนื่อง (ตัวแปรสัญญาณควบคุม) จะถูกใช้เพื่อเปิดใช้งานอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้าย เช่น คอนโทรลวาล์วที่มีอินพุตการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง

ฟังก์ชันบล็อกทำงานตามอัลกอริทึม PID ที่มีการทำงานหน่วงเวลา D และตัวร่วมทำงานมีความแม่นยำสองเท่า

บล็อกนี้เหมาะสำหรับการควบคุมลูปควบคุมที่ใช้เวลานาน ตัวอย่างเช่น การควบคุมอุณหภูมิและระดับ และลูปการควบคุมแบบความเร็วสูง ตัวอย่างเช่น การควบคุมอัตราการไหลและความเร็ว CPU ต้องมีการเชื่อมต่อระหว่างคอนโทรลเลอร์และความถี่ที่ตัวควบคุมในแต่ละตัวที่ต้องการประมวลผล

2.3.3 การออกแบบ

ใช้งานโดยหน้าต่าง Continuous Function Chart (CFC) โดยใช้ฟังก์ชั่นมาตรฐานของระบบควบคุมแบบกระจายส่วน PCS7 เพื่อติดตั้งบล็อกในการออกแบบระบบควบคุม

ต้องกำหนดคุณลักษณะในประเภทกระบวนการสำหรับลูปควบคุมที่บล็อกฟังก์ชันคอนโทรลเลอร์สำหรับระบุต่อไปนี้:

- ตัวแปรอินพุต:
  - CPI_In
- ตัวแปรเอาท์พุต:
  - MV คือ Manipulated Variable
  - MV_HiAct คือ Manipulated Variable High Active
  - MV_LoAct คือ Manipulated Variable Low Active
  - AutAct คือ Automatic Active
  - SP คือ Setpoint
  - PV_Out คือ Process Variable Out
  - PV_ToleHi คือ Process Variable High
  - PV_ToleLo คือ Process Variable Low

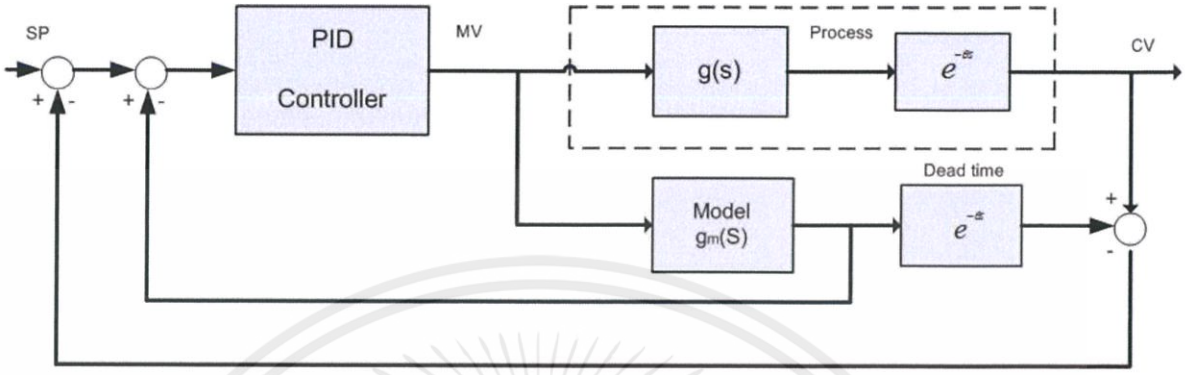
2.4 ตัวทำนายของสมิท (Smith Predictor)

ค่าหน่วงเวลาเกิดขึ้นในระบบเคมี ชีววิทยา เครื่องจักรกล และอิเล็กทรอนิกส์ โดยจะเชื่อมโยงกับเวลา ของกระบวนการที่ดำเนินไป เช่น ของไหลในกระบวนการทางเคมี โฮโมนในเลือด คลื่นที่เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน ในโลกหรือการแผ่คลื่นแม่เหล็กในอากาศหรืออาจจะเชื่อมโยงกับเวลาที่คำนวณ เช่น ความต้องการเพื่อทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี กระบวนการภายนอกของภาพที่มองเห็น วิเคราะห์ภาพในโทรทัศน์โดยใช้ หุ่นยนต์ หรือการประเมินค่าเอาท์พุตของชุดคำสั่งควบคุมแบบดิจิตอล

ถ้าค่าหน่วงเวลา (Time Delay) เกิดขึ้นในระบบ ค่าอัตราขยาย (Gain) ต้องถูกปรับให้ลดลง [3] เพื่อจะรักษาความมีประสิทธิภาพของระบบไว้ ค่าหน่วงเวลา (Time Delay) สามารถสังเกตได้จากรูปที่ 2.7 ค่า MV ที่มีค่าไม่สอดคล้องกับค่า CV ทั้งหมดนี้เรียกว่าค่าหน่วงเวลา (Time Delay) ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมพีไอแบบปกติจะมีการปรับตัวที่ช้าทำให้เกิดค่าหน่วงเวลา (Time Delay) และการควบคุมมีประสิทธิภาพลดลง ประสิทธิภาพของการควบคุมสามารถเพิ่มขึ้นได้จากการใช้แบบจำลองที่เรียกว่าตัวทำนายของสมิท (Smith Predictor)



รูปที่ 2.7 แผนภาพระบบควบคุมของตัวทำนายสมิท

จากรูปที่ 2.7 แสดงฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบควบคุม (Process) โดยที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ไม่มีค่าหน่วงเวลา (Dead Time Free Part) คือ $g(s)$ และส่วนที่เป็นค่าหน่วงเวลา (Pure Dead Time Part) คือ $e^{-\theta s}$ ซึ่งความจริงแล้วค่าที่วัดได้จากกระบวนการจะมีค่าหน่วงเวลารวมอยู่ทุกครั้งที่ถูกวัด แต่ในทางปฏิบัติค่าหน่วงเวลานี้จะถูกละทิ้งไปและไม่ถูกนำมาคำนวณด้วยตัวทำนายสมิท ซึ่งสามารถออกแบบได้ตามรูปที่ 2.7 โดยแบบจำลองกระบวนการ คือ $g_m(s)$ ที่ไม่มีค่าหน่วงเวลา ส่วน $e^{-\theta s}$ ค่าหน่วงเวลาของแบบจำลองกระบวนการจะถูกนำมาลบกับ Output ของกระบวนการทำให้กระบวนการควบคุมเกิดการชดเชยค่าหน่วงเวลา ค่าแบบจำลองกระบวนการ $g_m(s)$ จะกลับไปเข้าตัวควบคุม $D(s)$ โดยที่ไม่มีค่าหน่วงเวลา เพื่อเปรียบเทียบค่ากับ Setpoint ของระบบทำให้ระบบมีการปรับตัวเข้าสู่ค่าที่เราต้องการได้ดีขึ้นโดยถูกทำให้มีการชดเชยค่าหน่วงเวลาไปแล้ว โดยที่ฟังก์ชันถ่ายโอนดังสมการด้านล่าง

$$\frac{C(s)}{SP(s)} = \frac{D(s)g(s)}{1+D(s)gm(s)}e^{-\theta s} \tag{2.3}$$

2.5 ฟัซซี่ลอจิค (Fuzzy Logic)

ฟัซซี่ลอจิคนั้นใช้ในการอธิบายความคลุมเครือหรือความไม่ชัดเจน ซึ่งทฤษฎีฟัซซี่เซตนั้นจะใช้ทฤษฎีของเซตในการแทนระดับความคลุมเครือ ดังนั้นปริมาณทุกๆอย่างในระบบทางวิศวกรรม และระบบอื่นๆ สามารถถูกอธิบายด้วยระดับของความคลุมเครือได้ เช่น อากาศร้อนมากๆ , รถคันนี้วิ่งไม่ค่อยเร็ว ซึ่งการใช้ระดับความคลุมเครือดังกล่าวนั้นทำให้เราไม่สามารถระบุความเป็นสมาชิกของกลุ่มนั้นๆได้อย่างเด็ดขาดโดยระบบตรรกะแบบดั้งเดิมสามารถที่จะระบุความเป็นสมาชิก (Membership) โดยใช้ตัวเลขที่ชัดเจน ซึ่งจะต้องทำการแบ่งระบบออกเป็นสองกลุ่ม คือ ใช่ (ร้อน ,เร็ว) กับ ไม่ใช่ (เย็น, ช้า) กล่าวคือ ข้อมูลสามารถเป็นสมาชิกของกลุ่มได้เพียงแค่ใช่หรือไม่ใช่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ระบบควบคุมแบบฟัซซี่ (Fuzzy Control)

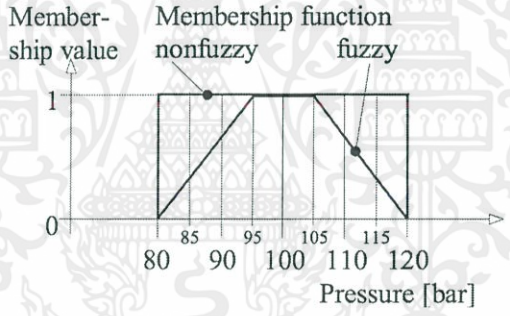
วิธีการทดลองและทดสอบที่เกิดจากประสบการณ์ในการใช้ตรรกะฟัซซีสำหรับการประมวลผลข้อมูลในการควบคุมระบบเปิดและปิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากหลักการพื้นฐานของตรรกะแบบฟัซซี ที่สำคัญที่สุดจะอธิบายในลำดับต่อไปนี้

2.5.2 ฟังก์ชันสมาชิก (The Membership Function)

ยกตัวอย่างเบื้องต้น : การตรวจสอบความดันในโรงงานผลิต

ผู้ประกอบการโรงงานนั้นได้กำหนดความดัน 100 บาร์ เป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตาม ช่วงการดำเนินการสามารถเป็นไปในช่วงที่ยอมรับได้คือ 80 - 120 บาร์ ("Pressure OK") จากรูปที่ 2.7 นั้นแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างชุดของความดันที่มีค่า "Pressure OK" ซึ่งถูกกำหนดไว้ให้เป็นทั้ง ไม่ใช่ฟัซซีเซต และฟัซซี่เซต ซึ่งเป็นตัวแทนของค่าสมาชิก (อันดับของค่าสมาชิก) ผ่านทางองค์ประกอบของเซต (ค่าความดัน) ซึ่งเป็นสมาชิกของฟังก์ชัน

โดยทั่วไปสมาชิกถูกกำหนดโดยฟังก์ชันได้หลากหลาย (เช่น การกระจายปกติ, Sigmoid Function, ฟังก์ชันรูปทรงสี่เหลี่ยมคางหมู) เพื่อประโยชน์ในการปฏิบัติ ฟังก์ชันสามเหลี่ยมคางหมูจะเป็นฟังก์ชันมาตรฐาน สามารถอธิบายได้ด้วย 3 หรือ 4 จุด จึงมีค่าไม่เกินฟังก์ชันมาตรฐาน ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ฟังก์ชันสมาชิก

2.5.3 ฟังก์ชันของระบบฟัซซี่

ระบบฟัซซี่จะประมวลผลข้อมูลความคลุมเครือในรูปแบบของกฎ เช่น

ถ้าค่าอินพุต "Pressure OK" แล้ว ค่าเอาต์พุตเป็น "Do Nothing" หรือ

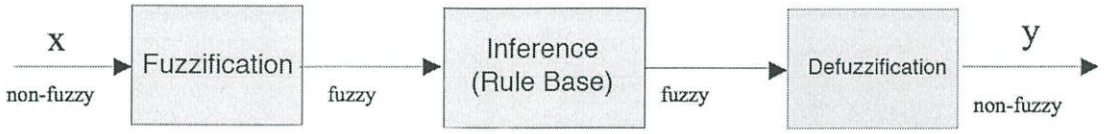
ถ้าค่าอินพุต "Medium" แล้วทำให้ค่าเอาต์พุตเป็น "Small"

โดยค่าอินพุตและค่าเอาต์พุตเป็นค่า ลิงกวิสติก (ระดับค่าความเป็นสมาชิกในเซตของฟัซซี่) ในเทอมของ "Medium" และ "Small" ไม่ได้เป็นค่าตัวเลข แต่เป็นค่าลิงกวิสติก ซึ่งสามารถเรียกรวมว่าฟัซซี่เซต (Fuzzy Set) ได้

อย่างไรก็ตามระบบฟัซซี่นั้นจำเป็นต้องทำงานร่วมกับค่าที่เป็นตัวเลข (Signals) ซึ่งก็คือค่า Non-Fuzzy และค่าอินพุต เอาต์พุต ดังนั้นการแปลงค่าอินพุตและเอาต์พุตให้เหมาะสมกับระบบฟัซซี เรียกการแปลงนี้ว่า Fuzzification หรือ Defuzzification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภาพต่อไปนี้แสดงหลักการนี้ :



รูปที่ 2.9 หลักการของระบบฟัซซี่

2.5.3.1 **การทำฟัซซี่ (Fuzzification)**

คือ ขั้นตอนที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่รับเข้ามาให้เป็นอินพุตของระบบควบคุมแบบฟัซซี่ ซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของค่าความเป็นสมาชิก (Membership Function)

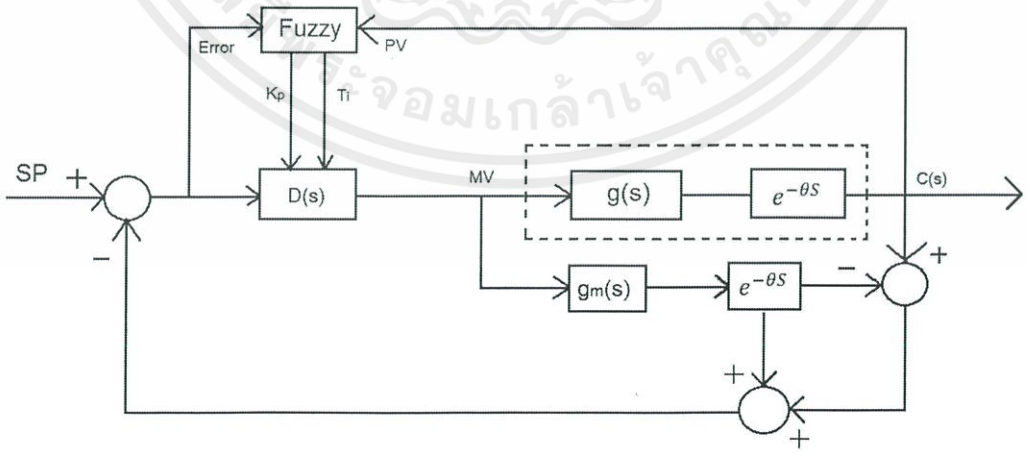
2.5.3.2 **การอนุมาน (Inference)**

เป็นส่วนของการประมวลผลจะมีการตีความและวิเคราะห์อินพุตตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ หรือเข้าสู่กฎพื้นฐานของฟัซซี่ (Fuzzy Rule Base) โดยกฎการควบคุมจะอยู่ในลักษณะ IF Input = ... Then Output = ... ซึ่งประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนที่เกิดขึ้นก่อน (IF Part) และผลที่ตามมา (Then Part) โดยอินพุตและเอาต์พุตนั้นอาจมีหลายตัวก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยผลที่ตามมาของแต่ละกฎจะถูกรวมกันด้วยวิธีการทางตรรกศาสตร์เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุตเพียงค่าเดียว

2.5.3.3 **การทำดีฟัซซี่ (Defuzzification)**

เนื่องจากผลลัพธ์ในขั้นตอนการอนุมานนั้นอยู่ในรูปแบบของฟัซซี ซึ่งในการทำดีฟัซซีนั้นจะทำการแปลงค่าจากเอาต์พุตแบบฟัซซี่ให้เป็นเอาต์พุตที่เป็นค่าเดียว (Non-Fuzzy) และสามารถนำไปควบคุมระบบได้

2.6 สรุป



รูปที่ 2.10 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ D(s) คือ Controller โดยที่จะรับค่ามาจากส่วนของระบบควบคุมสมิท และรับค่าพีไอที่ได้จากการคำนวณของฟัซซี่ $g(s)$ คือ กระบวนการ $gm(s)$ คือ แบบจำลองกระบวนการ $e^{-\theta s}$ คือ ค่าหน่วงเวลา การทำงานของกระบวนการแบ่งรายละเอียดเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของการควบคุมสมิท-พีไอ ทำการควบคุมผ่านฟังก์ชันการควบคุมพีไอดี โดยการควบคุมในรูปแบบของการควบคุมสมิท-พีไอ เนื่องจากค่าหน่วงเวลาที่เกิดขึ้นในระบบ ทำให้ค่าอัตราขยายต้องถูกปรับให้ลดลงเพื่อจะรักษาความมีเสถียรภาพของระบบไว้ โดยตัวทำนายของสมิทสามารถช่วยแก้ข้อจำกัดนี้ ระบบควบคุมแบบปรับเปลี่ยนสามารถเพิ่มเข้าไปในตัวทำนายของสมิทได้ เพื่อเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของโมเดล 2) ฟัซซี่ลอจิก เพื่อที่จะให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์ของระบบที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งอาจทำให้ค่าพีไอของระบบเดิมไม่เหมาะสมกับระบบใหม่ที่ค่าพารามิเตอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือคำนึงถึงระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้น การแก้ไขปัญหาส่วนนี้โดยการใช้ฟัซซี่ลอจิกเพื่อมาประมวลผลและปรับค่าพีไอตามความเหมาะสมของระบบที่ไม่เป็นเชิงเส้นตลอดกระบวนการ ทางทฤษฎีแล้วการเชื่อต่อส่วนของตัวทำนายของสมิทนั้นจะเป็นไปตามรูปที่ 2.7 แต่เมื่อเรานำมาเชื่อมต่อผ่านโปรแกรมควบคุมแล้วการเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อกจะต้องทำตามรูปที่ 2.10 ซึ่งค่าของฟังก์ชันถ่ายโอนมีค่าเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

วิธีการดำเนินงานของโครงงานนี้ประกอบด้วยการศึกษาการเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบ โครงสร้างของกระบวนการโดยการเขียนแผนผังแสดงรายละเอียดและองค์ประกอบของกระบวนการในแต่ละส่วนพร้อมทั้งทำความเข้าใจถึงวิธีการตั้งค่าและใช้งานอุปกรณ์ในการวัดและวาล์วควบคุม ตัวควบคุม การเชื่อมอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับตัวควบคุม การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับตัวควบคุม การใช้โปรแกรมเพื่อควบคุมกระบวนการและการเขียนการเชื่อมต่อผู้ใช้งานเพื่อใช้เป็นองค์ความรู้สำหรับการพัฒนาและทดลองให้ได้ผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของโครงงาน

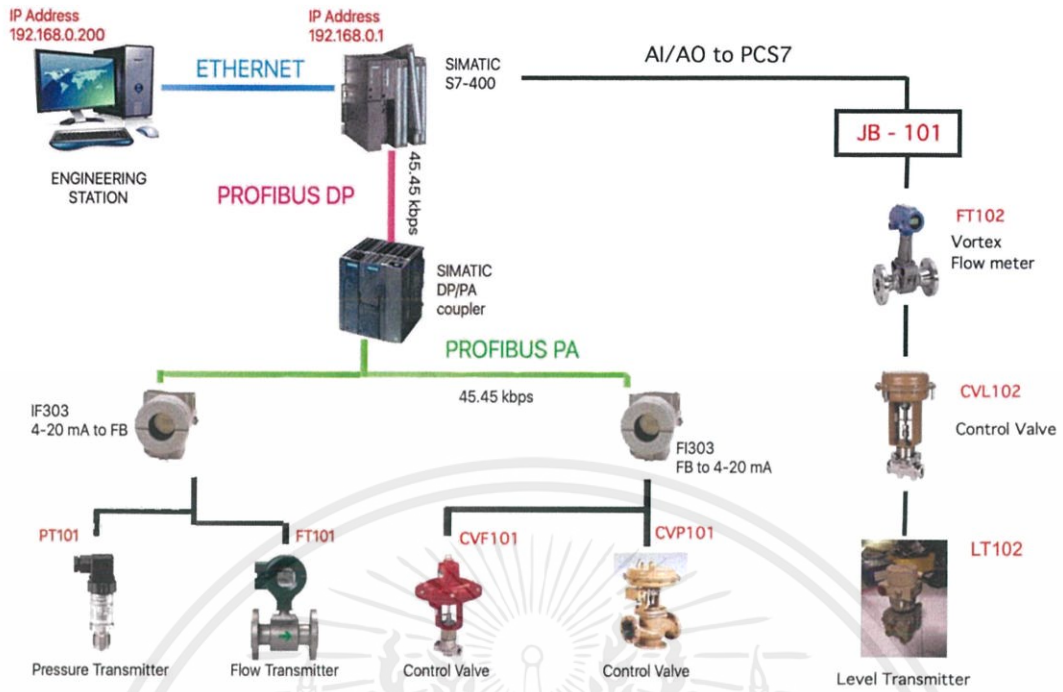
3.1 โครงสร้างของกระบวนการ

3.1.1 การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุม (Network Communication System)

การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุมกระบวนการ ซึ่งประกอบไปด้วยการควบคุมอัตราการไหล, การควบคุมความดัน และการควบคุมระดับ จะสามารถแบ่งชั้นการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูงและความเร็วต่ำ คือชั้นที่สื่อสารด้วยความเร็วสูง จะเป็นอุปกรณ์จำพวกตัวควบคุมกับสถานีปฏิบัติการหรือสถานีวิศวกรรม ซึ่งจะอยู่ในมาตรฐานของโปรฟิบัสดีพี แต่ส่วนที่เชื่อมต่อระหว่างตัวควบคุมกับสถานีปฏิบัติการหรือสถานีวิศวกรรม จะสามารถใช้มาตรฐาน เชื่อมต่อได้หลากหลายทั้งโปรฟิบัสดีพี เอ็มพีไอ หรืออีเทอร์เน็ต และชั้นสื่อสารด้วยความเร็วต่ำจะเป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในชั้นระดับฟิลด์ จำพวกอุปกรณ์วัด และอุปกรณ์แปลงสัญญาณให้เป็นโปรฟิบัสพีเอ ได้แก่ เครื่องส่งสัญญาณ อุปกรณ์วัดอัตราการไหลแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์วัดความดันวาล์ว ควบคุม และอุปกรณ์แปลงสัญญาณ (SMAR IF303 กับ SMAR FI303) ส่วนตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอ (DP/PA Coupler) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างโปรฟิบัสดีพีกับโปรฟิบัสพีเอ หรือระหว่างชั้นสื่อสารความเร็วสูงกับชั้นสื่อสารความเร็วต่ำ

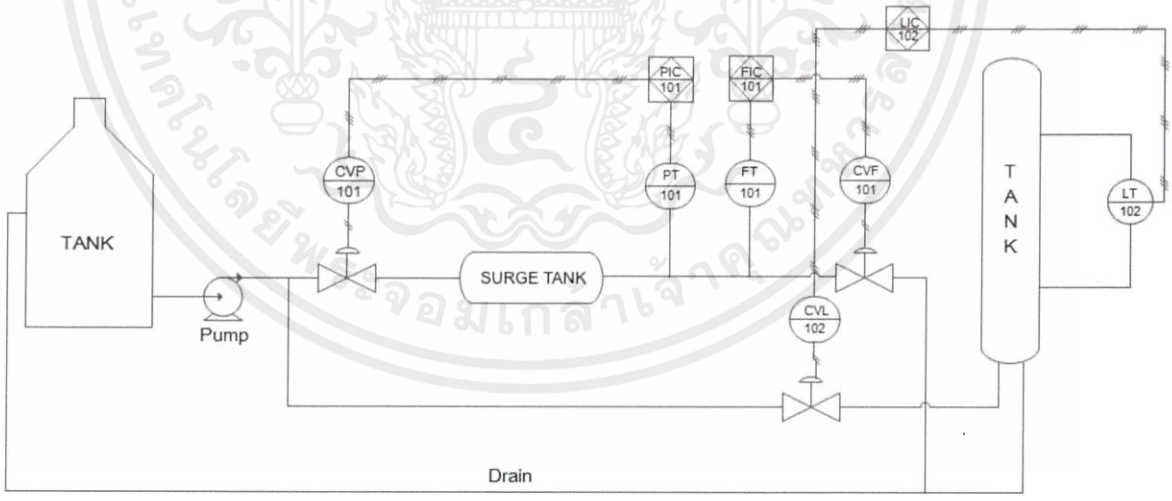
การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุมทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่อยู่ในชั้นระดับฟิลด์จำพวกอุปกรณ์วัดผ่าน Junction Box (จุดพักสายสัญญาณ และ สายไฟ) และทำการต่อเข้าการ์ด AO, AI ของตัวควบคุมของซีเมนส์ รุ่น S7-400 โดยตรง โดยรายละเอียดทั้งหมดจะแสดงดังรูปที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 การเชื่อมต่อทางเครือข่ายของอุปกรณ์ในระบบควบคุม

3.1.2 แผนผังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ (PROCESS & INSTRUMENT DIAGRAM: P&ID)



รูปที่ 3.2 P&ID ของกระบวนการทั้งหมด

จากรูปที่ 3.2 พีแอนด์ไอดีของกระบวนการทั้งหมด จะแบ่งกระบวนการเป็น 3 ส่วน คือ การควบคุมอัตราการไหลของน้ำ, การควบคุมความดันของน้ำในท่อ และการควบคุมระดับของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การควบคุมอัตราการไหลของน้ำจะทำการวัดอัตราการไหลด้วย FT101 ส่งค่าไปประมวลผลทั้งส่วนของฟัซซี่และสมิท ใน FIC101 ค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งไปควบคุมวาล์ว CVF101 เพื่อทำการควบคุมอัตราการไหลของกระบวนการ

- การควบคุมความดันของน้ำจะทำการวัดความดันด้วย PT101 ส่งค่าไปประมวลผลทั้งส่วนของฟัซซี่และสมิท ใน PIC101 ค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งไปควบคุมวาล์ว CVP101 เพื่อทำการควบคุมความดันของกระบวนการ

- การควบคุมระดับน้ำจะทำการวัดระดับด้วย LT102 ส่งค่าไปประมวลผลทั้งส่วนของฟัซซี่และสมิท ใน LIC102 ค่าที่ได้จากการประมวลผลจะถูกส่งไปควบคุมวาล์ว CVL102 เพื่อทำการควบคุมระดับน้ำของกระบวนการ

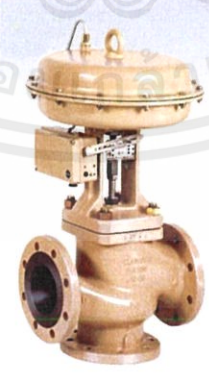
ระบบทั้ง 3 จะทำงานแยกส่วนกันชัดเจนไม่มีความเกี่ยวข้องกัน ส่วนของฟัซซี่และสมิทจะอยู่ในตัวประมวลผลและควบคุม คือ PIC101, FIC101 และ LIC102 ทั้งสามตัวนี้ก็คือ PCS7 บน SIMATIC S7-400

3.1.3 องค์ประกอบของกระบวนการ

3.1.3.1 วาล์วควบคุม (Control Valve)

วาล์วควบคุมเป็นอุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้ายของระบบเป็นตัวรับคำสั่งโดยตรงจากตัวควบคุมที่ทำการประมวลผลในระบบแล้วก็จะส่งค่าหรือสัญญาณควบคุมในที่นี้คือ สัญญาณกระแส 4-20 mA ให้วาล์วควบคุมปรับกระบวนการเพื่อให้ตัวแปรควบคุมอยู่ในระดับที่ต้องการ วาล์วควบคุมเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของของไหลในระบบ ซึ่งได้แก่ ไอน้ำ ของเหลว ก๊าซ และรวมไปถึงสารละลายเคมี วาล์วควบคุมที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ยี่ห้อ Research Control Valve SAMSON และ Cashco

การตั้งค่าการใช้งานตัวควบคุมตำแหน่งของวาล์วควบคุม ตัวรับสัญญาณกระแส 4-20 mA โดยกำหนดให้กระแส 4 mA วาล์วควบคุมเปิด 0% (ปิด) และกระแส 20 mA วาล์ควบคุมเปิด 100% วาล์วยี่ห้อ SAMSON เป็นวาล์วประเภท Globe ใช้ในการควบคุมความดันของน้ำในกระบวนการทดลอง



รูปที่ 3.3 Control Valve ยี่ห้อ SAMSON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาล์วยี่ห้อ Research เป็นวาล์วประเภท Globe ใช้ในการควบคุมอัตราการไหลของน้ำในกระบวนการทดลอง

รูปที่ 3.4 Control Valve ยี่ห้อ Research

วาล์วยี่ห้อ Cashco เป็นวาล์วประเภท Globe ใช้ในการควบคุมระดับของน้ำในกระบวนการทดลอง

รูปที่ 3.5 Control Valve ยี่ห้อ Cashco

3.1.3.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow Transmitter)

- Magnetic Flow Transmitter ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น AXF01 5G

อุปกรณ์วัดอัตราการไหลชนิดนี้จะอาศัยการหาค่าความเร็วเฉลี่ยในการไหลของของไหลโดยใช้กฎของฟาราเดย์ “เมื่อของเหลวที่เป็นตัวนำไฟฟ้าไหลผ่านสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นในแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหลและสนามแม่เหล็ก” อุปกรณ์วัดอัตราการไหลจะส่งสัญญาณไปยัง ตัวควบคุมเพื่อควบคุมการเปิด-ปิด ของวาล์วซึ่งจะทำให้ได้ค่าอัตราการไหลตามที่ต้องการอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น AXF01 5G ขนาด 0.5 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.6 Magnetic Flow Transmitter ยี่ห้อ YOKOGAWA รุ่น AXF01 5G

- Flow Transmitter ยี่ห้อ Rosemount รุ่น 8800

Flow Transmitter ยี่ห้อ Rosemount รุ่น 8800 เป็นแบบชนิดวอร์เทกซ์มิเตอร์ (Vortex) หลักการคือเมื่อของไหลไหลผ่าน Flow Meter ที่มี Shedding Element รูปตัว T ซึ่งขวางการไหลอยู่ทำให้เกิดการไหลวน (Vertex) ของของไหลด้านหลังตัว Shedding Element การเกิดกระแสไหลวนนั้นจะทำให้สามารถทราบความเร็วในการไหลของของไหลได้เนื่องจากการเกิดกระแสไหลวนจะสร้างคลื่นความถี่ขึ้นและคลื่นความถี่นี้จะแปรผันโดยตรงกับความเร็วของการไหล

สำหรับการทดลองส่งสัญญาณแอนาลอกกระแส 4-20 mA โดยที่กระแส 4 mA สอดคล้องกับค่าอัตราการไหลเท่ากับ 0 L/min และที่กระแส 20 mA สอดคล้องกับค่าอัตราการไหลเท่ากับ 40 L/min

รูปที่ 3.7 Flow Transmitter ยี่ห้อ Rosemount รุ่น 8800

3.1.3.3 อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter)

อุปกรณ์วัดความดันชนิดนี้ทำงานโดยอาศัยปรากฏการณ์เปียโซอิเล็กตริก เมื่อมีแรงมากระทำกับผลึกคริสตัลจะเกิดการเปลี่ยนรูปร่างและขนาดของผลึกและเกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วไฟฟ้า อุปกรณ์วัดความดันนี้จะส่งสัญญาณไปยังตัวควบคุมเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วซึ่งจะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

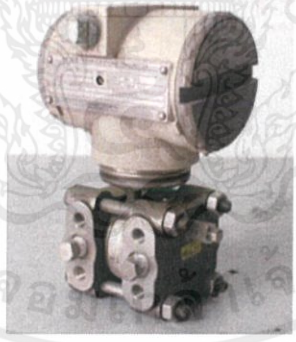
ได้ค่าความดันตามที่ต้องการ อุปกรณ์วัดความดันที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ยี่ห้อ BURKERT รุ่น 8323

สำหรับการทดลองจะส่งสัญญาณแอนาลอกกระแส 4-20 mA โดยที่กระแส 4 mA สอดคล้องกับความดันเท่ากับ 0 psi และที่กระแส 20 mA สอดคล้องกับค่าอัตราการไหลเท่ากับ 60 psi

รูปที่ 3.8 Pressure Transmitter ยี่ห้อ BURKER

3.1.3.4 อุปกรณ์วัดระดับ (Level Transmitter)

D/P Level Transmitter ยี่ห้อ ABB Kent-Taylor แบบใช้ความดันของของเหลวในการประมวลผล (Hydrostatic Level Transmitter) และแปลงค่าส่งสัญญาณ 4-20 mADC ออกมาเพื่อนำค่าที่ได้ต่อไปยังมิเตอร์หรือเครื่องแสดงระดับ



รูปที่ 3.9 D/P Level Transmitter ยี่ห้อ ABB Kent-Taylor

3.1.3.5 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 / IF303

FI 303 SMAR 303 อุปกรณ์ทำหน้าที่รับสัญญาณดิจิตอลด้วยรูปแบบโปรโตคอลโปรฟิบัสพีเอจากตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนาลอก (4-20 mA) เพื่อขับอุปกรณ์ปลายทางอย่าง เช่น อุปกรณ์ควบคุมตำแหน่งของวาล์วควบคุมด้วยเทคโนโลยีของ FI 303 ช่วยให้ง่ายต่อการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์และห้องควบคุม นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่น่าสนใจอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายอย่างที่ช่วยในการลดการติดตั้ง การปฏิบัติงาน และค่าซ่อมบำรุง ตารางที่ 3.1 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของ FI 303

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะทั่วไปของ FI 303

การเชื่อมต่อ	โปรฟิบัสพีเอ, สัญญาณดิจิตอล สอดคล้องกับ IEC 61158-2 (H1) : 31.25 Kbps
อินพุต	0-100 %
เอาต์พุต	กระแส 4-20 mA
ความแม่นยำ	$\pm$ 0.1 %
แหล่งจ่าย	9-32 Vdc.
แสดงผล	LCD

IF 303 SMAR IF 303 คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้ารับสัญญาณแอนาลอก (4-20 mA) จากอุปกรณ์วัดหรือตัวตรวจวัด เช่น อุปกรณ์วัดอัตราการไหล จากนั้นทำการแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยรูปแบบโปรโตคอลโปรฟิบัสพีเอ เพื่อส่งไปยังตัวควบคุมผ่านตัวแปลงสัญญาณระหว่างโปรฟิบัสดีพีและพีเอ ตารางที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของ IF 303

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะทั่วไปของ IF 303

การเชื่อมต่อ	โปรฟิบัสพีเอ,สัญญาณดิจิตอล สอดคล้องกับ IEC 61158-2 (H1):31.25 Kbps
อินพุต	4-20 mA
เอาท์พุต	สัญญาณดิจิตอล
ความแม่นยำ	0.03% ของย่านการวัดสำหรับ 4-20 mA, 0.005 mA สำหรับย่านการวัดอื่นๆ
แหล่งจ่าย	9-32 Vdc
แสดงผล	LCD

รูปที่ 3.10 อุปกรณ์แปลงสัญญาณ FI303 / IF303

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.6 ตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอ (DP/PA Coupler)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แปลงสัญญาณระหว่างโปรฟิบัสดีพีที่อยู่ในด้านตัวควบคุมเป็นโปรฟิบัสพีเอที่อยู่ในด้านอุปกรณ์วัดระดับฟิลด์ ในที่นี้เลือกใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณของซีเมนส์ ET200M รุ่น FDC 157-0 หมายเลขรหัส 6ES7 157-0AC83-0XA0 ดังตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะทั่วไปของ FDC 157-0 ในที่นี้ได้ตั้งค่าตำแหน่งแอดเดรสของตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอเท่ากับ 4

ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะทั่วไปของ FDC157-0

Transmission Speed on PROFIBUS DP	45.45 KBaud
Transmission Speed on PROFIBUS PA	31.25 KBaud
Bus Protocol	Profibus DP

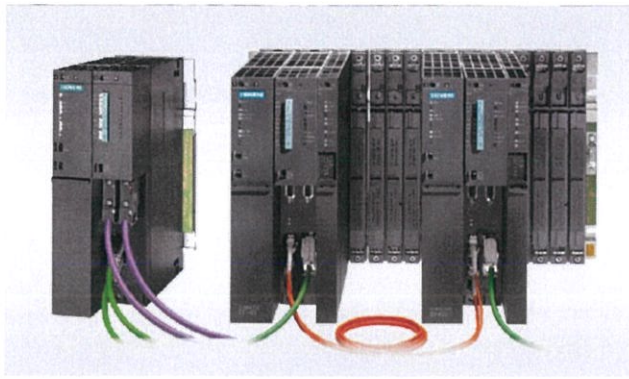
รูปที่ 3.11 ตัวแปลงสัญญาณระหว่างดีพีและพีเอ (DP/PA Coupler)

3.1.3.7 ตัวควบคุม (Controller)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการโดยจะใช้ตัวควบคุมของซีเมนส์ รุ่น S7-400 ซึ่ง ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- Power Supply Module PS 407 10A โมดูลนี้ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าดีซีขนาด 24 โวลต์ กระแส 10 แอมป์ พร้อมมีแบตเตอรี่สำรอง
- The Racks UR2 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งแต่ละโมดูลเข้าด้วยกันซึ่งประกอบไปด้วย 9 ช่อง
- CPU 416-2DP เป็นส่วนที่ใช้ประมวลผลและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ โดยที่พอร์ตเชื่อมต่อ ประกอบด้วย พอร์ตโปรฟิบัสดีพี พอร์ตเอ็มพีไอ
- SIMATIC NET CP Modules (CP 443-5 EXT) เป็นโมดูลที่ใช้ขยายพอร์ตเชื่อมต่อโปรฟิบัสดีพี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ตัวควบคุมของซีเมนส์ รุ่น S7-400

3.1.3.8 สถานีวิศวกรรม (Engineering Station: ES)

สถานีวิศวกรรมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนฮาร์ดแวร์ และ ซอฟแวร์ โดยส่วนฮาร์ดแวร์ก็คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ ติดตั้งแผ่นวงจรเชื่อมต่อ รุ่น CP 5611 และส่วนซอฟต์แวร์ก็คือ โปรแกรม PCS7 สำหรับทำหน้าที่ตั้งค่าต่างๆ ของระบบควบคุมด้วยโปรแกรม SIMATIC MANAGER และการตั้งค่าอุปกรณ์วัดต่างๆ มีรายละเอียดใน ภาคผนวก ข ร่วมทั้งพัฒนาโปรแกรม CFC สำหรับการควบคุม

3.1.3.9 โปรแกรม PCS7 รุ่น 7.1

โปรแกรม PCS 7 รุ่น 7.1 คือ เครื่องมือระดับบนสุดในการจัดการกับส่วนประกอบอื่นๆ ของซอฟแวร์มาตรฐาน อย่างเช่น เครื่องมือสำหรับตั้งค่าโครงข่ายและฮาร์ดแวร์ (Hardware and Network Configuration Tools) และการเลือกใช้ภาษาสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมซึ่งติดตั้งอยู่ในตัวๆ เดียวและสามารถโปรแกรมต่างได้จาก SIMATIC MANAGER อีกด้วย

โปรแกรมที่เป็นส่วนประกอบหลักๆ ของโปรแกรม SIMATIC MANAGER ได้แก่

• **Configuration Network หรือ NetPro Configuration Tool** คือ เครื่องมือที่ใช้กราฟิกในการแสดงการเชื่อมต่อของเอ็มพีไอโปรฟิบัส และเครือข่ายย่อยอีเทอร์เนตเชิงอุตสาหกรรม เครื่องมือนี้จะแสดงให้เห็นการเชื่อมต่อของแต่ละอุปกรณ์การเชื่อมต่อของเครือข่ายและการเชื่อมต่อทางกายภาพ ซึ่งจะรวมไปถึงการตั้งค่าของอุปกรณ์แต่ละโมดูล ตัวแปรในเครือข่ายและการสร้างการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ด้วยกันเอง

• **Hardware Configuration** คือ เครื่องมือสำหรับเพิ่มรายชื่ออุปกรณ์ทั้งหมดลงในระบบควบคุมเพื่อใช้ในการกำหนดโครงสร้างและเพิ่มข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งหมดให้ผู้ปฏิบัติการสามารถเข้าถึงทางโปรแกรมได้

• **S7 – CFC หรือ Continuous Function Chart** คือ เครื่องมือที่ใช้เขียนโปรแกรมและแสดงผลทางกราฟิกเพื่อเหมาะสมกับการเขียนโค้ด ในการทำงานที่เข้าใจได้ง่าย โปรแกรม CFC จะมีลักษณะเป็นผังซึ่งจะทำหน้าที่ได้โดยการเชื่อมต่อระหว่างกันของหน่วยอินพุตและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยเอาต์พุต ซึ่งภายในหนึ่งคำสั่งใน CFC อาจประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงานหลายตัวเช่น Timer, Counter, Comparison/Conversion และอื่นๆก็เป็นได้

• SIMATIC PDM คือ เครื่องมือที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ เช่น การกำหนดช่วงในการวัด การกำหนดช่วงเตือนภัย กำหนดหน่วยวัด เป็นต้น นอกจากนั้นโปรแกรมยังสามารถที่จะแสดงผลการวัดของเครื่องมือขณะวัดได้โดยอุปกรณ์ที่จะทำการตั้งค่าได้จะต้องอยู่ในมาตรฐานของโปรฟิบัสเท่านั้น

3.1.3.10 โปรแกรม FuzzyControl++V.6

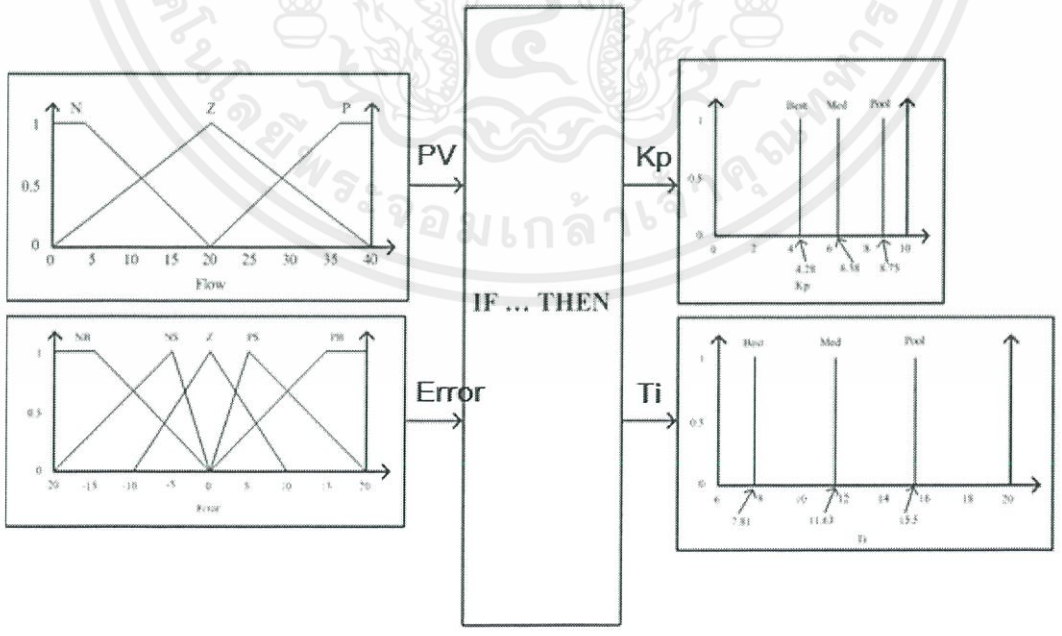
เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถออกแบบและทดสอบระบบฟัซซีสำหรับการใช้งานที่เฉพาะเจาะจง การใช้โปรแกรม FuzzyControl++ จะมีขั้นตอนสำคัญๆ เริ่มจากการกำหนดการตั้งค่าภายนอกของฟัซซี รวมไปถึงจำนวนของอินพุตเอาต์พุตและเป้าหมายของระบบต่อมากำหนดฟังก์ชันการเป็นสมาชิกจะต้องกำหนดค่าสูงสุด ต่ำสุด และจำนวนของฟังก์ชันการเป็นสมาชิกสำหรับแต่ละอินพุตและเอาต์พุตของระบบ จากนั้นสร้างกฎพื้นฐานขึ้นมาโดยจะต้องมีการสร้างกฎพื้นฐานของระบบฟัซซีขึ้นมาสำหรับกระบวนการในทางปฏิบัติโดยการใช้งานโปรแกรม

3.2 การออกแบบระบบฟัซซี่

ระบบฟัซซี่ใช้ในการควบคุมกระบวนการที่ประกอบไปด้วยการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ ความดันของน้ำในท่อและระดับน้ำในถัง ตามลำดับ

3.2.1 ระบบฟัซซี่ของอัตราการไหล

การออกแบบระบบฟัซซี่สำหรับการควบคุมอัตราการไหลเป็นระบบที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุต ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งใช้ค่าจากกระบวนการเป็นอินพุต และค่าเอาต์พุตส่งไปยังตัวควบคุมสมิท-พีไอ



รูปที่ 3.13 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุตของอัตราการไหล

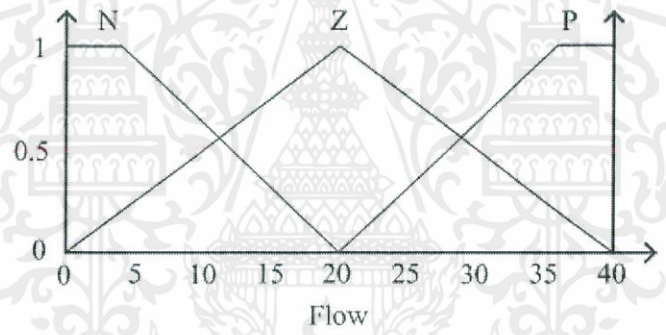
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาทดลองซ้ำๆ และปรึกษาอาจารย์ รูปที่ 3.13 การออกแบบควบคุมอัตราการไหลที่ทำการทดลองจะมีช่วงการควบคุมอยู่ที่ 0-40 L/m จึงกำหนดช่วงของ Flow เป็นค่า 0-40 L/m ส่วนค่า Error นั้นทำการกำหนดช่วงเพิ่มลดทีละ 5 โดยจะให้เพิ่มลดทีละ 4, 3 หรือค่าที่น้อยกว่านี้ก็ได้ แต่ผู้จัดทำได้กำหนดไว้ที่ 5 ของการควบคุมอัตราการไหล ส่วนค่า Kp นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 4.28, 6.38 และ 8.75 และค่า Ti นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 7.81, 11.63 และ 15.5 โดยค่า Kp และ Ti ที่ได้กล่าวมานั้น ผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ และเป็นประสบการณ์ของที่ปรึกษา

- อินพุตลำดับที่ 1 – Flow คือค่าอัตราการไหลที่วัดได้ ซึ่งอ่านได้จากอุปกรณ์วัดอัตราการไหล ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. N–Negative
2. Z–Zero
3. P–Positive

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.14



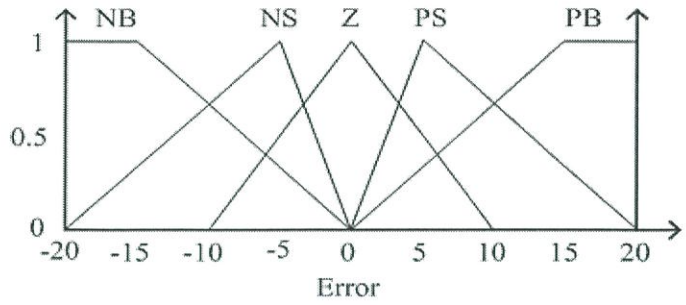
รูปที่ 3.14 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Flow

- อินพุตลำดับที่ 2 – Error คือค่าความผิดพลาดที่เกิดจากผลต่างระหว่างค่าของอัตราการไหลที่ต้องการกับค่าอัตราการไหลที่วัดได้ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 5 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. NB–Negative Big
2. NS–Negative Small
3. Z–Zero
4. PS–Positive Small
5. PB–Positive Big

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

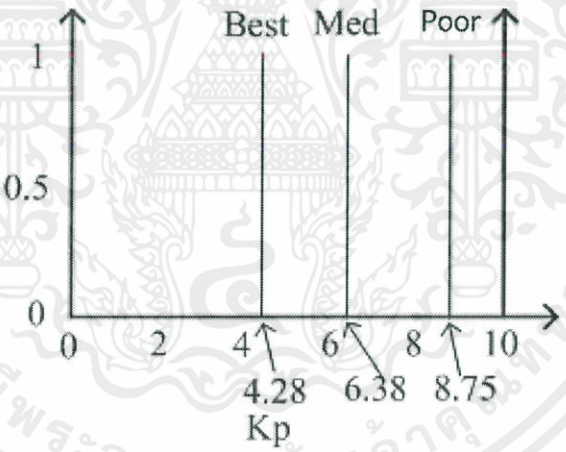


รูปที่ 3.15 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Flow Error

- เอาต์พุตลำดับที่ 1 – Kp คือ ค่าพารามิเตอร์อัตราขยายสัดส่วน Kp ที่จะส่งให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.16



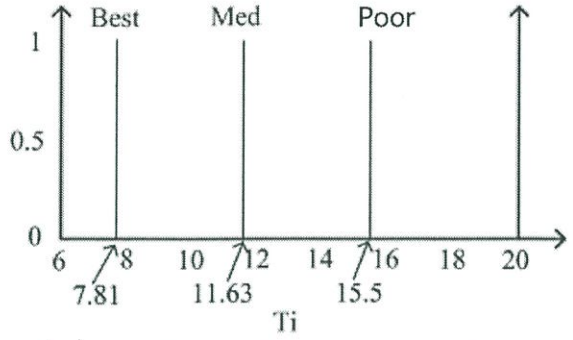
รูปที่ 3.16 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp

- เอาต์พุตลำดับที่ 2 – Ti คือค่าพารามิเตอร์เวลาอินทิกรัล Ti ที่จะส่งให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ โดยมีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มี ประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti

<u>การออกแบบกฎของฟัซซี่ที่ปรับตั้งค่าเองโดยผู้จัดทำ</u>

การออกแบบกฎของฟัซซี่นั้นผู้จัดทำได้ทำการอ้างอิงจาก 2 แหล่งคือ

1. จากบทความ Generating Fuzzy Rules by Learning by Example [4] ได้เสนอขั้นตอนการออกแบบ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีความซับซ้อนมากสำหรับการใช้งานในอุสาหกรรม คือ

1) กำหนดอินพุตกับเอาต์พุต

2) การกำหนดกฎพื้นฐานของกระบวนการจากข้อมูลที่มีอยู่

3) กำหนดช่วงของกฎฟัซซี่เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์และกฎพื้นฐานของกระบวนการ

4) สร้างกฎโดยอ้างอิงจากกฎพื้นฐานของกระบวนการรวมกับข้อกำหนดและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

5) ระบุเอาต์พุตโดยทำการดีฟัซซี่คือแปลค่าจากตัวแปลภาษาให้เป็นตัวเลข

2. โดยทั่วไปสำหรับการใช้งานจริงในการออกแบบกฎฟัซซี่ ส่วนมากมาจากการทดลองซ้ำๆ และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน ทั้งนี้สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษาได้ทำการทดลองซ้ำๆ รวมทั้งใช้ประสบการณ์ที่ได้ศึกษามาเป็นเวลานาน จึงกำหนดกฎได้ดังนี้

- กฎ 1 : ถ้า Error เป็น NB, Flow เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 2 : ถ้า Error เป็น NB, Flow เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 3 : ถ้า Error เป็น NB, Flow เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 4 : ถ้า Error เป็น NS, Flow เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 5 : ถ้า Error เป็น NS, Flow เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 6 : ถ้า Error เป็น NS, Flow เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 7 : ถ้า Error เป็น Z, Flow เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 8 : ถ้า Error เป็น Z, Flow เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 9 : ถ้า Error เป็น Z, Flow เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 10 : ถ้า Error เป็น PS, Flow เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 11 : ถ้า Error เป็น PS, Flow เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 12 : ถ้า Error เป็น PS, Flow เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กฎ 13 : ถ้า Error เป็น PB, Flow เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 14 : ถ้า Error เป็น PB, Flow เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 15 : ถ้า Error เป็น PB, Flow เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best

จากกฎการอนุมานฟัซซี่ข้างต้น จะได้กฎการปรับค่าฟัซซี่ ของ Kp และ Ti ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.4 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมอัตราไหล

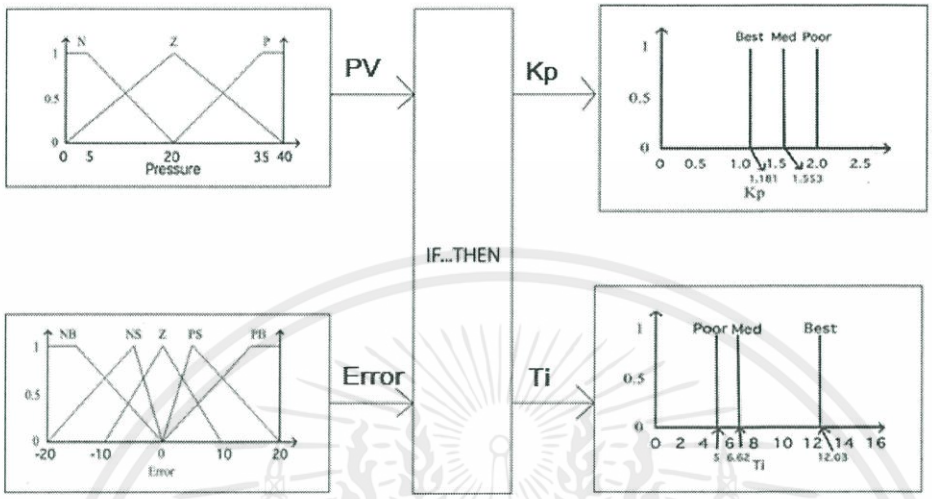
Kp		Flow		
Ti		N	Z	P
Error	NB	Best	Best	Med
	NS	Best	Med	Poor
	Z	Med	Poor	Med
	PS	Best	Poor	Best
	PB	Best	Best	Best

ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตเอาต์พุตและกฎอนุมานฟัซซี่ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะใช้ในการออกแบบที่โปรแกรม FuzzyControl++ โดยขั้นตอนการออกแบบนั้นศึกษาได้จากภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ระบบฟัซซี่ของความดัน

การออกแบบระบบฟัซซี่สำหรับการควบคุมความดันจะเป็นระบบที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุต ดังรูปที่ 3.18 ซึ่งใช้ค่าจากกระบวนการเป็นอินพุตและค่าเอาต์พุตส่งไปยังตัวควบคุมสมิท-พีไอ



รูปที่ 3.18 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต 2 เอาต์พุตของความดัน

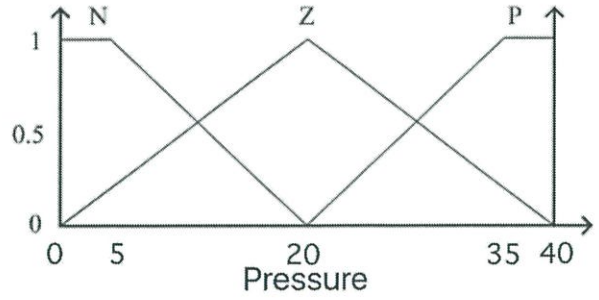
จากที่ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาทดลองซ้ำๆ และปรึกษาอาจารย์ รูปที่ 3.18 การออกแบบควบคุมความดันของน้ำในท่อที่ทำการทดลองจะมีช่วงการควบคุมอยู่ที่ 0-40 psi จึงกำหนดช่วงของ Pressure เป็นค่า 0-40 psi ส่วนค่า Error นั้นทำการกำหนดช่วงเพิ่มลดทีละ 10 โดยจะให้เพิ่มลดที่ค่าที่น้อยกว่านี้ก็ได้ แต่ผู้จัดทำได้กำหนดไว้ที่ 10 ของการควบคุมความดัน ส่วนค่า Kp นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 1.181, 1.553 และ 2.0 และค่า Ti นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 5.0, 6.62 และ 12.03 โดยค่า Kp และ Ti ที่ได้กล่าวมานั้น ผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ และเป็นประสบการณ์ของที่ปรึกษา

- อินพุตลำดับที่ 1 – Pressure คือค่าความดันที่วัดได้ ซึ่งอ่านได้จากอุปกรณ์วัดความดัน ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. N–Negative
2. Z–Zero
3. P–Positive

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

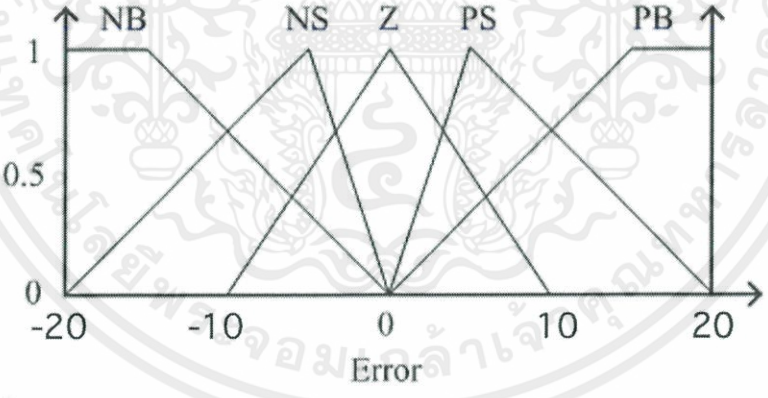


รูปที่ 3.19 ระดับความเป็นสมาชิกของความดัน

- อินพุตลำดับที่ 2 – Error คือค่าความผิดพลาดที่เกิดจากผลต่างระหว่างค่าของอัตราความดันที่ต้องการกับค่าความดันที่วัดได้ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 5 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. NB–Negative Big
2. NS–Negative Small
3. Z–Zero
4. PS–Positive Small
5. PB–Positive Big

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.20



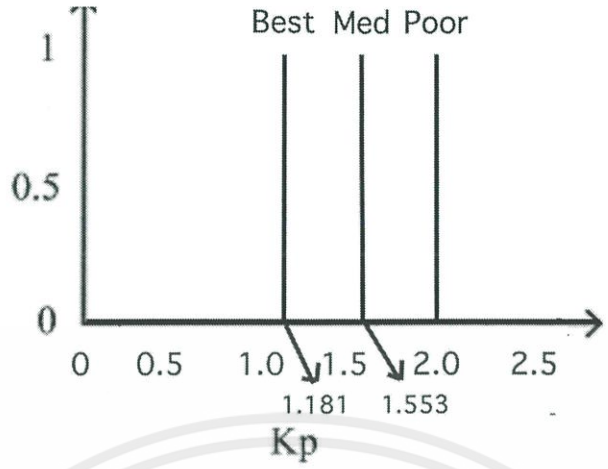
รูปที่ 3.20 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Pressure Error

- เอาต์พุตลำดับที่ 1 – Kp คือ ค่าพารามิเตอร์อัตราขยายสัดส่วน Kp ที่จะส่งให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp

- เอาต์พุตลำดับที่ 2 – Ti คือค่าพารามิเตอร์เวลาอินทิกรัล Ti ที่จะสูงให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ โดยมีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti

<u>การออกแบบกฎของฟัซซี่ที่ปรับตั้งค่าเองโดยผู้จัดทำ</u>

การออกแบบกฎของฟัซซี่นั้นผู้จัดทำได้ทำการอ้างอิงจาก 2 แหล่งคือ

1. จากบทความ Generating Fuzzy Rules by Learning by Example [4] ได้เสนอขั้นตอนการออกแบบ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีความซับซ้อนมากสำหรับการใช้งานในอุสาหกรรม คือ

1) กำหนดอินพุตกับเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การกำหนดกฎพื้นฐานของกระบวนการจากข้อมูลที่มีอยู่

3) กำหนดช่วงของกฎฟัซซี่เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์และกฎพื้นฐานของกระบวนการ

4) สร้างกฎโดยอ้างอิงจากกฎพื้นฐานของกระบวนการรวมกับข้อกำหนดและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

5) ระบุเอาต์พุตโดยทำการดีฟัซซี่คือแปลค่าจากตัวแปลภาษาให้เป็นตัวเลข

2. โดยทั่วไปสำหรับการใช้งานจริงในการออกแบบกฎฟัซซี่ ส่วนมากมาจากการทดลองซ้ำๆ และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน ทั้งนี้สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษาได้ทำการทดลองซ้ำๆ รวมทั้งใช้ประสบการณ์ที่ได้ศึกษามาเป็นเวลานาน จึงกำหนดกฎได้ดังนี้

- กฎ 1 : ถ้า Error เป็น NB, Pressure เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 2 : ถ้า Error เป็น NB, Pressure เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 3 : ถ้า Error เป็น NB, Pressure เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 4 : ถ้า Error เป็น NS, Pressure เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 5 : ถ้า Error เป็น NS, Pressure เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 6 : ถ้า Error เป็น NS, Pressure เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 7 : ถ้า Error เป็น Z, Pressure เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 8 : ถ้า Error เป็น Z, Pressure เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 9 : ถ้า Error เป็น Z, Pressure เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 10 : ถ้า Error เป็น PS, Pressure เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 11 : ถ้า Error เป็น PS, Pressure เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 12 : ถ้า Error เป็น PS, Pressure เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 13 : ถ้า Error เป็น PB, Pressure เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 14 : ถ้า Error เป็น PB, Pressure เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 15 : ถ้า Error เป็น PB, Pressure เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกฎการอนุมานฟัซซี่ข้างต้น จะได้กฎการปรับค่าฟัซซี่ ของ Kp และ Ti ดังตารางที่ 3.5

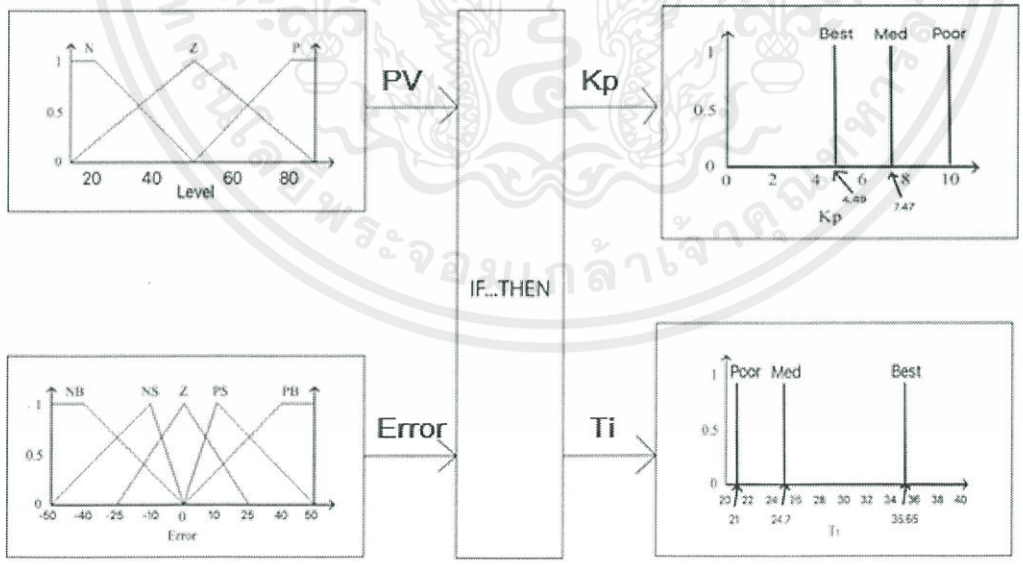
ตารางที่ 3.5 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมความดัน

Kp		Pressure		
Ti		N	Z	P
Error	NB	Best	Best	Med
	NS	Best	Med	Poor
	Z	Med	Poor	Med
	PS	Best	Poor	Best
	PB	Best	Best	Best

ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตเอาต์พุตและกฎอนุมานฟัซซี่ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะใช้ ในการออกแบบที่โปรแกรม FuzzyControl++ โดยขั้นตอนการออกแบบนั้นศึกษาได้จากภาคผนวก ก

3.2.3 ระบบฟัซซี่ของระดับ

การออกแบบระบบฟัซซี่สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นระบบที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุต ดังรูปที่ 3.23 ซึ่งใช้ค่าจากกระบวนการเป็นอินพุต และค่าเอาต์พุตส่งไปยังตัวควบคุมสมิท-พีไอ



รูปที่ 3.23 ระบบฟัซซี่ที่มี 2 อินพุต และ 2 เอาต์พุตของระดับ

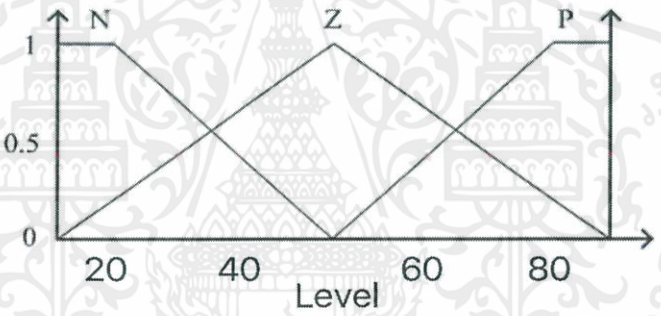
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่ผู้จัดทำได้ทำการศึกษาทดลองซ้ำๆและ ปรึกษาอาจารย์ รูปที่ 3.23 การออกแบบควบคุมระดับน้ำในถังที่ทำการทดลองจะมีช่วงการควบคุมอยู่ที่ 0-100% จึงกำหนดช่วงของ Level เป็นค่า 0-100% ส่วนค่า Error นั้นทำการกำหนดช่วงเพิ่มลดทีละ 10 โดยจะให้เพิ่มลดที่ค่าที่น้อยกว่านี้ก็ได้ แต่ผู้จัดทำได้กำหนดไว้ที่ 10 ของการควบคุมระดับ ส่วนค่า Kp นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 4.49, 7.47 และ 10 และค่า Ti นั้นกำหนดค่าอยู่ที่ 21, 24.7 และ 35.65 โดยค่า Kp และ Ti ที่ได้กล่าวมานั้นผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ และเป็นประสบการณ์ของที่ปรึกษา

- อินพุตลำดับที่ 1 – Level คือค่าระดับที่วัดได้ ซึ่งอ่านได้จากอุปกรณ์วัดระดับ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. N–Negative
2. Z–Zero
3. P–Positive

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.24



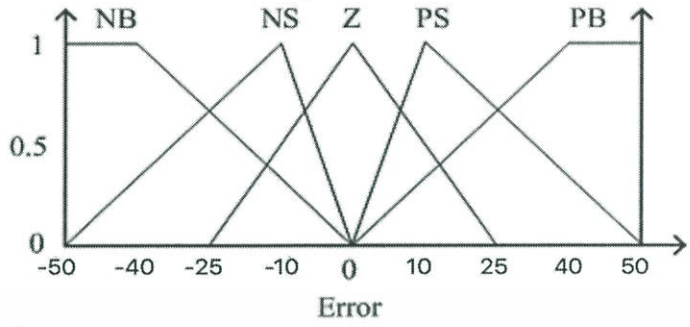
รูปที่ 3.24 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตของระดับ

- อินพุตลำดับที่ 2 – Error คือค่าความผิดพลาดที่เกิดจากผลต่างระหว่างค่าของระดับที่ต้องการกับค่าระดับที่วัดได้ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 5 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. NB–Negative Big
2. NS–Negative Small
3. Z–Zero
4. PS–Positive Small
5. PB–Positive Big

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.25

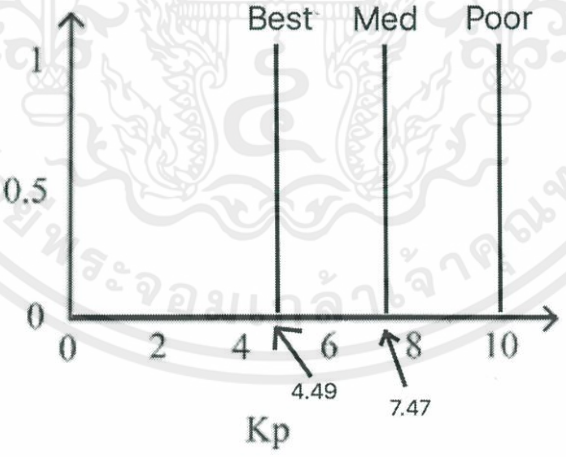


รูปที่ 3.25 ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุต Level Error

- เอาต์พุตลำดับที่ 1 – Kp คือ ค่าพารามิเตอร์อัตราขยายสัดส่วน Kp ที่จะส่งให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.26



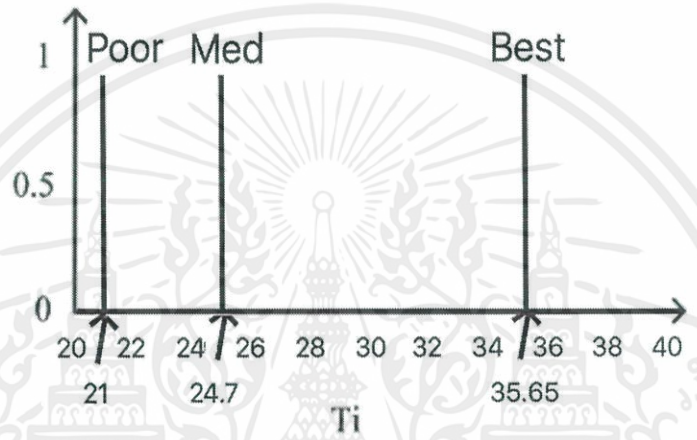
รูปที่ 3.26 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Kp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เอาต์พุตลำดับที่ 2 – Ti คือค่าพารามิเตอร์เวลาอินทิกรัล Ti ที่จะสูงให้ตัวควบคุมสมิท-พีไอ โดยมีหน่วยเป็นวินาที ซึ่งมีการแบ่งฟัซซี่ซับเซตออกเป็น 3 เซต โดยได้จากการทดลองและความรู้ของผู้มีประสบการณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้จัดทำได้ทำการทดลองซ้ำๆ จึงกำหนดเซตออกมา ดังนี้

1. Best
2. Med
3. Poor

โดยมีระดับความเป็นสมาชิก ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 ระดับความเป็นสมาชิกของเอาต์พุต Ti

<u>การออกแบบกฎของฟัซซี่ที่ปรับตั้งค่าเองโดยผู้จัดทำ</u>

การออกแบบกฎของฟัซซี่นั้นผู้จัดทำได้ทำการอ้างอิงจาก 2 แหล่งคือ

1. จากบทความ Generating Fuzzy Rules by Learning by Example [4] ได้เสนอขั้นตอนการออกแบบ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีความซับซ้อนมากสำหรับการใช้งานในอุสาหกรรม คือ

1) กำหนดอินพุตกับเอาต์พุต

2) การกำหนดกฎพื้นฐานของกระบวนการจากข้อมูลที่มีอยู่

3) กำหนดช่วงของกฎฟัซซี่เพื่อให้เป็นไปตามจุดประสงค์และกฎพื้นฐานของกระบวนการ

4) สร้างกฎโดยอ้างอิงจากกฎพื้นฐานของกระบวนการรวมกับข้อกำหนดและประสบการณ์จากผู้เชี่ยวชาญ

5) ระบุเอาต์พุตโดยทำการดีฟัซซี่คือแปลค่าจากตัวแปลภาษาให้เป็นตัวเลข

2. โดยทั่วไปสำหรับการใช้งานจริงในการออกแบบกฎฟัซซี่ ส่วนมากมาจากการทดลองซ้ำๆ และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน ทั้งนี้สำหรับการควบคุมกระบวนการนี้ผู้จัดทำและอาจารย์ที่ปรึกษาได้ทำการทดลองซ้ำๆ รวมทั้งใช้ประสบการณ์ที่ได้ศึกษามาเป็นเวลานาน จึงกำหนดกฎได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กฎ 1 : ถ้า Error เป็น NB, Level เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 2 : ถ้า Error เป็น NB, Level เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 3 : ถ้า Error เป็น NB, Level เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 4 : ถ้า Error เป็น NS, Level เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 5 : ถ้า Error เป็น NS, Level เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 6 : ถ้า Error เป็น NS, Level เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 7 : ถ้า Error เป็น Z, Level เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 8 : ถ้า Error เป็น Z, Level เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 9 : ถ้า Error เป็น Z, Level เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Med
- กฎ 10 : ถ้า Error เป็น PS, Level เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 11 : ถ้า Error เป็น PS, Level เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Poor
- กฎ 12 : ถ้า Error เป็น PS, Level เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 13 : ถ้า Error เป็น PB, Level เป็น N จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 14 : ถ้า Error เป็น PB, Level เป็น Z จะได้ Kp และ Ti เป็น Best
- กฎ 15 : ถ้า Error เป็น PB, Level เป็น P จะได้ Kp และ Ti เป็น Best

จากกฎการอนุมานฟัซซี่ข้างต้น จะได้กฎการปรับค่าฟัซซี่ ของ Kp และ Ti ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 กฎการอนุมานฟัซซี่ในรูปแบบตารางของการควบคุมระดับ

Kp		Level		
Ti		N	Z	P
Error	NB	Best	Best	Med
	NS	Best	Med	Poor
	Z	Med	Poor	Med
	PS	Best	Poor	Best
	PB	Best	Best	Best

ระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตเอาต์พุตและกฎอนุมานฟัซซี่ที่กล่าวมาข้างต้นนี้ จะใช้ในการออกแบบที่โปรแกรม FuzzyControl++ โดยขั้นตอนการออกแบบนั้นศึกษาได้จากภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การควบคุมอัตราการไหล

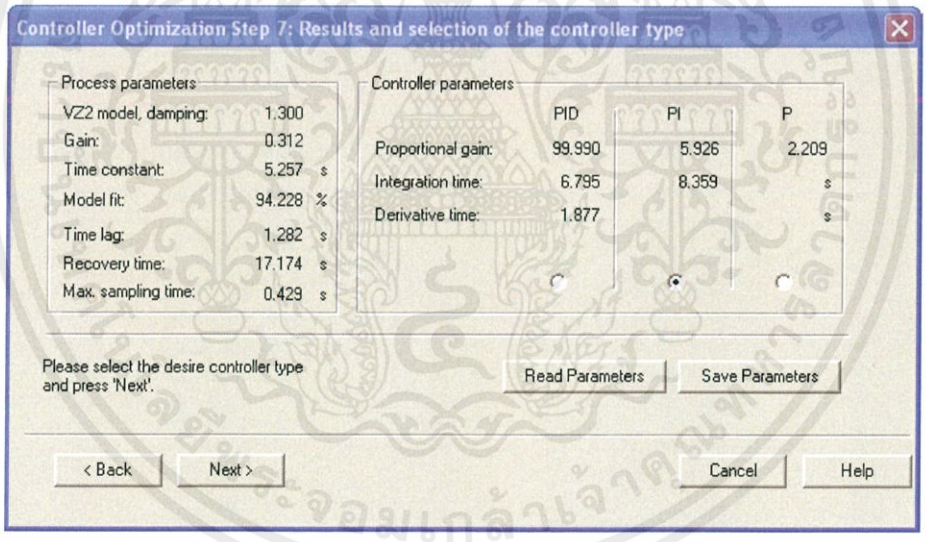
กระบวนการควบคุมอัตราการไหลที่เราใช้ในการทดลองเราจะทำการสั่งให้ CVP-101 เปิด 100% ตัว PT-101 ทำการวัดความดันของกระบวนการ (วัดค่าความดันทั่วไปไม่ได้นำค่ามาใช้ในการควบคุม) ตัว FT-101 วัดอัตราการไหลเพื่อประมวลผลผ่าน Controller เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว CVF-101 เพื่อรักษาระดับอัตราการไหล

สำหรับการเชื่อมต่อการควบคุมอัตราการไหลจะแบ่งออกเป็น

- การควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอ
- การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

3.3.1 การควบคุมอัตราการไหลแบบพีไอ

ทำการควบคุมแบบพีไอ เพื่อศึกษากระบวนการ และหาค่า First Order ของระบบได้จากการทำ Tunning PID โดยใช้โปรแกรมพีซีเอส 7 ซึ่งการใช้งานดูได้จากภาคผนวก ข เพื่อนำไปใช้งานในการควบคุมแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ โดยดูได้จากผลของการ Turning PI เพราะผู้จัดทำเลือก Controller Parameters แบบ PI โดยค่า Process Parameters จะระบุค่า Gain, Time Constant และ Time Lag ค่าที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้ในการควบคุมการทำนายของสมิท แสดงในรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

3.3.2 การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากหน้าต่างรูปที่ 3.28 ผลของการ Tunning PI นำมาเขียนลงในโปรแกรม CFC จะได้ดังรูปที่ 3.29

หมายเลข 1 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ FT101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข 2 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ PT101

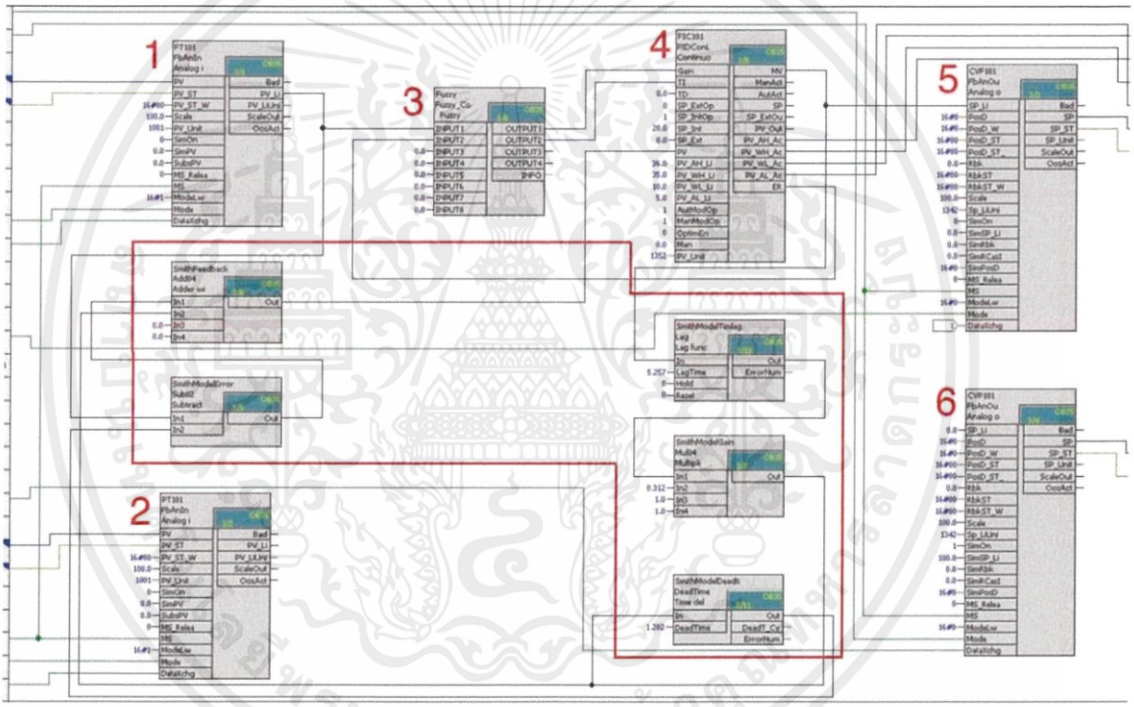
หมายเลข 3 เป็นการเลือก Driver Fuzzy จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อก Fuzzy

หมายเลข 4 เป็นการเลือก Driver PID Controller จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อกควบคุมกระบวนการ

หมายเลข 5 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Output จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 เชื่อมต่อกับ CVF101

หมายเลข 6 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Output จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 เชื่อมต่อกับ CVP101 โดยทำการเปิด 100%

กล่องสีแดง แสดงการควบคุมการทำนายของสมิท



รูปที่ 3.29 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากรูปที่ 3.29 จะเห็นว่าบล็อก PID Controller มีค่าออกจากส่วนของเอาต์พุต คือ MV ซึ่งจะส่งไปยังวาล์วควบคุมผ่านอนาล็อคเอาท์พุตบล็อกเป็นโปรฟิบัสพีเอ และส่งไปยังฟังชันบล็อก Lag func โดยจะใส่ค่าพารามิเตอร์ LagTime เป็น 5.257 (ค่า 5.257 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Constant) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของกระบวนการ เอาต์พุตของบล็อกนี้จะส่งต่อไปยังฟังก์ชั่นบล็อก Multipl เข้าที่ Input ตัวแรก และ ใส่ค่า Gain ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 0.312 (ค่า 0.312 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Gain) สองบล็อกข้างต้นเปรียบเสมือนส่วนของ Smith Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยเอาต์พุตของบล็อกนี้จะถูกส่งไปยังส่วนของบล็อก Dead Time ซึ่งนำค่า Time Lag ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 1.282 (ค่า 1.282 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Lag) โดยเอาต์พุตจะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับค่า PV ที่มาจากอนาล็อกอินพุตของโปรฟิบัสพีเอ หลังจากเปรียบเทียบค่ากันแล้ว จะเอาค่าไปรวมกับค่าที่มาจากส่วน Smith Model ก่อนส่งไปให้กับพารามิเตอร์ PV เพื่อเปรียบเทียบกับค่า SP ในฟังก์ชันบล็อก PID Controller และนำค่าที่ได้ไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำ แล้วบล็อก Fuzzy จะเป็นบล็อกที่ทำให้ค่าพีไอสามารถปรับตัวเองได้

3.4 การควบคุมความดัน

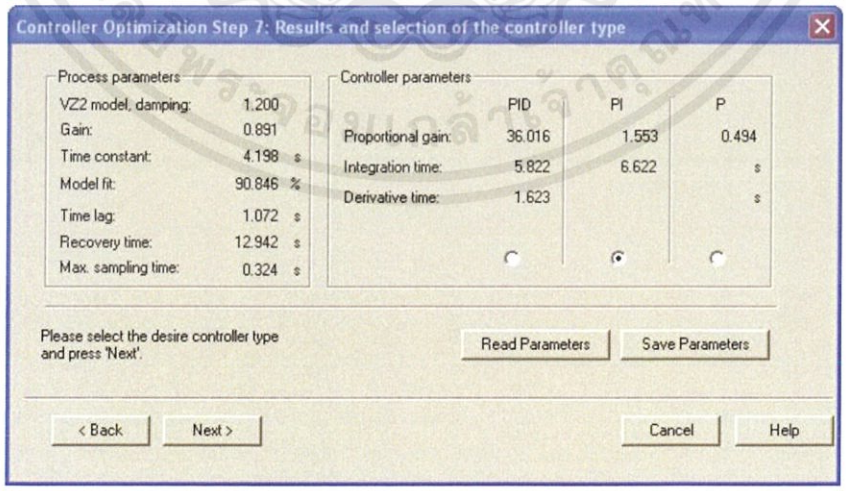
กระบวนการควบคุมความดันที่เราใช้ในการทดลองเราจะทำการสั่งให้ CVF-101 เปิด 80% ตัว FT-101 ทำการวัดอัตราการไหลของน้ำของกระบวนการ (วัดค่าอัตราการไหลทั่วไปไม่ได้นำค่ามาใช้ในการควบคุม) ตัว PT-101 วัดความดันเพื่อประมวลผลผ่าน Controller เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว CVP-101 เพื่อรักษาระดับความดันของกระบวนการ

สำหรับการเชื่อมต่อการควบคุมความดันจะแบ่งออกเป็น

- การควบคุมความดันแบบพีไอ
- การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

3.4.1 การควบคุมความดันแบบพีไอ

ทำการควบคุมแบบพีไอ เพื่อศึกษากระบวนการและหาค่า First Order ของระบบได้จากการทำ Tunning PID โดยใช้โปรแกรมพีซีเอส 7 ซึ่งการใช้งานดูได้จากภาคผนวก ข เพื่อนำไปใช้งานในการควบคุมแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ โดยดูได้จากผลของการ Turning PI เพราะผู้จัดทำเลือก Controller Parameters แบบ PI โดยค่า Process Parameters จะระบุค่า Gain, Time Constant และ Time Lag ค่าที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้ในการควบคุมการทำนายของสมิท แสดงในรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากหน้าต่างรูปที่ 3.30 นำมาเขียนลงในโปรแกรม CFC จะได้ดังรูปที่ 3.31

หมายเลข 1 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ PT101

หมายเลข 2 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ FT101

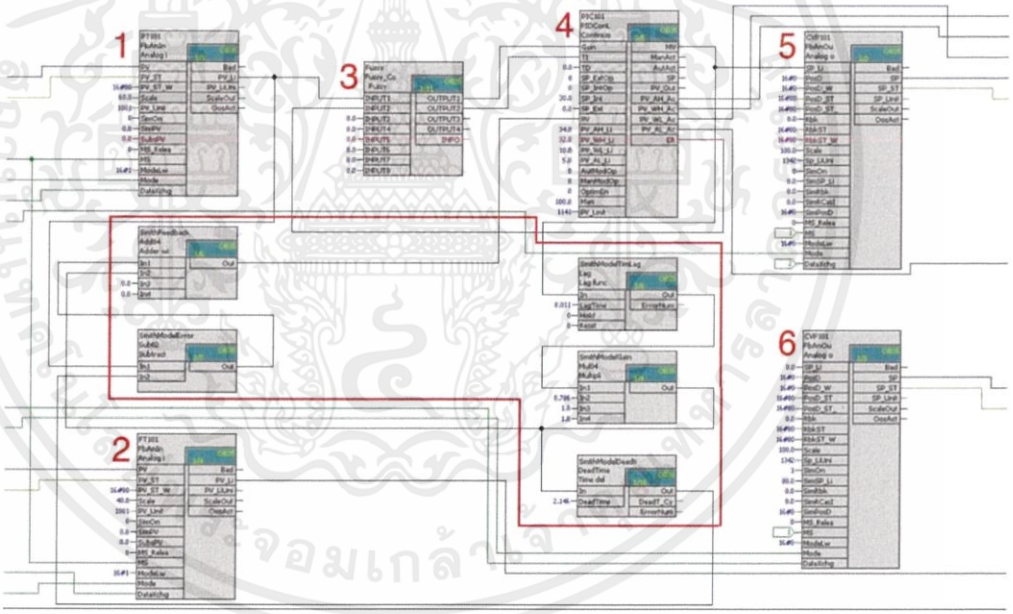
หมายเลข 3 เป็นการเลือก Driver Fuzzy จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อก Fuzzy

หมายเลข 4 เป็นการเลือก Driver PID Controller จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อกควบคุมกระบวนการ

หมายเลข 5 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Output จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 เชื่อมต่อกับ CVP101

หมายเลข 6 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Output จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 เชื่อมต่อกับ CVF101 โดยทำการเปิด 80%

กล่องสีแดง แสดงการควบคุมการทำนายของสมิท



รูปที่ 3.31 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากรูปที่ 3.31 จะเห็นว่าบล็อก PID Controller มีค่าออกจากส่วนของเอาต์พุต คือ MV ซึ่ง จะส่งไป ยังวาล์วควบคุมผ่านอนาล็อคเอาท์พุตบล็อกเป็นโปรฟิบัสพีเอและส่งไปยังฟังชันบล็อก Lag func โดยจะใส่ค่าพารามิเตอร์ LagTime เป็น 8.011 (ค่า 8.011 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Constant) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของกระบวนการเอาต์พุตของบล็อกนี้จะส่งต่อไปยังฟังก์ชั่นบล็อก Multipli เข้าที่ Input ตัวแรก และ ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Gain ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 0.786 (ค่า 0.786 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Gain) สองบล็อกข้างต้นเปรียบเสมือนส่วนของ Smith Model โดยเอาต์พุตของบล็อกนี้จะถูกส่งไปยังส่วนของบล็อก Dead Time ซึ่งนำค่า Time Lag ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 2.146 (ค่า 2.146 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Lag) โดยเอาต์พุตจะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับค่า PV ที่มาจากอนาล็อกอินพุตของโปรฟิบัสพีเอ หลังจากเปรียบเทียบค่ากันแล้วจะเอาค่าไปรวมกับค่าที่มาจากส่วน Smith Model ก่อนส่งไปให้กับพารามิเตอร์ PV เพื่อเปรียบเทียบกับค่า SP ในฟังก์ชันบล็อก PID Controller และนำค่าที่ได้ไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วเพื่อควบคุมความดันแล้วบล็อก Fuzzy จะเป็นบล็อกที่ทำให้ค่าพีไอสามารถปรับตัวเองได้

3.5 การควบคุมระดับ

กระบวนการควบคุมระดับของเหลวที่เราใช้ในการทดลอง ตัว FT-102 ทำการอัตราการไหลของกระบวนการ (วัดค่าอัตราการไหลทั่วไปไม่ได้นำค่ามาใช้ในการควบคุม) ตัว LT-102 วัดระดับของน้ำเพื่อประมวลผลผ่าน Controller เพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว CVL-102 เพื่อรักษาระดับของเหลว

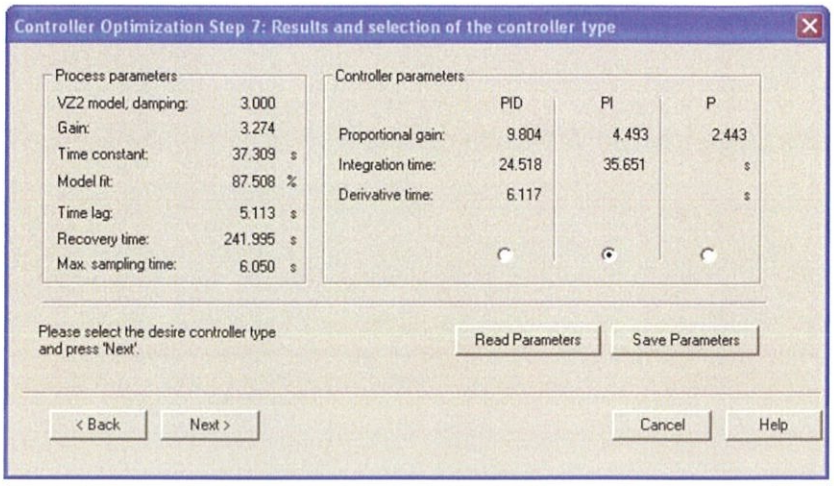
สำหรับการเชื่อมต่อการควบคุมความดันจะแบ่งออกเป็น

- การควบคุมระดับแบบพีไอ
- การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

3.5.1 การควบคุมระดับแบบพีไอ

ทำการควบคุมแบบพีไอ เพื่อศึกษากระบวนการ และหาค่า First Order ของระบบได้จากการทำ Tunning PID โดยใช้โปรแกรมพีซีเอส 7 ซึ่งการใช้งานดูได้จากภาคผนวก ข เพื่อนำไปใช้งานในการควบคุมแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ โดยดูได้จากผลของการ Turning PI เพราะผู้จัดทำเลือก Controller Parameters แบบ PI โดยค่า Process Parameters จะระบุค่า Gain, Time Constant และ Time Lag ค่าที่กล่าวมานี้จะนำไปใช้ในการควบคุมการทำนายของสมิท แสดงในรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.32 หลังจากการ Turning PI และแสดงค่า Process Parameters เพื่อนำไปใช้ในการควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

3.5.2 การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากหน้าต่างรูปที่ 3.32 นำมาเขียนลงในโปรแกรม CFC จะได้ดังรูปที่ 3.33

หมายเลข 1 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ FT102

หมายเลข 2 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Input จาก Library ของโปรแกรมพีซี เอส 7 เชื่อมต่อกับ LT102

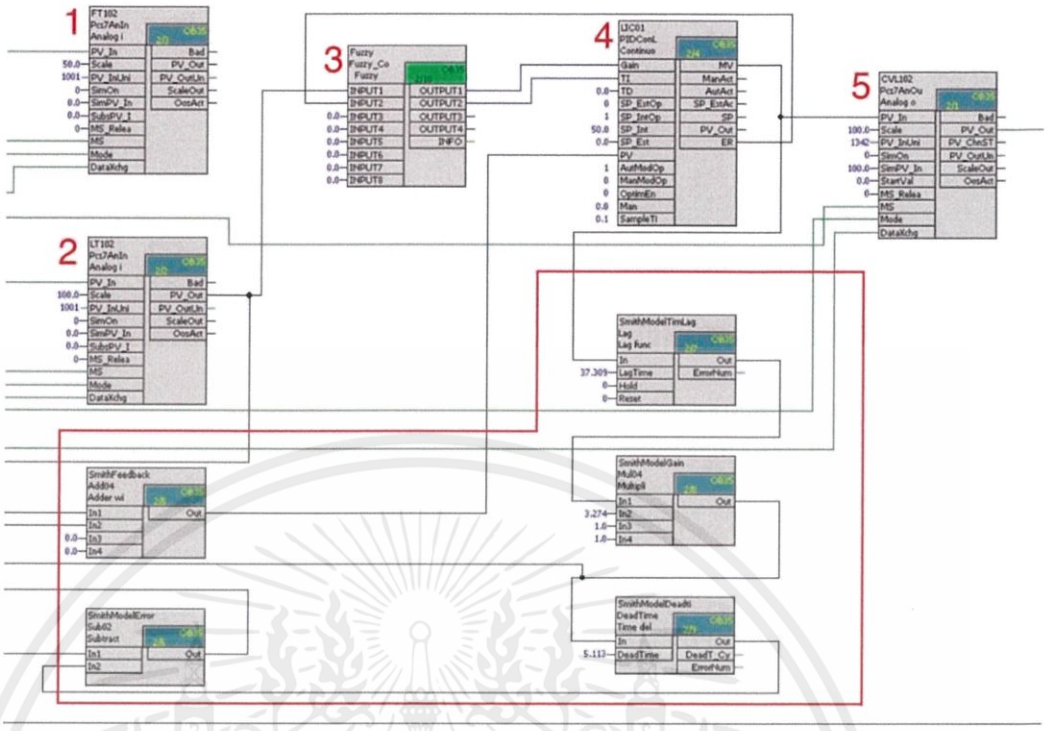
หมายเลข 3 เป็นการเลือก Driver Fuzzy จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อก Fuzzy

หมายเลข 4 เป็นการเลือก Driver PID Controller จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 โดยจะใช้เป็นบล็อกควบคุมกระบวนการ

หมายเลข 5 เป็นการเลือก Channel Driver Analog Output จาก Library ของโปรแกรมพีซีเอส 7 เชื่อมต่อกับ CVL102

กล่องสีแดง แสดงการควบคุมการทำนายของสมิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 การเชื่อมต่อบนโปรแกรม CFC ของการควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

จากรูปที่ 3.33 จะเห็นว่าบล็อก PID Controller มีค่าออกจากส่วนของเอาต์พุต คือ MV ซึ่งจะส่งไปยังวาล์วควบคุมผ่านอนาล็อคเอาท์พุตบล็อกและส่งไปยังฟังชันบล็อก Lagfunc โดยจะใส่ค่าพารามิเตอร์ LagTime เป็น 37.309 (ค่า 37.309 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Constant) ซึ่งเป็นค่าคงที่ของกระบวนการเอาต์พุตของบล็อกนี้จะส่งต่อไปยังฟังก์ชันบล็อก Multipli เข้าที่ Input ตัวแรก และ ใส่ค่า Gain ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 3.274 (ค่า 3.274 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Gain) สองบล็อกข้างต้นเปรียบเสมือนส่วนของ Smith Model โดยเอาต์พุตของบล็อกนี้จะถูกส่งไปยังส่วนของบล็อก Dead Time ซึ่งนำค่า Time Lag ของ Process Parameters ที่มีค่าเป็น 5.113 (ค่า 5.113 มาจากผลที่ได้จากการทำ Tunning PI ซึ่งจะตรงกับ Process Parameters ก็คือ Time Lag) โดยเอาต์พุตจะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับค่า PV ที่มาจากอนาล็อกอินพุตหลังจากเปรียบเทียบค่ากันแล้วจะเอาค่าไปรวมกับค่าที่มาจากส่วน Smith Model ก่อนส่งไปให้กับพารามิเตอร์ PV เพื่อเปรียบเทียบกับค่า SP ในฟังก์ชันบล็อก PID Controller และนำค่าที่ได้ไปควบคุมการเปิดปิดวาล์วเพื่อควบคุมระดับของน้ำแล้วบล็อก Fuzzy จะเป็นบล็อกที่ทำให้ค่าพีไอสามารถปรับตัวเองได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในส่วนของบทนี้เราจะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง และผลการทดลองประสิทธิภาพการควบคุมกระบวนการแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ ซึ่งตัวแปรควบคุมประกอบไปด้วย อัตราการไหลที่เราต้องการควบคุม (ลิตร/นาที), ความดัน (Psi), และระดับ (%) เพื่อเป็นการยืนยันให้เห็นถึงสมรรถนะ ผลตอบสนองการควบคุมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นั่นคือ ค่าอัตราการไหล ความดันและระดับสามารถเข้าสู่ค่าเป้าหมาย ตามที่กำหนดไว้และมีช่วงการใช้งานกว้างเพียงพอและเขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานสำหรับควบคุมกระบวนการ

4.1 วิธีการทดลอง

การทดลองการทำงานของระบบสามารถแยกออกได้ 4 ส่วนหลัก ดังนี้

1. การตั้งค่าตัวควบคุมและตัวเชื่อมต่อ ซึ่งก็คือการตั้งค่าคอนฟิกของระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม พีซีเอส 7

2. การเขียนค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมฟัซซี่ที่ผ่านการออกแบบไว้แล้วโดยโปรแกรม FuzzyControl++ V.6 จากบทที่ 3 ลงสู่ตัวควบคุมแบบกระจายส่วนพีซีเอส 7 ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ก

3. การเขียนโปรแกรม CFC โดยเลือกใช้บล็อกฟังก์ชั่นฟัซซี่ S7 20K และบล็อกอื่นๆ ประกอบกันเป็นระบบควบคุม อย่างเช่น PA_AI, PA_AO เป็นต้น

4. การนำค่าพารามิเตอร์ในกระบวนการที่ได้จากการทดลองบันทึกลงในโปรแกรม Excel แล้วนำไปพล็อตเป็นกราฟในโปรแกรม MATLAB

5. เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งาน โดยใช้โปรแกรม WinCC

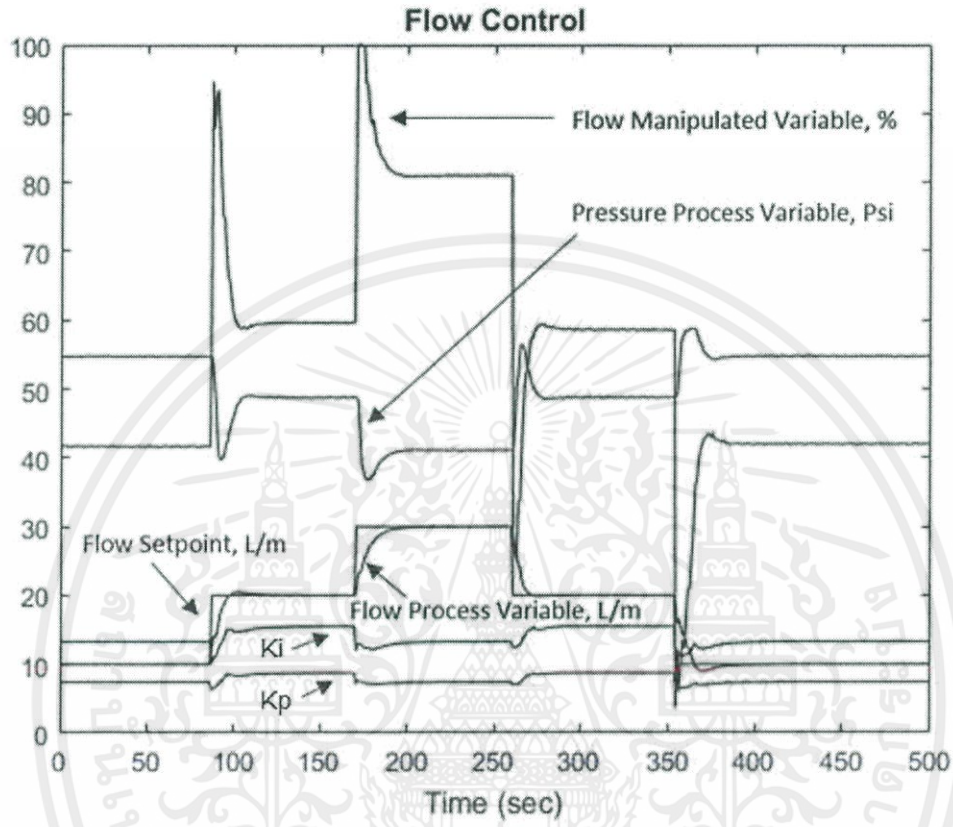
4.2 ผลการทดลอง

เพื่อให้การทดสอบสมรรถนะของระบบควบคุมกระบวนการซึ่งประกอบไปด้วยการควบคุมอัตราการไหล ความดันและระดับครอบคลุมช่วงการใช้งานกว้างเพียงพอ จึงได้เลือกค่าเป้าหมายที่แตกต่างกัน โดยทำการทดลองวัดทั้งขาขึ้นและขาลง ซึ่งมีค่าเป้าหมายเริ่มต้นเดียวกันและสิ้นสุดเดียวกันดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การควบคุมอัตราการไหลแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

ใช้ตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่สำหรับการควบคุมอัตราการไหล โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดผ่านทางโมดูลแอนาลอกอินพุตและโมดูลแอนาลอกเอาต์พุต ที่ค่า Setpoint 10, 20, 30, 20, และ 10 ตามลำดับ โดยเปิดวาล์วความดัน 100% จะได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองอัตราการไหล : ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอก อินพุต/เอาต์พุต

จากกราฟรูปที่ 4.1 เมื่อผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยนค่า Setpoint

จาก 10 L/m ไปยัง 20 L/m จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 7.39 ถึง 8.75 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 13.28 ถึง 15.49

จาก 20 L/m ไปยัง 30 L/m จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 8.75 ถึง 7.39 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 15.49 ถึง 13.28

จาก 30 L/m ไปยัง 20 L/m จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 7.39 ถึง 8.75 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 13.28 ถึง 15.49

จาก 20 L/m ไปยัง 10 L/m จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 8.75 ถึง 7.39 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 15.49 ถึง 13.28

จะเห็นได้ว่าที่ค่า Setpoint 10 L/m ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 7.39 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 13.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

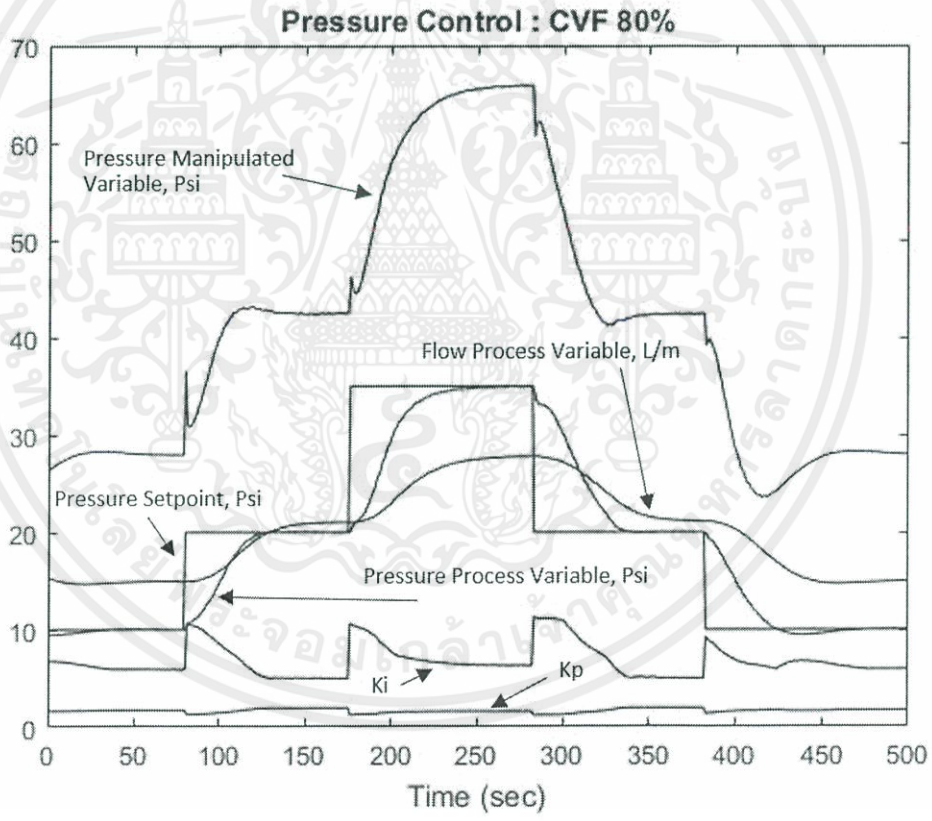
ที่ค่า Setpoint 20 L/m ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 8.75 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 15.49

ที่ค่า Setpoint 30 L/m ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 7.39 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ คือ 13.28

ค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) และเวลาอินทิกรัล (Ki) ของตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอเปลี่ยนไปตามค่าที่เหมาะสมตามช่วงของค่าที่ได้ออกแบบมาจากโปรแกรม FuzzyControl++ และค่าจริงของอัตราการไหลของน้ำในแต่ละ Setpoint ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยระบบฟัซซี่ผลตอบสนองตามค่าเป้าหมายที่ต้องการสามารถควบคุมได้ดีและใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็ว

4.2.2 การควบคุมความดันแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

ใช้ตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่สำหรับการควบคุมความดัน โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดผ่านทางโมดูลแอนาลอกอินพุตและโมดูลแอนาลอกเอาต์พุต ที่ค่า Setpoint 10, 20, 35, 20, และ 10 ตามลำดับ โดยเปิดวาล์วอัตราการไหล 80% จะได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองความดัน : ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟรูปที่ 4.2 เมื่อผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยนค่า Setpoint

จาก 10 Psi ไปยัง 20 Psi จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 1.74 ถึง 1.99 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 5.93 ถึง 5.01

จาก 20 Psi ไปยัง 35 Psi จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 1.99 ถึง 1.64 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 5.01 ถึง 6.31

จาก 35 Psi ไปยัง 20 Psi จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 1.64 ถึง 1.99 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 6.31 ถึง 5.01

จาก 20 Psi ไปยัง 10 Psi จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 1.99 ถึง 1.74 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 5.01 ถึง 5.93

จะเห็นได้ว่าที่ค่า Setpoint 10 Psi ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 1.74 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 5.93

ที่ค่า Setpoint 20 Psi ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 1.99 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 5.01

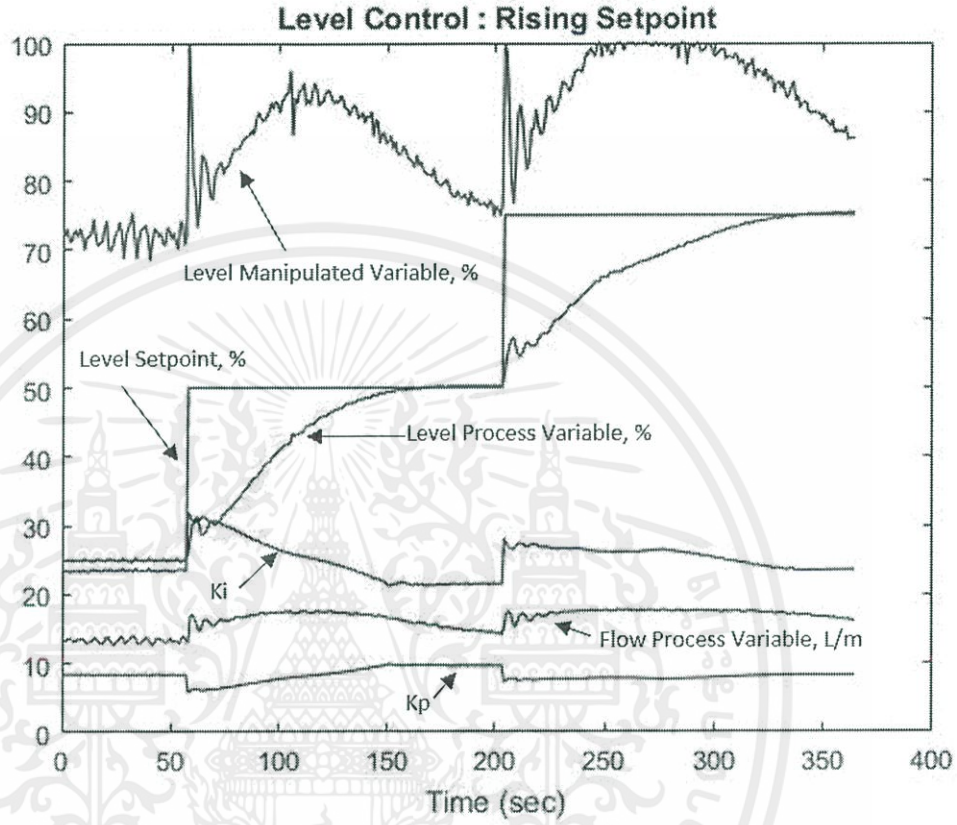
ที่ค่า Setpoint 35 Psi ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 1.64 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมความดัน คือ 6.31

ค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) และเวลาอินทิกรัล (Ki) ของตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอ เปลี่ยนไปตามค่าที่เหมาะสมตามช่วงของค่าที่ได้ออกแบบมาจากโปรแกรม FuzzyControl++ และค่าจริงของความดันของน้ำในท่อในแต่ละ Setpoint ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยระบบฟัซซี่ ผลตอบสนองตามค่าเป้าหมายที่ต้องการสามารถควบคุมได้ดีและใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การควบคุมระดับแบบสมิท-พีไอแบบปรับตัวเองด้วยฟัซซี่

ใช้ตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่สำหรับการควบคุมระดับ โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วัดผ่านทางโมดูลแอนาลอกอินพุตและโมดูลแอนาลอกเอาต์พุต ที่ค่า Setpoint ขาขึ้น 25, 50, 75 ตามลำดับ จะได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองระดับขาขึ้น : ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต

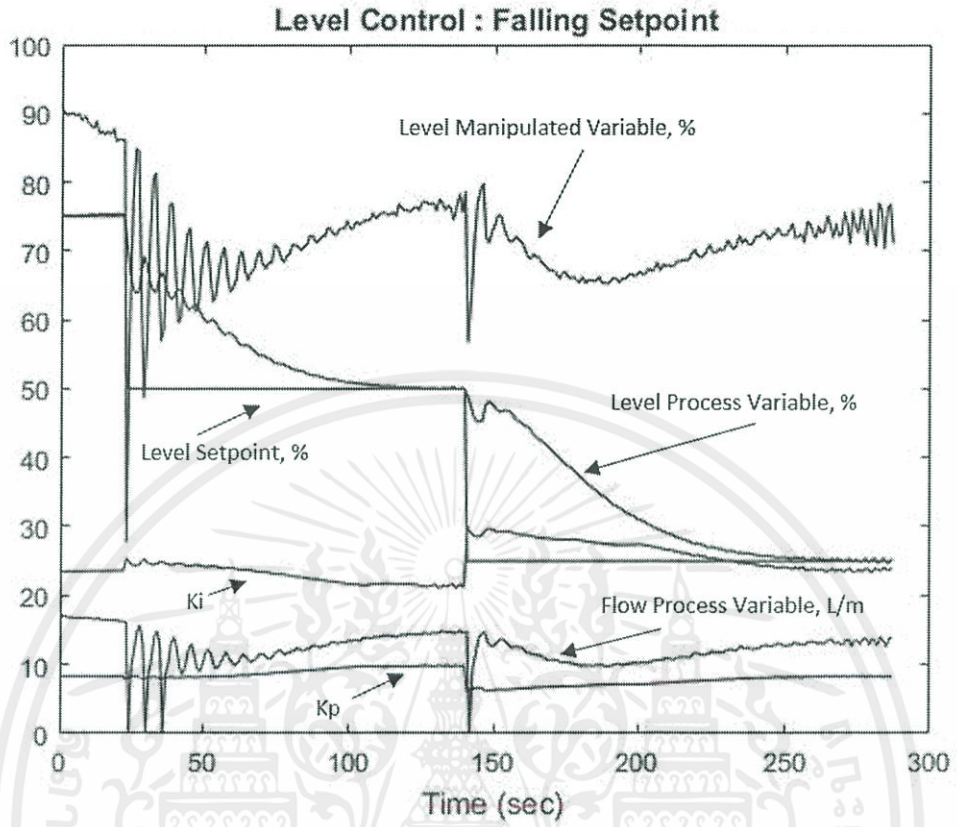
จากกราฟรูปที่ 4.3 เมื่อผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยนค่า Setpoint ขาขึ้น

จาก 25 % ไปยัง 50 % จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 8.40 ถึง 9.71 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 23.36 ถึง 21.44

จาก 50 % ไปยัง 75 % จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 9.71 ถึง 8.26 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 21.44 ถึง 23.57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ค่า Setpoint ขาลง 75, 50, 25 ตามลำดับ จะได้ผลตอบสนองดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองระดับขาลง : ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอร่วมกับฟัซซี่ผ่านโมดูลแอนาลอกอินพุต/เอาต์พุต

จากกราฟรูปที่ 4.4 เมื่อผู้จัดทำได้ทำการเปลี่ยนค่า Setpoint ขาลง

จาก 75 % ไปยัง 50 % จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 8.26 ถึง 9.71 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 23.57 ถึง 21.44

จาก 50 % ไปยัง 25 % จะเห็นได้ว่าค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 9.71 ถึง 8.40 และเวลาอินทิกรัล (Ki) เปลี่ยนค่าอยู่ในช่วง 21.44 ถึง 23.36

จะเห็นได้ว่าที่ค่า Setpoint 25 % ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับ คือ 8.40 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับของน้ำ คือ 23.36

ที่ค่า Setpoint 50 % ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับ คือ 9.71 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับของน้ำ คือ 21.44

ที่ค่า Setpoint 75 % ค่า Kp ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับ คือ 8.26 และค่า Ki ที่เหมาะสมกับกระบวนการควบคุมระดับของน้ำ คือ 23.57

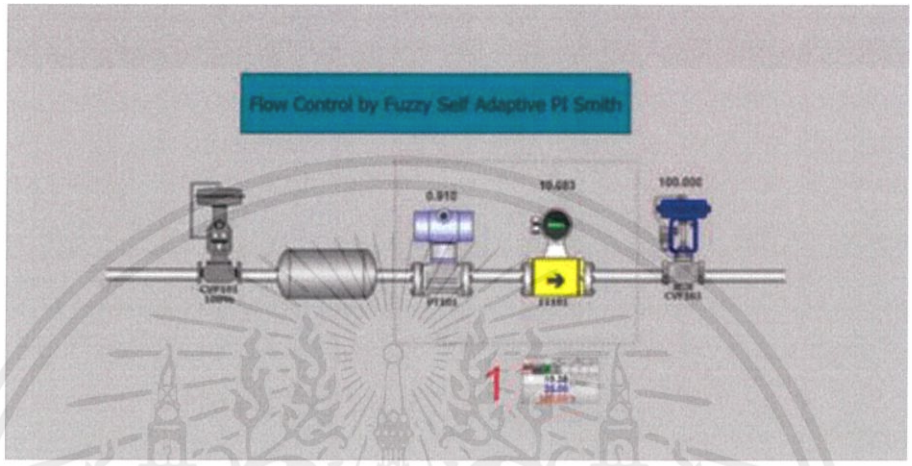
ค่าอัตราขยายสัดส่วน (Kp) และเวลาอินทิกรัล (Ki) ของตัวควบคุมแบบสมิท-พีไอเปลี่ยนไปตามค่าที่เหมาะสมตามช่วงของค่าที่ได้ออกแบบมาจากโปรแกรม FuzzyControl++ และค่าจริงของระดับของน้ำในแต่ละ Setpoint ซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยระบบฟัซซี่ ผลตอบสนองตามค่าเป้าหมายที่ต้องการสามารถควบคุมได้ดีและใช้เวลาในการเข้าสู่ค่าเป้าหมายเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เขียนโปรแกรมเชื่อมต่อกับผู้ใช้งานโดยใช้โปรแกรม WinCC

4.3.1 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมอัตราการไหล

หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมอัตราการไหล แสดงดังรูปที่ 4.5 มีการเชื่อมต่อค่ามาจากโปรแกรม CFC โดยสามารถทำการอ่านค่าและควบคุมอัตราการไหล กำหนดค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ แสดงสถานะของ Alarm ตามค่าที่เรากำหนด โดยเส้นประแสดงลูปการควบคุมของอัตราการไหล



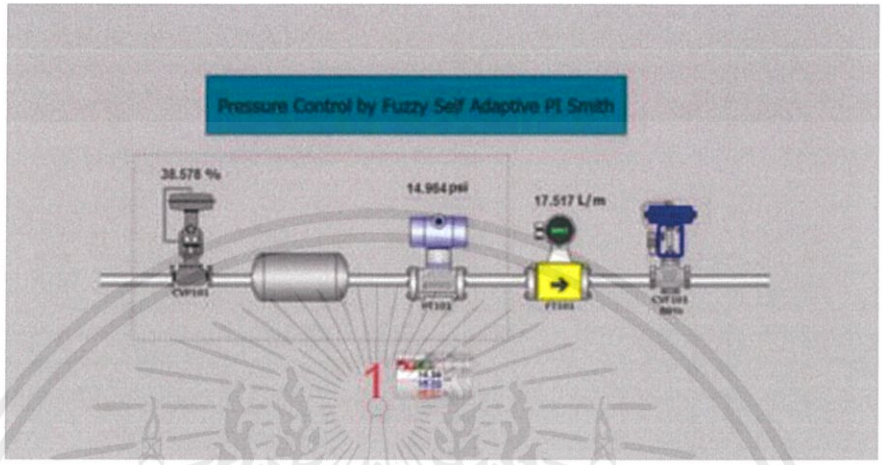
รูปที่ 4.5 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมอัตราการไหล

จากรูปที่ 4.5 หมายเลข 1 คือ Faceplate ที่เชื่อมมาจากบล็อก PIDConL ในหน้า CFC สามารถโชว์ค่า Setpoint, PV และ MV ของกระบวนการและสามารถทำการกดเข้าไปปรับเปลี่ยนโหมดการควบคุมให้อยู่ในโหมด Manual หรือ Automatic ได้ หรือเปลี่ยนค่า Setpoint ได้ สามารถตั้ง High/Low Limit ของกระบวนการได้ ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานมากกว่านี้แต่ผู้จัดทำได้ใช้ฟังก์ชันในส่วนนี้ในการใช้งาน ค่าตัวเลขต่างๆที่โชว์อยู่ที่ทรานส์มิเตอร์และวาล์วนั้น ผู้จัดทำได้ทำการ Link Tag มาจากหน้า CFC เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมความดัน

หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมความดัน แสดงดังรูปที่ 4.6 มีการเชื่อมต่อค่ามาจากโปรแกรม CFC โดยสามารถทำการอ่านค่าและควบคุมความดัน กำหนดค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ แสดงสถานะของ Alarm ตามค่าที่เรากำหนด โดยเส้นประแสดงลูปการควบคุมของความดัน



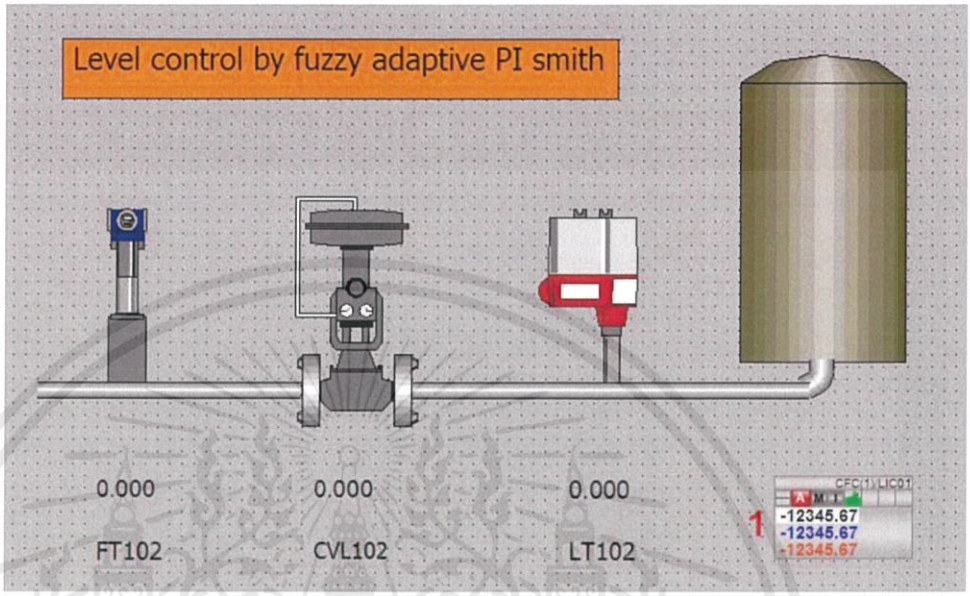
รูปที่ 4.6 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมความดัน

จากรูปที่ 4.6 หมายเลข 1 คือ Faceplate ที่เชื่อมมาจากบล็อก PIDConL ในหน้า CFC สามารถโชว์ค่า Setpoint, PV และ MV ของกระบวนการและสามารถทำการกดเข้าไปปรับเปลี่ยนโหมดการควบคุมให้อยู่ในโหมด Manual หรือ Automatic ได้ หรือเปลี่ยนค่า Setpoint ได้ สามารถตั้ง High/Low Limit ของกระบวนการได้ ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานมากกว่านี้แต่ผู้จัดทำได้ใช้ฟังก์ชันในส่วนนี้ในการใช้งาน ค่าตัวเลขต่างๆที่โชว์อยู่ที่ทรานส์มิเตอร์และวาล์วนั้น ผู้จัดทำได้ทำการ Link Tag มาจากหน้า CFC เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 โปรแกรมเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมระดับ

หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมระดับ แสดงดังรูปที่ 4.7 มีการเชื่อมต่อค่ามาจากโปรแกรม CFC โดยสามารถทำการอ่านค่าและควบคุมระดับ กำหนดค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการ แสดงสถานะของ Alarm ตามค่าที่เรากำหนด



รูปที่ 4.7 หน้าจอแสดงผลเชื่อมต่อผู้ใช้งานในการควบคุมระดับ

จากรูปที่ 4.7 หมายเลข 1 คือ Faceplate ที่เชื่อมมาจากบล็อก PIDConL ในหน้า CFC สามารถโชว์ค่า Setpoint, PV และ MV ของกระบวนการและสามารถทำการกดเข้าไปปรับเปลี่ยนโหมดการควบคุมให้อยู่ในโหมด Manual หรือ Automatic ได้ หรือเปลี่ยนค่า Setpoint ได้ สามารถตั้ง High/Low Limit ของกระบวนการได้ ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานมากกว่านี้แต่ผู้จัดทำได้ใช้ฟังก์ชันในส่วนนี้ในการใช้งาน ค่าตัวเลขต่างๆที่โชว์อยู่ที่ทรานส์มิเตอร์และวาล์วนั้น ผู้จัดทำได้ทำการ Link Tag มาจากหน้า CFC เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ทำการค้นคว้าศึกษาการใช้งานของระบบ DCS ในกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ, ความดันของน้ำในท่อ และระดับของน้ำ รวมถึงการตั้งค่าอุปกรณ์วัดต่างๆ อุปกรณ์เชื่อมต่อตัวควบคุม การพัฒนาวิธีการควบคุมและการเขียนโปรแกรม CFC และการนำฟัซซี่ลอจิคมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการ โดยใช้โปรแกรม FuzzyControl++ ของบริษัทซีเมนซ์แห่งประเทศเยอรมันเป็นเครื่องมือในการพัฒนาตัวควบคุมฟัซซี่และเชื่อมต่อการควบคุมตัวแบบการทำนายของสมิทโดยใช้การเชื่อมต่อผ่านการเขียนโปรแกรม CFC ซึ่งขั้นตอนแรกนั้นจะต้องทำการศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นของการควบคุมพีไอดี, ฟัซซี่ และทฤษฎีการทำนายของสมิท ตลอดจนวิธีการเชื่อมต่อเข้ากับตัวควบคุม S7-400 จากนั้นจึงออกแบบตัวควบคุมฟัซซี่ด้วยโปรแกรม FuzzyControl++ เพื่อเขียนพารามิเตอร์ต่างๆ และเขียนการควบคุมแบบการทำนายของสมิทสำหรับการประมวลผลด้วยตัวควบคุมและทำการเขียนโปรแกรมติดต่อผู้ใช้งานด้วยโปรแกรม WinCC สำหรับแสดงผลการทดลองและทำการควบคุมผ่านหน้าจอแสดงผล เพื่อง่ายต่อการใช้งาน ทำการใส่ฟังก์ชัน Alarm เพื่อแสดงให้เห็นว่ากระบวนการอยู่ในระดับที่อาจเป็นอันตรายหรือเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

จากการทดลองของปริญญานิพนธ์นี้ เมื่อค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการในระบบมีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้มีผลต่อระบบควบคุม การทำ Tuning PID เมื่อซอฟแวร์ทำการคำนวณได้ค่า PI ที่เหมาะสมของกระบวนการในขณะนั้นแล้ว แต่เมื่อกระบวนการทำงานไปได้ในเวลาช่วงหนึ่งค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการเปลี่ยนแปลง เช่น เกิดแรงเสียดทานที่วาล์วควบคุม ทำให้ไม่สามารถควบคุมผลตอบสนองให้เป็นไปตามค่าที่ต้องการได้ นั่นก็คือ ประสิทธิภาพของกระบวนควบคุมลดลง โดยปกติเมื่อเกิดปัญหาลักษณะนี้ แนวทางการแก้ไขเบื้องต้น ก็คือ ทำการ Tuning PID ใหม่ แต่ในทางปฏิบัติ ถ้าหากมีการใช้งานตัวควบคุมเป็นจำนวนมาก ความซับซ้อนของการควบคุมจะมีมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการอาจเกินขึ้นได้หลายแบบ ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นอาจจะทำให้ต้องหยุดการทำงานของกระบวนการผลิต เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ปริญญานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการควบคุมแบบสมิท-พีไอปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ เพื่อประยุกต์ใช้แทนที่ตัวควบคุมพีไอแบบปกติ พบว่าเมื่อค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการในระบบเปลี่ยนไป การควบคุมแบบสมิท-พีไอปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ก็ยังคงสามารถควบคุมผลตอบสนองให้เป็นไปตามค่าที่ต้องการได้เสมอและการควบคุมแบบสมิทสามารถกำจัดค่าหน่วงเวลาของระบบได้อีกด้วย ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการควบคุมที่ดี ดังนั้นการควบคุมแบบสมิท-พีไอปรับตัวเองด้วยฟัซซี่ จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวงการอุตสาหกรรมได้จริง เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการที่ค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการเปลี่ยนไปได้และต้องการกำจัดค่าหน่วงเวลาของระบบให้เร็วขึ้น

5.2 วิเคราะห์ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในการทดลอง การเปิด-ปิดวาล์วควบคุมต้องใช้ลมในการเปิด-ปิด ซึ่งอุปกรณ์ปั๊มลมและถังพักลมอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ไม่เต็มที่ ทำให้การควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วในกระบวนการควบคุมเกิดปัญหา ซึ่งปัญหาจะเกิดในขณะที่มีการสั่งเปิด-ปิดวาล์ว เนื่องจากปริมาณลมไม่เพียงพอต่อการเปิด-ปิดในแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละครั้งเมื่อทำการควบคุมไปได้ในระยะเวลาหนึ่ง การควบคุมกระบวนการด้วยฟัซซี่มีข้อจำกัดในการกำหนดตัวแปลอินพุทกับเอาต์พุทโดยที่มาของขอบเขตตัวแปล จะขึ้นอยู่กับผู้เชี่ยวชาญในแต่ละกระบวนการควบคุม ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ, ความดันของน้ำในท่อ และระดับของน้ำ จะมีการกำหนดอินพุทกับเอาต์พุทที่แตกต่างกัน โดยผู้จัดทำอาจจะไม่มีความเชี่ยวชาญที่เพียงพอ สำหรับการกำหนดขอบเขตของตัวแปลได้ถูกต้องและแม่นยำ ทำให้ผลของการทดลองออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควร โดยได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงโดยการทำการทดลองซ้ำๆ หลายๆ ครั้ง เพื่อศึกษาความน่าจะเป็นของแต่ละกระบวนการ ไม่ว่าจะเป็นค่าระดับอัตราการไหลของน้ำ, ความดันของน้ำในท่อ และระดับชองน้ำ ค่าความผิดพลาด ค่า Kp และค่า Kd ผู้จัดทำพยายามทำการทดลองให้ครอบคลุมกระบวนการควบคุมแต่การควบคุมอุณหภูมิมีข้อจำกัดให้การทดลองและเป็นกระบวนการที่สามารถควบคุมได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] http://suchart.rmutl.ac.th/04-220-308/Control.pdf, **"ระบบควบคุม (Control System)"**

[2] SIMATIC Process Control System PCS7 PCS7 Advanced Process Library V71 – Function Manual 03-2009

[3] A.Terry Bahill, **"A simple Adaptive Smith-Predictor for Controlling Time-Delay Systems"**

[4] Li-Xin Wang, **"Generating Fuzzy Rules By Learning By Example"**

[5] Siemens AG, **SIMATIC PCS7 on Tour** – Basic, Siemens AG, Karlsruhe, Germany, March 2007.

[6] อิศราวุฒิ รักตะสุวรรณ, วชิระ เสรีสงแสง และ วิลาสินี ตันติมณีโชติ. 2556. **"การจูนตัวควบคุมพีไอดีด้วยฟัซซี่ลอจิกบนระบบควบคุมแบบกระจายส่วนพีซีเอส 7."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] เขมจิรา อัศวธนาธร. 2558. **"การใช้ตัวควบคุมพีไอแบบปรับตั้งค่าเองด้วยฟัซซี่ในระบบควบคุมแบบกระจายส่วนสำหรับระบบควบคุมอัตราการไหล."** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม มหาบัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
การใช้งานโปรแกรมการควบคุม Fuzzy Control++ V.6

ก.1 การสร้างระบบ Fuzzy control

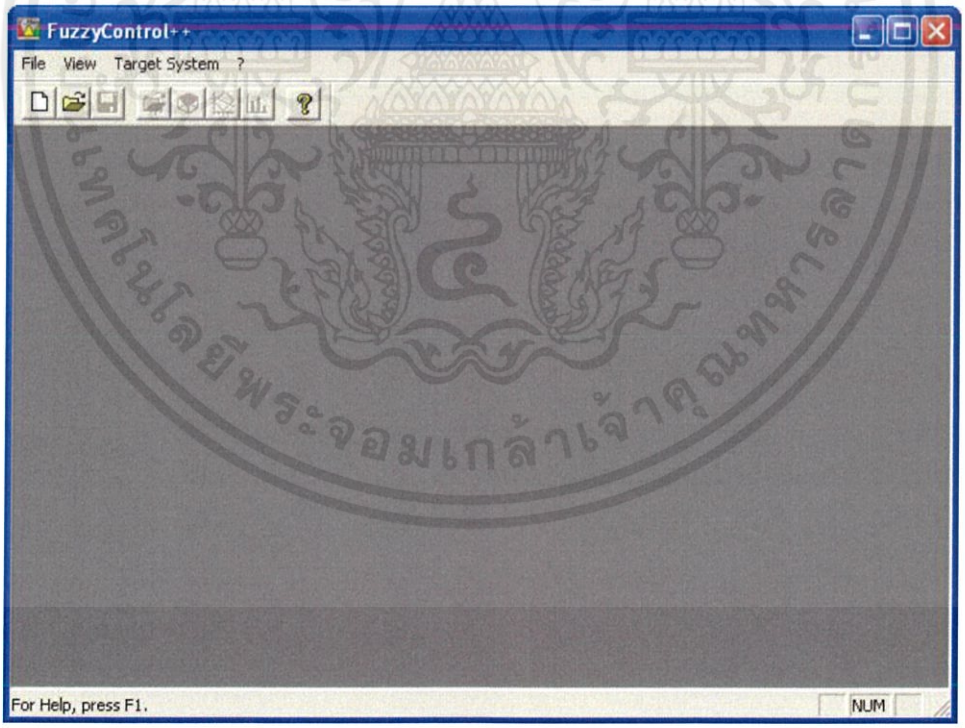
ในขั้นตอนแรกนั้นหากเราจะต้องการสร้างโปรเจคระบบฟัซซี่ขึ้นใหม่ก็ทำได้โดยทำการกดเลือกที่คำว่า File ⟶New ข้อควรระวังการใช้โปรแกรมนี้คือการเลือกส่วนของ Target System ซึ่งเป็นส่วนที่ สำคัญอย่างมากหากเราไม่ได้ทำการตั้งค่าส่วนนี้แล้วอาจทำให้โปรเจคของเรานั้น ไม่สามารถดำเนินการขั้นตอนอื่นๆ ได้ การบันทึกงานในโปรแกรมนี้จะเป็น ตระกูลประเภท .fpl , .fcl ในกรณีที่เรามีการ เขียนโปรแกรมนี้ไว้แล้วเราสามารถเลือก Open เพื่อเปิดไฟล์งานเดิมได้

ก.1.1 การตั้งค่าในระบบ Fuzzy Control

การตั้งค่าระบบฟัซซี รวมถึงการกำหนดเป้าหมายของระบบ และจำนวนของอินพุต เอาต์พุต ของระบบฟัซซี ยังเป็นมาตรฐานของโปรแกรมที่จัดทาขึ้นโดยการระบุค่าต่ำสุด สูงสุด สำหรับอินพุตและเอาต์พุต นอกจากนี้เป้าหมายของระบบยังสามารถระบุหรือเปลี่ยนแปลงค่าได้ในภายหลัง การเพิ่มหรือการเปลี่ยนแปลงของเป้าหมายของระบบสามารถศึกษาได้ในส่วนของ Target System

ก.1.1.1 การกำหนดจานวนของอินพุตและเอาต์พุต

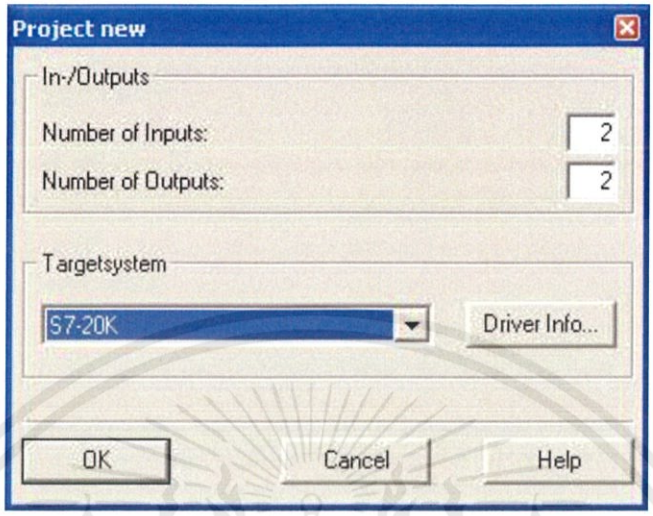
หลังจากที่เราทำการเปิดโปรแกรม Fuzzy control++ แล้ว จะมีการแสดงหน้าต่างพื้นฐาน ซึ่งจะมีแถบเมนูให้เลือกใช้ต่าง ดังรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 หน้าต่างพื้นฐานของโปรแกรม Fuzzy Control++

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

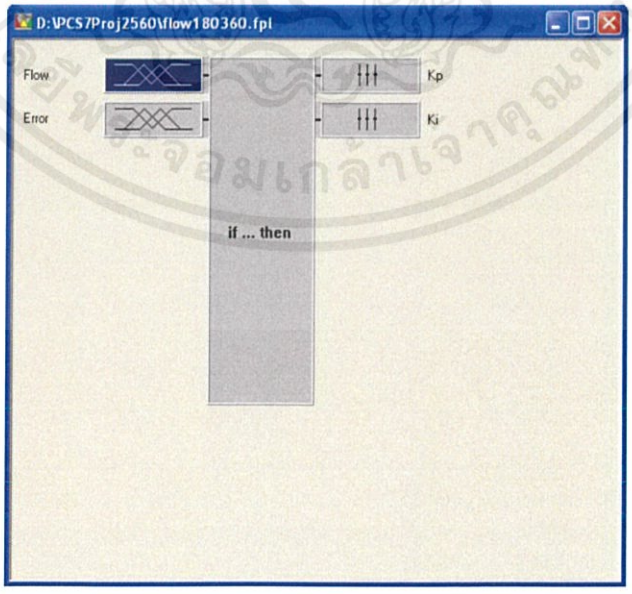
เปิดคำสั่ง New ในเมนู File จะแสดงหน้าต่างดัง รูปที่ ก.2 ข้างล่าง ขั้นตอนแรก กล่องโต้ตอบที่มีชื่อ Define Project จะปรากฏขึ้น ซึ่งเราสามารถกำหนดโครงสร้างภายนอกของระบบได้



รูปที่ ก.2 หน้าต่าง Project new เพื่อให้เรากำหนดโครงสร้างภายนอกระบบ

แสดงจำนวนเริ่มต้นของอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งทำการเลือก 2 อินพุตและ 2 เอาต์พุต สำหรับกระบวนการควบคุมอัตราการไหลของน้ำ และเลือก SIMATIC S7-20K ตามที่กำหนด

ถ้าจำนวนของอินพุตและเอาต์พุตยังไม่ได้รับการตั้งค่าหรือกำหนด สามารถ เพิ่มหรือลบ อินพุตและ เอาต์พุตได้ในภายหลัง ที่เมนู Edit หลังจากกำหนดเสร็จเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างบล็อกไดอะแกรมของระบบฟัซซี หน้าต่างพื้นฐานสำหรับการแก้ไขโปรเจค ซึ่งจะแสดงสัญลักษณ์ ตัวแทนของกฎพื้นฐาน (if.....then block) ดังรูป ที่ ก.3



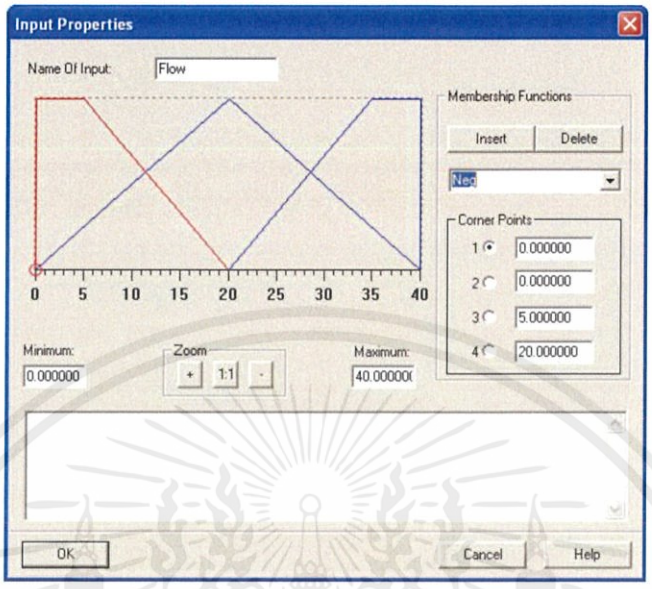
รูปที่ ก.3 หน้าต่างพื้นฐาน ซึ่งเราสามารถทำการแก้ไขระบบได้จากหน้าต่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.1.1.2 การแก้ไขจำนวนอินพุตและเอาต์พุต

เมื่อทำการแก้ไขโปรเจคจะทำให้เราสามารถกำหนดชื่อของอินพุตและเอาต์พุตได้

- แก้ไขอินพุต 01



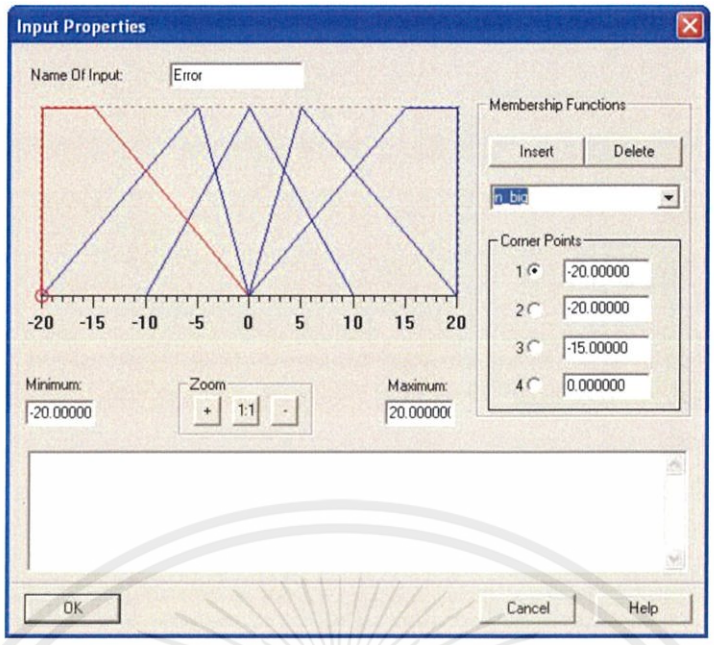
รูปที่ ก.4 หน้าต่าง Input Properties สามารถทำการกำหนดและแก้ไขอินพุตได้

จากหน้าต่างพื้นฐาน รูปที่ ก.4 เมื่อทำการดับเบิ้ลคลิกที่ Input01 หรือคลิกขวาแล้วทำการเลือกเลือก จะปรากฏหน้าต่าง Input Properties ดังรูปที่ ก.4 สำหรับการแสดงค่าอินพุต จะ ปรากฏช่องให้กำหนดชื่อของอินพุตเพื่อเปลี่ยนจาก Input01 ไปเป็นชื่ออินพุตของกระบวนการ ทำการใส่ชื่ออินพุต ซึ่งคือ Flow กำหนดช่วงค่าของอินพุต 0-40 ลิตรต่อนาที ด้วยการใส่ 0 ที่ด้าน Minimum และ ใส่ 40 ที่ด้าน Maximum เมื่อทำการแก้ไขอินพุตเสร็จแล้ว คลิก OK ที่หน้าต่าง Input Properties

- แก้ไขอินพุต 02

ถ้าเราทำการดับเบิ้ลคลิก หรือคลิกขวาที่ช่องอินพุต จะปรากฏกล่องข้อความโต้ตอบสำหรับอินพุตนี้ขึ้นมา Input Properties เปลี่ยนชื่อจาก Input02 เป็น Error กำหนดค่า -20 สำหรับ Minimum และกำหนดค่า 20 ที่ Maximum

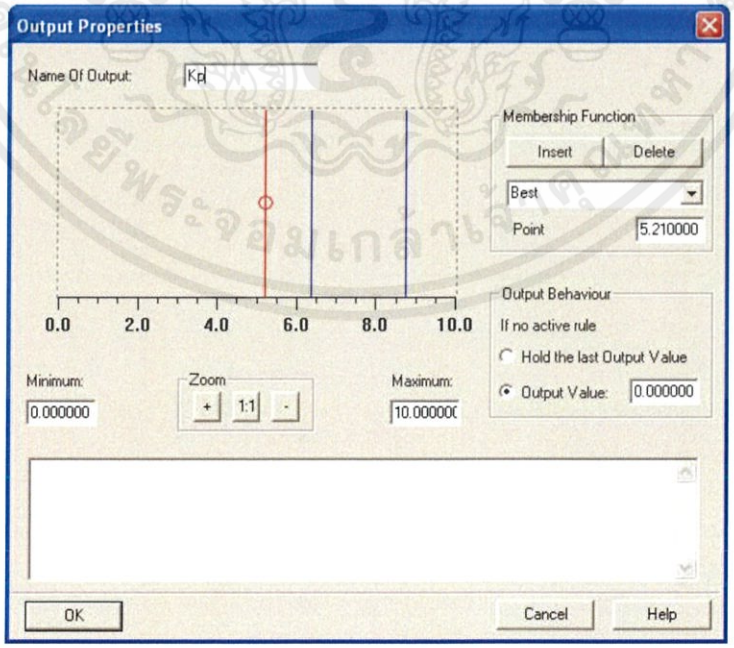
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.5 หน้าต่าง Input Properties สามารถทำการกำหนดและแก้ไขอินพุตได้

- แก้ไขเอาต์พุต 01 (Kp)

ถ้าเราทำการดับเบิ้ลคลิก หรือคลิกขวาที่ช่องเอาต์พุต จะปรากฏกล่องข้อความโต้ตอบสำหรับเอาต์พุตนี้ขึ้นมา คือ Output Properties ทำการเปลี่ยนชื่อของเอาต์พุต จาก Output01 เป็น Kp (เป็นการจูนนิงตัวแปร Kp) กำหนดค่า 0-10 สำหรับ ค่า Minimum และ Maximum เมื่อทำการแก้ไขเสร็จแล้วทำการคลิก OK จะปรากฏหน้าต่างพื้นฐานของระบบการควบคุมฟัซซีอีกครั้ง

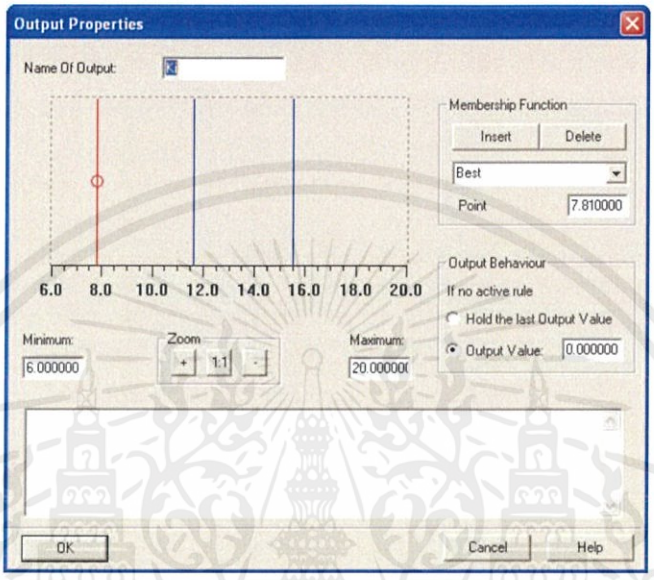


รูปที่ ก.6 หน้าต่าง Output Properties สามารถทำการกำหนดและแก้ไขเอาท์พุตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แก้ไขเอาต์พุต 02 (Ki)

ถ้าเราทำการดับเบิ้ลคลิก หรือคลิกขวาที่ช่องเอาต์พุต จะปรากฏกล่องข้อความโต้ตอบสำหรับเอาต์พุตนี้ขึ้นมา คือ Output Properties ทำการเปลี่ยนชื่อของเอาต์พุต จาก Output01 เป็น Ki (เป็นการจูนนิ้งตัวแปร Ki) กำหนดค่า 6-20 สำหรับค่า Minimum และ Maximum เมื่อทำการแก้ไขเสร็จแล้วทำการคลิก OK จะปรากฏหน้าต่างพื้นฐานของระบบการควบคุมฟัซซีอีกครั้ง



รูปที่ ก.7 หน้าต่าง Output Properties สามารถทำการกำหนดและแก้ไขเอาท์พุตได้

ก.1.2 กฎของเมตริกซ์

ทำการเปิดหน้าต่างกล่องข้อความ Rule Table โดยการดับเบิ้ลคลิกที่ if....then เป็นกล่องข้อความสาหรับกำหนดและแก้ไขกฎที่ใช้สำหรับการควบคุมระบบฟัซซี ในกล่อง Rule Matrix แสดงความสัมพันธ์ของกฎระหว่าง ค่าอินพุต เอาต์พุตและกฎ ในรูปแบบของ เมตริกซ์ แต่เมตริกซ์นั้นสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ที่ 2 อินพุตและ 1 เอาต์พุตเท่านั้น แต่จะมีตารางกฎ Rules Table สำหรับระบบที่มีขนาดเล็ก หรือใหญ่กว่าที่กล่าวมาตามจำนวนอินพุตและเอาต์พุต ในตาราง กฎจะปรากฏ 1 แถวแนวตั้งสำหรับ 1 กฎ ถ้ามีจำนวนใกล้ที่จะเกินขีดจำกัด สามารถทำการลดจำนวนกฎได้โดยการกำหนดหลายเอาต์พุตสาหรับ 1 กฎ

ตัวอย่าง

ระบบตัวอย่าง จะมีกฎการควบคุมทั้ง 15 กฎ ดังนี้

L1 : If Flow is N and Error is n_big then output is Best

L2 : If Flow is N and Error is n_small then output is Best

L3 : If Flow is N and Error is null then output is Med

L4 : If Flow is N and Error is p_small then output is Best

L5 : If Flow is N and Error is p_big then output is Best

L6 : If Flow is Z and Error is n_big then output is Best

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L7 : If Flow is Z and Error is n_small then output is Med

L8 : If Flow is Z and Error is null then output is poor

L9 : If Flow is Z and Error is p_small then output is poor

L10 : If Flow is Z and Error is p_big then output is Best

L11 : If Flow is P and Error is n_big then output is Med

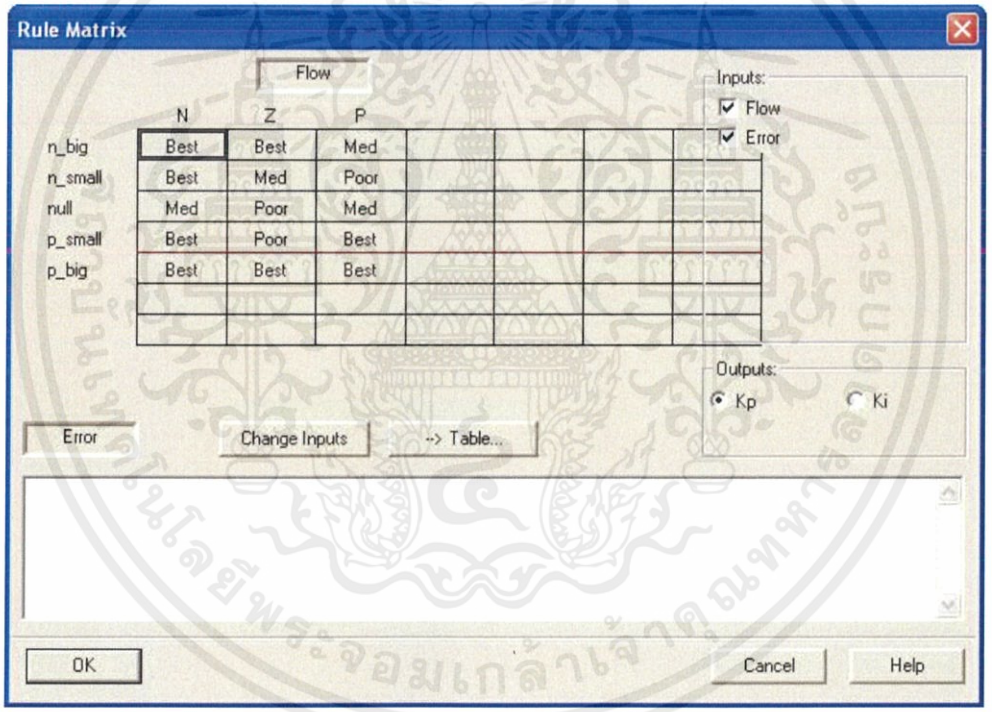
L12 : If Flow is P and Error is n_small then output is Poor

L13 : If Flow is P and Error is null then output is Med

L14 : If Flow is P and Error is p_small then output is Best

L15 : If Flow is P and Error is p_big then output is Best

การใช้ Rules Matrix จะมีการกำหนดกฎง่ายกว่า ดูจากความสัมพันธ์กันระหว่าง 2 อินพุต คือ Flow และ Error จากนั้นทำการเลือกค่าเอาต์พุตที่เหมาะสม ดังได้แสดงเป็นกฎทั้ง 15 กฎ ข้างต้น การกำหนดค่าเอาต์พุตของอินพุตยังเป็นการทำให้เกิดการรวมกัน โดยเกิดจากการกำหนดค่า ลิงกวิสติก (จากเอาต์พุต) ท้ายที่สุดแล้วจะปรากฏเมตริกซ์ ดังรูป ก.10



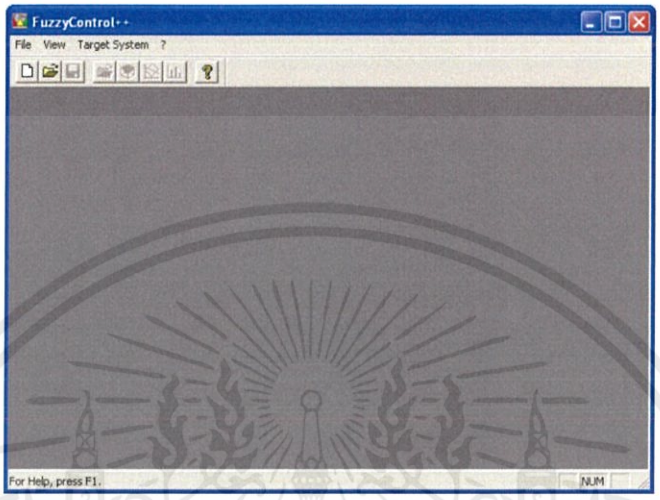
รูปที่ ก.10 เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การเชื่อมต่อและเขียนค่าพารามิเตอร์ฟัซซีลงสู่ตัวควบคุม

หลังจากได้ทำการออกแบบฟังก์ชันฟัซซีได้ตามความต้องการ ขั้นตอนต่อไปก็คือ การส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของฟังก์ชันฟัซซีลงสู่หน่วยความจำของตัวควบคุม ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

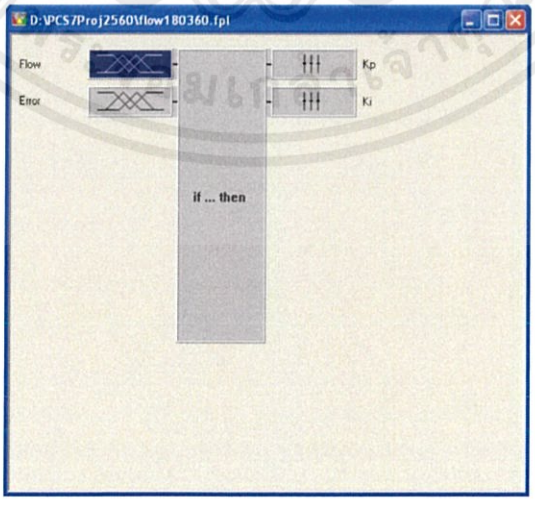
1. รันโปรแกรม Fuzzy control++ ดังรูปที่ ก.11



รูปที่ ก.11 โปรแกรม FuzzyControl++

2. เปิดไฟล์นามสกุล fpl ที่ได้บันทึกไว้จากการออกแบบ ในเมนู เลือก File >Open เลือกไฟล์ที่บันทึกไว้ ในที่นี้คือ ไฟล์ PI.fpl

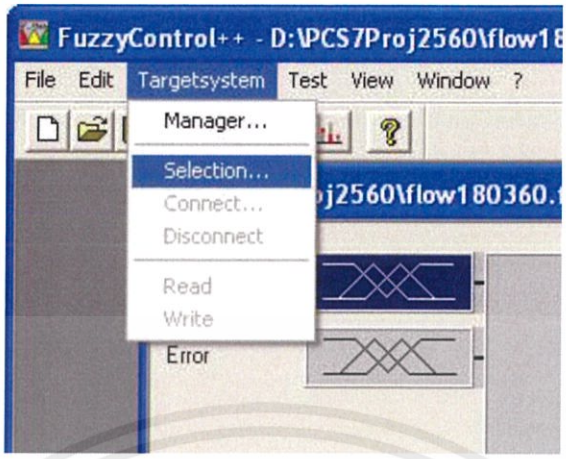
3. จะปรากฏหน้าต่างขึ้นมา ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆ ประกอบด้วย ส่วนอินพุตคือ อัตราการไหล (Flow) ค่าความผิดพลาด (Error) ของอัตราการไหลส่วนเอาต์พุตจะเป็นพารามิเตอร์ Kp (Proportional) และ Ki (Integral) และกฎต่างๆ ดังรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 รายละเอียดของตัวฟัซซี

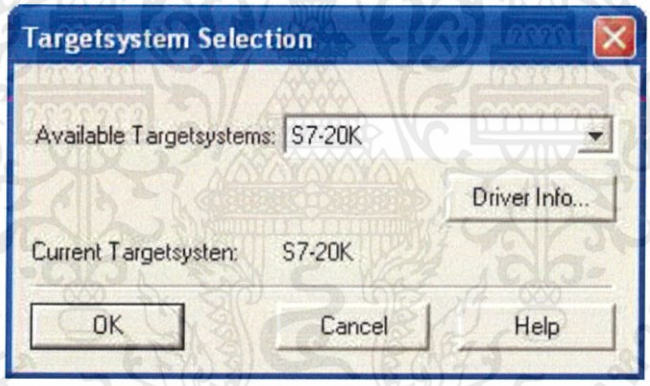
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ที่แถบ Menu เลือก Target system จากนั้นเลือก Selection ตามรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 เมนู Target system เลือก Selection

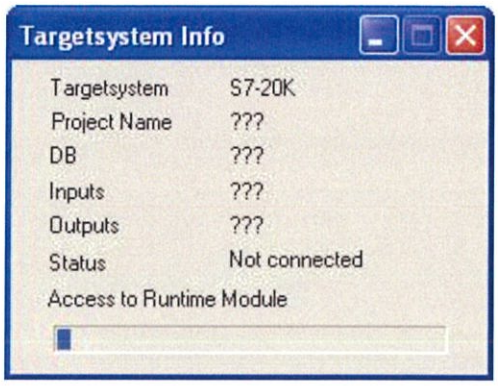
5. Available Targetsystems (เป็นการเลือกชนิดของบล็อกฟังชั่น) ในที่นี้เราจะเลือก S7-20K จากนั้นกด OK ดังรูปที่ ก.14



รูปที่ ก.14 ชนิดของบล็อกฟังชั่น

6. จะปรากฏหน้าต่าง Targetsystem Info ขึ้นมา ดังรูปที่ ก.15 ซึ่งก็คือ ข้อมูลของพารามิเตอร์ ฟังก์ชันฟังชั่น ประกอบด้วย ชนิดของบล็อกฟังชั่น (Targetsystem) ชื่อโปรเจค (Project Name) หมายเลขบล็อกข้อมูล (Data Block: DB) จำนวนอินพุต (Inputs) จำนวนเอาต์พุต (Outputs) และสถานะการเชื่อมต่อ (Status)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



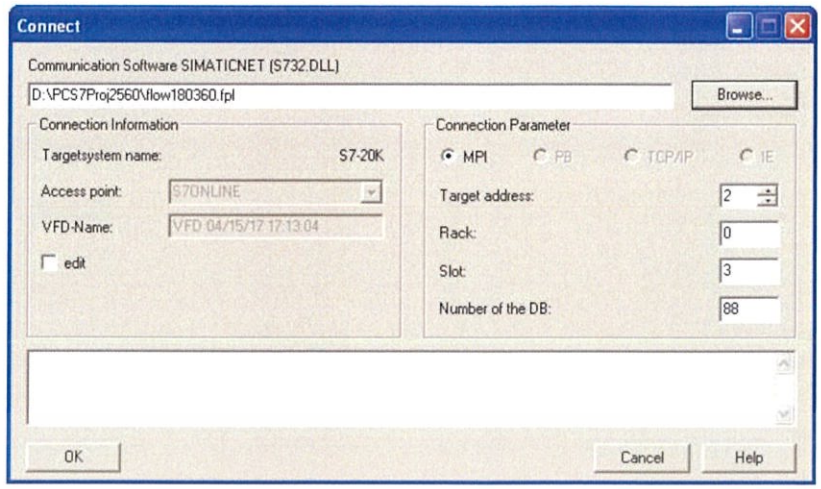
รูปที่ ก.15 ข้อมูลของพารามิเตอร์ฟังก์ชันฟัซซี

7. ไปที่แถบเมนู เลือก Targetsystem อีกครั้ง เลือก Connect ดังรูปที่ ก.16 เพื่อทำการเชื่อมต่อโปรแกรม FuzzyControl++ เข้ากับโปรแกรมควบคุม PCS7

รูปที่ ก.16 เมนู Targetsystem เลือก Connect

8. ตั้งค่าพารามิเตอร์การเชื่อมต่อ ดังนี้ เลือกการเชื่อมต่อผ่าน MPI ค่าตั้ง Target Address : 2 (แอดเดรสเป้าหมาย) เลือก Rack: 0 อยู่ที่ Slot: 3 และ หมายเลขบล็อกข้อมูล (Number of the DB) ดู จากบล็อกฟัซซีในโปรแกรม CFC ในที่นี้คือ 88 แต่ละครั้งที่ทาโปรแกรมจะแตกต่างกันออกไป ดังแสดงใน รูปที่ ก.17

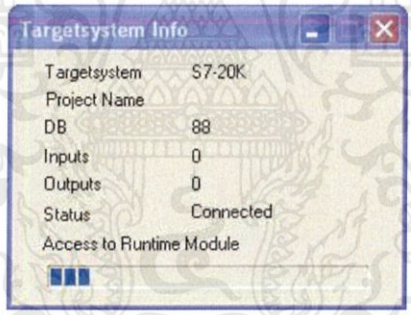
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.17 การตั้งค่าพารามิเตอร์การเชื่อมต่อ

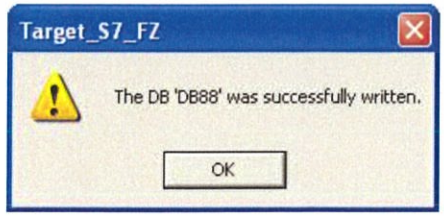
9. ไปที่แถบเมนู เลือก Targetsystem อีกครั้ง แต่เลือก Write เพื่อเขียนข้อมูลของฟังก์ชันฟัซซีตามที่ได้ออกแบบไว้ลงสู่หน่วยความจำของตัวควบคุม

10. เมื่อค่าที่กำหนดตัวแปรต่างๆ ในการออกแบบฟัซซีจะเข้าไปสู่กระบวนการควบคุม หน้าต่าง Target system Info ที่เปิดไว้ จะเปลี่ยนดังที่แสดงในรูปที่ ก.18



รูปที่ ก.18 ข้อมูลของพารามิเตอร์ฟังก์ชันฟัซซีขณะกำลังเขียน

11. เมื่อทำการเขียนสำเร็จจะขึ้นหน้าต่างดังรูปที่ ก.19



รูปที่ ก.19 สิ้นสุดการเชื่อมต่อ

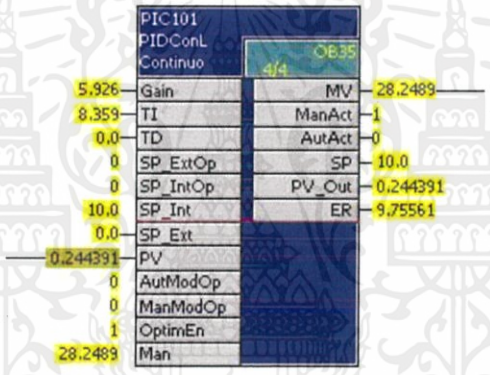
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ขั้นตอนการทำ Tunning PID และค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุม

ข.1 ทำการปรับจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PIC101 แบบ Automatic

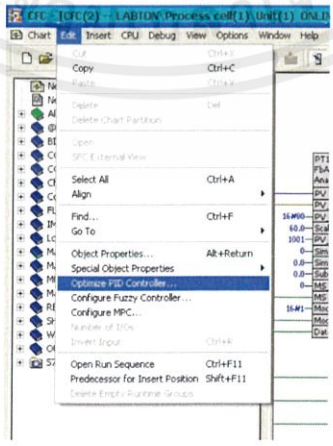
ทำการปรับเปลี่ยนค่า Set point ของตัวควบคุม PIC101 โดยให้ครอบคลุมช่วงที่เป็นไปได้ ได้แก่ 15, 25 , และ 35 ระบบจะปรับตัวเข้าสู่ค่าที่เรากำหนด ได้แก่ 15, 25 , 35 เปรียบเสมือนการเรียนรู้ของกระบวนการใน แต่ละช่วงและรู้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สุดท้าย โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการและ ตัวควบคุม ที่เหมาะสมที่สุดขึ้นมา เป็นอันเสร็จสิ้นการปรับจูนแบบ Automatic

1. จากรูปที่ ข.1 เป็นฟังก์ชันบล็อกในหน้าโปรแกรม CFC ซึ่งเป็นบล็อก PID ที่ใช้ในการควบคุม โดยตั้งค่า OptimEn = 1 และคลิกที่ PIC101



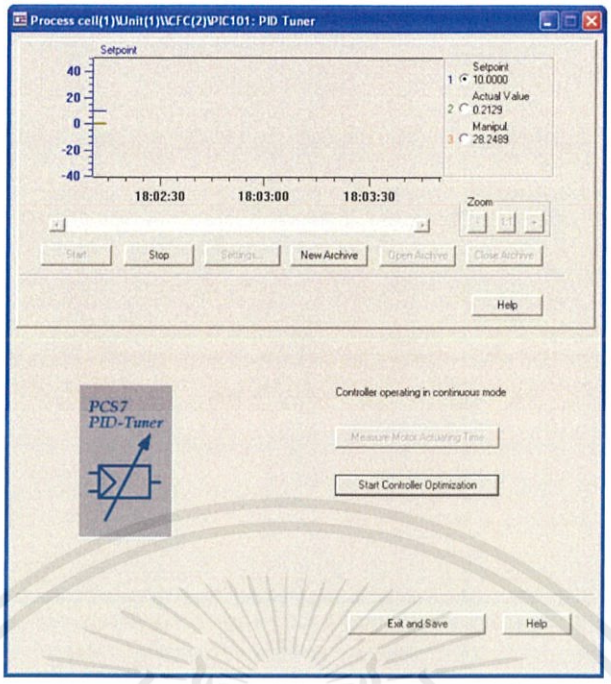
รูปที่ ข.1 Function Block ของ PIC101

2. กด Edit และเลือก Optimize PID Controller ตามรูปที่ ข.2 ซึ่งจะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.3



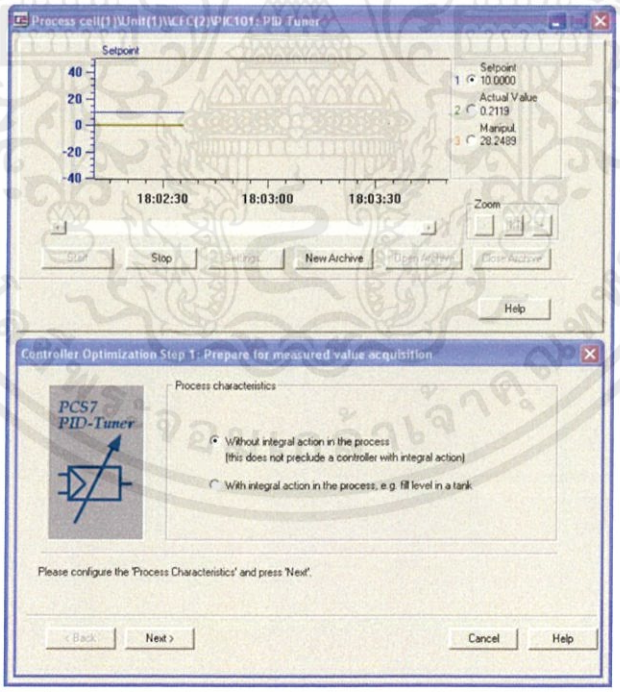
รูปที่ ข.2 เมนู Edit เลือก Optimize PID Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 หน้าจอแรกของ Optimize PID Controller

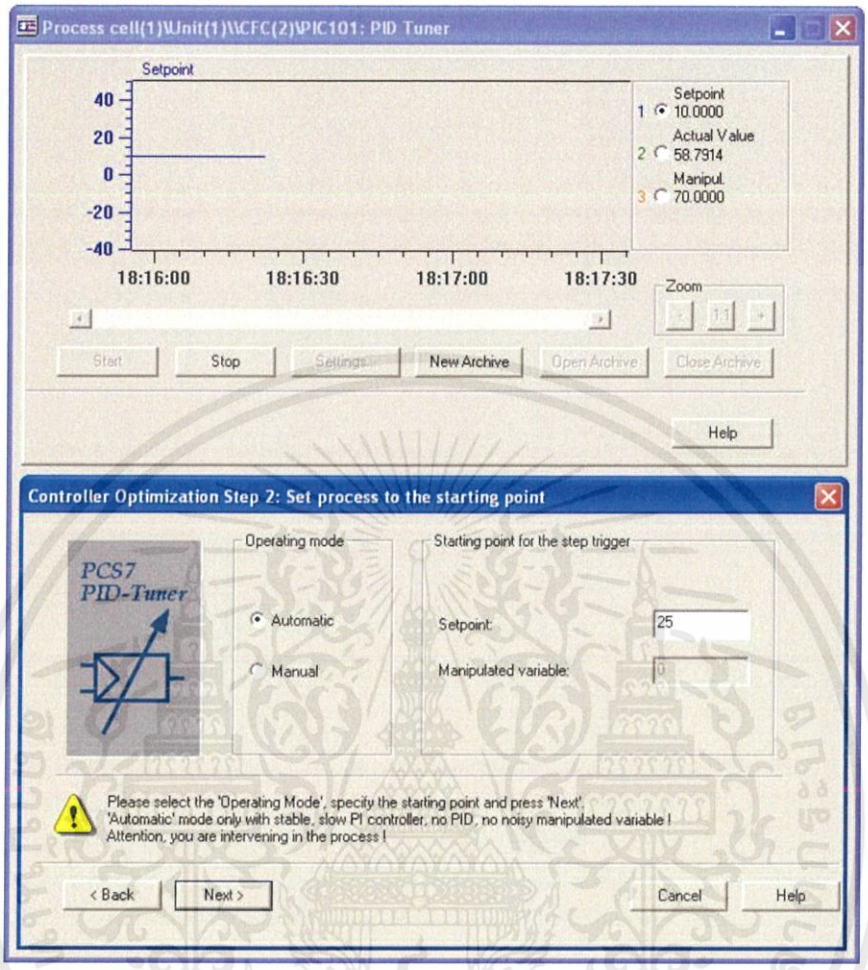
3. กด Start Controller Optimization ในรูปที่ ข.3 ซึ่งจะได้หน้า Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.4



รูปที่ ข.4 Step 1: Prepare for Measured Value Acquisition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

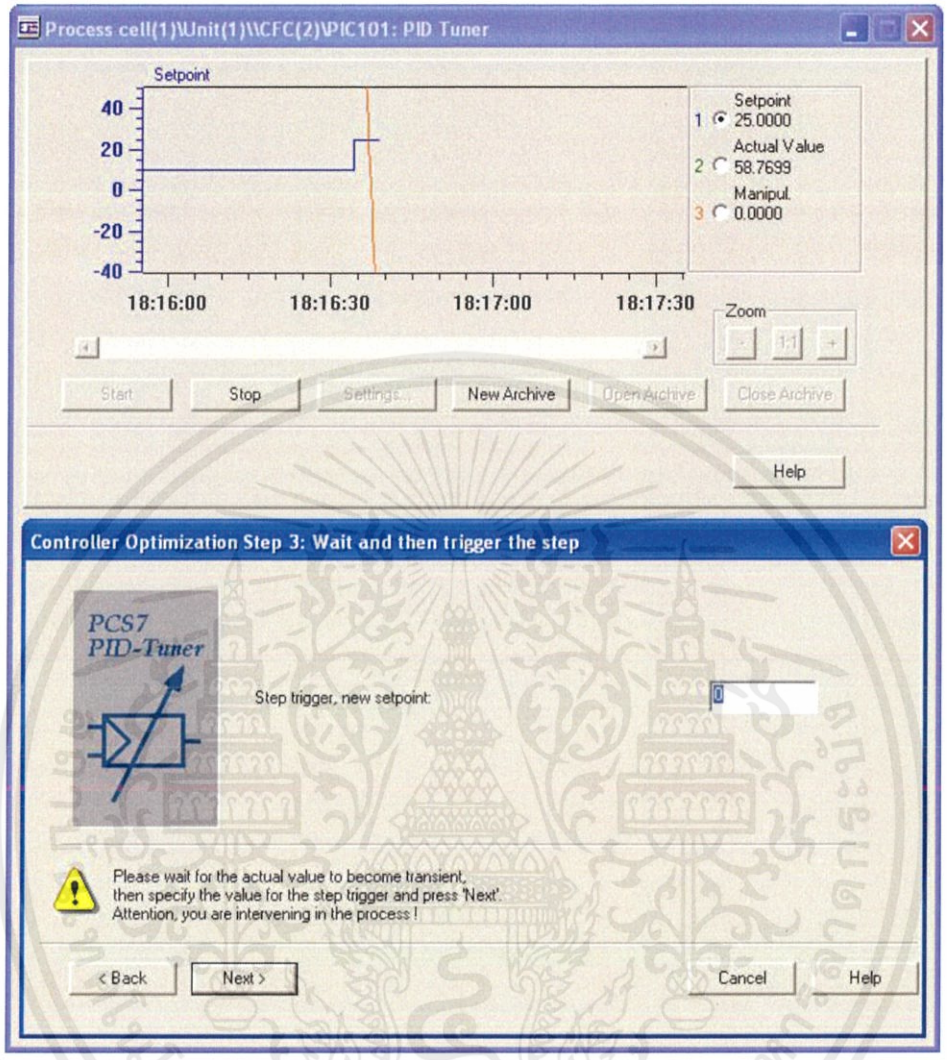
4. จากนั้นเลือก Without Integral action in the Process จากนั้นกด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.5



รูปที่ ข.5 Step 2: Set Process to the Starting Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. จากนั้นเลือก Automatic และทำการป้อนค่า Set Point = 25 กด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.6

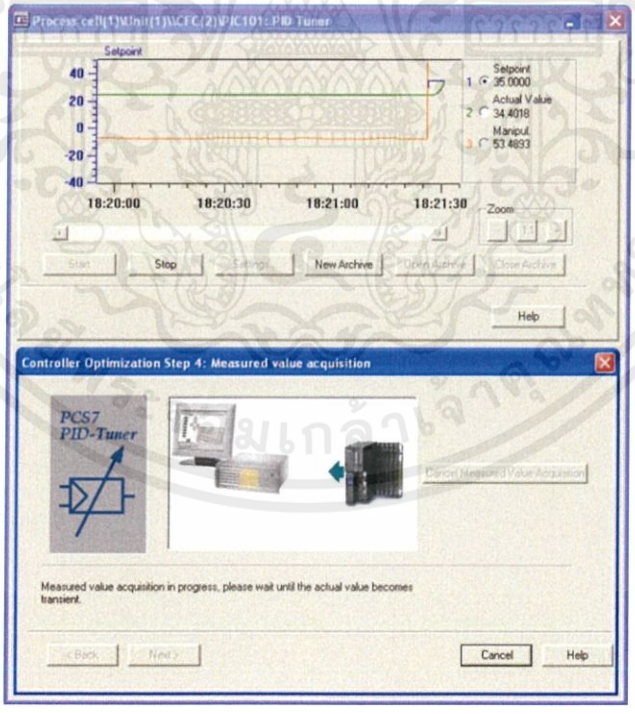


รูปที่ ข.6 Step 3: Wait and then Trigger the Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. จากนั้นรอจนกระทั่งค่า Actual Value เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ป้อนค่า Step Trigger, New Setpoint = 35 ตาม รูปที่ ข.7 แล้วทำการกด Next จะได้ ดังรูปที่ ข.8

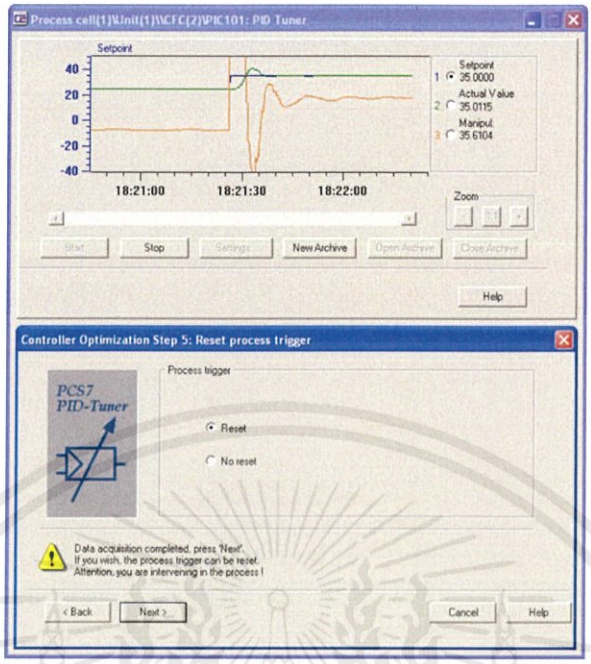
รูปที่ ข.7 Step 3: Wait and then Trigger the Step



รูปที่ ข.8 Step 4: Measured Value Acquisition

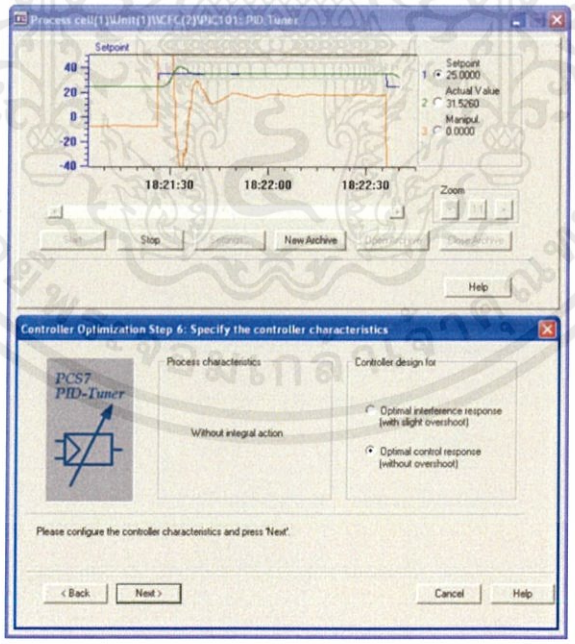
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รอจนกระทั่งปรากฏ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.9



รูปที่ ข.9 Step 5: Reset Process Trigger

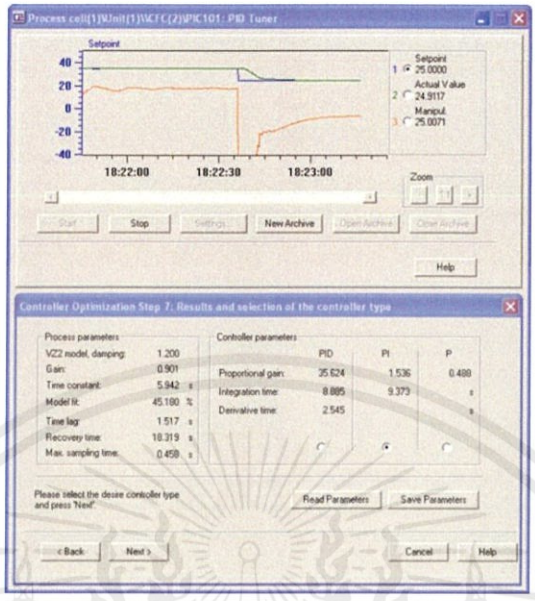
8. เลือก Reset คลิก Next จะได้ Windows ใหม่ ดัง รูปที่ ข.10



รูปที่ ข.10 Step 6: Specify the Controller Characteristics

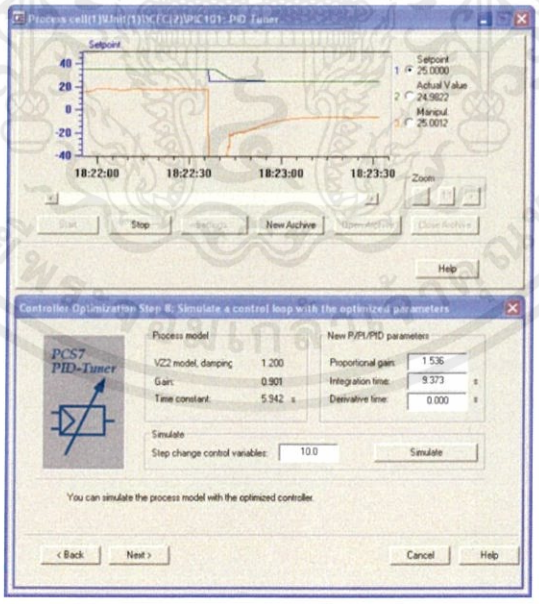
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เลือก Optimal Control Response (Without Overshoot) จากนั้นกด Next จะได้ Windows ใหม่ดังรูปที่ ข.11



รูปที่ ข.11 Step 7: Results and Selection of the Controller Type

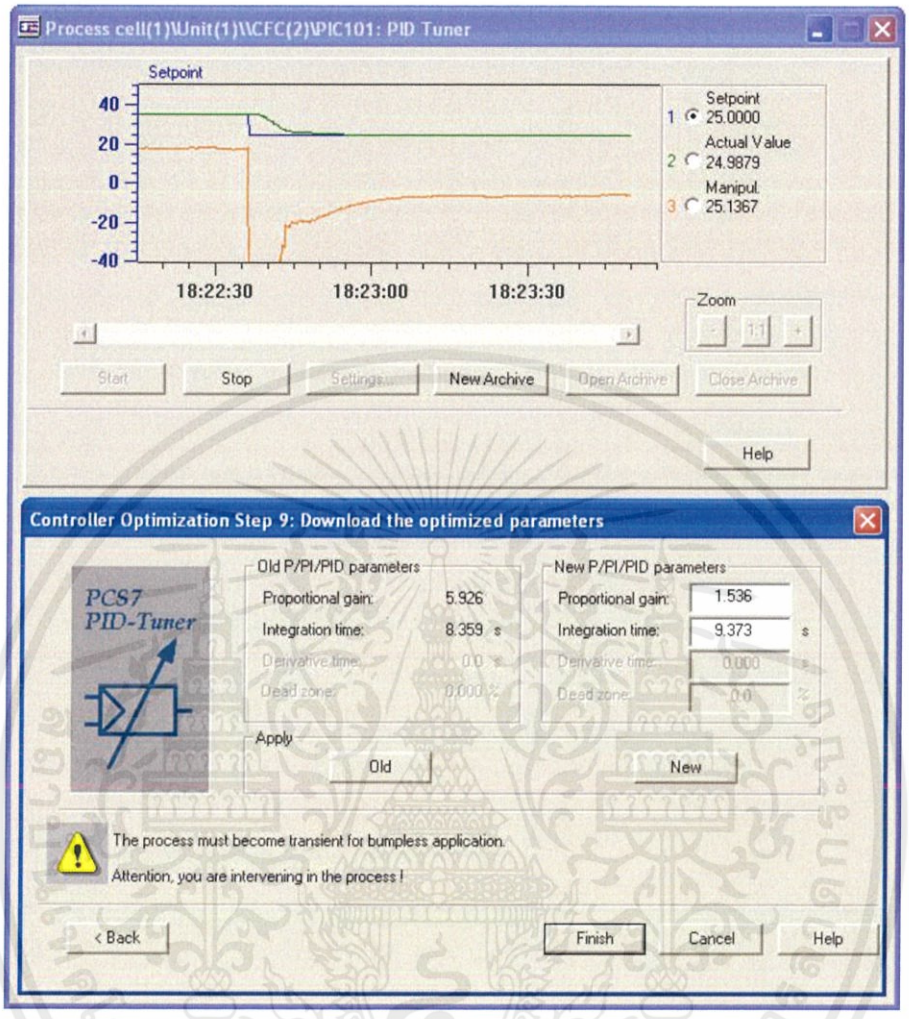
10. กด Next จะได้ Windows ใหม่รูปที่ ข.12 ซึ่งแสดงค่า PI Controller Parameters จะนำไปใช้ต่อไป



รูปที่ ข.12 Step 8: Simulation a Control Loop with the Optimized Parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. คลิก Next จะได้ windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.13 ซึ่งแสดงว่า PI Controller Parameters เดิมและใหม่



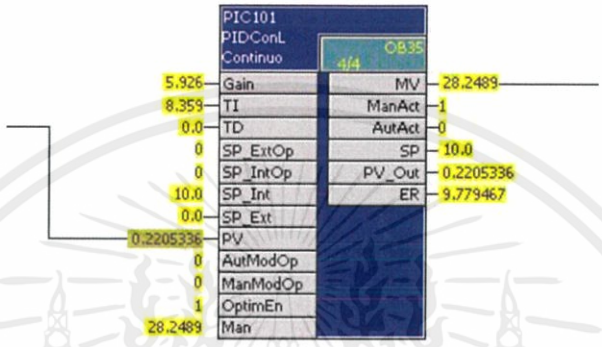
รูปที่ ข.13 Step 9: Download the Optimized Parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 ทำการปรับจูนพารามิเตอร์ของตัวควบคุม PIC101 แบบ Manual

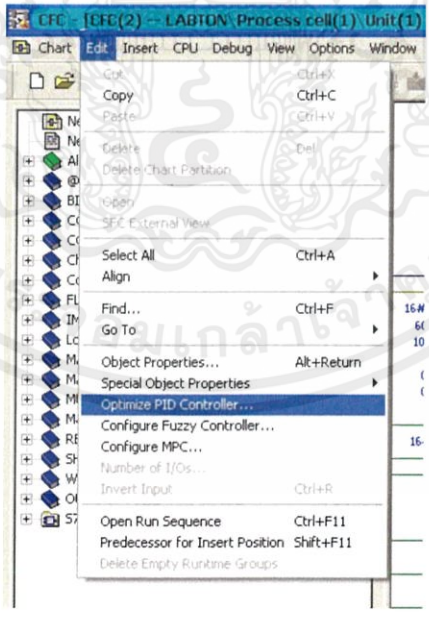
ทำการปรับเปลี่ยนค่าของการเปิดปิด วาล์วควบคุม CVP 101 โดยให้ครอบคลุมช่วงที่เป็นไปได้ ได้แก่ 70 , 100 ระบบจะหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในแต่ละค่าของการเปิดปิด วาล์วควบคุม CVP 101 เปรียบเสมือนการเรียนรู้ของกระบวนการในแต่ละช่วง โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการและตัวควบคุม ที่เหมาะสมที่สุดขึ้นมา เป็นอันเสร็จสิ้นการปรับจูนแบบ Manual

1. ตั้งค่า OptimEn = 1 และกดที่ PIC101 ดังรูปที่ ข.14



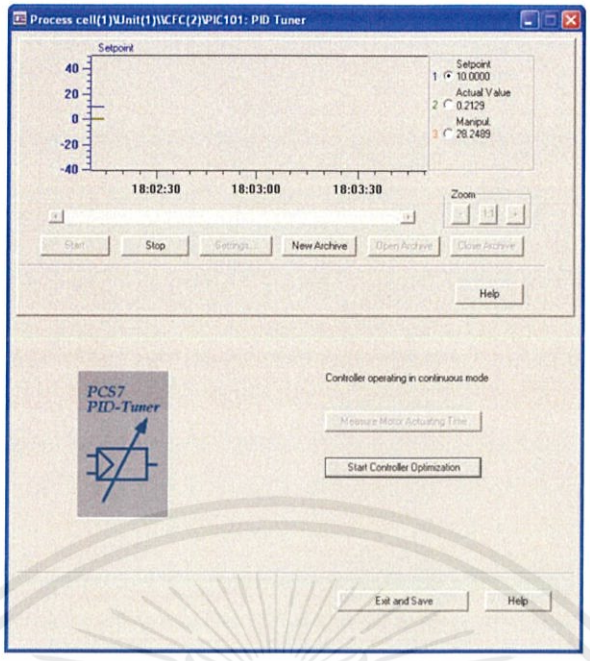
รูปที่ ข.14 Function Block ของ PIC101

2. กด Edit แล้วเลือก Optimize PID Controller ตามรูปที่ ค.15 ซึ่งจะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.16



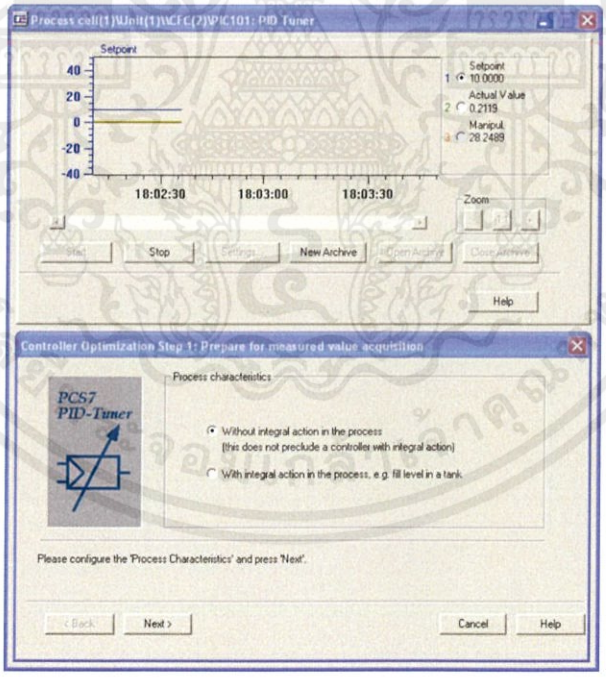
รูปที่ ข.15 เมนู Edit เลือก Optimize PID Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.16 หน้าจอแรกของ Optimize PID Controller

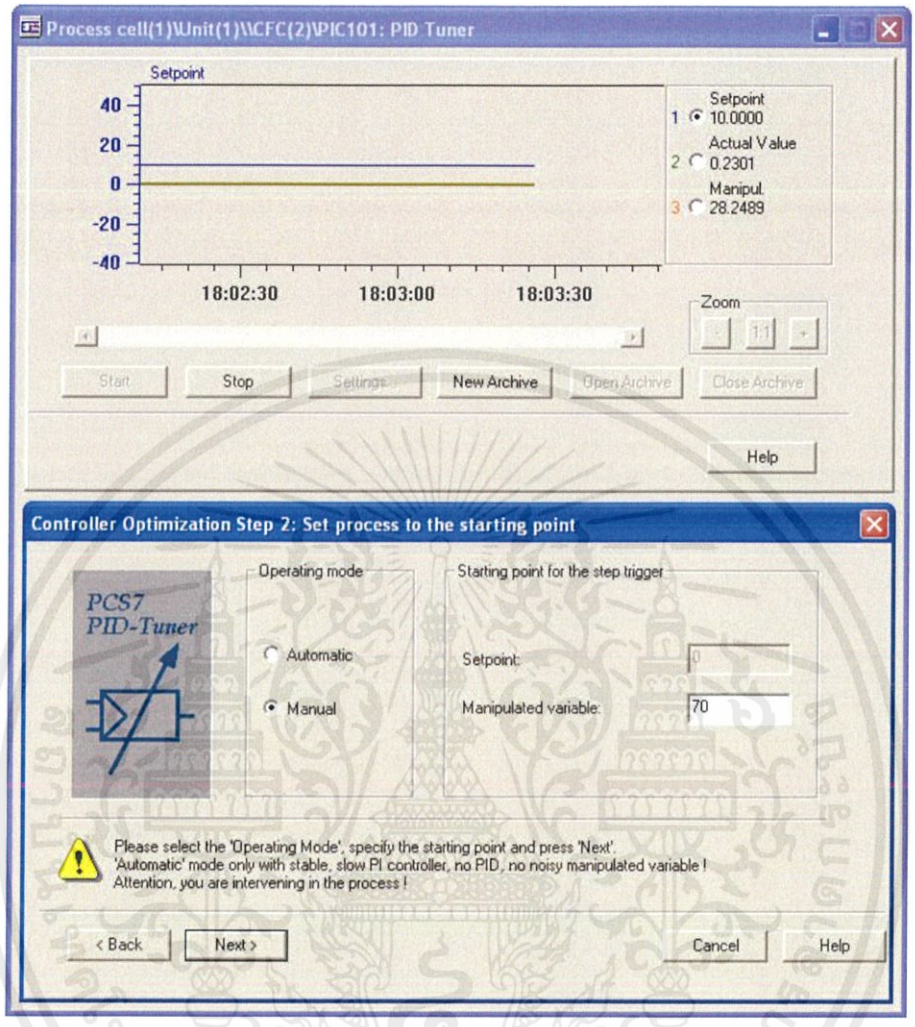
3. กด Start Controller Optimization จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.17



รูปที่ ข.17 Step 1: Prepare for Measured Value Acquisition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

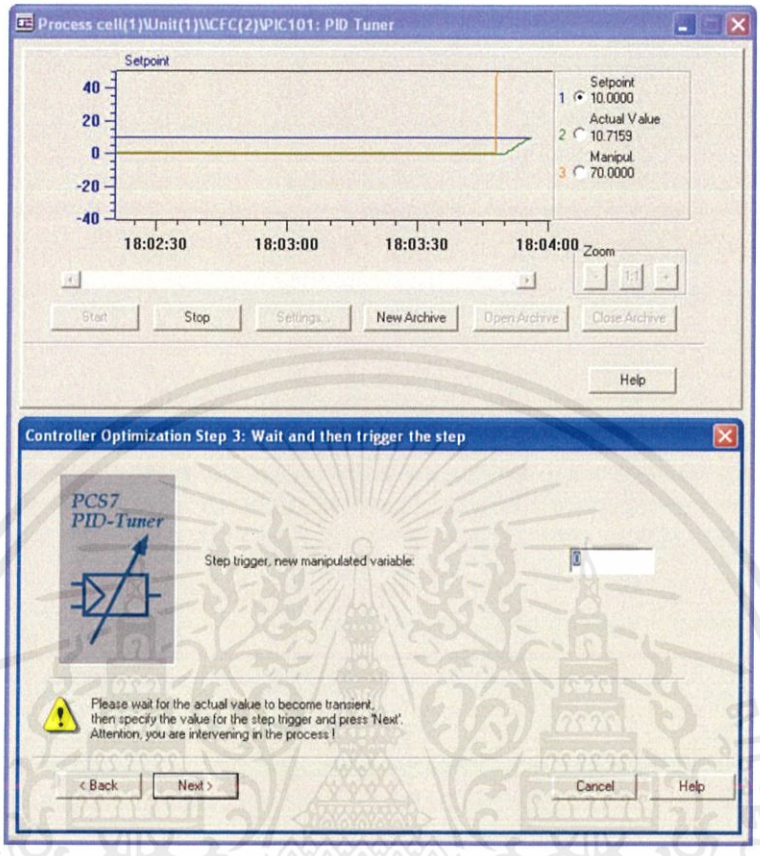
4. จากนั้นเลือก Without Integral Action in the Process จากนั้นกด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.18



รูปที่ ข.18 Step 2: Set Process to the Starting Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

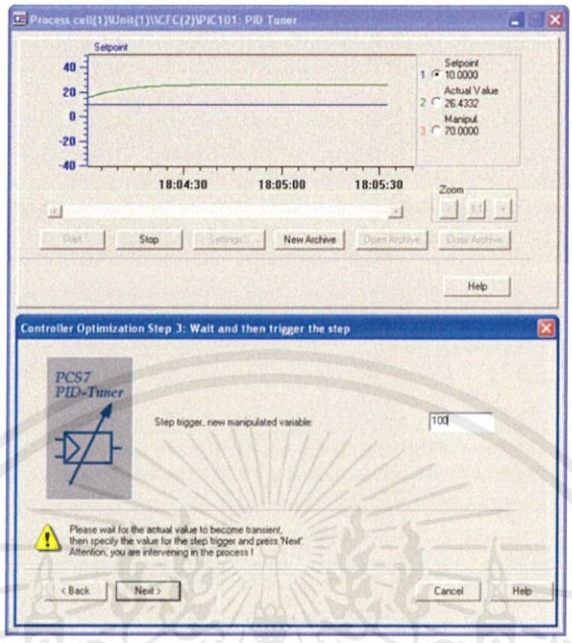
5. เลือก Manual และป้อนค่า Manipulated Variable = 70 กด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.19



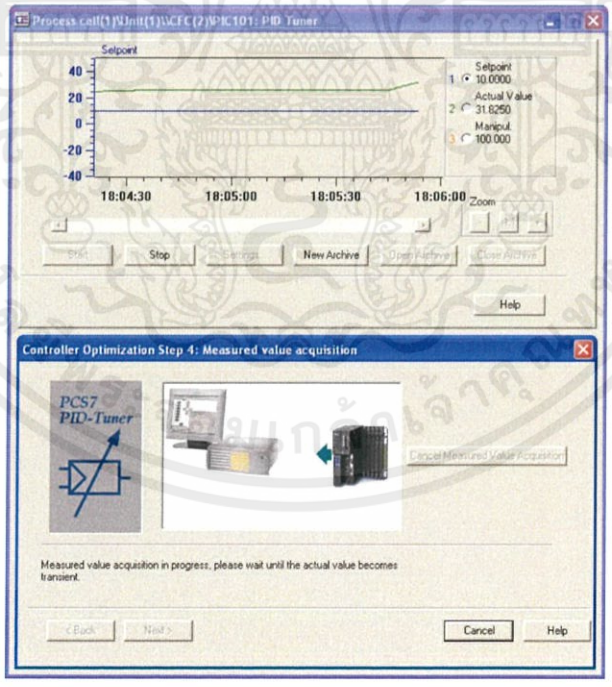
รูปที่ ข.19 Step 3: Wait and then Trigger the Step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. รอจนกระทั่งค่า Actual Value เปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ป้อนค่า Step Trigger, New Manipulated Variable = 100 ตามรูปที่ ข.20 และกด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.21



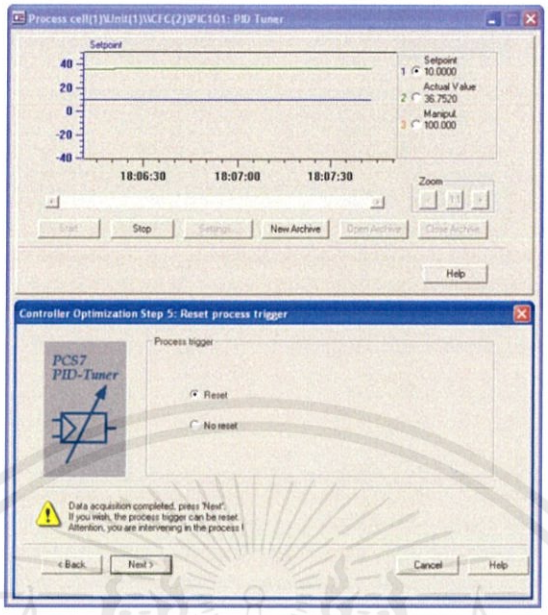
รูปที่ ข.20 Step 3: Wait and then Trigger the Step



รูปที่ ข.21 Step 4: Measured Value Acquisition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รอจนกระทั่งหน้าจอ Windows ใหม่ขึ้นมา ดังรูปที่ ข.22



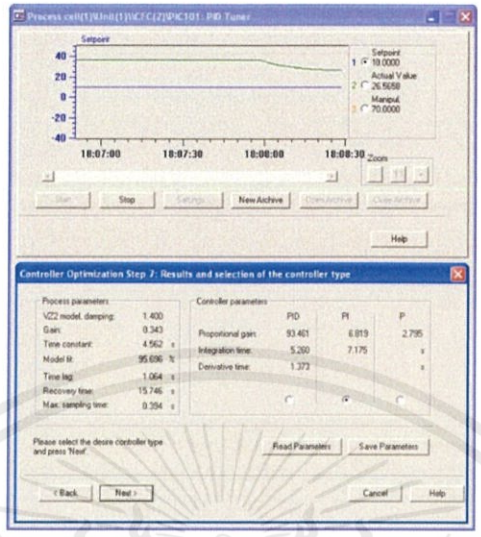
รูปที่ ข.22 Step 5: Reset Process Trigger

8. เลือก Reset กด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.23

รูปที่ ข.23 Step 6: Specify the Controller Characteristics

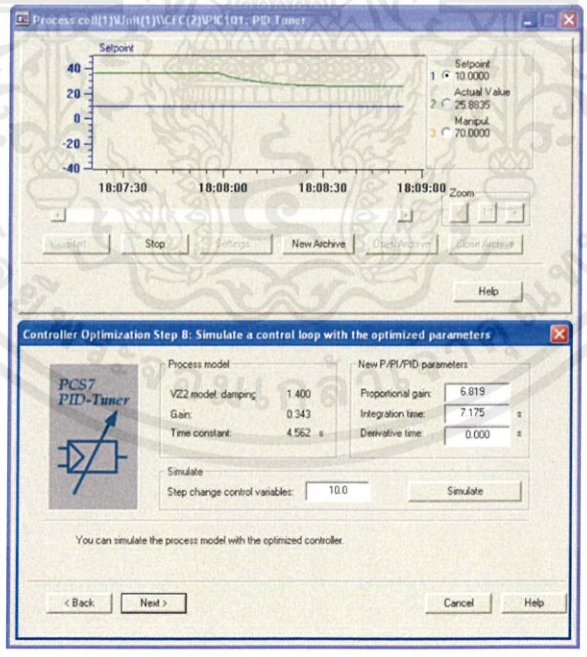
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เลือก Optimal Control Response (Without Overshoot) คลิก Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.24



รูปที่ ข.24 Step 7: Results and Selection of the Controller Type

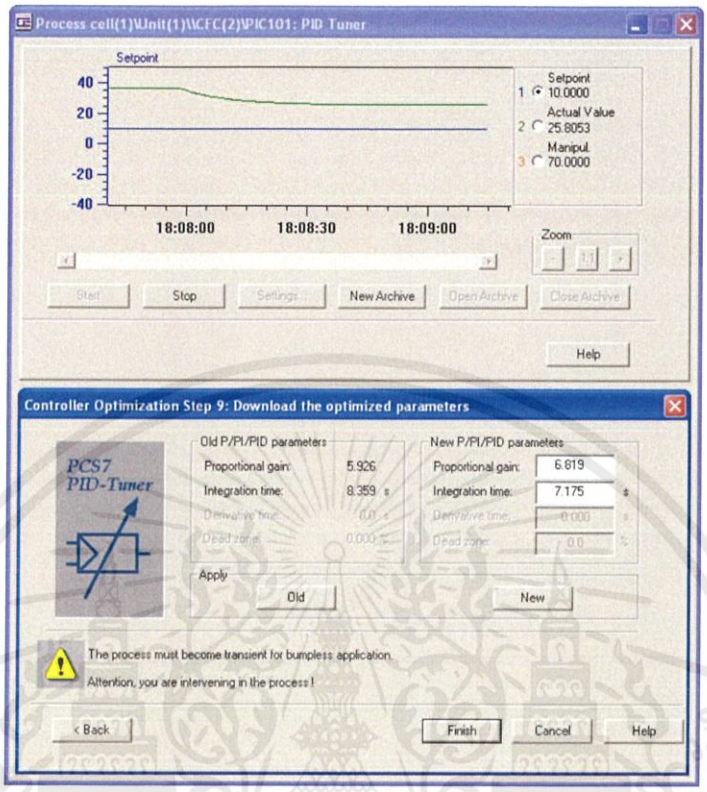
10. กด Next จะได้ Windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.25 ซึ่งแสดงค่า PI Controller Parameters จะนำไปใช้ได้ต่อไป



รูปที่ ข.25 Step 8: Simulation a Control Loop with the Optimized Parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. กด Next จะได้ windows ใหม่ ดังรูปที่ ข.26 ซึ่งแสดงค่า PI Controller Parameters เดิมและใหม่



รูปที่ ข.26 Step 9: Download the Optimized Parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้