

เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อผสมผสานทรานสมิตเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล HART เข้ากับ
ระบบควบคุมระดับบนพื้นฐานพีแอลซีด้วย Studio 5000 เพื่อสร้างสกาตา
ENGINEERING TECHNIQUE TO INTEGRATE HART TRANSMITTER INTO
PLC-BASED LEVEL CONTROL SYSTEM BY USING Studio 5000 FOR SCADA
IMPLEMENTATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ปีการศึกษา 2563

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ENGINEERING TECHNIQUE TO INTEGRATE HART TRANSMITTER INTO
PLC-BASED LEVEL CONTROL SYSTEM BY USING Studio 5000 FOR SCADA
IMPLEMENTATION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ผู้เผยแพร่เนื้อหาแบบฟรีๆ อนุญาตให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2563
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อผสานทรานสมิตเตอร์ที่ใช้โพรโทคอล HART เข้ากับระบบควบคุมระดับบนพื้นฐานพีแอลซีด้วย Studio 5000 เพื่อสร้างสกาตา		
Thesis Title	Engineering Technique to Integrate HART Transmitter into PLC-Based Level Control System by Using Studio 5000 for SCADA Implementation		
นักศึกษา	นายฐิติกร กฤตสุวรรณ	รหัสนักศึกษา	60010261
	นายพีระณัฐ เสถียรกิจวณิชย์	รหัสนักศึกษา	60010737
	นายมฆวัน จักรสาร	รหัสนักศึกษา	60010818
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ		
ปีการศึกษา	2563		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์		

อาจารย์ที่ปรึกษา	ลายมือชื่อ
รศ. ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์	ไสว พงศ์สวัสดิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อผสมผสานทรานสมิตเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล HART เข้ากับระบบควบคุมระดับบนพื้นฐานพีแอลซีด้วย Studio 5000 เพื่อสร้างสกาตา		
นักศึกษา	นายฐิติกร	กฤตสุวรรณ	รหัสนักศึกษา 60010261
	นายพีระณัฐ	เสถียรกิจฉนิชย์	รหัสนักศึกษา 60010737
	นายมฆวัน	จักรสาร	รหัสนักศึกษา 60010818
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์		
ปีการศึกษา	2563		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอเทคนิคทางวิศวกรรมในการผสมผสานการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณแอนะล็อก 4-20 mA และอุปกรณ์ที่ใช้โปรโตคอล HART เข้ากับระบบควบคุมบนพื้นฐานพีแอลซีเพื่อควบคุมระดับด้วย Studio 5000 ในการจัดสร้างสกาตาที่มีเวิร์คสเตชันสำหรับผู้ปฏิบัติงานซึ่งติดตั้งโปรแกรม ArchestrA IDE ทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์เทอร์มินอลยูนิต และมีพีแอลซีรุ่น Allen Bradley CompactLogix L30ER ทำหน้าที่เป็นรีโมตเทอร์มินอลยูนิต โดยการวัดค่าระดับของของเหลวในถังใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น Rosemount 2051 ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความดันแตกต่างที่ใช้โปรโตคอล HART และการปรับค่าความถี่แหล่งจ่ายไฟของปั้มน้ำใช้อินเวอร์เตอร์รุ่น Hitachi X200 ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงไฟกระแสสลับที่ปรับค่าความถี่ด้วยสัญญาณ 4-20 mA นอกจากนี้ค่าเอาต์พุตของทรานสมิตเตอร์ (หรือสัญญาณ PV) ถูกส่งไปยังอินพุตโมดูลแบบ HART ของพีแอลซีที่มีฟังก์ชันบล็อกพีไอดีที่ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมสำหรับการควบคุมระดับของของเหลวในถัง โดยการส่งค่าเอาต์พุตของบล็อกพีไอดี (หรือสัญญาณ MV) ไปยังอินเวอร์เตอร์ผ่านเอาต์พุตโมดูลแบบ 4-20 mA ของพีแอลซี ฟังก์ชันการทำงานของสกาตาที่กำหนดได้แก่ ส่วนการแสดงผลค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการควบคุมกระบวนการ เช่น ค่า PV และ MV ค่าเป้าหมายของการควบคุมค่าพารามิเตอร์ของบล็อกพีไอดี และข้อมูลการวินิจฉัยของทรานสมิตเตอร์แบบ HART รวมถึงส่วนการตั้งค่าเงื่อนไขในการแจ้งเตือนแบบ High-High/High/Low/Low-Low และการส่งสัญญาณแจ้งเตือน แต่เนื่องจากการแพร่ระบาดของ COVID-19 ในปริญญานิพนธ์นี้จึงมีผลการทดลองเพียงบางส่วนเพื่อยืนยันความสามารถในการทำงานของสกาตาที่จัดสร้างขึ้น แต่อย่างไรก็ตามฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญของสกาตาสามารถประมวลผลได้อย่างถูกต้อง

คำสำคัญ: เทคนิคทางวิศวกรรม, HART, การควบคุมระดับ, พีแอลซี, สกาตา, Studio 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Engineering Technique to Integrate HART Transmitter into PLC-Based Level Control System by Using Studio 5000 for SCADA Implementation		
Students	Mr. Thitikorn Kritsuwan	Student ID	60010261
	Mr. Phiranath Satiangkitwanit	Student ID	60010737
	Mr. Makawan Jaksan	Student ID	60010818
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Sawai Pongswatd		
Academic Year	2020		

ABSTRACT

In order to implement a supervisory control and data acquisition (SCADA), this thesis presents an engineering technique to integrate 4-20 mA and HART devices into PLC-based level control system by using Studio 5000. The implemented SCADA consists of an engineering/operator workstation running the Archestra IDE to function as a master terminal unit (MTU) and a programmable logic controller modeled Allen Bradley CompactLogix L30ER to function as a remote terminal unit (RTU). The HART differential pressure transmitter modeled Rosemount 2051 is used for measuring the liquid level of a tank, while the 4-20 mA inverter modeled Hitachi X200 is used for adjusting the power supply frequency of a water pump. In addition, the output of the transmitter (or a process variable: PV) is applied to a HART input module of the PLC. A Proportional-Integral-Derivative (PID) function block of the PLC is utilized as a controller for controlling liquid level of a tank by sending the PID block output (or a manipulated variable: MV) to the inverter via a 4-20 mA output module of the PLC. The specified SCADA functions include displaying major process control parameters such as the PV and MV values, the setpoint, the PID tuning parameters, and the HART transmitter diagnostic data as well as configuring High-High/High/Low/Low-Low alarm conditions and alerting alarm signals. Due to the COVID-19 pandemic, some experimental results are included to confirm the operability of the implemented SCADA. However, the major SCADA functions can correctly perform.

Keywords: Engineering Technique, HART, Level Control, PLC, SCADA, Studio 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอเทคนิคทางวิศวกรรมในการผสมผสานการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณแอนะล็อก 4-20 mA และอุปกรณ์ที่ใช้โพรโทคอล HART ในการสื่อสารเข้ากับระบบควบคุมบนพื้นฐานพีแอลซีเพื่อการควบคุมระดับด้วย Studio 5000 สำหรับการจัดสร้างสกาตา

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.ไสว พงศ์สวัสดิ์ ที่เปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทดลองการทำงานของสัญญาณ HART เพื่อไปใช้งานจริง รวมไปถึงคำแนะนำต่าง ๆ ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี ที่ช่วยแนะนำการตั้งค่าของสัญญาณ HART ในการนำมาใช้การทดลอง รวมไปถึงการให้คำแนะนำในการใช้งานอุปกรณ์

ขอขอบพระคุณ รศ. ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ อาจารย์ที่ได้ให้คำปรึกษา ความรู้ และแนวทางสำหรับการแก้ไขรูปแบบในการจัดทำปริญญาานิพนธ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ ที่ช่วยในการถ่ายทอดความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติสามารถนำมาต่อยอดในการใช้งานจริง

ขอขอบคุณเอกสารอ้างอิงทุกฉบับที่ทางผู้จัดทำได้นำมาใช้ในการอ้างอิงเพื่อจัดทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV-VI
สารบัญรูป.....	VII-X
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท	1
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 กล่าวนำ	6
2.2 ระบบสกาตา	6
2.2.1 ส่วนประกอบของระบบสกาตา.....	7
2.2.2 โครงสร้างของระบบสกาตา.....	8
2.2.3 ฐานข้อมูลสกาตา.....	9
2.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง	9
2.3.1 ArchestrA IDE.....	9
2.3.2 System Management Console.....	11
2.3.3 Studio 5000	12
2.4 โพรโทคอลการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์	13
2.4.1 สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal)	13
2.4.2 สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)	13
2.4.3 สัญญาณแบบ HART	14
2.5 ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์ที่ใช้.....	15

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
2.5.1 Allen-Bradley 1769 L30-ER CompactLogix	15
2.5.2 Allen-Bradley 1769-PA4 CompactLogix	15
2.5.3 Analog Input (AI) 1769-IF4 AB	15
2.5.4 Analog Output (AO) 1769-OF4	15
2.5.5 AI with HART Protocol 1769SC-IF4IH Spectrum	15
2.5.6 AO with HART Protocol 1769SC-OF4IH Spectrum	16
2.5. Rosemount 2051 pressure transmitter with HART protocol	16
2.6 หลักการทำงานของพีไอดี	17
2.6.1 การควบคุมแบบพี (Proportional: P)	17
2.6.2 การควบคุมแบบไอ (Integral : I)	18
2.6.3 การควบคุมแบบดี (Derivative : D)	19
2.7 การปรับแต่งค่าพารามิเตอร์พี-ไอ-ดี	21
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	22
3.1 กล่าวนำ	22
3.2 แนวคิดของการจัดสร้างสกาตาที่มีการผสมทรานสมิตเตอร์ HART ที่นำเสนอ	22
3.2.1 การออกแบบการรับ-ส่งข้อมูลสำหรับระบบควบคุมระดับ	24
3.2.2 การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของสกาตา	25
3.3 การออกแบบสกาตาเพื่อแสดงผลการทำงานของกระบวนการโดยใช้ ArchestrA IDE.....	26
3.3.1 การใช้งาน SMC เป็นโอพีซีในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Studio 5000 และ ArchestrA IDE.....	26
3.3.1.1 การสร้าง Access Name บนโปรแกรม System Management Console (SMC)	26
3.3.1.2 การตั้ง TAG จากโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer.....	27
3.3.2 รายละเอียดการสร้างหน้ากราฟิกของระบบสกาตา	29
3.3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับการกำหนดเงื่อนไขและการแจ้งเตือน	32
3.4 การสร้างลูปควบคุมกระบวนการระดับ.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
3.4.1 รูปแบบการควบคุมกระบวนการระดับ	34
3.4.2 การนำข้อมูลมาใช้งานของสัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณ HART ใน Studio 5000	34
3.4.3 การกำหนดตั้งค่าอินพุตโมดูลของพีแอลซี	37
3.4.3.1 Flowchart ในการติดตั้งโปรแกรมของอุปกรณ์	38
3.4.3.2 ขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมของอุปกรณ์	39
3.4.4 การกำหนดตั้งค่าเอาต์พุตโมดูลของพีแอลซี	42
3.4.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมแบบ Ladder Diagram ด้วย Studio 5000	43
3.5 การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ Open Rack	45
3.5.1 ขั้นตอนการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์	45
3.5.2 ขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์	48
3.5.3 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์	51
บทที่ 4 ผลการทดสอบสกาดาที่จัดสร้างขึ้น	53
4.1 กล่าวนำ	53
4.2 ผลการทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์	53
4.3 ผลการทดสอบของการควบคุมกระบวนการระดับ	54
4.4 ผลการทดสอบการทำงานของสกาดา	59
บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ	68
5.1 ผลสรุปการดำเนินการ	68
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	68
5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา	69
5.4 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การส่งข้อมูลระหว่างสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่ง.....	8
2.2 สัญลักษณ์ของโปรแกรม ArchestrA IDE.....	9
2.3 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในการสร้าง Galaxy ของตัวระบบสกาตา	10
2.4 หน้าจอ Interface ของตัวโปรแกรม ArchestrA	10
2.5 สัญลักษณ์ของโปรแกรม System Management Console.....	11
2.6 ตัวอย่างการสร้าง DDE/OPC Topic สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม.....	11
2.7 ตัวอย่างการนำเอา DDE/OPC Topic ไปใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม	12
2.8 หลักการในการติดต่อสื่อสารของโปรแกรม Studio 5000 กับ Controller.....	12
2.9 สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal)	13
2.10 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal).....	13
2.11 สัญญาณ Digital ของ HART และ สัญญาณแอนะล็อก 4- 20 mA DC Modulate กัน.....	14
2.12 หลักการทำงานของพีไอดี	17
2.13 กราฟความสัมพันธ์ของค่า K_p กับ Output	18
2.14 กราฟความสัมพันธ์ของค่า K_i กับ Output.....	19
2.15 กราฟความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟกำลังขึ้น.....	19
2.16 กราฟความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟกำลังลง.....	20
2.17 กราฟความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟคงที่.....	20
3.1 ภาพรวมของระบบสกาตาที่มีการผสมผสานทรานสมิตเตอร์ HART ที่นำเสนอ.....	22
3.2 P&ID Diagram ของกระบวนการระดับ	23
3.3 แนวคิดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในสกาตาที่จัดสร้างขึ้น	24
3.4 หน้าต่างโปรแกรม SMC วิธีการกำหนดตัว Host ที่ต้องการนำข้อมูลมาใช้งาน.....	26
3.5 ตัวอย่างการสร้าง Access Name.....	27
3.6 ตัวอย่างการสร้าง TAG บนตัวโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer	28
3.7 ตัวอย่างการเชื่อม TAG บนตัวโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer เข้ากับหน้ากราฟิก	28
3.8 ตัวอย่างการเชื่อม Topic เข้ากับกราฟิก	29
3.9 การออกแบบการทำงานของหน้ากราฟิก	29
3.10 โครงสร้างของหน้าเริ่มต้น (Home).....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 โครงสร้างของหน้าแสดงผลหลัก (Main Page).....	30
3.12 โครงสร้างของหน้าการปรับแต่งค่าพีไอดี (PID Tuning).....	31
3.13 โครงสร้างของกราฟิกหน้ารายละเอียดของอุปกรณ์ (Devices Detail)	32
3.14 ตัวอย่างกราฟิกการป้อนค่า Max, Min บนหน้ากราฟิก	32
3.15 ตัวอย่างโปรแกรมการป้อนค่า Max บนหน้ากราฟิก.....	33
3.16 ตัวอย่างโปรแกรมการป้อนค่า Min บนหน้ากราฟิก	33
3.17 ตัวอย่างกราฟิกการแจ้งเตือน Alarm บนหน้ากราฟิก.....	33
3.18 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการแจ้งเตือน Alarm บนหน้ากราฟิก.....	34
3.19 Flowchart แสดงการควบคุมจากสัญญาณแอนะล็อก	35
3.20 Flowchart แสดงการควบคุมจากสัญญาณ HART.....	36
3.21 ตัว Data Type ที่ต้องดาวน์โหลดมาเพิ่ม.....	37
3.22 ตัวโปรแกรมที่ต้องดาวน์โหลดมาเพิ่มเป็น Task	37
3.23 Flowchart แสดงการติดตั้งโปรแกรมสำหรับดึงข้อมูล HART เข้าอุปกรณ์	38
3.24 หน้าเว็บ Spectrum.....	39
3.25 หน้าเมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม.....	40
3.26 หน้าสำหรับเลือกตัวอุปกรณ์เพื่อเปิดโปรแกรม.....	40
3.27 หน้า Tag ที่ตั้งเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	41
3.28 หน้าสำหรับเปลี่ยน Slot ของอุปกรณ์.....	41
3.29 Flowchart แสดงการตั้งค่าอุปกรณ์โมดูลภายใน Studio 5000.....	42
3.30 ตัวอย่างการเลือกอุปกรณ์.....	43
3.31 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลือกใช้อุปกรณ์.....	43
3.32 ตัวอย่าง Function Block PID	44
3.33 การทำ Tuning	44
3.34 การทำ Scaling.....	45
3.35 การออกแบบการจัดวางอุปกรณ์	46
3.36 การออกแบบการ Wiring ส่วน Power.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.37 การออกแบบการ Wiring Diagram ส่วน Signal	47
3.38 Open Rack 42 U	49
3.39 Power Supply: 24 V ,3A	49
3.40 Circuit Breaker 2P,16A	49
3.41 Terminal Blocks	50
3.42 Wire Duct 40*30 mm	50
3.43 Din Rail 3.5 inch	50
3.44 Stopper	51
3.45 Perforated Metal Sheet	51
3.46 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์และการ Wiring ส่วน Power	52
3.47 การ Wiring ส่วน Signal	52
4.1 ภาพอุปกรณ์หลังจากการจัดทำเสร็จสิ้น	53
4.2 หน้า Main Task ในส่วนของการควบคุมพีไอดี	54
4.3 หน้า Tag ที่แสดงในส่วนของข้อมูลอุปกรณ์	55
4.4 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Revision	56
4.5 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Identification	56
4.6 หน้า Tag ที่แสดงในส่วนของข้อมูลอุปกรณ์	57
4.7 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ การแสดงค่าของ PV, SV, TV และ FV	57
4.8 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Pressure	58
4.9 หน้า Home Page	59
4.10 หน้า Main Page ขณะกระบวนการทำงานปกติ	60
4.11 การกำหนดค่า HH/H/L/LL สำหรับการแจ้งเตือนระดับน้ำ	60
4.12 การทำงานหลังจากกำหนดค่าการแจ้งเตือนระดับน้ำแล้ว	61
4.13 การกำหนดค่าพารามิเตอร์พีไอดี	61
4.14 การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการเกิดการดำเนินงานผิดปกติขึ้น	62
4.15 จำนวนของการแจ้งเตือนแต่ละชนิด	62
4.16 ค่าพารามิเตอร์และกราฟแสดงผลจากกระบวนการควบคุม	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับวงจรรองรับเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.17 ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์..... 66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

X

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แผนการดำเนินงาน.....	4
2.1 ข้อมูลบางส่วน ของ Rosemount 2051 Pressure Transmitter with HART Protocol.....	16
2.2 ผลของการเพิ่มค่าพารามิเตอร์อย่างอิสระ	22
2.3 การคำนวณแบบ Close-Loop.....	22
3.1 อุปกรณ์ที่ทำการจัดซื้อ.....	27
3.2 การออกแบบฟังก์ชันต่าง ๆ ในระบบสกาตา	46
4.1 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก Main Page	64
4.2 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก PID Tuning.....	66
4.3 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก Device Detail.....	67



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนั้นภาคอุตสาหกรรมการผลิตมีการแข่งขันที่สูงมากขึ้น การลดค่าใช้จ่ายด้านแรงงานมีแนวโน้มที่มากขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ ทางผู้ประกอบการจึงต้องมีการปรับตัว และปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้งานแทนที่เทคโนโลยีเดิมที่มีอยู่ โดยทำการเปรียบเทียบเทคโนโลยีใหม่และของเดิมว่ามีความแตกต่างกันมากเพียงใด เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจในการเลือกการนำเอาเทคโนโลยีใหม่เข้ามาใช้งาน

การควบคุมกระบวนการระดับซึ่งเป็นพื้นฐานในกระบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง คือ มีการไหลของวัตถุดิบในการผลิตอย่างต่อเนื่องตามสายการผลิต [1] โดยมีการนำเอาอุปกรณ์ที่สื่อสารด้วยโพรโทคอล HART เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมกระบวนการโดยการนำพารามิเตอร์ที่ดึงได้จากโพรโทคอลแบบ HART ที่เป็น Software Rev, Hardware Rev, HART Rev, Manufacture, PV Unit, Board Temperature มาช่วยในการควบคุมระดับและทำฟังก์ชันความปลอดภัย เพื่อให้ความง่ายต่อผู้ปฏิบัติงานลดการเกิดความเสียหาย เช่น การควบคุมระดับน้ำ การควบคุมระดับน้ำมันในกระบวนการผลิต จึงได้มีการจัดทำการทดลองการควบคุมกระบวนการระดับโดย Allen-Bradley พีแอลซี (Programable Logic Controller : PLC) ด้วยแอนะล็อกโมดูลและ HART โมดูลจำลองการใช้พีแอลซีในการควบคุมกระบวนการ โดยตรวจสอบสถานะการทำงานตลอดจนถึงการทำงานของระบบผ่านทางระบบสกาตา

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอเทคนิคทางวิศวกรรมสำหรับการผสานอุปกรณ์ HART เข้ากับระบบควบคุมบนพื้นฐานพีแอลซีโดยใช้โปรแกรม Studio 5000 Logix Designer ในการสร้างระบบควบคุมกระบวนการระดับและนำข้อมูลมาแสดงผลบนสกาตาโดยใช้โปรแกรม ArchestrA IDE ในการจัดทำ เพื่อแสดงสถานะการทำงานโดยรวมของกระบวนการควบคุมระดับและค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวโมดูล AI/AO และโมดูล AI/AO แบบ HART

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

การนำเสนอเทคนิคทางวิศวกรรมสำหรับการกำหนดค่าและผสานการทำงานของอุปกรณ์ที่สื่อสารด้วยสัญญาณแอนะล็อก 4-20 mA และอุปกรณ์ที่สื่อสารด้วยโพรโทคอล HART โดยใช้โปรแกรม Studio 5000 เพื่อควบคุมกระบวนการระดับด้วยระบบสกาตาที่มีเวิร์คสเตชันซึ่งติดตั้งโปรแกรม ArchestrA IDE ทำหน้าที่เป็น MTU ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

และมีพีแอลซีของ Allen Bradley รุ่น CompactLogix L30ER เป็น RTU (Remote Terminal Unit) และใช้ฟังก์ชันบล็อกพีไอดี (Proportional Integral Derivative Control: PID) ของพีแอลซี (Programmable Logic Controller : PLC) เป็นตัวควบคุมกระบวนการระดับ

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. การผสมผสานการทำงานอุปกรณ์ที่ต้องการประกอบด้วย ทรานสมิตเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าระดับที่ส่งสัญญาณแบบ HART ไปยัง HART อินพุตโมดูลรุ่น 1769SC – IF4IH ของ Spectrum ที่ทำงานร่วมกับพีแอลซีรุ่น CompactLogix L30ER ในส่วนเอาต์พุตเป็นแอนะล็อกเอาต์พุตโมดูลรุ่น 1769-OF4 ซึ่งส่งเป็นสัญญาณ 4-20 mA ไปยังตัวอินเวอร์เตอร์ของ Hitachi รุ่น X200 ที่ทำหน้าที่ปรับสัญญาณความถี่เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ ในกระบวนการควบคุมระดับ
2. การออกแบบระบบสกาตาเพื่อแสดงผลการทำงานของกระบวนการโดยใช้โปรแกรม ArchestrA IDE
 - ใช้โปรแกรม SMC เป็น โอพีซี (OLE For Process Control : OPC) ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรม studio 5000 และโปรแกรม ArchestrA IDE โดยใช้โปรแกรม Studio 5000 ในการดึงข้อมูลจากพีแอลซีและใช้ ArchestrA IDE ในการสร้างส่วนแสดงผลแบบกราฟิก (Graphic Display)
 - แสดงค่าข้อมูลต่าง ๆ ของกระบวนการระดับที่มาจากทรานสมิตเตอร์ เช่น ค่าระดับน้ำ หน่วยของค่าระดับน้ำ และค่าอุณหภูมิภายในของตัวอุปกรณ์ รวมถึงข้อมูลการวินิจฉัยของอุปกรณ์
 - สามารถกำหนดค่าระดับที่ต้องการ (Setpoint) และพารามิเตอร์ที่จำเป็นในการควบคุมด้วยฟังก์ชัน PID ตามความต้องการของผู้ใช้งาน และแสดงสถานะต่าง ๆ ของกระบวนการ
 - สามารถกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือน (Alarm) แบบ High-High/High/Low/Low-Low และมีการแจ้งเตือนผู้ใช้งานตามเงื่อนไขที่กำหนด
3. การเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับพีแอลซีแบบ Ladder Diagram โดยใช้โปรแกรม Studio 5000
 - สามารถดึงข้อมูลจากทรานสมิตเตอร์ที่ใช้โปรโตคอล HART เข้าไปยังพีแอลซีผ่านอินพุตโมดูล
 - สามารถส่งคำสั่งควบคุมด้วยสัญญาณแอนะล็อก 4-20 mA ผ่านเอาต์พุตโมดูลไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อสั่งการทำงานของปั๊มน้ำ On/Off
 - ควบคุมกระบวนการควบคุมระดับด้วยฟังก์ชันบล็อก PID
4. การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ Open Rack โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visio 2020 โดยดำเนินการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ติดตั้งอุปกรณ์ HART และพีแอลซี และการติดตั้งจอคอมพิวเตอร์ All In One ยี่ห้อ LENOVO รุ่น 520-22IKU-F0D50029TA ขนาด จอ 24 นิ้ว
- การเดินสายไฟ และการติดตั้งตัวอุปกรณ์

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. จัดทำเอกสารนำเสนอหัวข้อการจัดทำปริญญาานิพนธ์กับทางมหาวิทยาลัย
2. ทำการ Configuration ค่า IP Address ของอุปกรณ์ HART
3. ทำการ Mapping ตัวโอพีซีระหว่างตัวโปรแกรม Studio 5000 เข้ากับ ArchestrA IDE
4. จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 1
5. ออกแบบตู้ควบคุมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ และการติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์บนตู้ควบคุม
6. จัดซื้ออุปกรณ์สำหรับตู้ควบคุม และคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทำงาน
7. ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล ในส่วนที่เป็นการควบคุมแบบแอนะล็อก 4-20 mA
8. จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 2 และ บทที่ 3
9. ทำ Wiring diagram ในส่วน Field Device
10. ทำ Wiring อุปกรณ์ตู้ควบคุมใน Field Device
11. ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล ในส่วนที่เป็นการควบคุมด้วยสัญญาณแบบ HART
12. จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 4
13. ตรวจสอบและปรับปรุงการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของการควบคุมกระบวนการระดับ
14. จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 5
15. ติดตั้งคอมพิวเตอร์เข้ากับตู้ควบคุม
16. Wiring คอมพิวเตอร์เข้ากับตัวอุปกรณ์ควบคุม
17. ตรวจสอบและปรับปรุงการติดตั้งคอมพิวเตอร์เข้ากับตู้ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. ทดสอบและดึงข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่หน้าจอแสดงผลของกระบวนการควบคุมระดับ
19. สรุปผลที่ได้รับจากการดำเนินงานเพื่อนำมาใช้ในการนำเสนอ
20. ตรวจสอบและแก้ไขเอกสารการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม		ปี 2563-2564				
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
		63	63	63	63	63
1	จัดทำเอกสารนำเสนอหัวข้อการจัดทำปฏิญานิพนธ์กับทางมหาวิทยาลัย					
2	ทำการ Configuration ค่า IP Address ของอุปกรณ์ HART					
3	ทำการ Mapping ตัวโอพีซีระหว่างตัวโปรแกรม Studio 5000 เข้ากับ ArchestrA IDE					
4	จัดทำเอกสารโครงร่างปฏิญานิพนธ์ บทที่ 1					
5	ออกแบบตู้ควบคุมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ และการติดตั้งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์บนตู้ควบคุม					
6	จัดซื้ออุปกรณ์สำหรับตู้ควบคุม และคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในการทำงาน					
7	ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานและหน้าจอแสดงผล ในส่วนที่เป็นการควบคุมแบบแอนะล็อก 4-20 mA					
8	จัดทำเอกสารโครงร่างปฏิญานิพนธ์ บทที่ 2 และ บทที่ 3					
9	ทำ Wiring Diagram ในส่วน Field Device					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรม		ปี 2563 -2564						
		พ.ย. 63	ธ.ค. 63	ม.ค. 64	ก.พ. 64	มี.ค. 64	เม.ย. 64	พ.ค. 64
10	Wiring อุปกรณ์ตู้ควบคุมใน Field Device							
11	ออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานและหน้าจอสถงผล ในส่วนที่เป็นการควบคุมด้วยสัญญาณแบบ HART							
12	จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 4							
13	ตรวจสอบและปรับปรุงการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของการควบคุมกระบวนการระดับ							
14	จัดทำเอกสารโครงร่างปริญญาานิพนธ์ บทที่ 5							
15	ติดตั้งคอมพิวเตอร์เข้ากับตู้ควบคุม							
16	Wiring คอมพิวเตอร์เข้ากับตัวอุปกรณ์ควบคุม							
17	ตรวจสอบและปรับปรุงการติดตั้งคอมพิวเตอร์เข้ากับตู้ควบคุม							
18	ทดสอบและดึงข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่หน้าจอสถงผลของกระบวนการควบคุมระดับ							
19	สรุปผลที่ได้รับจากการดำเนินงาน							
20	ตรวจสอบและแก้ไขเอกสารการดำเนินงาน							

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จัดทำกรอบโครงแบบเปิดสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ที่เป็นพีแอลซี คอมพิวเตอร์ ทรานสมิเตอร์ที่ใช้โปรโทคอล HART และอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อสามารถใช้เป็นชุดทดลองสำหรับการศึกษาต่อไป
2. สามารถนำไปใช้เป็นกรณีศึกษาระบบควบคุมระดับที่มีการผสมผสานอุปกรณ์ HART เข้ากับระบบควบคุมพื้นฐานพีแอลซีโดยใช้ Studio 5000
3. สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบควบคุมระดับที่ต้องการนำเอาระบบสกาตามาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

บทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของปฏิญานิพนธ์นี้ทั้งหมด โดยมีเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

1. สกาดา
2. ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง
3. การสื่อสาร
4. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.2 ระบบสกาดา [2]

ระบบสกาดา (Supervisory Control And Data Acquisition : SCADA) คือระบบที่ทำงานในการควบคุม ตรวจสอบกำกับดูแลและเก็บข้อมูลระยะไกลแบบ Real-Time ระบบสกาดาอาจทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น พีแอลซี, Controller, RTU แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว ระบบสกาดาเป็นประเภทหนึ่งของระบบการควบคุมอุตสาหกรรม (Industrial Control System หรือ ICS) ที่มีการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่เฝ้าดู (Monitor) และควบคุม (Control)

ระบบสกาดาจะทำหน้าที่คำนวณและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น พีแอลซี, Controller, RTU แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากระบบน้ำสูงเกินกำหนดจะทำการปิดอุปกรณ์นั้น โดยสั่งงานผ่าน พีแอลซี หรือ Controller ที่ติดต่อกันอยู่ ระบบสกาดา สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้ สกาดานั้นเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือควบคุมระบบต่าง ๆ จากส่วนกลาง เพื่อการทำงานของระบบรวมที่สัมพันธ์กัน มองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจนและมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ระบบสกาดาในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร, ควบคุม และประมวลผลข้อมูลจาก I/O ของอุปกรณ์เช่น พีแอลซี, RTU ได้ถึงระดับที่เกินหนึ่งแสน I/O แล้ว และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการใหม่ ๆ ของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา ระบบสกาดาเป็นการรวม 2 กระบวนการเข้าด้วยกัน คือ

1. Telemetry System เป็นเทคนิคที่ใช้ในการส่งและรับข้อมูลผ่านสื่อกลาง โดยข้อมูลนั้น สามารถวัดได้ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งไปอีกสถานที่หนึ่งโดยผ่านสื่อกลางต่าง ๆ ได้แก่ เคเบิล สายโทรศัพท์ หรือคลื่นวิทยุ รูปแบบของการสื่อสารในระบบสกาดาประกอบไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.1 การสื่อสาร Power Line Carrier Communication System (PLCC)

เป็นการสื่อสารโดยใช้ประโยชน์จากสายไฟฟ้ากำลัง PLCC เป็นการส่งข้อมูลการสื่อสารไปในสายไฟฟ้าที่มีการส่งพลังงาน การส่งข้อมูลจากสถานีต้นทางไปยังสถานีปลายทางนั้นเพื่อให้แยกจากส่วนของกำลังจึงใช้การส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงเพื่อไม่ให้ปนกับไฟฟ้าส่วนกำลัง และมีการใส่อุปกรณ์ที่เรียกว่า Line Trap เพื่อป้องกันสัญญาณไม่เข้าไปในช่วงที่ไม่ต้องการหรือสัญญาณหายจากการลง Ground และที่สถานีปลายทางมีการติด Capacity เพื่อกันไม่ให้สัญญาณความถี่ต่ำที่ไม่ต้องการผ่านไปยังสถานีปลายทางได้

1.2 Optical Communication System

เป็นการสื่อสารโดยใช้แสงเป็นพาหะ โดยการใช้แสงในการสื่อสารส่งไปตามตัวกลางที่เป็นพลาสติกและแก้วโดยการส่งข้อมูลในรูปแบบนี้จะมีความเร็วในการส่งสูงและมีความแม่นยำในการส่งสูง แต่อุปกรณ์มีราคาสูง

1.3 Microwave Communication System

เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุความถี่สูง (High Radio Frequency) โดยหากสถานีอยู่ห่างกันมากหรือ มีสิ่งกีดขวางจะใช้การเชื่อมต่อแบบหลายจุดเพื่อแก้ปัญหา ระบบไมโครเวฟจะมีความจุช่องสัญญาณและอัตราการส่งที่สูงแต่อาจติดปัญหาเรื่องภูมิประเทศที่มีภูเขา

1.4 Satellite Communication System

เป็นการนำเอาดาวเทียมมาช่วยในการส่งข้อมูลโดยการสื่อสารที่ภาคพื้นดินจะมีเสาที่ส่งสัญญาณไปยังดาวเทียมและตัวขยายสัญญาณ การส่งสัญญาณในรูปแบบนี้จะส่งได้ระยะทางไกลมากแต่การสื่อสารอาจเป็น Real-Time น้อย

2. Data Acquisition เป็นวิธีการเข้าถึงและควบคุมข้อมูลจากอุปกรณ์ที่ถูกควบคุม หรือถูกตรวจสอบโดยการรวบรวมข้อมูลสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 แบบหลัก คือ

1. ระบบการรวบรวมข้อมูลแบบรวมศูนย์ (Centralized Data Acquisition System)
2. ระบบการรวบรวมข้อมูลแบบกระจาย (Decentralized Data Acquisition System)

โดยที่ข้อมูลที่ได้อาจส่งไปให้ระบบ Telemetry System เพื่อทำการส่งต่อไป

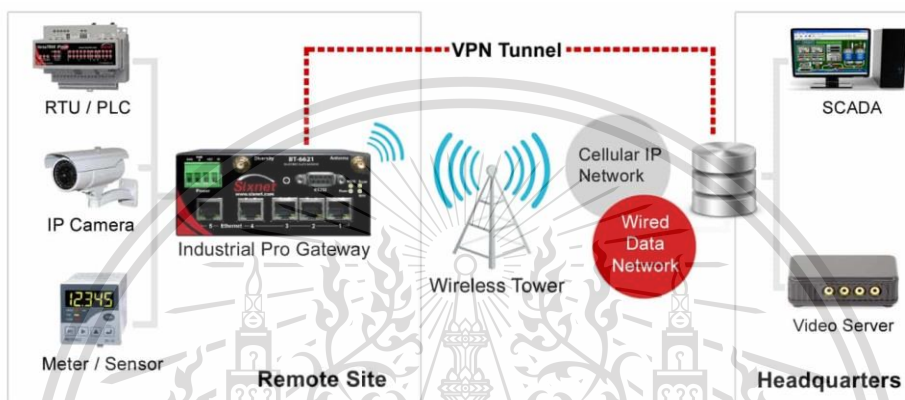
2.2.1 ส่วนประกอบของระบบสกาดา [3]

2.2.1.1 Field Instrumentation คือเครื่องมือหรือเซนเซอร์ที่เชื่อมต่อกับ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ถูกควบคุม โดยจะเปลี่ยนค่าปริมาณทางฟิสิกส์ เช่น แรงดันหรืออัตราการไหล ให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า หรือกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสัญญาณแอนะล็อก หรือดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 Remote Station เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ และนำค่าที่ถูกวัดส่งไปยังศูนย์กลางระบบสกาตา

2.2.1.3 Communication Network เป็นการส่งข้อมูลดิจิทัลระหว่างสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่หนึ่ง โดยผ่านตัวกลางในการติดต่อสื่อสาร เช่น สายเคเบิล คลื่นวิทยุ



รูปที่ 2.1 การส่งข้อมูลระหว่างสถานที่หนึ่งไปอีกสถานที่หนึ่ง

2.2.1.4 Central Monitoring Station (CMS) เป็นศูนย์กลางระบบสกาตา โดยรับข้อมูลมาประมวลผล และทำการแสดงกระบวนการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์

2.2.2 โครงสร้างของระบบสกาตา [4]

2.2.2.1 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์

ระบบสกาตาแบ่งตามโครงสร้างฮาร์ดแวร์ได้ 2 ระดับ คือ Client และ Data Server โดยที่ Client คือคอมพิวเตอร์ที่รับ-ส่งข้อมูลไปยัง Data Server และแสดงผลการทำงานของ ระบบควบคุมในรูปแบบของกราฟิกแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือต้องการแจ้งเตือน เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถส่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่ง สัญญาณไปยัง พีแอลซี, คอนโทรลเลอร์ ส่วน Data Server จะทำหน้าที่ติดต่อกับ พีแอลซี, คอนโทรลเลอร์ หรือ RTU เพื่อรับและส่งสัญญาณไปยัง Client

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.2 โครงสร้างด้านซอฟต์แวร์

ระบบสกาตาใช้เทคโนโลยีการสื่อสารกับฮาร์ดแวร์แตกต่างกันไปตามผู้ผลิต ปัจจุบันได้มีการกำหนดมาตรฐานกลางคือโอพีซีขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาการใช้เทคโนโลยีเฉพาะเพื่อการสื่อสาร

2.2.3 ฐานของข้อมูลสกาตา [5]

2.2.3.1 Real-Time Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดการและเก็บค่าของกระบวนการ ณ เวลาปัจจุบันในขณะใด ๆ ค่า Real-Time จะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ค่าของกระบวนการจะถูกตรวจจับ (Monitor & Scan) โดย RTU จากนั้นข้อมูลค่า Real-Time จะถูกประมวลนำมาแสดงผลบน MMI (Man-Machine Interface) เพื่อให้ผู้ใช้งาน รู้ถึงสภาพของกระบวนการ ณ ขณะนั้น ๆ ค่า Real-Time ทุก ๆ ค่าจะถูก Update ได้ไม่เกินทุก ๆ 2 วินาที

2.2.3.2 Historical Database Servers เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้จัดการและจัดเก็บค่า Historical Data ของกระบวนการเพื่อใช้ในการ Trending, Logging, Statistic และ Report ตัวอย่างของฐานข้อมูลชนิดนี้ คือ XIS (Extended Information System) ซึ่งถูกสร้างโดยใช้ Sybase Relational Database Management System (RDBMS) ที่เป็นมาตรฐาน

2.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

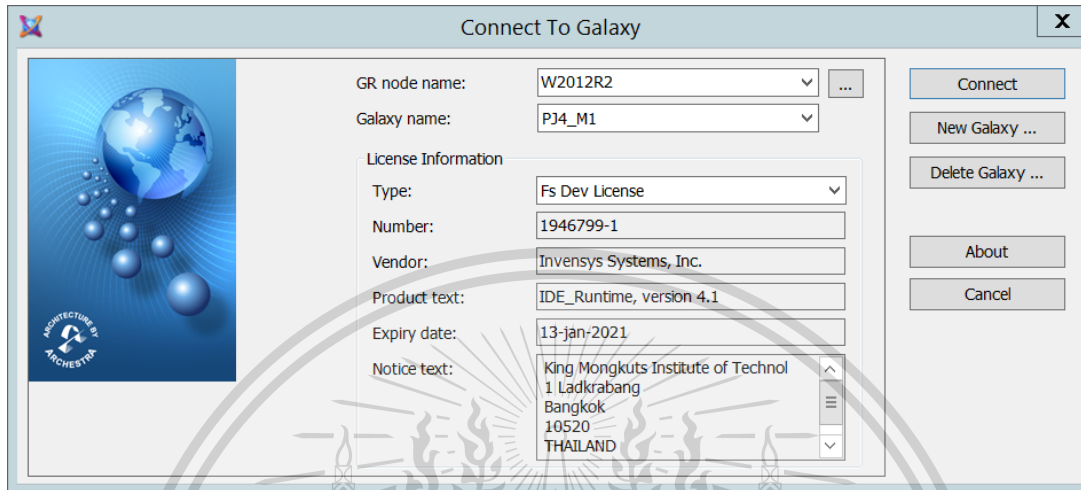
2.3.1 ArchestrA IDE



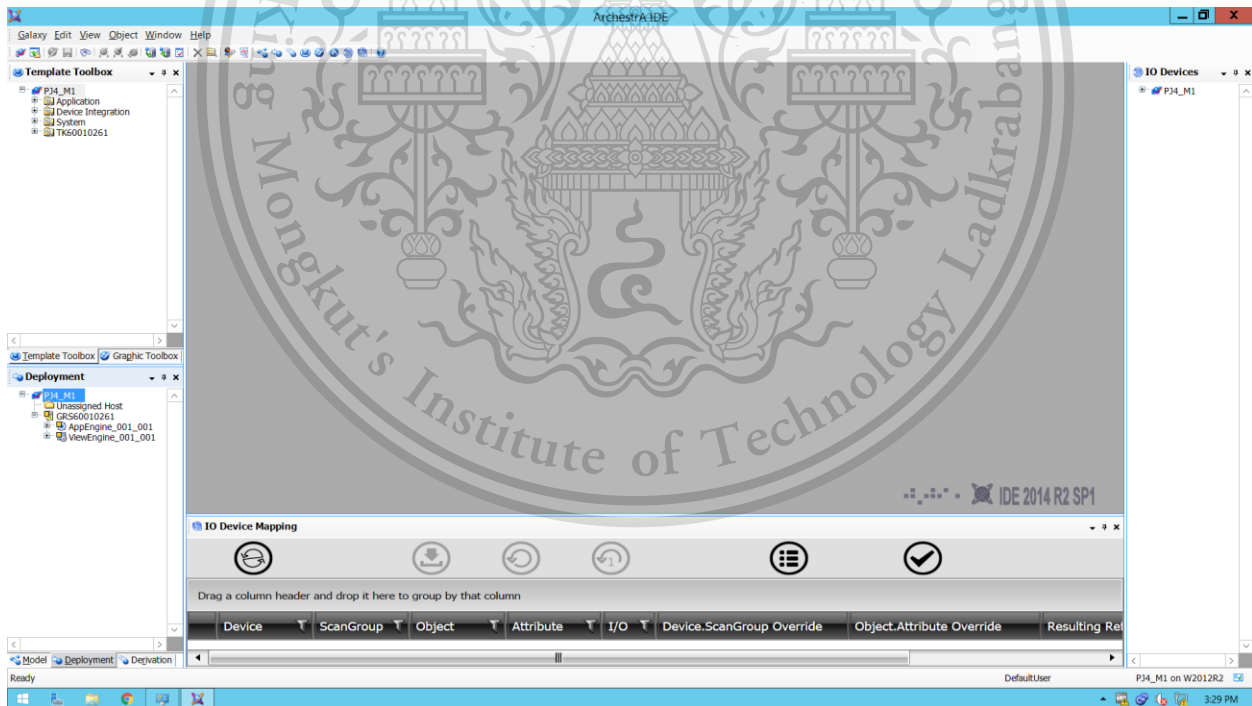
รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์ของโปรแกรม ArchestrA IDE

โปรแกรมประเภท Integrated Development Environment (IDE) [10] นั้นเป็นโปรแกรมที่รวบรวมชุดเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรม เช่น คำสั่ง Compile, Run ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรม โดยในปริญญาโทครั้งนี้ใช้นั้นใช้เป็นโปรแกรม ArchestrA IDE (Wonderware ArchestrA) ที่เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการสร้างระบบสกาตา โดยใช้ตัว DAserver เป็นตัวกลางในการสื่อสารกับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบภายนอกตามมาตรฐาน .NET เพื่อการเชื่อมต่อกับ TCP&UDP Socket หรือจัดการเชื่อมต่อกับ TCP&UDP Socket ภายนอก และสามารถทดสอบการทำงานของระบบที่สร้างขึ้นได้ผ่านทางตัว Wonderware Client Test



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรมในการสร้าง Galaxy ของตัวระบบสกาตา



รูปที่ 2.4 หน้าจอ Interface ของตัวโปรแกรม ArchestrA

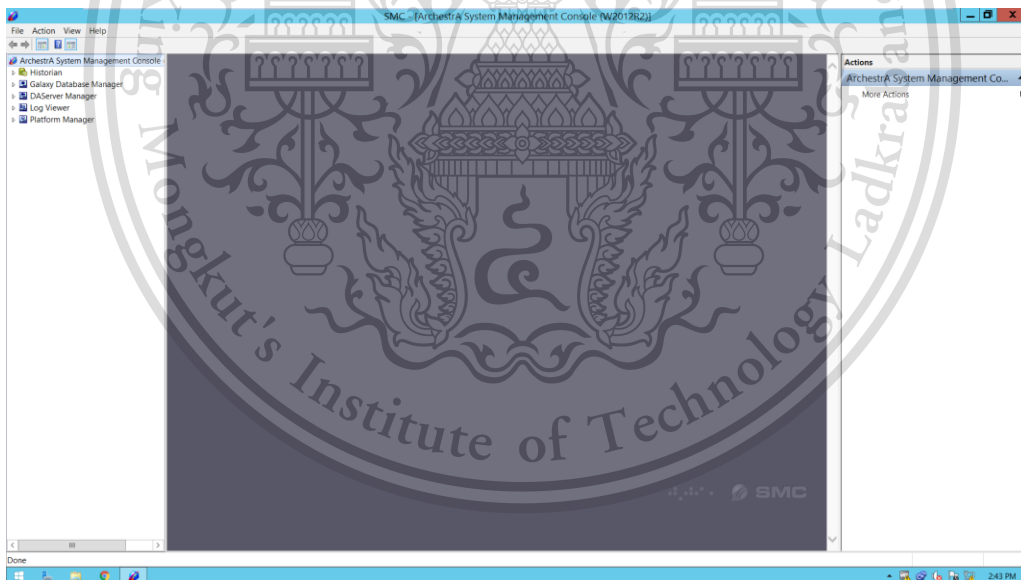
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 System Management Console



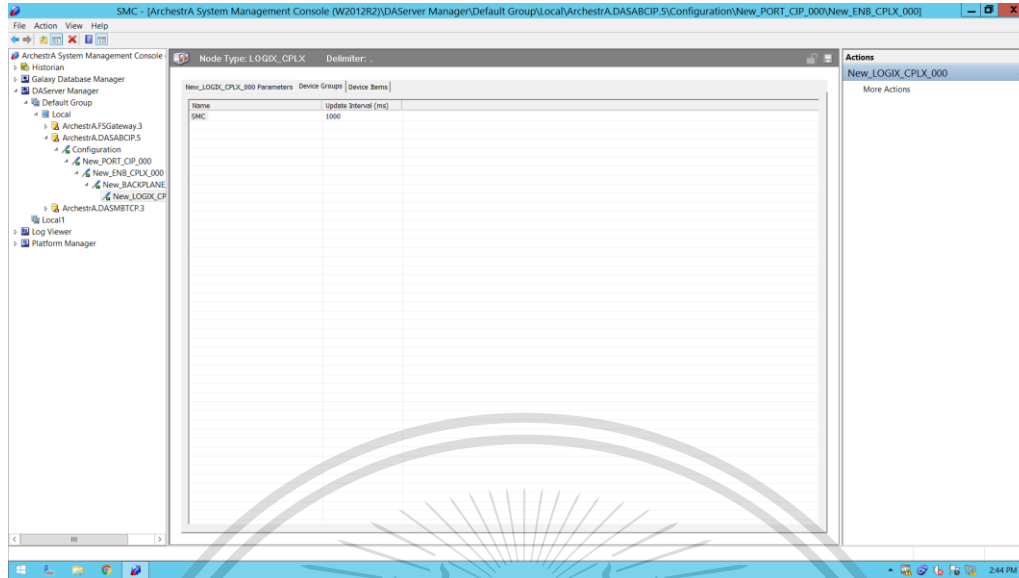
รูปที่ 2.5 สัญลักษณ์ของโปรแกรม System Management Console

โปรแกรม System Management Console นั้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมและจัดการกับการเชื่อมต่อพารามิเตอร์ร่วมกันโปรแกรมต่าง ๆ และระบบจากภายนอกเข้าด้วยกันและทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่าย เช่น พีแอลซี และคอมพิวเตอร์ ในปฏิญานินพจน์นี้ใช้โปรแกรม RSLinx Classic นี้เพื่อเป็นศูนย์กลางในการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม Studio 5000 Logixdesigner ที่เป็นโปรแกรมที่ใช้เขียนโปรแกรมควบคุมพีแอลซี และโปรแกรม ArchestrA IDE ที่เป็นโปรแกรมในการสร้างระบบสกาตา



รูปที่ 2.6 ตัวอย่างการสร้าง DDE/OPC Topic สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการนำเอา DDE/OPC Topic ไปใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม

2.3.3 Studio 5000

Software ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมการทำงานร่วมกันกับ ControlLogix พีแอลซี มีชื่อว่า “Studio 5000” โดยที่ทาง Rockwell แบ่ง Studio 5000 เป็นหลายรุ่นตามการใช้งาน เช่น Studio 5000 Mini เขียนโปรแกรมได้เฉพาะ Ladder เท่านั้นหากต้องการเขียนโปรแกรมในรูปแบบภาษาอื่น เช่น Function Block Diagram, Sequential Function Chart หรือ Structured Text จะต้องใช้ Studio 5000 ในเวอร์ชัน Full หรือ Professional

ในการเชื่อมต่อกับ Controller นั้น Studio 5000 ไม่สามารถติดต่อได้โดยตรงทำให้ต้องมีโปรแกรม RSLinx ที่เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อเข้ากับ Controller ผ่านพอร์ตสื่อสารเช่น Ethernet, ControlNet หรือ RS-232 ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.8 หลักการในการติดต่อสื่อสารของโปรแกรม Studio 5000 กับ Controller

RSLinx แบ่งออกมาเป็นหลายแพ็คเกจตามการใช้งาน เช่น RSLinx ClassicLite เป็นเวอร์ชันพื้นฐานที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง Studio 5000 กับ ControlLogix, RSLinx Classic Gateway เป็นเวอร์ชันที่มีความสามารถในการเป็น Gateway เพื่อเชื่อมต่อ ControlLogix เข้ากับโปรแกรมอื่น ๆ เช่น Visual Basic และเวอร์ชันสูงสุด

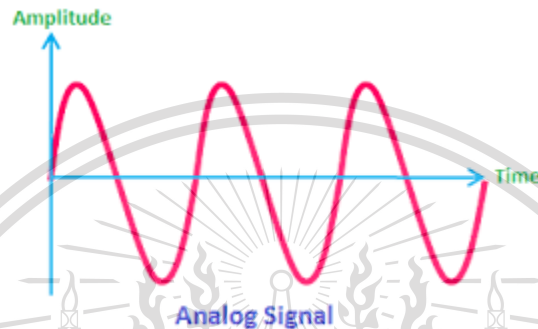
คือ RSLinx Enterprise สามารถใช้งานได้ในทุก ๆ ฟังก์ชัน และสามารถเชื่อมต่อกับ FactoryTalk ที่เป็นโปรแกรมเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อการค้า สกาดาของทาง Rockwell

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โพรโทคอลการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

2.4.1 สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) [6]

สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal) คือ สัญญาณที่เป็นข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณที่ไม่คงที่ อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแบบที่ละเล็กละน้อย มีลักษณะของสัญญาณที่เป็นเส้นโค้ง

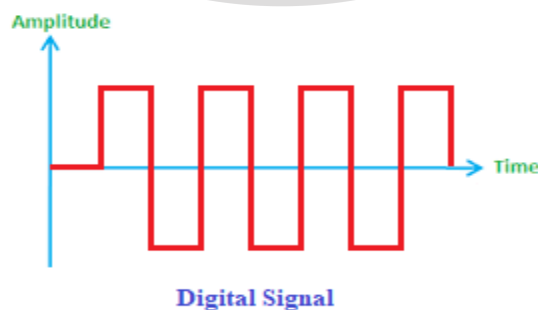


รูปที่ 2.9 สัญญาณแอนะล็อก (Analog Signal)

ดังรูปที่ 2.9 โดยสัญญาณแบบแอนะล็อกจะถูกรบกวนได้ง่าย ตัวอย่างของสัญญาณแอนะล็อก เช่น สัญญาณเสียงในสายโทรศัพท์ เป็นต้น

2.4.2 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) [6]

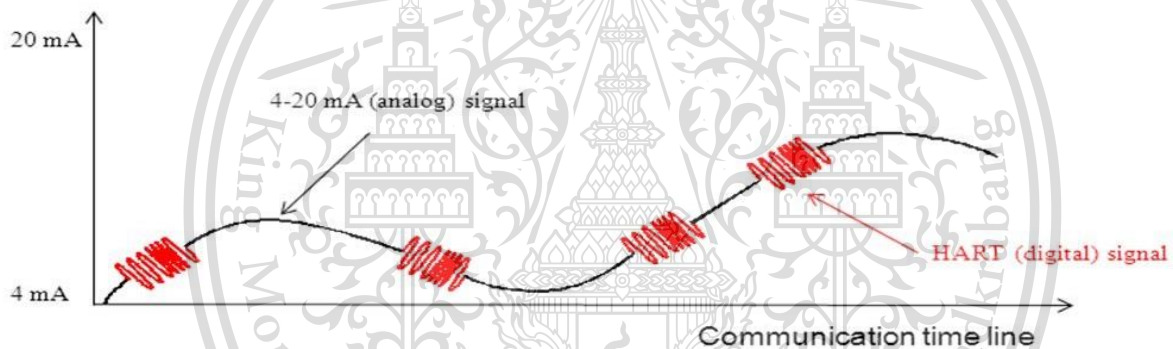
สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) คือ สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) มีขนาดที่แน่นอนซึ่งขนาดของสัญญาณจะกระโดดไปมาระหว่างสองค่า คือ เป็นสัญญาณระดับสูงสุดและเป็นสัญญาณระดับต่ำสุดดังรูปที่ 2.10 ซึ่งสัญญาณแบบดิจิทัลเป็นสัญญาณที่มักจะใช้ในคอมพิวเตอร์ในการทำงานและติดต่อสื่อสาร โดยทั่วไปมักจะแสดงด้วยสถานะเป็น "0" และ "1" หรือบางทีอาจจะมีหลายสถานะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.10 สัญญาณดิจิทัล (Digital Signal) ตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สัญญาณแบบ HART [7]

HART มาจากคำว่า Highway Addressable Remote Transducer คือการสร้างทางด่วนเพื่อการสื่อสารกับตัวอุปกรณ์ที่สามารถติดต่อจากที่ใดก็ได้พร้อมกับสามารถตั้งชื่อหรือกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์ได้ การสื่อสารแบบ HART นั้นจริง ๆ แล้วเป็นการสื่อสารแบบ Digital ที่ใช้สัญญาณแบบแอนะลอกเป็นสื่อ และยังคงสามารถใช้ สัญญาณไฟฟ้าแบบ 4-20 mA ในการวัดและควบคุม ระหว่างตัวอุปกรณ์ เช่น ทรานสมิตเตอร์ ที่ใช้ในการวัดค่าสัญญาณ PV และส่งสัญญาณแอนะลอก ที่วัดได้นี้ไปยังพีแอลซี หรือแม้กระทั่งส่งสัญญาณ แอนะลอกจากพีแอลซี ที่เป็นค่าของสัญญาณ MV ให้กับตัว Positioner ที่อยู่กับตัวของ Control Valve และในส่วนของสัญญาณ Digital ที่ใช้สื่อสารนั้นมีหลายค่า และมีจำนวนมาก โดยที่ใช้ ความถี่แบบเดียวกันกับการสื่อสารที่มีระยะทางไกลจาก FSK (Frequency Shift Keying) Modems ตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 สัญญาณ Digital ของ HART และ สัญญาณแอนะลอก 4-20 mA DC Modulate กัน

สัญญาณแบบ HART นั้นใช้ ความถี่ 2 ค่า แทนสถานะของสัญญาณแบบ Digital ที่มีสถานะเป็น "0" และ "1" คือ การใช้ความถี่ 1,200 Hz แทนสถานะ "1" และความถี่ 2,200 Hz แทนสถานะ "0" โดยที่ทั้ง 2 สัญญาณ จะอยู่บนสัญญาณแอนะลอก ดังรูปที่ 2.11 โดยที่ค่าความถี่นี้จะมีค่าแรงดันอยู่ที่ +/- 0.6 V สัญญาณความถี่ทั้ง 2 ความถี่จะมีความสมมาตรกันในระหว่างช่วงบวก (+) และช่วงลบ (-) ของแต่ละช่วงเวลา ทำให้ไม่มีการรบกวนกัน กับสัญญาณแอนะลอก 4-20 mA

2.5 ข้อมูลเบื้องต้นของอุปกรณ์ที่ใช้

2.5.1 Allen-Bradley 1769 L30-ER CompactLogix

พีแอลซีรุ่น 1769-L30ER เป็นแพคเกจขนาดกะทัดรัด โดยสามารถใช้งานโดยซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรม RXL0gix5000 V20 พีแอลซีรุ่น 1769-L30ER สามารถรองรับโมดูลได้สูงสุด 8 โมดูลผ่านจุดขยาย / ขยาย พีแอลซีรุ่น 1769-L30ER มีหน่วยความจำ Secure Digital (SD) เป็นการ์ด 1 GB ซึ่งสามารถขยายได้ถึง 2GB 1769-L30ER มี Ethernet I / O IP Network 16 โนด ซึ่งสามารถรองรับแกนเสมือนได้ประมาณ 100 แกน มีขนาด 55 มม. x 118 มม. 105 มม. และน้ำหนัก 1.8 กก (4ปอนด์) และสามารถสื่อสาร ผ่านพอร์ต Ethernet โดยใช้ 1747-CP3 หรือ 1756-CP3 สามารถเชื่อมต่อหลากหลายของอุปกรณ์อุตสาหกรรมเพื่อควบคุมของคุณ I / O สามารถรองรับงานพร้อมกันได้ถึง 32 รายการ ภายใต้งานเหล่านี้ I / O สามารถตรวจสอบได้ถึง 100 โปรแกรมในแต่ละครั้ง

2.5.2 Allen-Bradley 1769-PA4 CompactLogix

Allen-Bradley 1769-PA4 CompactLogix เป็น Power Supply ที่มีแหล่งจ่ายไฟที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับโมดูล I / O ขนาดกะทัดรัด มีระดับแรงดันไฟฟ้าอินพุต 120VAC / 240VAC และระดับแรงดัน 5VDC และ 24VDC มันมีระดับกระแสเอาต์พุตของ 5A สามารถบรรจุได้มากถึง 8 โมดูลจากแต่ละด้านของ PSU ขึ้นอยู่กับการโหลดและข้อจำกัดของแต่ละโมดูล แต่ละโมดูล

2.5.3 Analog Input (AI) 1769-IF4 AB

โมดูลอินพุตแบบแอนะล็อก 1769-IF4 จะแปลงและจัดเก็บข้อมูลแบบแอนะล็อกสำหรับการดึงข้อมูลโดยคอนโทรลเลอร์เช่น CompactLogix™ หรือ MicroLogix™ 1500 ตัวโมดูลรองรับการอ่านข้อมูลอินพุตจากเครื่องมือวัดแบบกระแส 4 ช่อง และแบบแรงดัน 4 ช่อง

2.5.4 Analog Output (AO) 1769-OF4

โมดูลเอาต์พุตแบบแอนะล็อก 1769-OF4 จะส่งเอาต์พุตแบบแอนะล็อกที่เป็นแบบแรงดัน 24VDC และเอาต์พุตแบบกระแส 5 mA ตัวโมดูลรองรับการส่งข้อมูลอินพุตแบบกระแส 4 ช่อง และแบบแรงดัน 4 ช่อง

2.5.5 AI with HART Protocol 1769SC-IF4IH Spectrum

โมดูลอินพุตแอนะล็อกแบบ HART 1769SC-IF4IH จะแปลงและจัดเก็บแบบแอนะล็อกแบบดิจิทัล เอกสโดยจะรับข้อมูลแบบ HART มาในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลตัวโมดูลรองรับการอ่านข้อมูลอินพุตแบบ HART จากการคำนวณว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดแบบกระแส 4 ช่อง ทำหน้าที่เป็น HART Master ซึ่งอนุญาตให้สื่อสารกับอุปกรณ์ภาคสนาม HART และแลกเปลี่ยนข้อมูล HART มีอยู่ในเครือข่ายโดยตรง

2.5.6 AO with HART Protocol 1769SC-OF4IH Spectrum

โมดูลเอาต์พุตแอนะล็อกแบบ HART 1769SC-OF4IH จะส่งเอาต์พุตแบบแอนะล็อกที่เป็นแบบสัญญาณ HART ตัวโมดูลรองรับการส่งข้อมูลอินพุตแบบกระแส 4 ช่อง และยังทำหน้าที่เป็น HART Master ซึ่งอนุญาตให้สื่อสารกับอุปกรณ์ภาคสนาม HART และแลกเปลี่ยนข้อมูล HART มีอยู่ในเครือข่ายโดยตรง

2.5.7 Rosemount 2051 Pressure Transmitter with HART Protocol

ข้อมูลบางส่วนของอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ Rosemount 2051 เป็นไปดังตารางที่ 2.1

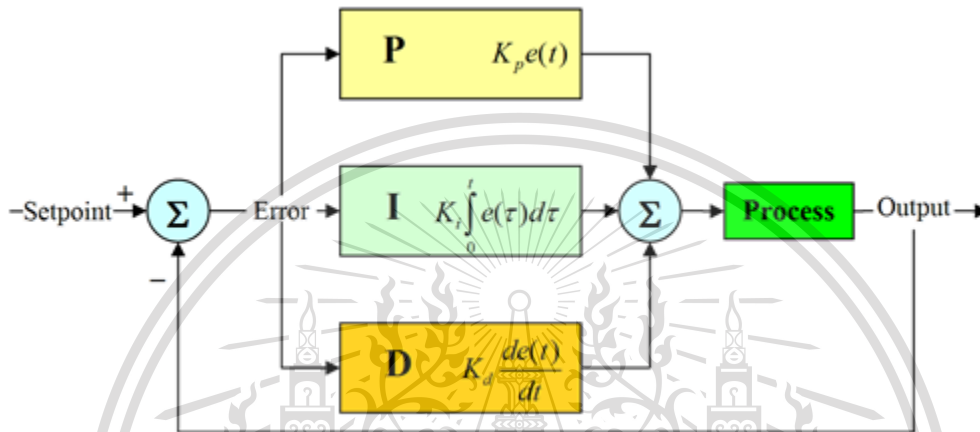
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลบางส่วนของ Rosemount 2051 Pressure Transmitter with HART Protocol

Model		Product Description
2051CFC		Compact Flowmeter
Measurement Type		
D	Differential pressure	
Special Inspection		
QC1	Visual and dimensional inspection with certificate	
QC7	Inspection and performance certificate	
Primary Element Technology		
A	Annubar averaging pitot tube	
C	Conditioning orifice plate	
P	Orifice plate	
Differential Pressure Range		
1	0 to 25 in H ₂ O (0 to 62,3 mbar)	
2	0 to 250 in H ₂ O (0 to 623 mbar)	
3	0 to 1000 in H ₂ O (0 to 2,5 bar)	
Transmitter Output		
A	4–20 mA with digital signal based on HART Protocol	

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์เป็นเครื่องที่ใช้ในการส่งสัญญาณแรงดัน Rosemount 2051 ทำหน้าที่ในการวัดระดับแรงดัน แล้วส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ควบคุมโดยสัญญาณที่ส่งเป็นได้ทั้งแบบแอนะล็อก และ HART สามารถนำไปประยุกต์ใช้วัดความดันระดับและการไหล ตัวอุปกรณ์สามารถเข้าถึงข้อมูลที่คุณสามารถใช้เพื่อวินิจฉัยแก้ไข และป้องกันปัญหาได้ง่ายและสามารถอ่านค่าที่อุปกรณ์

2.6 หลักการทำงานของพีไอดี [8]



รูปที่ 2.12 หลักการทำงานของพีไอดี

PID ทำหน้าที่ในการลด Error ที่เกิดขึ้นมาภายในการควบคุมโดยทุกครั้งที่ใช้จะมีการนำค่า Error มาใช้ในการคำนวณทั้งหมดโดยแบ่งออกเป็นค่า P, I และ D เพื่อใช้ในการลด Error ภายในกระบวนการ โดยค่าที่ได้จะนำมารวมกันเพื่อเป็นค่า Output ที่นำไปใช้ในการทำงานจริง

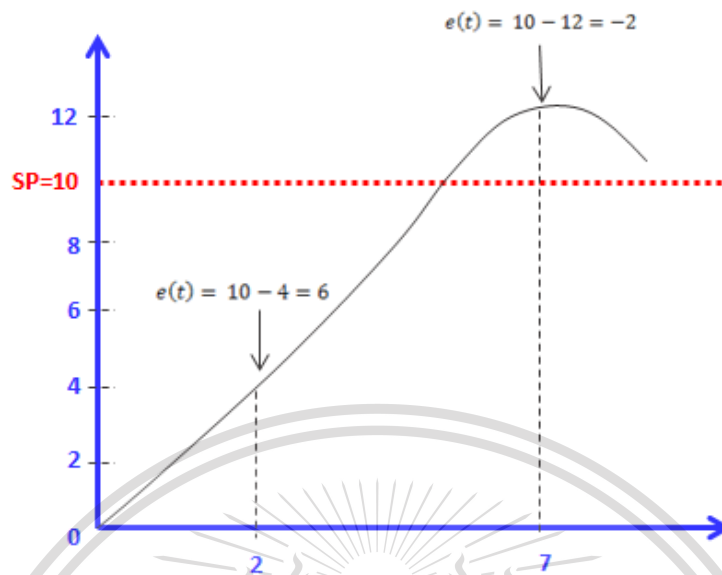
2.6.1 การควบคุมแบบพี (Proportional: P)

Proportional คือการนำค่า Error มาคูณกับค่า Gain K_p เพื่อใช้ในการหาค่า P_{out}

$$P_{out} = K_p e(t) \quad (2.1)$$

จากรูปข้างล่างจะเห็นได้ว่าเมื่อกราฟมีการวิ่งไปก่อนจะถึง Set Point ค่า Error ที่เกิดขึ้นจะมีค่าเป็นบวก จึงทำให้ค่า P_{out} มีค่าที่เป็นบวกตามไปด้วย ต่อมาเมื่อกราฟวิ่งไปจะเลยจุด Set Point ค่า Error ที่ได้จะมีค่าเป็นลบ จึงทำให้ค่า P_{out} มีค่าเป็นลบตามไปด้วยนั่นเอง ข้อควรระวังคือหากมีการตั้งค่า K_p ที่มากเกินไปอาจทำให้ค่าที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงที่เร็วเกินไปอาจทำให้เกิดการ Overshoot ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า K_p กับ Output

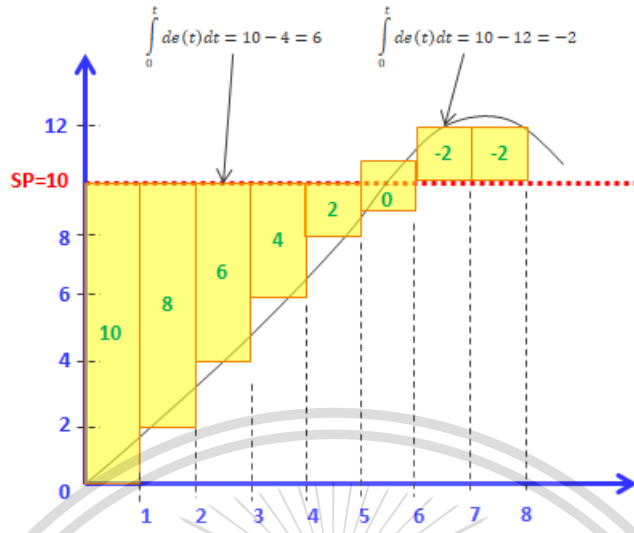
2.6.2 การควบคุมแบบไอ (Integral: I)

Integral คือการใช้พื้นที่ใต้กราฟของค่า Error ในการหาค่ามันเอง โดยค่าที่ได้จะเป็น I_{out}

$$I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.2)$$

จากรูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่าเมื่อกราฟอยู่ที่ Set Point มากเท่าไรก็ยิ่งทำให้ค่าของพื้นที่ใต้กราฟมากขึ้นตามไปด้วยหากนำมาคูณกับค่า K_i จะทำให้ค่ามากยิ่งขึ้น จึงมีข้อควรระวังคือไม่ควรใส่ค่า Gain K_i มากเกินไป แต่เมื่อกราฟมีค่ามากกว่า Set Point จะทำให้ค่าที่ได้มีค่าที่ติดลบ ซึ่งเมื่อนำไปรวมจะทำให้ค่า Output มีค่าที่น้อยลงตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



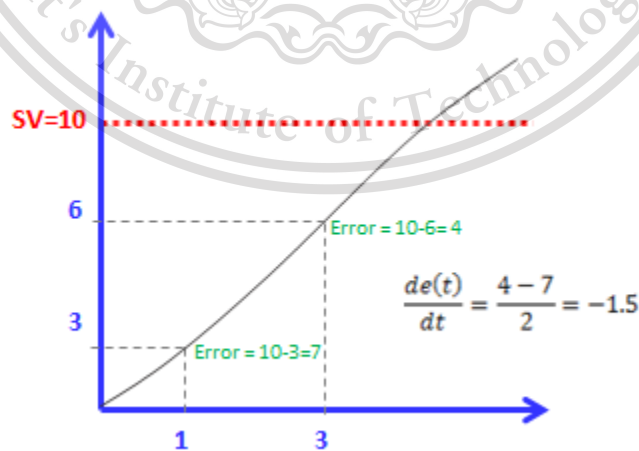
รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า K_i กับ Output

2.6.3 การควบคุมแบบดี (Derivative: D)

Derivative คือการหาค่า Slope หรือความชันของกราฟเพื่อใช้ในการหาค่า D_{out}

$$D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.3)$$

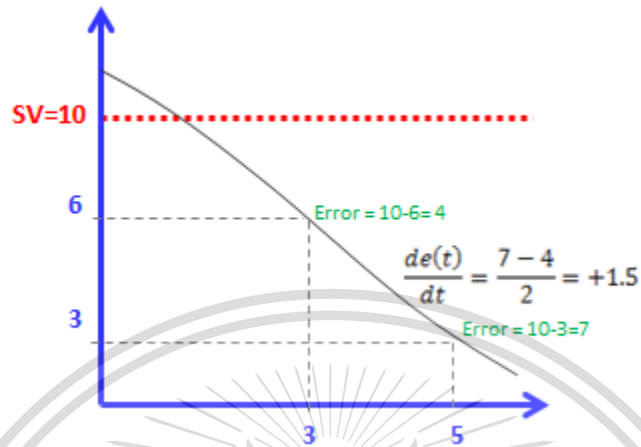
จากรูปที่ 2.15 จะสังเกตได้ว่าเมื่อกราฟมีการพุ่งขึ้นแต่ด้วยเนื่องมาจากเรามองที่ค่า Error จึงทำให้ค่าที่ออกมามีค่าติดลบแทนทำให้เมื่อนำไปคูณกับค่า K_d จะทำให้ค่าที่ออกมาสามารถนำไปช่วยในการลดอัตราเร่งของกราฟได้



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟกำลังขึ้น

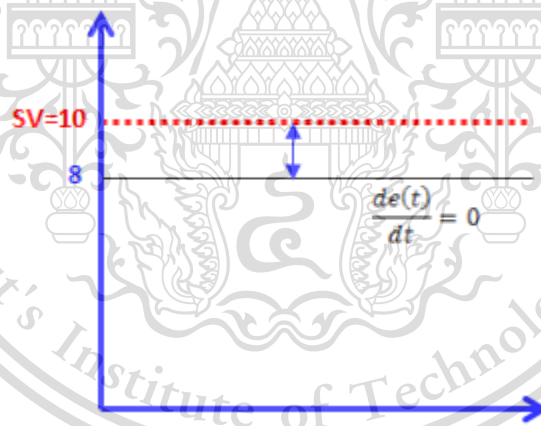
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อกราฟที่กำลังลงจะทำให้ค่าที่ออกมาเป็นบวกแทน และเมื่อนำไปรวมกับค่าอื่น ๆ จะทำให้ช่วยในการลดอัตราเร่งได้เช่นเดียวกัน



รูปที่ 2.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟกำลังลง

แต่ในกรณีที่กราฟเรียบ หรือความชันเป็น 0 ค่า K_d จะไม่มีผลแต่สังเกตได้ว่ากราฟยังมีค่า Error จึงเห็นได้ว่าค่า K_d ไม่มีส่วนช่วยในการลดค่า Error ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า K_d กับ Output ขณะที่กราฟคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การปรับแต่งพารามิเตอร์พี-ไอ-ดี [9]

2.7.1 วิธีการปรับจูนด้วยมือ

ให้ระบบมีการทำงานค้างไว้ ขั้นตอนแรกเริ่มจากทำการตั้งค่า K_i และ K_d เป็นศูนย์ ต่อมาเพิ่มค่า K_p จนกระทั่งสัญญาณขาออกหรือกราฟเกิดการแกว่ง หลังจากเกิดการแกว่งให้ทำการเปลี่ยนค่า K_p ให้เหลือครึ่งหนึ่งของค่าที่ทำให้เกิดการแกว่งแบบ "Quarter Amplitude Decay" แล้วเพิ่ม K_i จนกระทั่งไม่มีการเกิด Off-Set หรือกราฟมีความถูกต้องตามที่ต้องการ แต่หาก K_i มากไปอาจทำให้ไม่เสถียร สุดท้ายเพิ่มค่า K_d จนกระทั่งลู่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่ถ้า K_d มากเกินไปจะทำให้การตอบสนองและ Overshoot มากเกินไป ปกติการปรับแต่งค่าพีไอดี ถ้าเกิด Overshoot เล็กน้อยจะช่วยให้เข้าสู่จุดที่ต้องการเร็วขึ้น แต่ในบางระบบไม่สามารถยอมให้เกิด Overshoot ได้ และถ้าค่า K_p น้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดการแกว่ง

ตารางที่ 2.2 ผลของการเพิ่มค่าพารามิเตอร์อย่างอิสระ

พารามิเตอร์	ช่วงเวลาขึ้น (Rise Time)	โอเวอร์ชูต (Overshoot)	เวลาสู่สมดุล (Settling Time)	ความผิดพลาดสถานะคงตัว (Steady-State Error)	เสถียรภาพ
K_p	ลด	เพิ่ม	เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย	ลด	ลด
K_i	ลด	เพิ่ม	เพิ่ม	ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ	ลด
K_d	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ลดลงเล็กน้อย	ตามทฤษฎีไม่มีผล	ดีขึ้นถ้า K_d มีค่าน้อย

2.7.2 วิธีการปรับจูนแบบ Close-Loop

วิธีการนี้แนะนำโดย John G. Ziegler และ Nathaniel B. Nichols ในคริสต์ทศวรรษที่ 1940 ขั้นตอนแรกให้ตั้งค่า K_i และ K_d เป็นศูนย์ เพิ่มอัตราขยาย P สูงที่สุดให้แทนเป็นค่า K_u จนกระทั่งกราฟเริ่มเกิดการแกว่งนำค่า K_u และค่าช่วงการแกว่ง P_u มาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหลือดังตาราง

ตารางที่ 2.3 การคำนวณแบบ Close-Loop

Control Type	K_p	K_i	K_d
P	$0.50K_u$	-	-
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/P_u$	-
PID	$0.60K_u$	$2K_p/P_u$	$K_p P_u/8$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

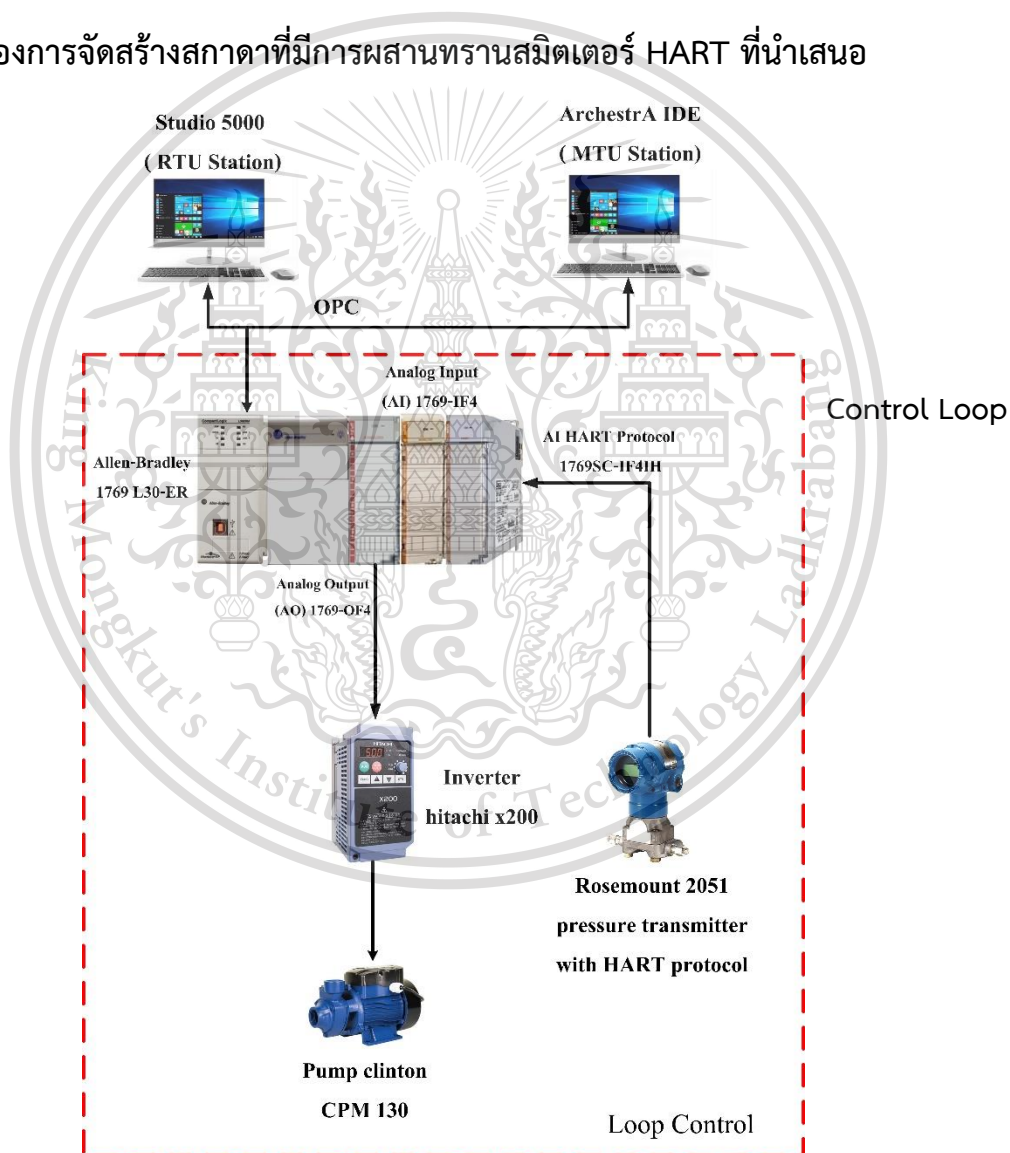
บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน ตั้งแต่การออกแบบส่วนระดับฟิลด์ รวมถึงการจัดซื้อจัดทำอุปกรณ์ในส่วนของระดับฟิลด์ การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานบนพีแอลซี และการสร้างระบบสกาตาเพื่อแสดงผลการทำงานของของการควบคุมระดับ รวมถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2 แนวคิดของการจัดสร้างสกาตาที่มีการผสานทรานสมิตเตอร์ HART ที่นำเสนอ



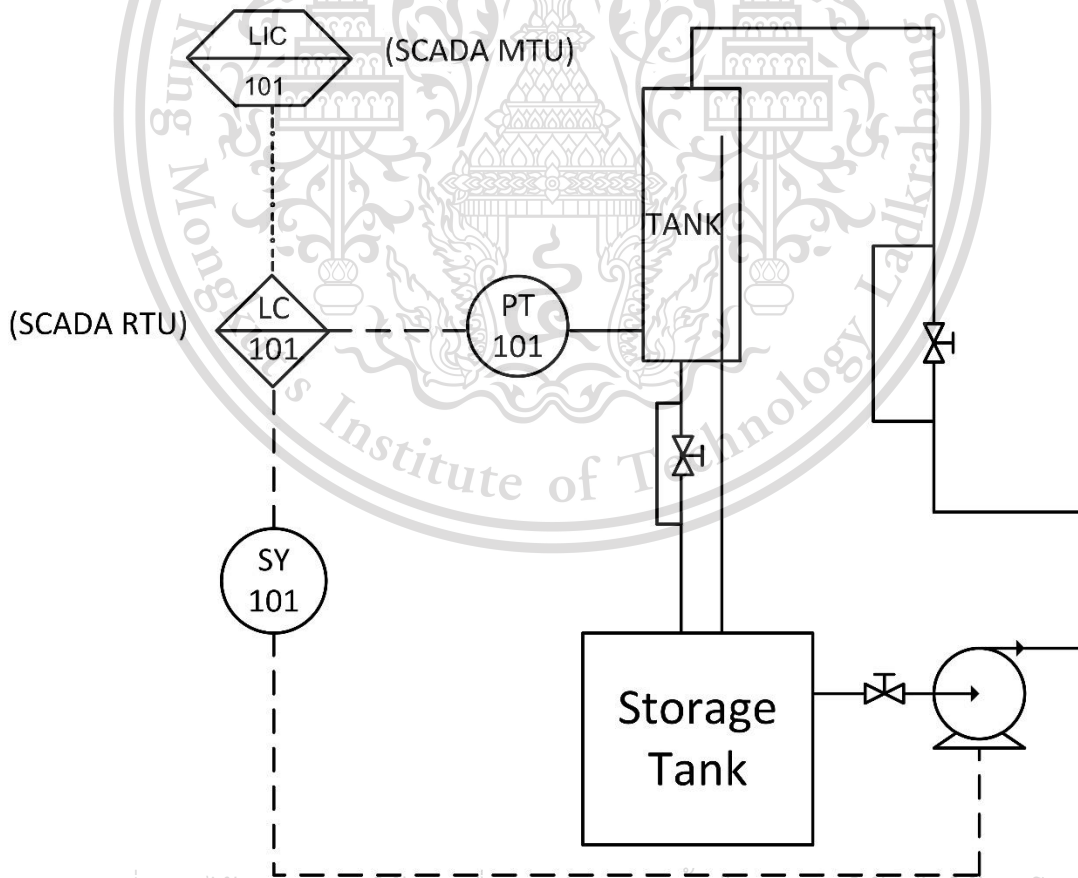
รูปที่ 3.1 ภาพรวมของระบบสกาตาที่มีการผสานทรานสมิตเตอร์ HART ที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

จากรูปที่ 3.1 ภาพรวมของกระบวนการ ซึ่งประกอบไปด้วย Lenovo Ideacentre All In one 520, Allen-Bradley 1769 L30-ER CompactLogix, Rosemount 2051 Pressure Transmitter With HART Protocol, Inverter Hitachi x200, Pump Clinton CPM 130 ซึ่งการทำงานของกระบวนการคือ Lenovo Ideacentre All In One 520 ทำหน้าที่เป็นในส่วนของสกาตา ซึ่งจะทำหน้าที่ Monitor และควบคุมกระบวนการจากการใช้งาน Rosemount 2051 Pressure Transmitter With HART Protocol ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความดันวัดระดับน้ำในกระบวนการ แล้วส่งสัญญาณทั้งที่เป็นแอนะล็อกและ HART ไปยังโมดูลแอนะล็อกอินพุตแบบโปรโตคอล HART แล้ว Allen-Bradley 1769 L30-ER CompactLogix ซึ่งเป็นพีแอลซีทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผลที่เป็นสกาตา และส่งสัญญาณควบคุมไปยังอินเวอร์เตอร์รุ่น Hitachi x200 ซึ่งทำหน้าที่แปลงความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับแล้วส่งไปยัง Pump Clinton CPM 130 เพื่อปรับความเร็วในการปั้มน้ำเพื่อให้ได้ระดับน้ำตามค่าเป้าหมายที่ต้องการในกระบวนการที่ควบคุม

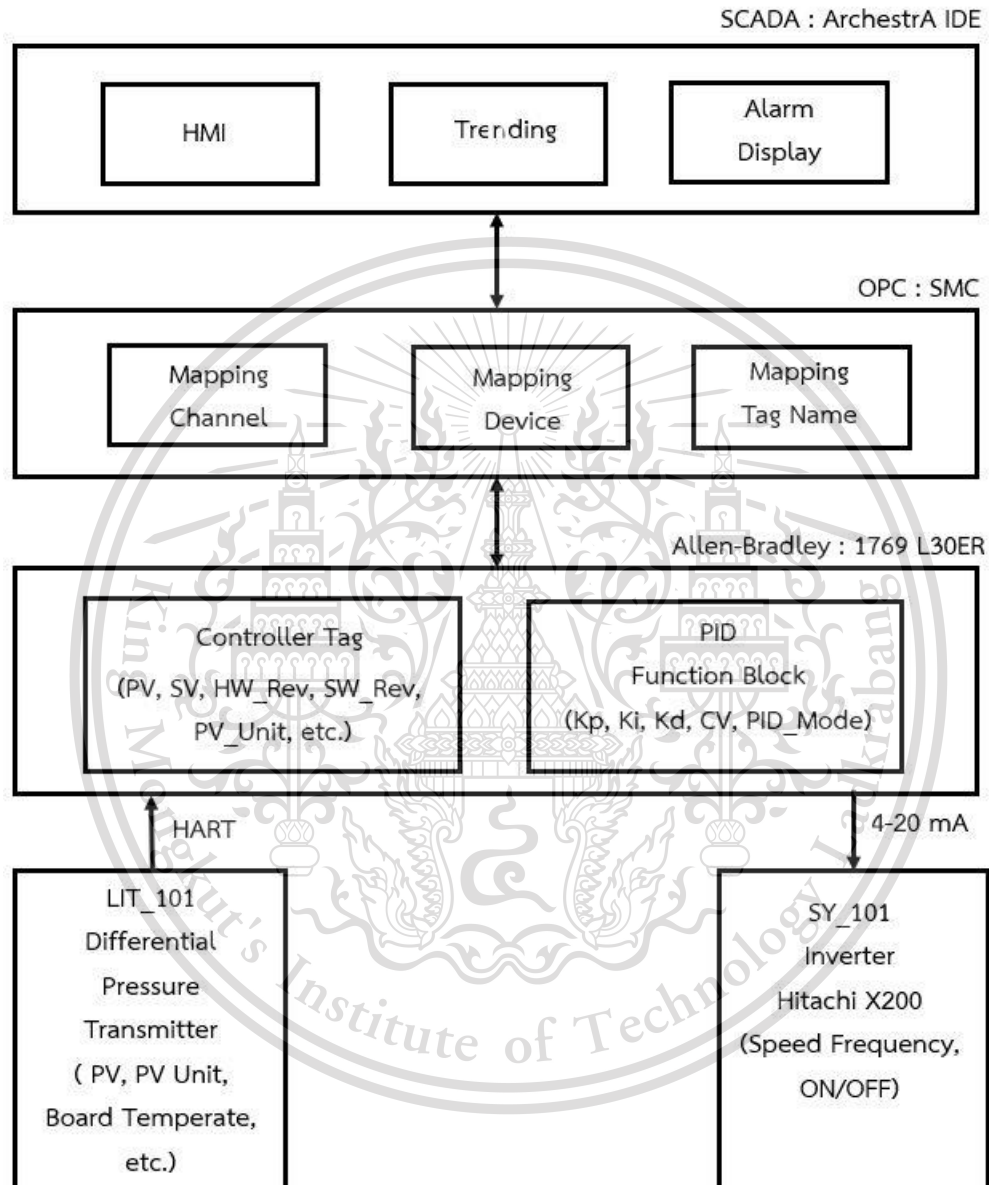


รูปที่ 3.2 P&ID Diagram ของกระบวนการระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1. การออกแบบการรับ-ส่งข้อมูลสำหรับระบบควบคุมระดับ

การออกแบบการรับส่งข้อมูลตั้งแต่ตัวอุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับมาจนถึงตัวระบบสกาตาและฟังก์ชันที่เป็นไปดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แนวคิดการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในสกาตาที่จัดสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2. การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของสกาตา

การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของสกาตาโดยจะมีฟังก์ชันในการทำงานของสกาตาเป็นไปตามตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การออกแบบฟังก์ชันต่าง ๆ ในระบบสกาตา

Button/Symbol/Value	Description	SCADA Function
Level of Tank	To Display Tank Level	Monitoring
PV	To Display Currently Process Variable	Monitoring
MV	To Display Currently Manipulate Variable	Monitoring
Manufacture ID	To Display Manufacture ID	Monitoring
Software REV	To Display Software REV	Monitoring
Hardware REV	To Display Hardware REV	Monitoring
HART REV	To Display HART REV	Monitoring
PV Unit	To Display Process Variable Unit	Monitoring
Signal	To Display Signal 4-20 mA from Device When You Set Input in Analog	Monitoring
Device Tag	To Display Device Tag	Monitoring
Board Temperature	To Display Board Temperature	Monitoring
"Start" Button	To Start the Level Control system	Control Command
"Stop" Button	To Stop the Level Control system	Control Command
"Emergency " Button	To Emergency Stop the Level Control system	Control Command
Proportional (P)	To Adjust Proportional Value In PID Block	Control Command
Integral (I)	To Adjust Integral Value In PID Block	Control Command
Derivative (D)	To Adjust Derivative Value In PID Block	Control Command
Set Point (SP)	To Adjust Set Point of Tank Level	Control Command
PID Mode	To Select PID Mode of PID Block	Control Command
PV Status	To Display Process Status	Fault Notification
HH	To Display Critical High level Alarm	Fault Notification
H	To Display High level Alarm	Fault Notification
L	To Display Low level Alarm	Fault Notification
LL	To Display Critical Low level Alarm	Fault Notification
Device Fail	To Display Abnormal Status of Device	Fault Notification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในองค์กรเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

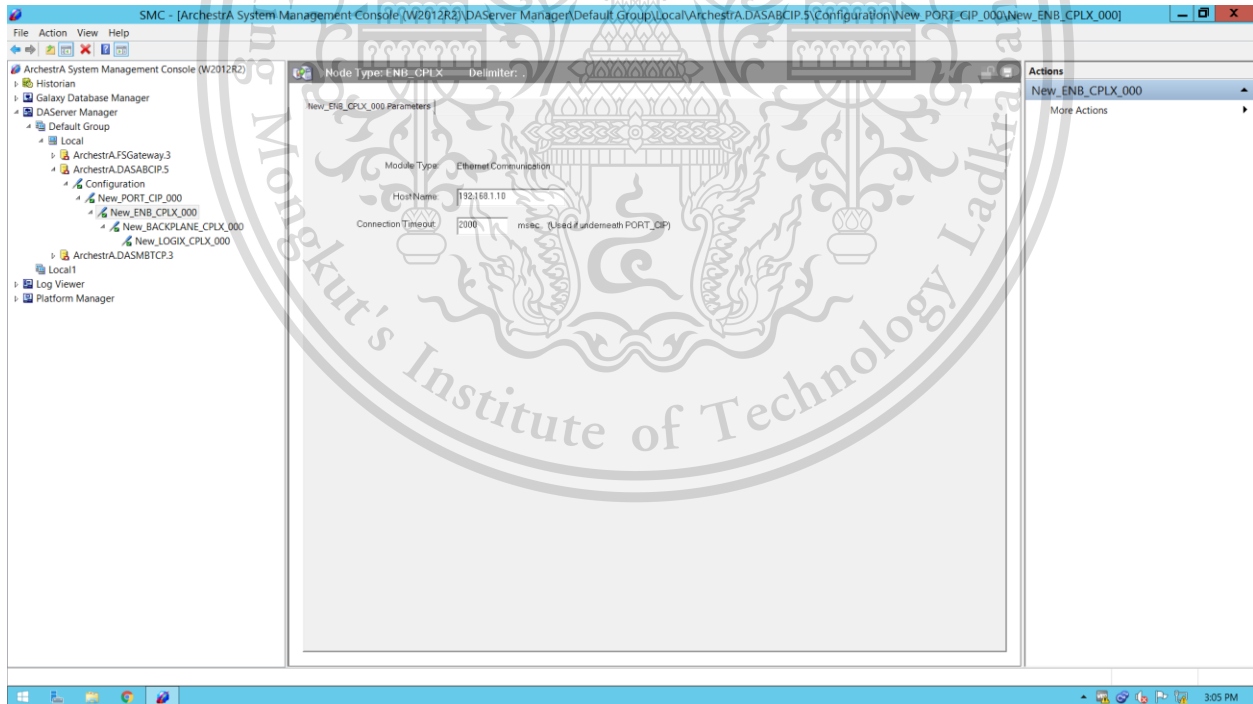
3.3 การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อแสดงผลการทำงานของระบบการโดยใช้ ArchestrA IDE

3.3.1 การใช้งาน SMC เป็นโอพีซีในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่าง Studio 5000 และ ArchestrA IDE

3.3.1.1 การสร้าง Access Name บนโปรแกรม System Management Console (SMC)

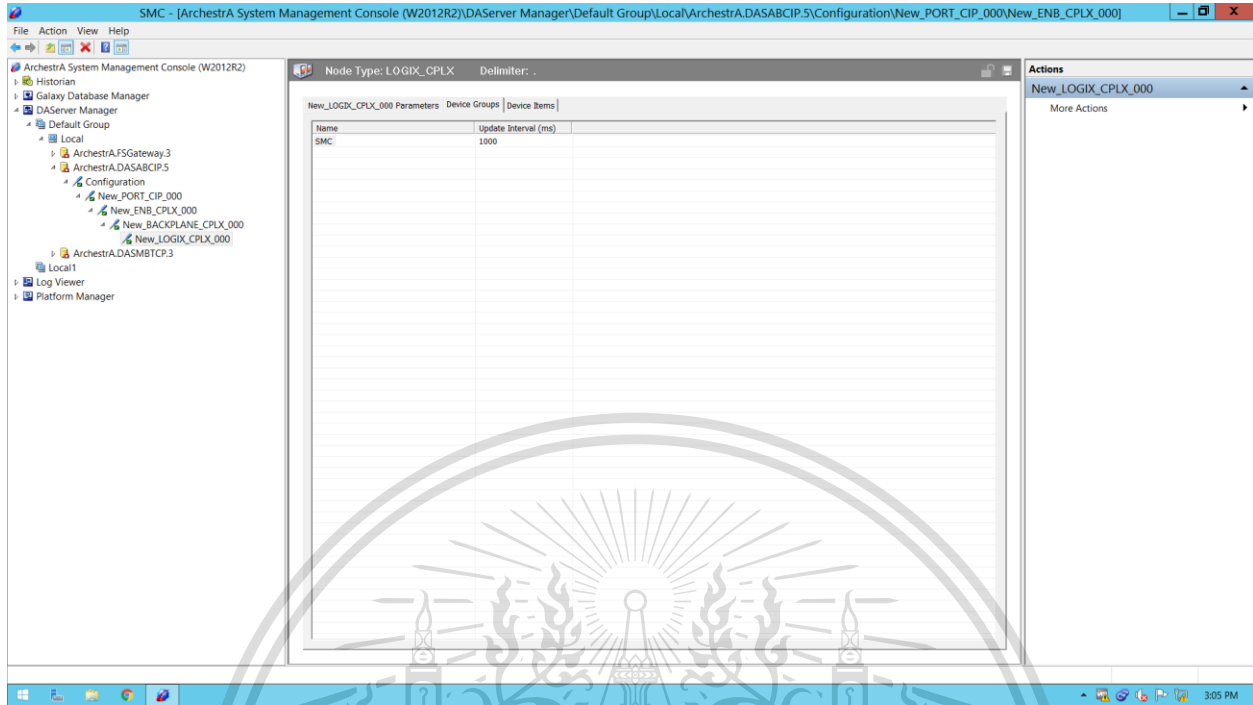
เพื่อที่จะส่งข้อมูลร่วมกันระหว่างโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer กับ ArchestrA IDE นั้นขั้นแรกจะต้องทำการสร้าง Access Name ที่โปรแกรม SMC ก่อน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) เปิดโปรแกรม SMC ขึ้นมา จากนั้นเลือกไปที่ DAServer Manager
- (2) กดคลิกขวา สร้าง DASABCIP ขึ้นมา
- (3) สร้าง PORT_CIP ขึ้นมาใหม่ จากนั้นคลิกขวาสร้าง ENB_CPLX ขึ้นมา
- (4) ในหน้า ENB_CPLX ตรง Host Name ให้ระบุ IP Address ของพีแอลซีที่เราตั้งไว้แล้ว
- (5) จากนั้นคลิกขวาสร้าง BACKPLANE_CPLX ขึ้นมา กดคลิกขวาอีกครั้งเพื่อสร้าง LOGIX_CPLX ขึ้นมา เพื่อเพิ่ม Device Group ที่จะเป็น Access Name ที่เราใช้
- (6) ในส่วนของ LOGIX_CPLX นั้นไปที่หน้า Device Group เพื่อเพิ่ม Access Name ที่เราต้องการ



รูปที่ 3.4 หน้าต่างโปรแกรม SMC วิธีการกำหนดตัว Host ที่ต้องการนำข้อมูลมาใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการสร้าง Access Name

3.3.1.2 การดึง TAG จากโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer [11]

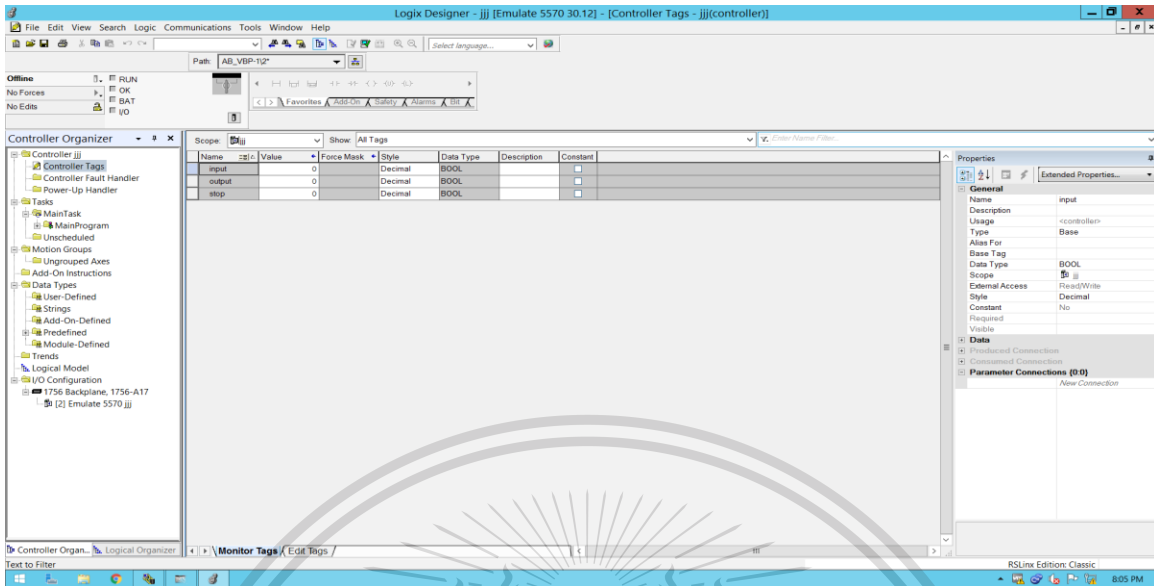
การจะนำเอา TAG จากโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer ไปใช้กับโปรแกรม ArchestrA IDE นั้นจะต้องทำการประกาศ TAG ต่าง ๆ ไว้ที่ Controller TAG บนตัวโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer เท่านั้นถ้าไปประกาศไว้ในตัว Program TAG จะไม่สามารถนำมาใช้ได้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- (1) การประกาศ Tag นั้นจะต้องประกาศไว้ใน Controller Tags เท่านั้น
- (2) เปิดโปรแกรม ArchestrA จากนั้นให้ Run ตัว Wonderware InTouch ขึ้นมาจากนั้นทำการสร้างกราฟิกที่ต้องการ
- (3) ทำการที่จะ link กราฟิกเข้ากับตัว Tag ที่เราสร้างไว้ใน Studio 5000 นั้นเราต้องเพิ่ม

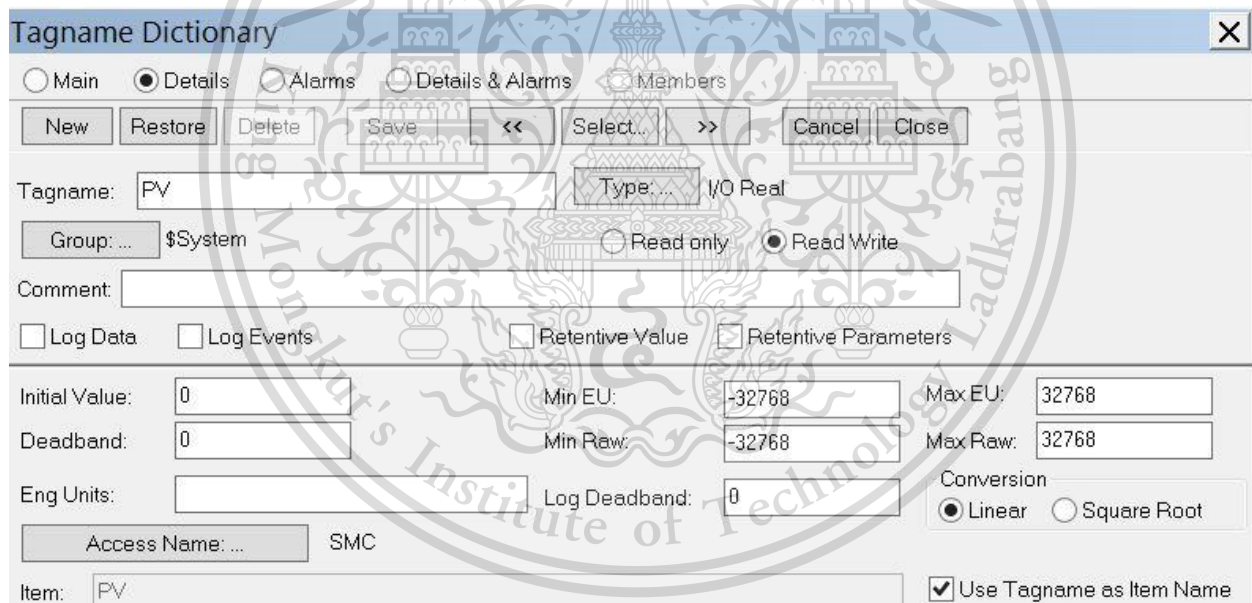
Access Name ก่อนโดยกดไปที่ “Access Name”

- (4) เปิดตรง Access Name นั้นให้เราใส่ชื่อ Topic ที่ได้สร้างไว้ลงไปตัวอย่างจะเป็น SMC
- (5) ตรง Application Name นั้นให้ใส่เป็น DASABCIP ไว้
- (6) ตรง Topic Name ให้เราใส่ชื่อ Device Group ที่เราสร้างไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการสร้าง TAG บนตัวโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer



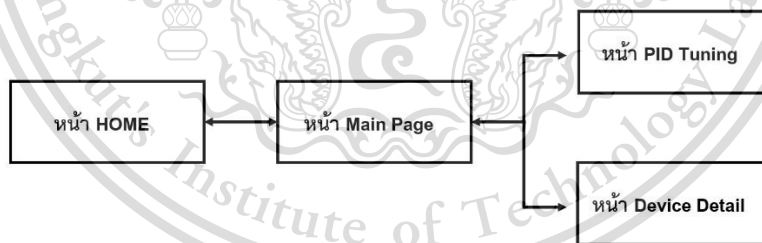
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการเชื่อม TAG บนตัวโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer เข้ากับหน้ากราฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการเชื่อม Topic เข้ากับหน้ากราฟิก

3.3.2 รายละเอียดการสร้างหน้ากราฟิกของระบบสกาตา

หน้ากราฟิกสำหรับการควบคุมระดับที่สร้างขึ้นประกอบไปด้วย หน้าเริ่มต้น (Home) หน้าแสดงผลหลัก (Main Page) หน้าที่ใช้สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ PID Tunning (PID Tunning) หน้ารายละเอียดของอุปกรณ์ (Devices Detail) เป็นไปตามรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 การออกแบบการทำงานของหน้ากราฟิก

3.3.2.1 โครงสร้างของหน้ากราฟิก

ในส่วนของโครงสร้างของหน้ากราฟิกอธิบายถึงส่วนประกอบของหน้ากราฟิกแต่ละหน้า ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 หน้า ประกอบไปด้วยหน้ากราฟิกเริ่มต้น (Home) หน้ากราฟิกแสดงผลหลัก (Main Page) หน้ากราฟิกที่ใช้สำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ PID Tunning (PID Tunning) หน้ากราฟิกรายละเอียดของอุปกรณ์ (Devices Detail) เป็นไปตามรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า 1 หน้าเริ่มต้น (Home) ประกอบไปด้วย

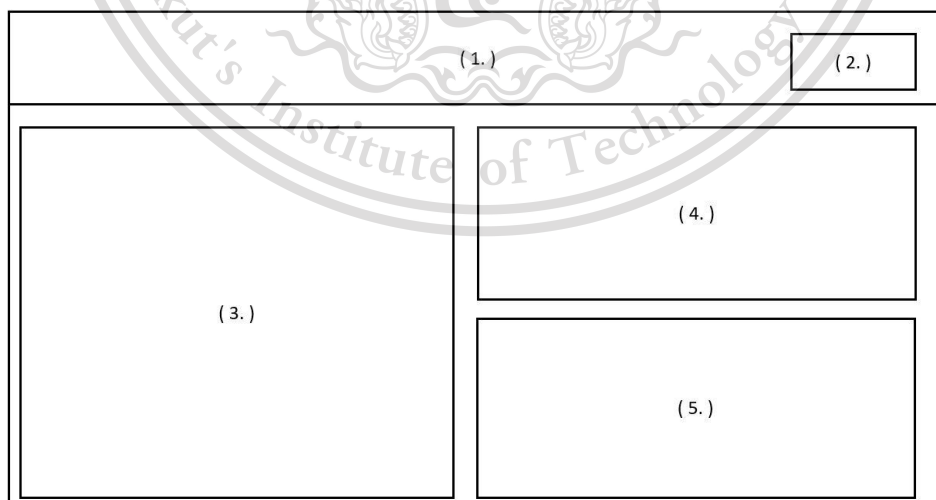


รูปที่ 3.10 โครงสร้างของหน้าเริ่มต้น (Home)

ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) แสดงหัวข้อของหน้ากราฟิก
- (2) แสดงเวลาปัจจุบัน
- (3) รูปของกระบวนการควบคุมระดับ
- (4) ปุ่มไปยังหน้าแสดงผลหลัก (Main Page)

หน้าที่ 2 หน้าแสดงผลหลัก (Main Page) ประกอบไปด้วย



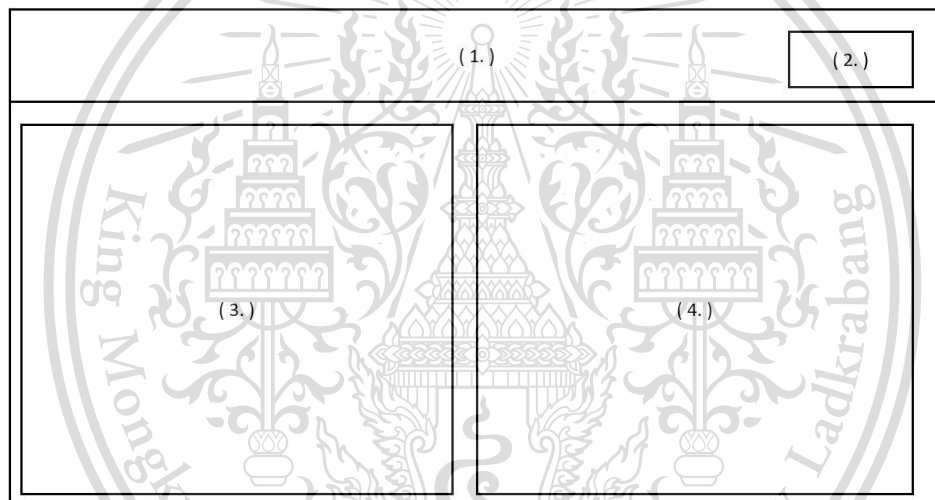
รูปที่ 3.11 โครงสร้างของหน้าแสดงผลหลัก (Main Page)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) แสดงหัวข้อของหน้าเอชเอ็มไอ
- (2) แสดงเวลาปัจจุบัน
- (3) แสดงผลส่วน Field Level : Control Level System
- (4) แสดงผลส่วน Process Status
- (5) แสดงผลส่วน Differential Pressure Transmitter

หน้าที่ 3 หน้ากราฟิกแสดงค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการเพื่อใช้ในการปรับแต่งค่าพีไอดี ให้กระบวนการควบคุมทำงานได้ตามที่ต้องการ (PID Tuning) ประกอบด้วย



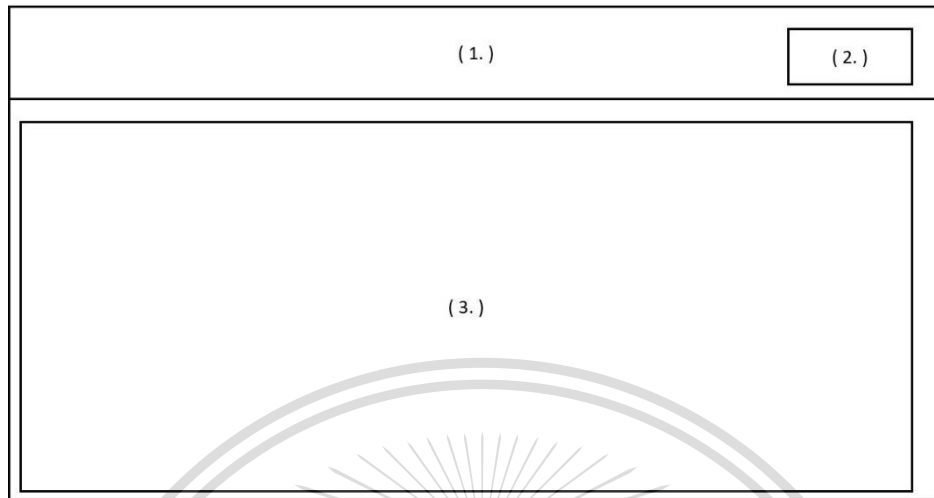
รูปที่ 3.12 โครงสร้างของหน้าการปรับแต่งค่าพีไอดี (PID Tuning)

ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) แสดงหัวข้อของหน้ากราฟิก
- (2) แสดงเวลาปัจจุบัน
- (3) แสดงผลข้อมูลของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมตัวกระบวนการ
- (4) แสดงผลกราฟพารามิเตอร์จากตัวกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ 4 หน้ากราฟรายละเอียดของอุปกรณ์ (Devices Detail) ประกอบไปด้วย



รูปที่ 3.13 โครงสร้างของกราฟหน้ารายละเอียดของอุปกรณ์ (Devices Detail)

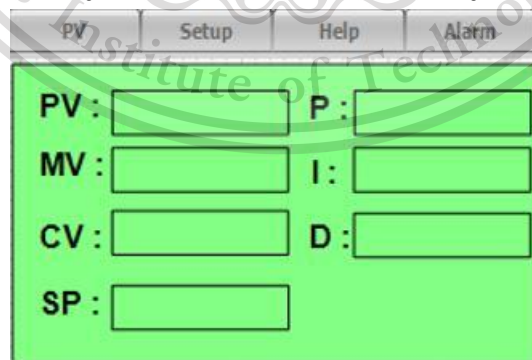
ประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) แสดงหัวข้อของหน้ากราฟ
- (2) แสดงเวลาปัจจุบัน
- (3) แสดงผลรายละเอียดของตัวอุปกรณ์

3.3.3 การออกแบบโปรแกรมสำหรับการกำหนดเงื่อนไขและการแจ้งเตือน

1. การกำหนดค่า Max, Min ของระดับน้ำและค่า setpoint, P, I, D

สามารถป้อนค่าได้จากบนหน้ากราฟ โดยค่า Max, Min นั้นจะต้องมีค่าไม่เกินความจุสูงสุดของถัง และค่าของ Setpoint จะต้องอยู่ระหว่างค่า Max, Min เป็นไปตามรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างกราฟการป้อนค่า Max, Min บนหน้ากราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

17 if I_Min<I_Max
18 then Tank_Min=(I_Min/I_Max_Tank)*100;
19 endif;

```

รูปที่ 3.15 ตัวอย่างโปรแกรมการป้อนค่า Max บนหน้ากราฟิก

2. การกำหนดค่า Alarm Level ต่าง ๆ (High-High/High/Low/Low-Low)

สามารถป้อนค่าได้จากบนหน้ากราฟิกโดยค่าจะอยู่ในช่วง 0 – 100 % โดยที่ค่าจะไล่ลำดับลงมาจาก High-High ไปจนถึง Low-Low

```

25 if I_H<I_HH
26 then I_H=I_H;
27 endif;

```

รูปที่ 3.16 ตัวอย่างโปรแกรมการป้อนค่า Min บนหน้ากราฟิก

3. การแจ้งเตือนเมื่อเกิด Level Alarm

จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่แสดงสถานะ Alarm ณ ปัจจุบัน (PV Status) และจะมีการนับจำนวนการเกิดขึ้นของ Alarm แต่ละแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานได้รู้อัตราการเกิดของ Alarm ว่าเกิดบ่อยเพียงใด โดยจะมีหน้ากราฟิกเป็นไปตามรูปที่ 3.17

รูปที่ 3.17 ตัวอย่างกราฟิกการแจ้งเตือน Alarm บนหน้ากราฟิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

13 if V_Level>=I_HH&M_HH==0&M_Run==1
14 then ST_HH=1;
15     ST_H=1;
16     ST_L=0;
17     ST_LL=0;
18     A_Red=1;
19     A_Yellow=0;
20     A_Green=0;
21     M_HH=1;
22     M_H=0;
23     M_L=0;
24     M_LL=0;
25     PV_Status="HH";
26     C_HH=C_HH+1;
27 endif;

```

รูปที่ 3.18 ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการแจ้งเตือน Alarm บนหน้ากราฟิก

3.4 การสร้างรูปควบคุมกระบวนการระดับ

3.4.1 รูปแบบการควบคุมกระบวนการระดับ

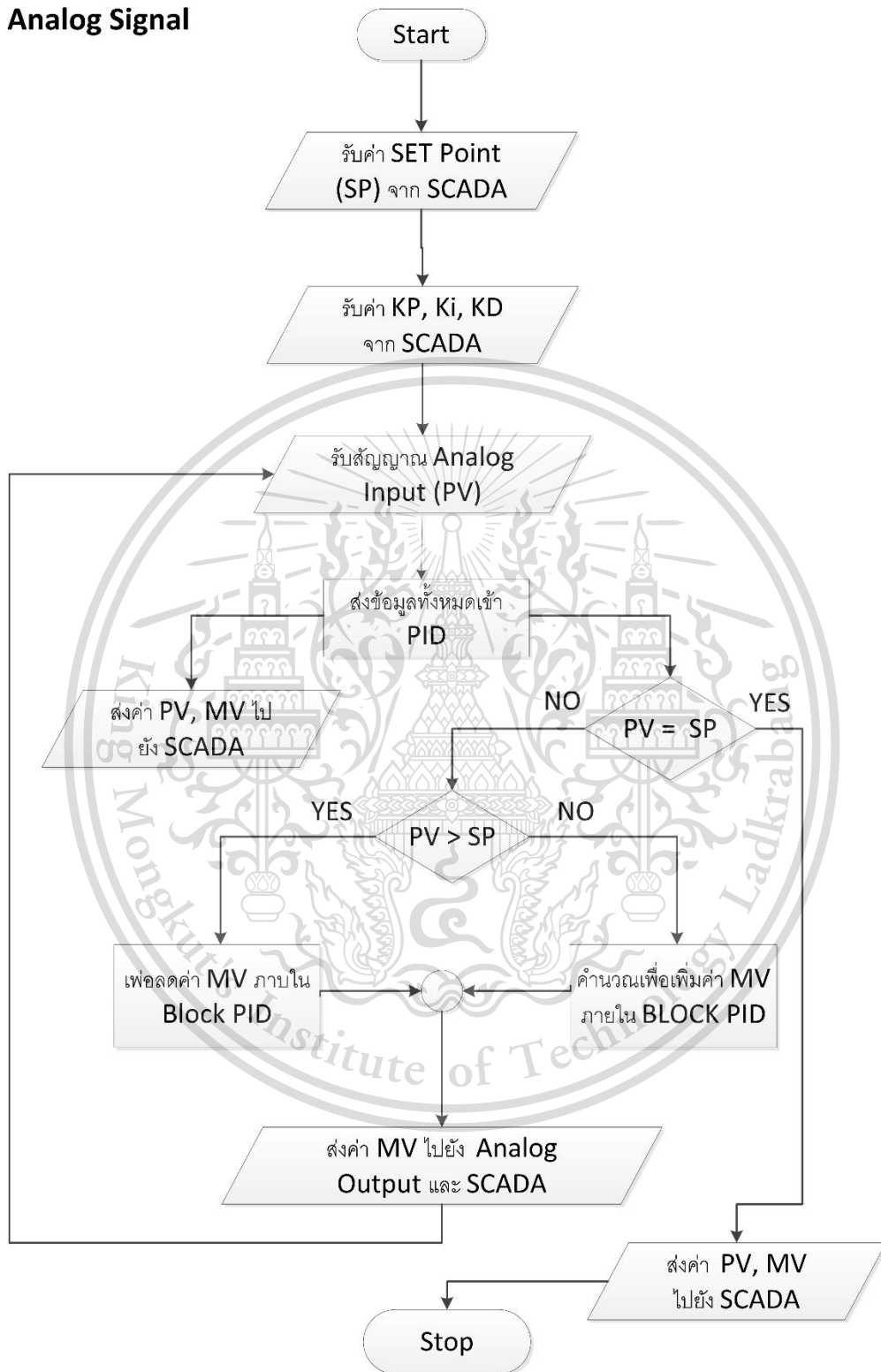
สร้างกระบวนการควบคุมโดยใช้โปรแกรม Studio 5000 ในการควบคุมระดับโดยใช้ ControlLogix เป็นตัวกลางเพื่อให้สามารถรับและส่งข้อมูลผ่านไปยังอุปกรณ์ โดยใช้ Pressure Transmitter ในการส่งข้อมูลความสูงของของเหลวที่จะนำมาควบคุม โดยใช้การควบคุมด้วยสัญญาณแอนะล็อก และ HART เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างในการรับส่งข้อมูลของทั้ง 2 แบบ เพื่อนำมาใช้เป็นตัวอย่างในการนำมาในโรงงานจริง

3.4.2 การนำข้อมูลมาใช้งานของสัญญาณแอนะล็อกและสัญญาณ HART ใน Studio 5000

หลักการในการนำข้อมูลของสัญญาณแอนะล็อกมาใช้สามารถทำได้โดยตรงเนื่องจากตัวโปรแกรม Studio 5000 สามารถรองรับข้อมูลแบบแอนะล็อกได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการแปลงค่าเพิ่มเติมก่อนนำไปใช้ในตัวบล็อก พีไอดีเนื่องจากภายในบล็อกสามารถกำหนดค่าที่ต้องการได้ จึงสามารถแสดงออกมาเป็น Flowchart ของสัญญาณแอนะล็อก ได้ดังรูปที่ 3.19 ซึ่งจะแตกต่างจากการนำสัญญาณ HART มาใช้ในการควบคุมเนื่องมาจากโปรแกรม Studio 5000 ไม่ได้มีฟังก์ชันในการรองรับค่าที่ได้มาจาก HART โดยตรงจึงจำเป็นต้องลงส่วนเสริมเพื่อใช้ในการแปลงค่าที่เข้ามาให้สามารถนำค่านั้นมาใช้งานต่อได้จึงทำให้มี Flowchart ของสัญญาณ HART ได้ดังรูปที่ 3.20 ซึ่งจะทำให้เป็นข้อแตกต่างในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

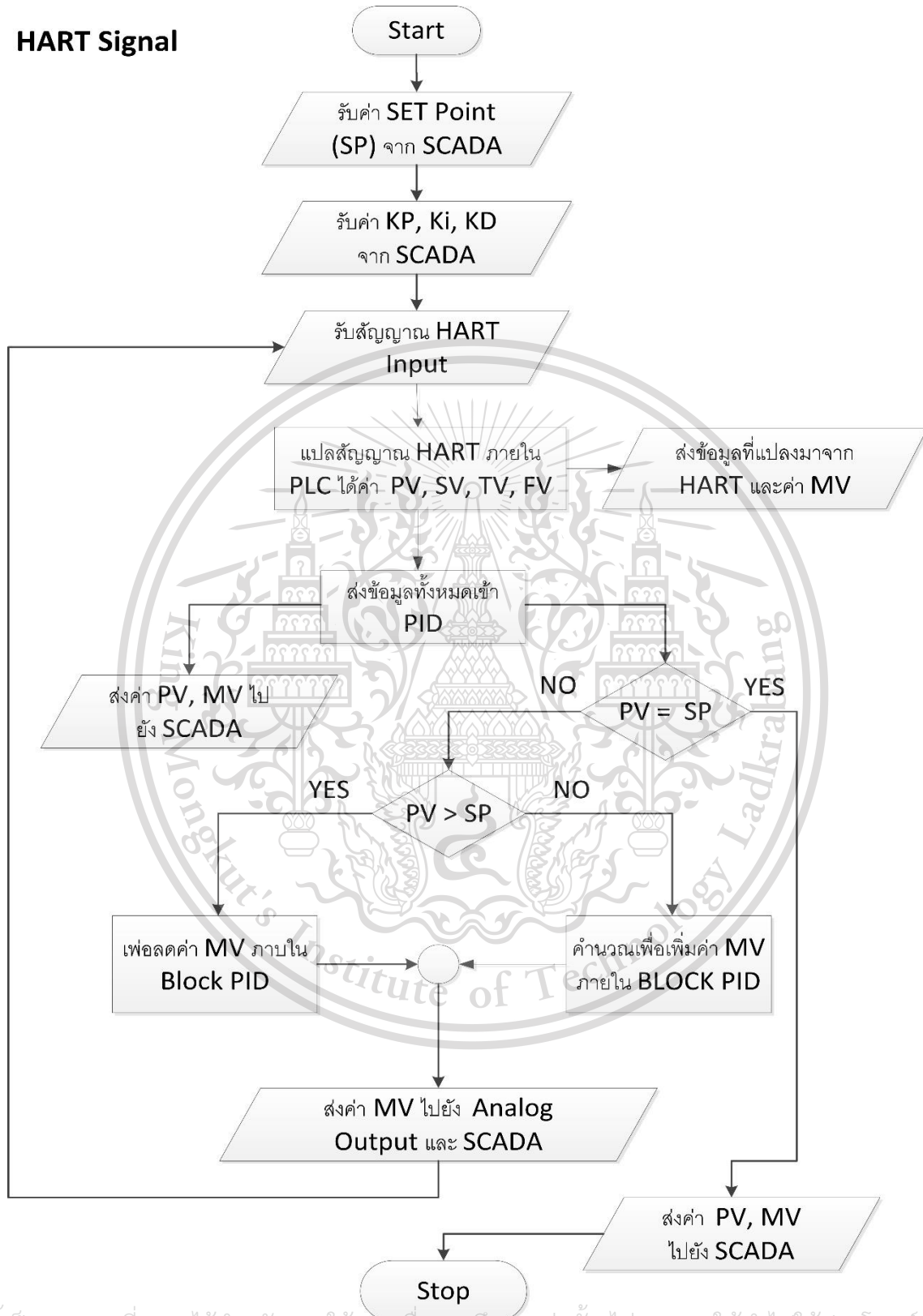
Analog Signal



รูปที่ 3.19 Flowchart แสดงการควบคุมจากสัญญาณแอนะล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

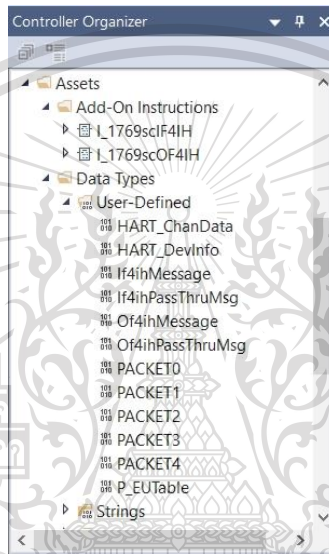
HART Signal



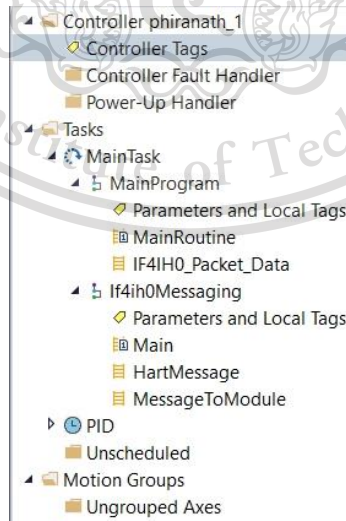
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.20 Flowchart แสดงการควบคุมจากสัญญาณ HART
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การกำหนดค่าอินพุตโมดูลของพีแอลซี

การดึงข้อมูลเข้าตัวอุปกรณ์ในส่วนของแอนะล็อก และ HART จะมีข้อที่แตกต่างกันอยู่บางส่วนได้แก่ แอนะล็อก สามารถดึงข้อมูลได้ทันทีโดยสามารถกำหนดได้ตั้งแต่ 4-20 mA ไปจนถึง 0-10 V โดยค่าที่เข้ามาภายใน อุปกรณ์จะมีตั้งแต่ค่าแบบ RAW/Proportional, Engineering Units หรือแบบ Full Scale แต่ในแบบ HART เนื่องจากเป็นส่วนเสริมจึงต้องมีการดาวน์โหลด Data Type เสริมรวมไปจนถึงโปรแกรมเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการอ่าน ข้อมูลที่ได้รับ และต้องมีการกำหนด Data Type ใหม่อีกด้วยเนื่องจากเป็นข้อมูลที่ไม่ได้อยู่ภายในโปรแกรม Studio 5000



รูปที่ 3.21 ตัว Data Type ที่ต้องดาวน์โหลดมาเพิ่ม



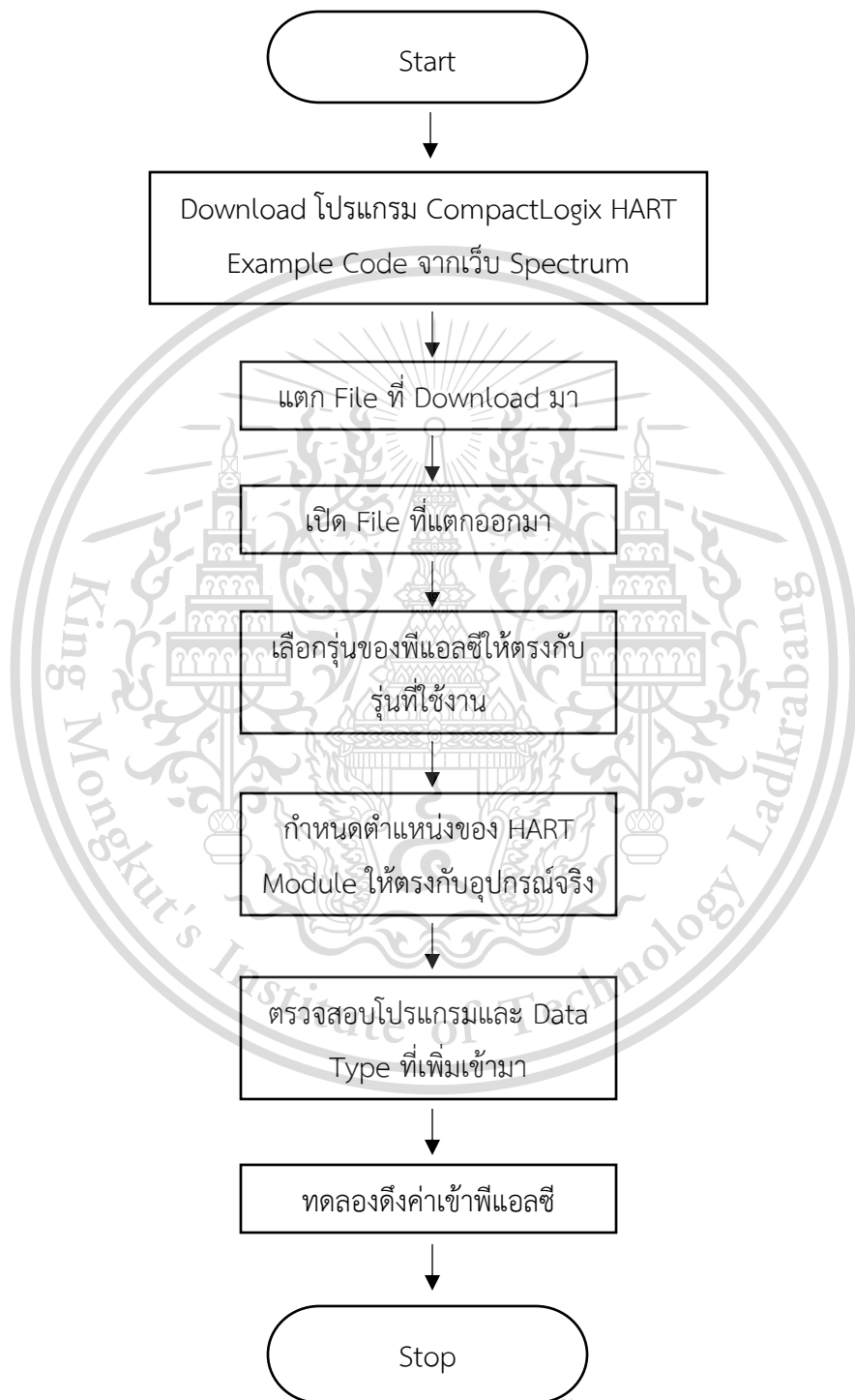
รูปที่ 3.22 ตัวโปรแกรมที่ต้องดาวน์โหลดมาเพิ่มเป็น Task

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.1 Flowchart ในการติดตั้งโปรแกรมของอุปกรณ์

Flowchart แสดงขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมของอุปกรณ์ HART อินพุตโมดูล มีขั้นตอนเป็นไป

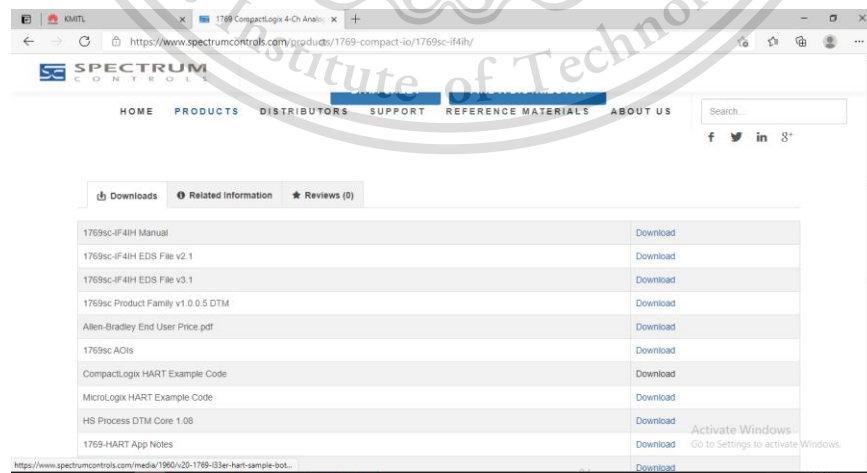
ดังรูปที่ 3.23



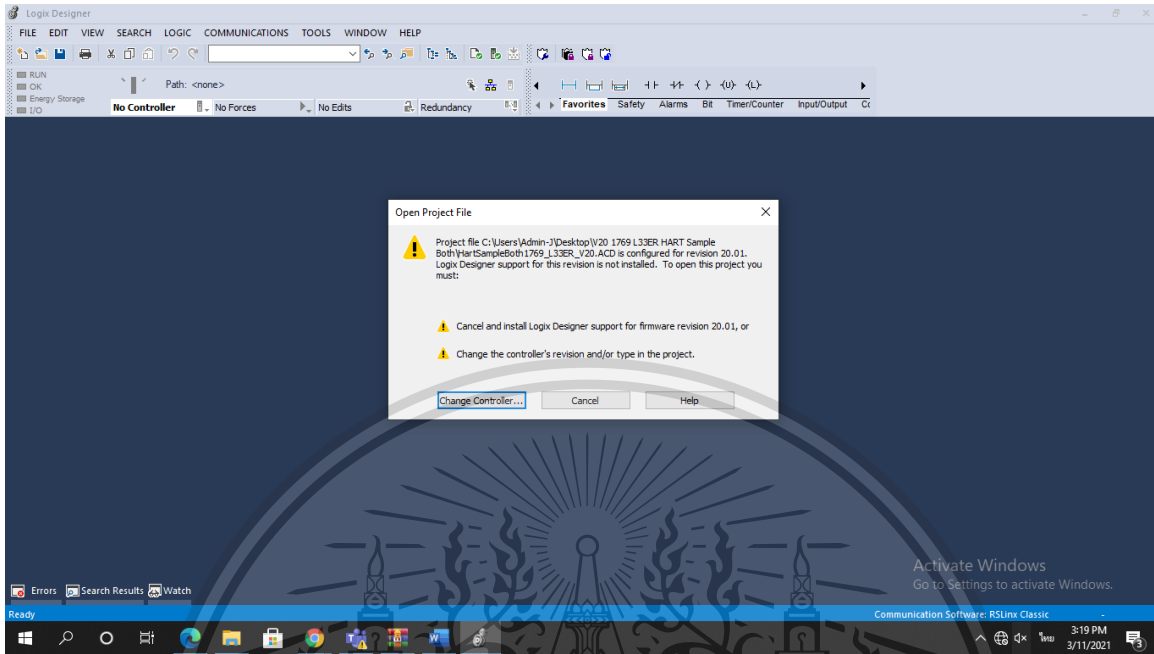
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดย King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำเนื้อหาไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3.2 ขั้นตอนในการติดตั้งโปรแกรมของอุปกรณ์

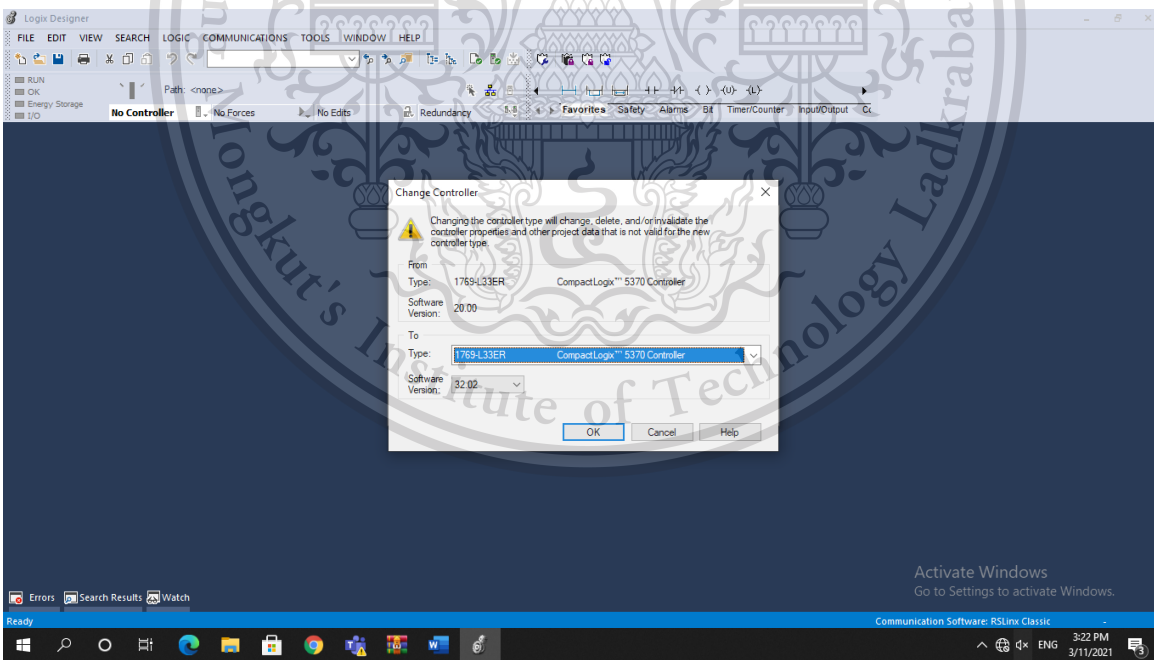
1. Download โปรแกรม CompactLogix HART Example Code จากเว็บ Spectrum
2. ทำการแตก File CompactLogix HART Example Code
3. ทำการเปิดโปรแกรม HARTSampleBoth1769_L33ER_V20
4. เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมาโปรแกรมจะต้องการให้ทำการเปลี่ยนรุ่นของพีแอลซีให้ตรงกับอุปกรณ์ที่ใช้จริงให้ทำการกด Change Controller
5. เมื่อกด Change Controller จะเข้ามายังหน้าสำหรับเลือกรุ่นของอุปกรณ์เพื่อให้ตรงกับที่ใช้จริง
6. เมื่อเลือกรุ่นตรงกับรุ่นของอุปกรณ์จริงให้ทำการกดปุ่ม OK
7. หลังจากโปรแกรมเปิดเรียบร้อยแล้วให้ทำการตรวจสอบว่าโปรแกรมมีการเปลี่ยนรุ่นให้ตรงกับอุปกรณ์จริงเป็นที่เรียบร้อยแล้วหรือยัง
8. ตรวจสอบว่าโปรแกรมมีการเพิ่ม MainTask และ Data Types ของตัวอุปกรณ์มาให้เรียบร้อยแล้วหรือยัง
9. ตรวจสอบว่าโปรแกรมมีการตั้ง Tags ให้ตรงกับความต้องการเรียบร้อยแล้วหรือยัง
10. หากตำแหน่งของอุปกรณ์จริงไม่ตรงกับตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ตั้งไว้ภายในตัวโปรแกรมสามารถเปลี่ยนได้โดยการกดคลิกขวาที่อุปกรณ์ที่ต้องการเปลี่ยนตำแหน่งใน I/O Configuration เลือก Properties
11. ตั้ง Slot ให้ตรงกับตำแหน่งที่เราต้องการแล้วกด OK
12. เมื่อทำการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์จริงค่าที่ได้จะขึ้นมาใน Packet0 ถึง Packet4 สามารถนำค่าที่ได้มาใช้ในการควบคุม และรวมไปถึงสามารถนำค่าที่ได้นำมาใช้ในการแสดงผลได้ทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น มิใช่เอกสารที่เผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 3.24 หน้าเว็บ Spectrum
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

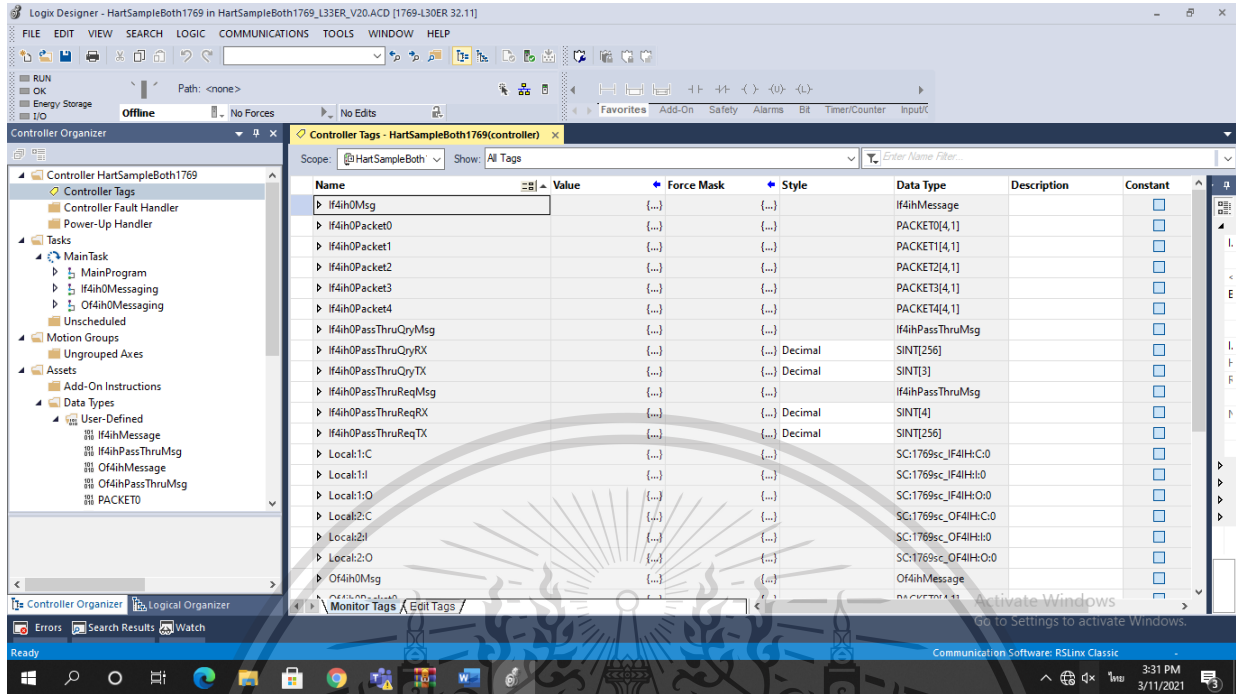


รูปที่ 3.25 หน้าเมื่อเริ่มเปิดโปรแกรม

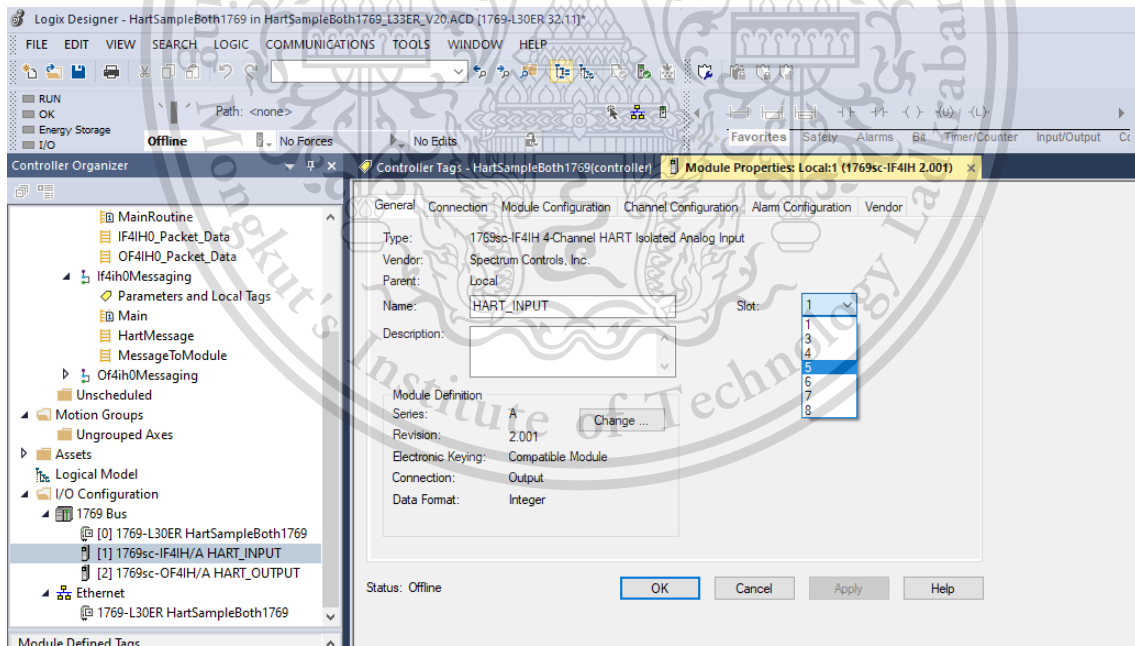


รูปที่ 3.26 หน้าสำหรับเลือกตัวอุปกรณ์เพื่อเปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 หน้า Tag ที่ตั้งเสร็จเรียบร้อย



รูปที่ 3.28 หน้าสำหรับเปลี่ยน Slot ของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

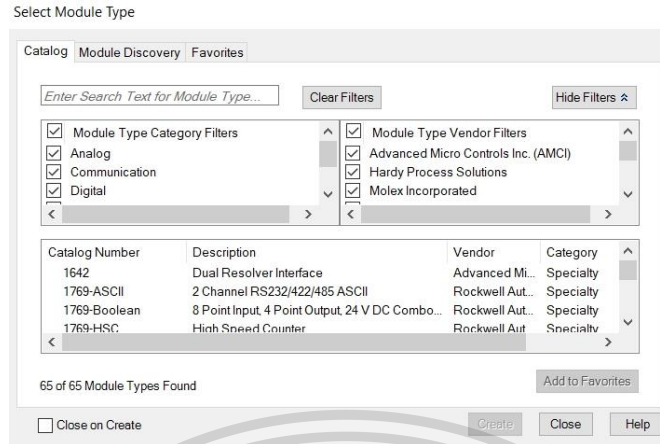
3.4.4 การกำหนดตั้งค่าเอาต์พุตโมดูลของพีแอลซี

การตั้งค่าเอาต์พุตโมดูลสามารถใช้ในการส่งข้อมูลแบบสัญญาณแอนะล็อก โดยสามารถเริ่มจากการตั้งค่าภายใน I/O Configuration เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์จริงกับข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในโปรแกรม Studio 5000 โดยจะทำให้สามารถส่งข้อมูลของแต่ละอุปกรณ์ออกจาก Studio 5000 ได้ สามารถเขียนออกมาในรูปแบบของ Flowchart ได้ดังรูปที่ 3.29

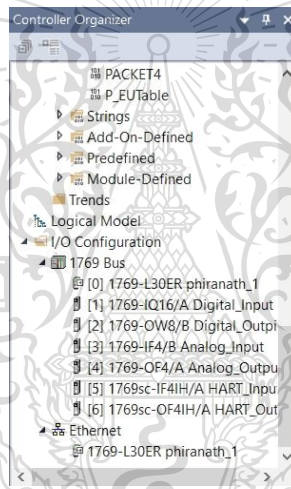


รูปที่ 3.29 Flowchart แสดงการตั้งค่าอุปกรณ์โมดูลภายใน Studio 5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการเลือกอุปกรณ์

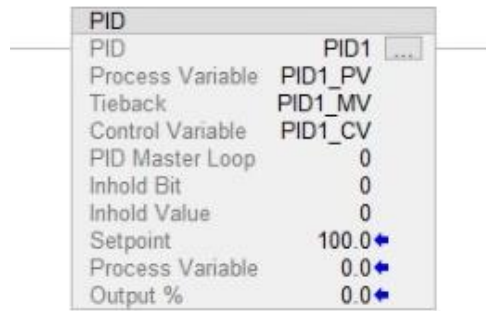


รูปที่ 3.31 ตัวอย่างผลลัพธ์ของการเลือกใช้อุปกรณ์

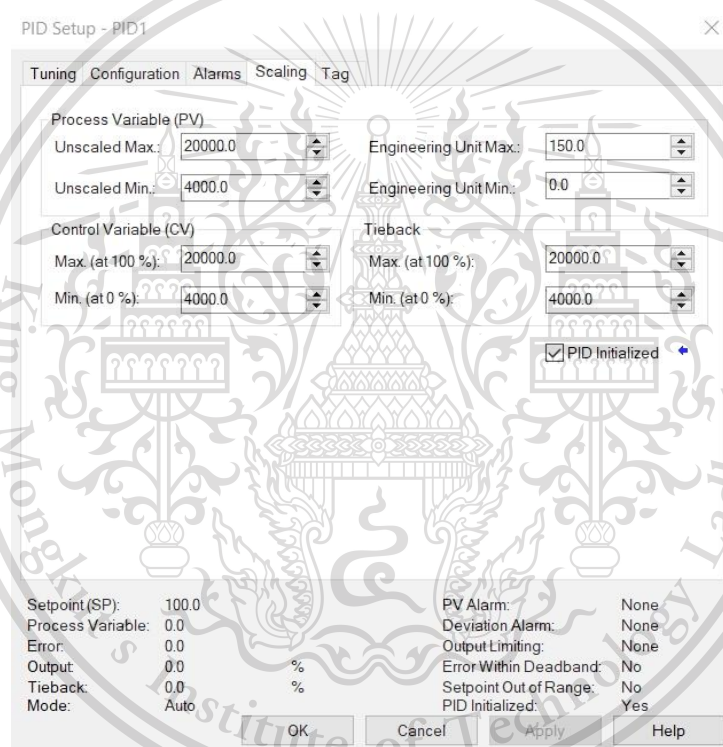
3.4.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมแบบ Ladder Diagram ด้วย Studio 5000

จากแนวคิดในการในการควบคุมการบวนการระดับโดยใช้พีแอลซีในการควบคุม โดยภายในตัวพีแอลซี เมื่อสามารถนำข้อมูลเข้ามายังโปรแกรม Studio 5000 ได้แล้วก็จะสามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้ร่วมกับฟังก์ชันบล็อกพีแอลซี ที่ในตัวโปรแกรมมีไว้ให้อยู่แล้วได้ทันทีโดยสามารถทำการปรับแต่งค่า รวมไปถึงสามารถกำหนด Set Point ค่าสูงสุดค่าต่ำสุด และสามารถทำการ Scaling ได้ภายในตัวของโปรแกรมเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

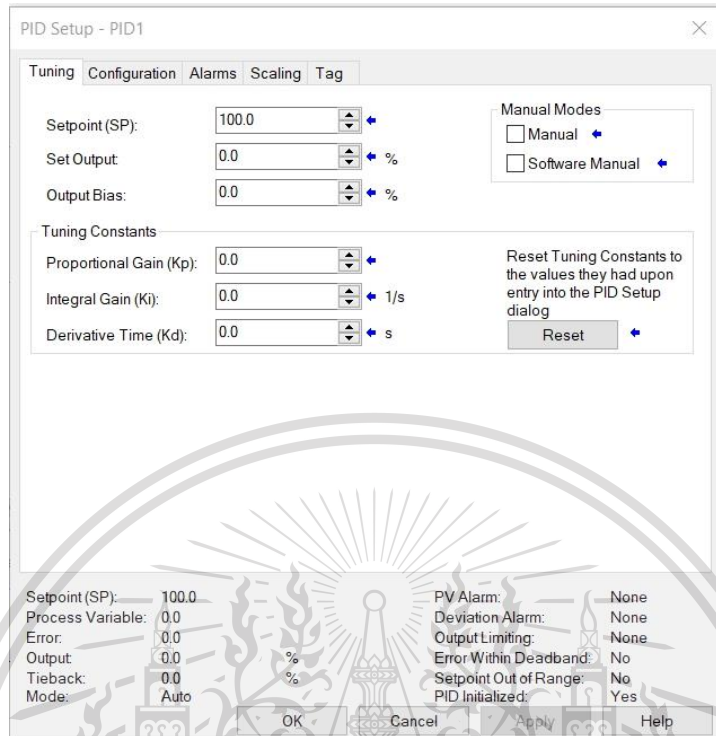


รูปที่ 3.32 ตัวอย่าง Function Block PID



รูปที่ 3.33 การทำ Tuning

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



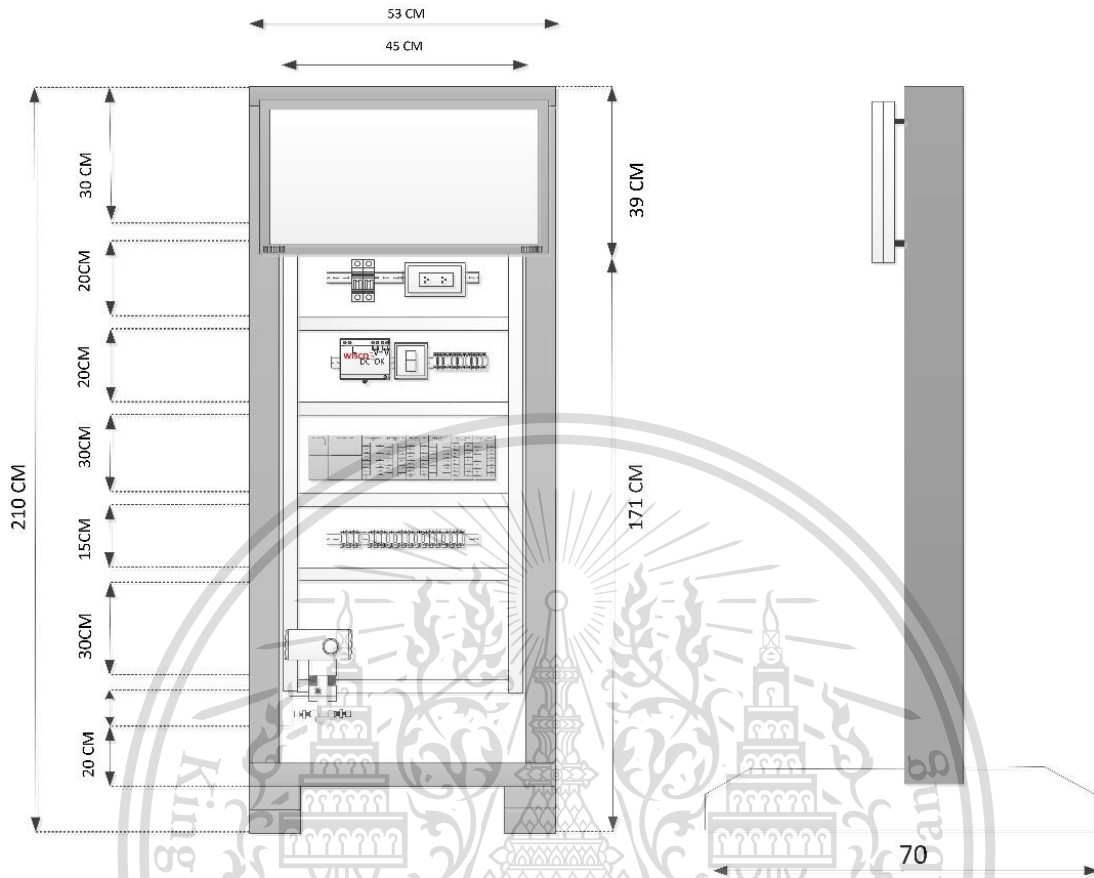
รูปที่ 3.34 การทำ Scaling

3.5 การออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับ Open Rack

3.5.1 ขั้นตอนการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์

ส่วนของการจัดทำในส่วนของระดับฟิลด์จะมีขั้นตอนการจัดทำคือ ออกแบบการ Wiring ในส่วนของ Power และ Signal และการออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์ โดยในช่วงแรกได้ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.35

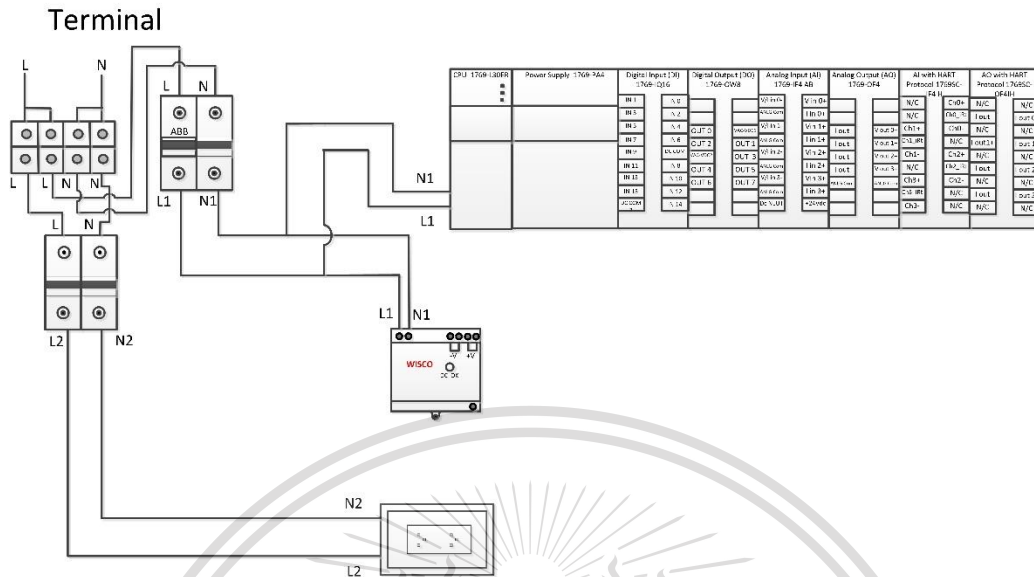
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 การออกแบบการจัดวางอุปกรณ์

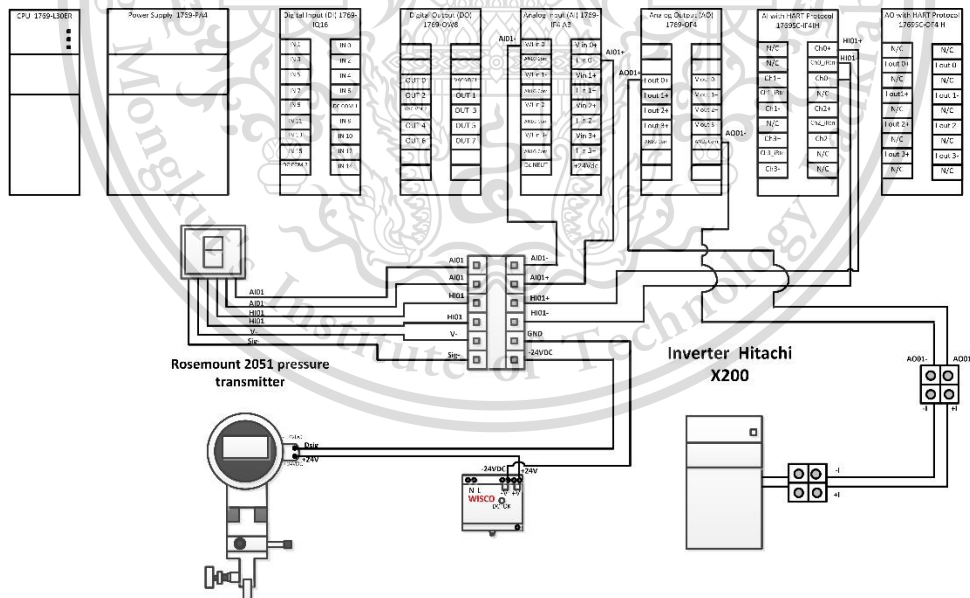
ภาพการออกแบบของอุปกรณ์ส่วนระดับฟิลต์ โดยจะประกอบไปด้วย Circuit Breaker, Plug Service, Power Supply 24V, Switch HART- Analog, Terminal, พี แอล ซี, Pressure Transmitter 2051 และ Lenovo Idea Centre All In One 520 เพื่อจัดทำให้เป็นชุดทดลองสำหรับการใช้อุปกรณ์ HART มาพสานกับแบบแอนะล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 การออกแบบการ Wiring ส่วน Power

รูปที่ 3.36 เป็นภาพของการออกแบบของส่วน Power ที่เป็นส่วนที่ต้องจ่ายไฟเลี้ยงไปให้อุปกรณ์ โดยต้องให้ไฟ 220 V ไปให้ตัวชุด พีแอลซี และ Power Supply และในส่วนของ Plug Service โดยการออกแบบเป็นตามรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.37 การออกแบบการ Wiring Diagram ส่วน Signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.37 เป็นการออกแบบในส่วนของ การ Wiring Signal เพื่อตัวอุปกรณ์วัด Pressure Transmitter 2051 จะส่งสัญญาณไปที่ตัวโมดูล HART และแอนะล็อกอินพุต จากนั้นสัญญาณควบคุมจะออกจากแอนะล็อก เอาต์พุตไปยังอินเวอร์เตอร์

3.5.2 ขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์

หลังจากการออกแบบเสร็จและผ่านการตรวจสอบเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปที่ต้องจัดทำก็คือการจัดซื้ออุปกรณ์ในการจัดทำ โดยอุปกรณ์ที่ต้องจัดซื้อจะประกอบด้วย Circuit Breaker 2P, 16A, Power Supply: 24 V- 3A, Terminal Blocks, Stopper, Wire DUCT 30*30 mm, Nut M5, Switch 2 Way, Power Cable, Open Rack 42 U, Perforated Metal Sheet, Lenovo Ideacentre All In One 520 โดยอุปกรณ์ที่ต้องจัดซื้อแสดงในตารางที่ 3.3 ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ทำการจัดซื้อ

NO.	DESCRIPTION	MODEL	BRAND	Q'TY
1	Circuit Breaker 2P,16A	S202M-C 16A	ABB	2
2	Power Supply: 24 V ,3A	dr-45-24	Wisco	1
3	Terminal Blocks	-	-	20
4	Stopper	-	-	16
5	Wire DUCT 30*30 mm	-	Nano	4
6	Din Rail 3.5 inch	-	-	2
7	Nut M5	-	-	20
8	2 Way Switch	-	-	2
9	Power Cable	-	-	1
10	Open Rack 42 U	-	Germany Export	1
11	Perforated Metal Sheet	-	-	1
12	Lenovo Ideacentre All in one 520	520	Lenovo	1

เมื่อผ่านขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการจัดทำใบเสนอราคาเพื่อเป็นการเลือกราคาอุปกรณ์ให้เหมาะสม และทำการจัดซื้ออุปกรณ์ตามตารางโดยต่อไปนี้เป็นภาพของอุปกรณ์ที่ได้ทำการสั่งซื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 Open Rack 42 U



รูปที่ 3.39 Power Supply: 24 V ,3A



รูปที่ 3.40 Circuit Breaker 2P,16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.41 Terminal Blocks



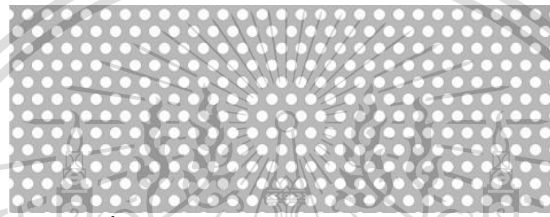
รูปที่ 3.42 Wire Duct 30*30 mm

รูปที่ 3.43 Din Rail 3.5 Inch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.44 Stopper



รูปที่ 3.45 Perforated Metal Sheet

3.5.2 ขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์

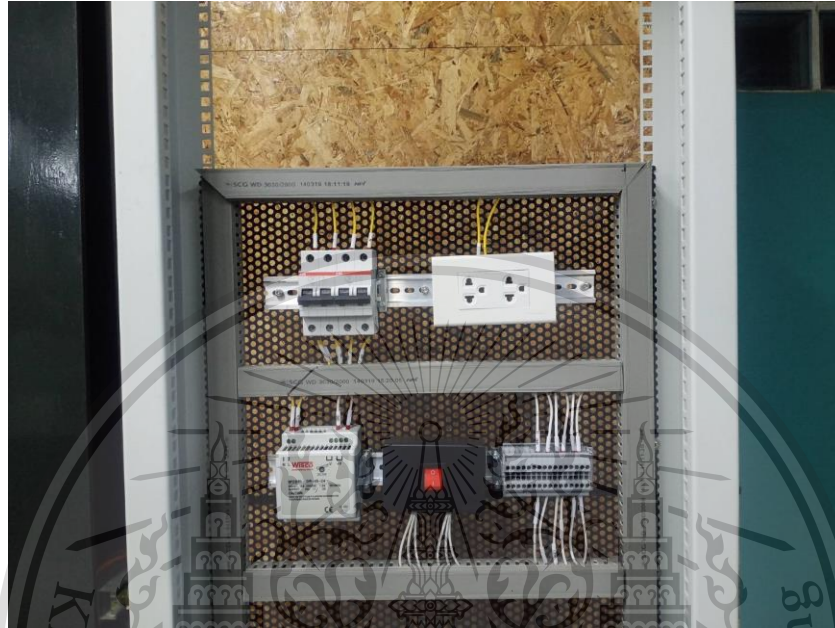
ขั้นตอนถัดไปหลังจากการออกแบบส่วนระดับฟิลด์ และผ่านขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์แล้วขั้นตอนถัดไปของการจัดทำเป็นการประกอบอุปกรณ์และทำการ Wiring สายโดยจะแบ่งขั้นตอนต่าง ๆ ต่อไปนี้

3.5.2.1 การประกอบอุปกรณ์จะเริ่มจากการการนำ Perforated Metal Sheet มาประกอบเข้ากับตัว Open Rack โดยใช้ชนิดที่มากับ Open Rack ยึดกับตัว Perforated Metal Sheet หลังจากนั้นเป็นการยึด Wire DUCT เข้ากับ Perforated Metal Sheet และทำการใส่ Din Rail หลังจากนั้นเป็นการยึดอุปกรณ์ Circuit Breaker 2P,16A , Power Supply: 24 V - 2A , Terminal Blocks , Stopper, Switch 3 Way เข้ากับ Din Rail

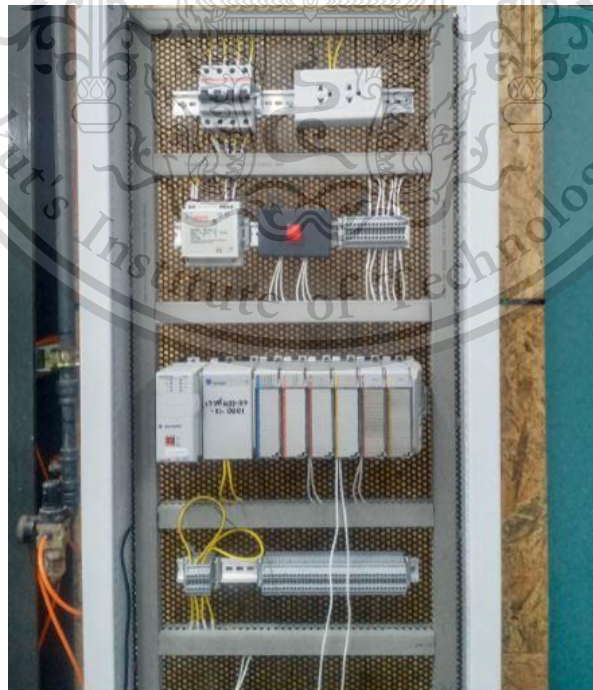
3.5.2.2 หลังจากการประกอบอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้แล้วขั้นตอนถัดไปเป็นการ Wiring สายส่วนของ Power ส่วน Signal โดยได้ทำการ Wiring สายตามที่ได้ออกแบบไว้จากข้างต้น และทำการติดตั้ง Lenovo Ideacentre All In One 520 เข้ากับตัว Open Rack 42 U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 ขั้นตอนถัดไปเป็นการตรวจสอบการ Wiring สายว่ามีความถูกต้องตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ โดยทำการเช็คสายและทำการตรวจสอบส่วนสายว่ามีการขาดหรือชำรุดส่วนไหนหรือไม่



รูปที่ 3.46 ภาพการติดตั้งอุปกรณ์และการ Wiring ส่วน Power



รูปที่ 3.47 การ Wiring ส่วน Signal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอกสารเชิงวิชาการเท่านั้น โปรดอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดสอบระบบควบคุมที่นำเสนอ

4.1 กล่าวนำ

จากบทที่ 3 ที่กล่าวถึงวิธีการดำเนินงานในส่วนต่าง ๆ ในบทนี้นั้นจะกล่าวถึงผลการทดสอบระบบควบคุม กระบวนการควบคุมระดับ ผลการทดสอบตั้งแต่ตัวระบบควบคุมไปจนถึงส่วนกราฟิกของสกาตา

4.2 ผลการทดสอบการเชื่อมต่ออุปกรณ์

ผลการทำงานในส่วนของการทำงานในด้านส่วนของด้านอุปกรณ์ที่ได้จัดทำเพื่อเป็นตัวอย่างอุปกรณ์สำหรับการควบคุมกระบวนการระดับนั้น จากการออกแบบในส่วนของการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และการออกแบบการ Wiring สายสัญญาณในการใช้เพื่อการส่งสัญญาณของตัวทรานสมิตเตอร์ที่วัดระดับ รวมถึงอุปกรณ์ตัวพีแอลซีที่ใช้ในการส่งสัญญาณทั้งที่เป็นแอนะล็อก และ HART นั้นผลการการทำงานของอุปกรณ์ออกมาว่าสามารถที่จะทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ได้ โดยตัว พีแอลซี สามารถที่จะรับสัญญาณอินพุต จากตัวทรานสมิตเตอร์ได้ที่ส่งสัญญาณมาทั้งที่เป็นสัญญาณแอนะล็อก และที่เป็นสัญญาณ HART ได้ และสามารถที่จะส่งสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ได้



รูปที่ 4.1 ภาพอุปกรณ์หลังจากการจัดทำเสร็จสิ้น

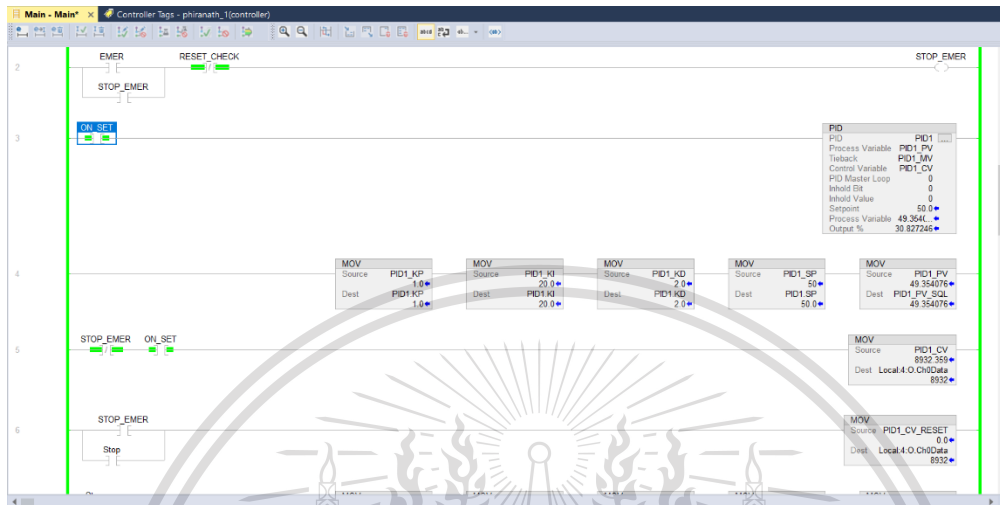
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 ผลการทดสอบของการควบคุมกระบวนการระดับ

4.3.1 หน้า Main Task



รูปที่ 4.2 หน้า Main Task ในส่วนของการควบคุมพีไอดี

รูปที่ 4.2 แสดงในส่วนของ Function Block PID ที่ใช้ในการควบคุมที่มีการแสดงถึงค่าที่รับเข้ามา และค่าที่มีการส่งออกไปยัง Output ของตัวอุปกรณ์ และมี Block ที่แสดงค่าของ K_p , K_i , K_d และ ค่า Set point ที่จะนำมาใช้การควบคุมเป็นไปได้นี้

1. PID1_KP คือ ส่วนที่ใช้ในการใส่ค่า K_p
2. PID1_KI คือ ส่วนที่ใช้ในการใส่ค่า K_i
3. PID1_KD คือ ส่วนที่ใช้ในการใส่ค่า K_d
4. PID1_SP คือ ส่วนที่ใช้ในการใส่ค่า Set Point.
5. PID1_PV คือ ส่วนที่ใช้ในการแสดงค่า PV ของระบบเข้าไปในตัวของ Function Block PID
6. PID1_CV คือ ส่วนที่ใช้ในการแสดงค่าที่จะไปใช้ในการควบคุม โดยมีค่าตั้งแต่ 4,000-20,000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 หน้า Tag แสดงข้อมูลอุปกรณ์

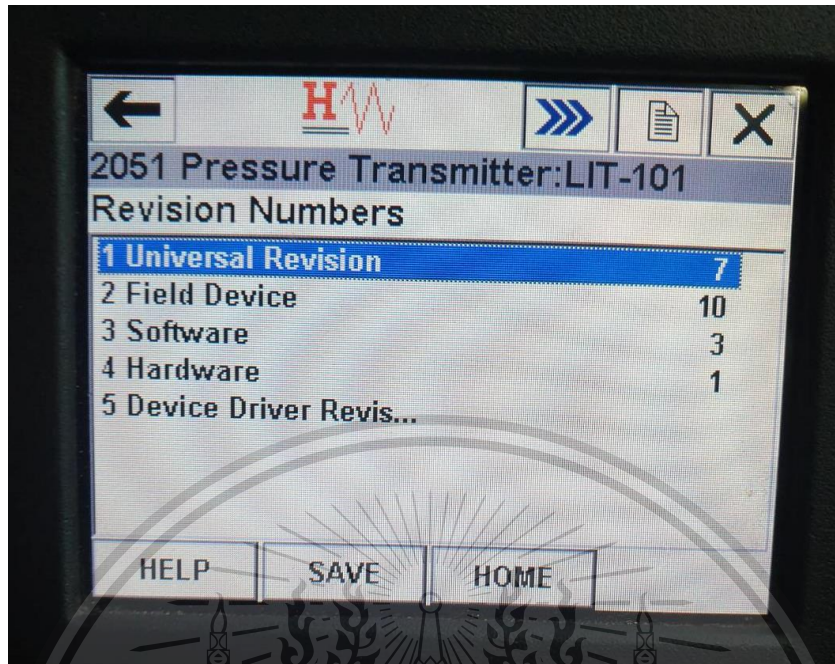
Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
└─ If4ih0Packet0[0,0]		[...]	[...]	PACKET0		
└─ If4ih0Packet0[0,0].HartChannelID	2#0000_0000_0000_0000		Binary	INT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].ManufacturerID		38	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceType		85	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].NumPreambles		5	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].UniversalCmdCode		7	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].XmitterRev		10	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].SwRev		3	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].HwRev		1	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].HartFlags	2#0000_0000		Binary	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].RangeUnits		4	Decimal	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceSerialNumber		[...]	[...] Hex	SINT[3]		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag		[...]	[...] ASCII	SINT[8]		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[0]		'L'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[1]		'I'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[2]		'T'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[3]		'.'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[4]		'1'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[5]		'0'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[6]		'1'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceTag[7]		'.'	ASCII	SINT		
└─ If4ih0Packet0[0,0].DeviceDescriptor		[...]	[...] ASCII	SINT[16]		

รูปที่ 4.3 หน้า Tag ที่แสดงในส่วนของคุณสมบัติ

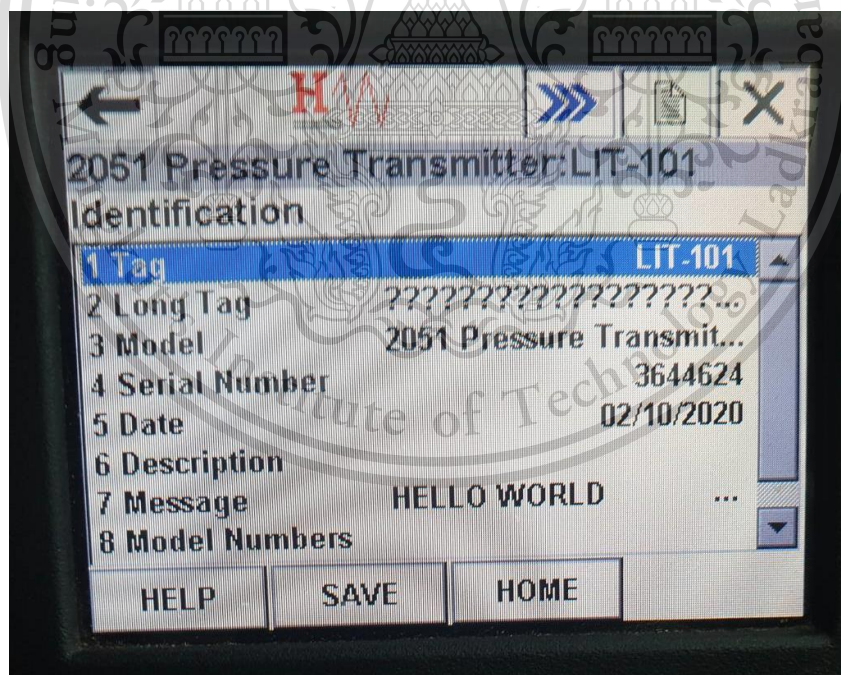
รูปที่ 4.3 จะใช้ในการแสดงข้อมูลของอุปกรณ์โดยมีตั้งแต่ข้อมูลชนิดของอุปกรณ์ ดังนี้

1. ManufacturerID แสดง Code ของ ManufacturerID
2. DeviceType แสดง Code ของ DeviceType
3. UniversalCmdCode แสดง Universal Revision ตามรูปที่ 4.3
4. SW Rev แสดง Software ตามรูปที่ 4.3
5. HW Rev แสดง Hardware ตามรูปที่ 4.3
6. DeviceTag แสดง Tag ตามรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Revision



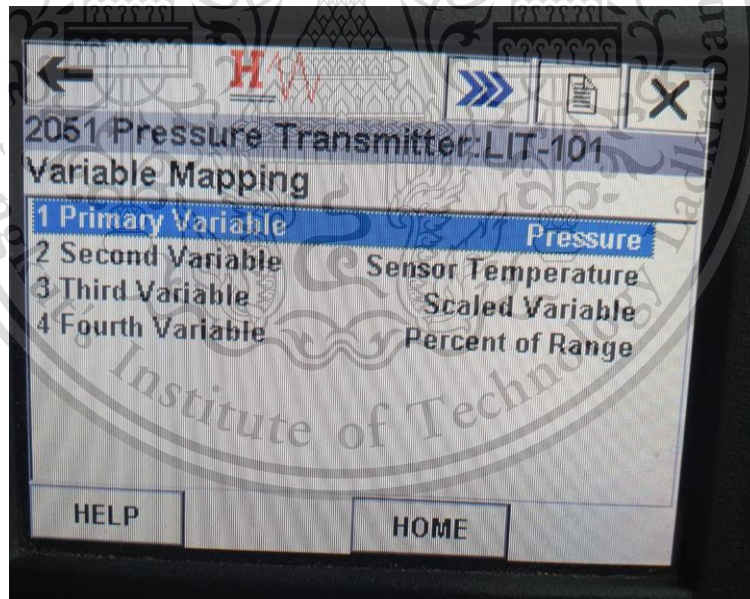
รูปที่ 4.5 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Identification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 หน้า Tag แสดงค่าที่ดึงมาจากอุปกรณ์

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
If4ihOPacket0		[...]	[...]	PACKET0[4,1]		<input type="checkbox"/>
If4ihOPacket1		[...]	[...]	PACKET1[4,1]		<input type="checkbox"/>
If4ihOPacket1[0,0]		[...]	[...]	PACKET1		
If4ihOPacket1[0,0].HartChannelID	2#0000_0001_0000_0000		Binary	INT		
If4ihOPacket1[0,0].HartCommStatus	2#0000_0000		Binary	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].HartDevStatus	2#0000_0000		Binary	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].HartPV	1159.6349		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].HartSV	29.72802		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].HartTV	0.04565491		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].HartFV	50.071365		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].HartPVUnits	4		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].HartSVUnits	32		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].HartTVUnits	-16		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].HartFVUnits	57		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].PV_Assignment	0		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].SV_Assignment	1		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].TV_Assignment	2		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].FV_Assignment	-12		Decimal	SINT		
If4ihOPacket1[0,0].RangeLow	1065.0		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].RangeHi	-1254.0		Float	REAL		
If4ihOPacket1[0,0].Pad	[...]	[...]	Decimal	SINT[4]		
If4ihOPacket1[1,0]	[...]	[...]	[...]	PACKET1		

รูปที่ 4.6 หน้า Tag ที่แสดงในส่วนข้อมูลอุปกรณ์



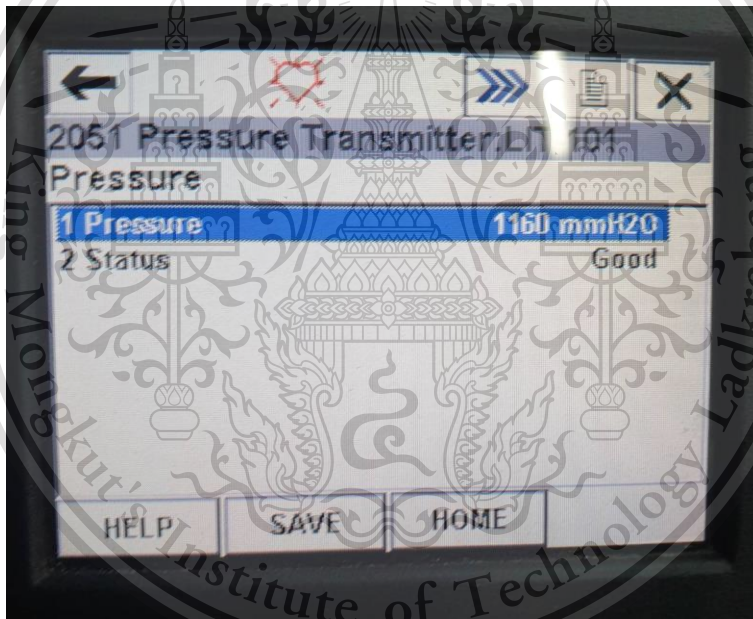
รูปที่ 4.7 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของการแสดงค่าของ PV, SV, TV และ

FV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.7 แสดงในส่วนของค่าที่อุปกรณ์สามารถวัดมาได้ มีตั้งแต่ค่า PV, SV, TV และ FV โดยให้มีการตั้งค่าดังรูปที่ 4.7 อีกทั้งยังสามารถแสดง Code Units ของแต่ละค่าที่วัดมาได้ มีค่าที่แสดงดังนี้

1. HartPV กำหนดให้แสดง Pressure ตามรูปที่ 4.7
2. HartSV กำหนดให้แสดง Sensor Temperature
3. HartTV กำหนดให้แสดง Scaled Variable.
4. HartFV กำหนดให้แสดง Percent of Range
5. HartPVUnits แสดง Code PVUnits ตามรูปที่ 4.7
6. HartSVUnits แสดง Code SVUnits
7. HartTVUnits แสดง Code TVUnits
8. HartFVUnits แสดง Code FVUnits

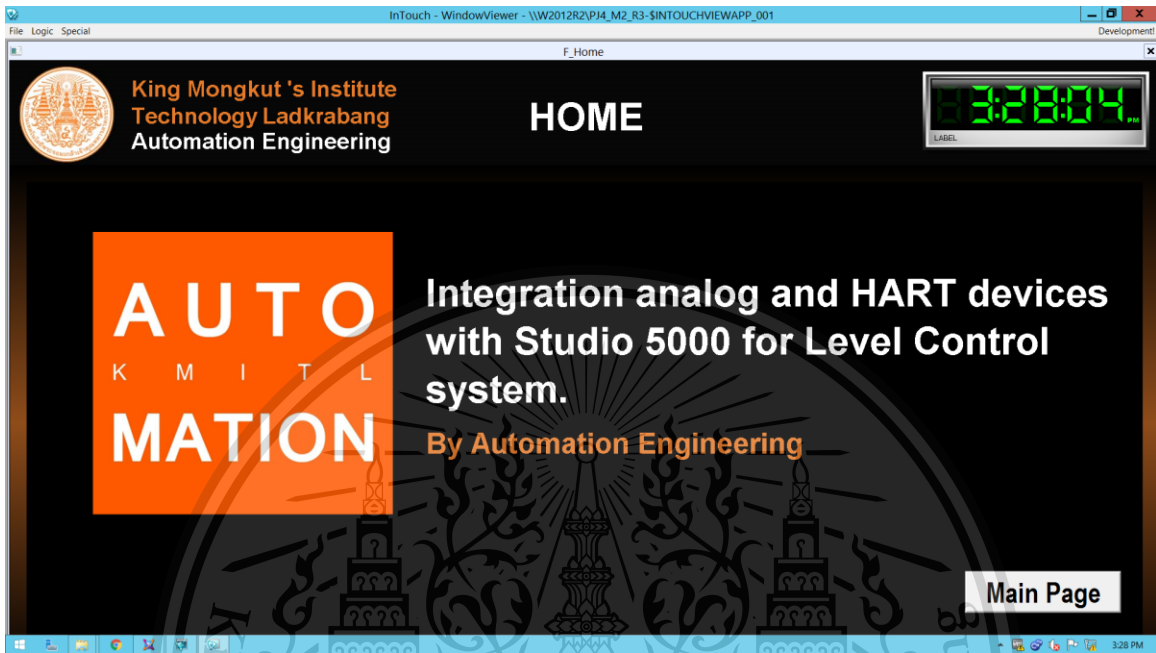


รูปที่ 4.8 หน้าจอของค่าที่วัดได้ในอุปกรณ์ Handheld ในส่วนของ Pressure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการทดสอบการทำงานของสกาตา

4.4.1 หน้า Home

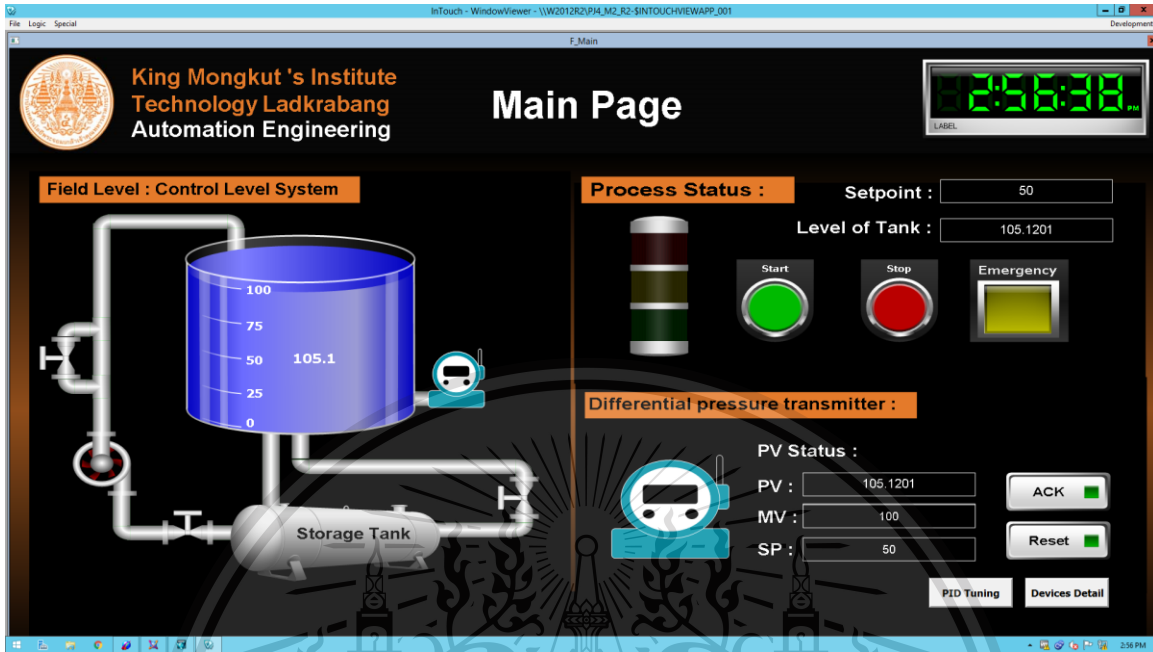


รูปที่ 4.9 หน้า Home Page

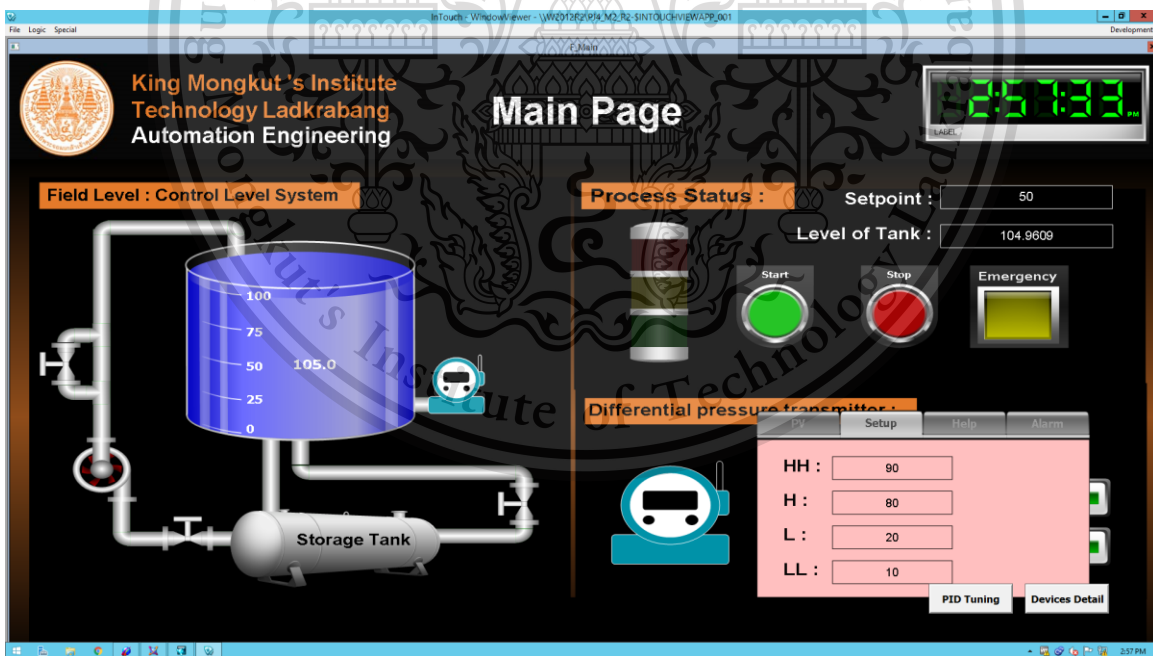
รูปที่ 4.9 นั้นเป็นหน้าเริ่มต้น (Home Page) ในหน้านี้อาจจะเป็นหน้าเริ่มแรกของระบบควบคุมระดับ โดยจะมีชื่อของปริยญาณินพนธ์แสดงอยู่และจะมีปุ่ม Main Page ไว้สำหรับกดเข้าไปยังหน้า Main Page

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2. หน้า Main Page

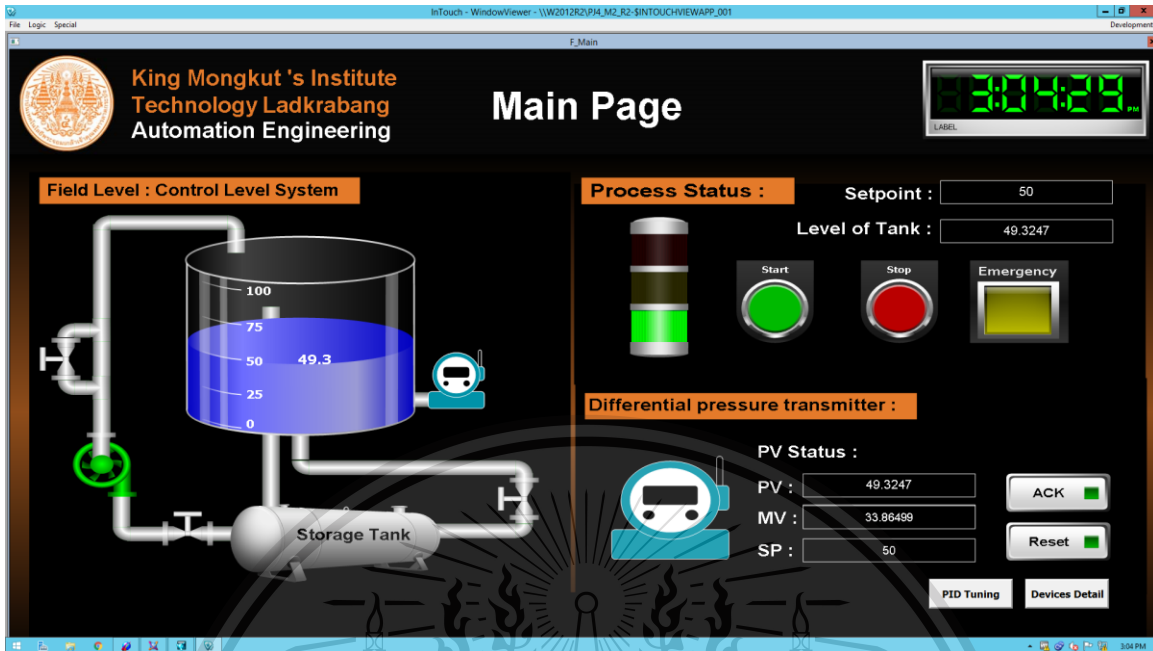


รูปที่ 4.10 หน้า Main Page ขณะกระบวนการทำงานปกติ

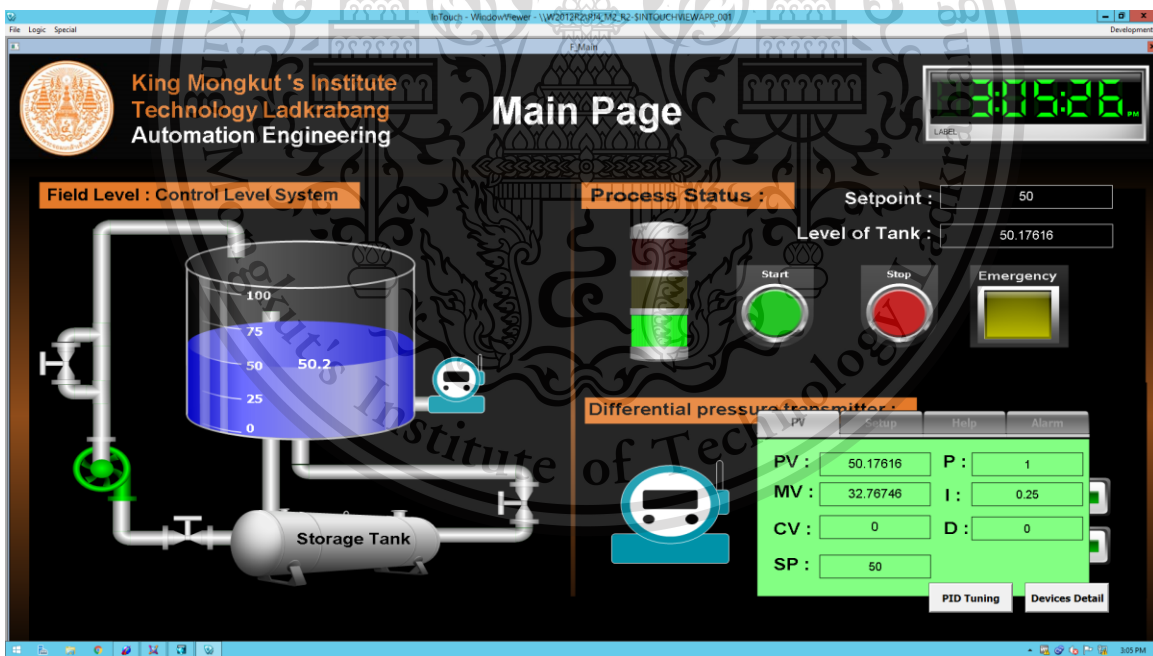


รูปที่ 4.11 การกำหนดค่า HH/H/L/LL สำหรับการแจ้งเตือนระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

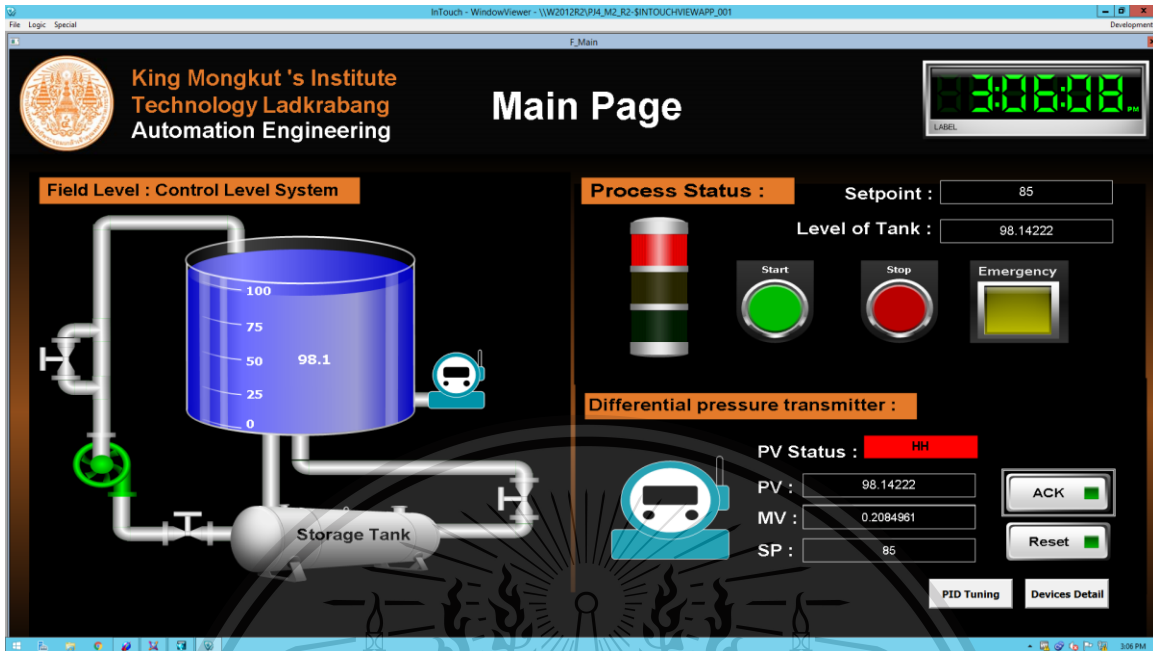


รูปที่ 4.12 การทำงานหลังจากกำหนดค่าการแจ้งเตือนระดับน้ำแล้ว

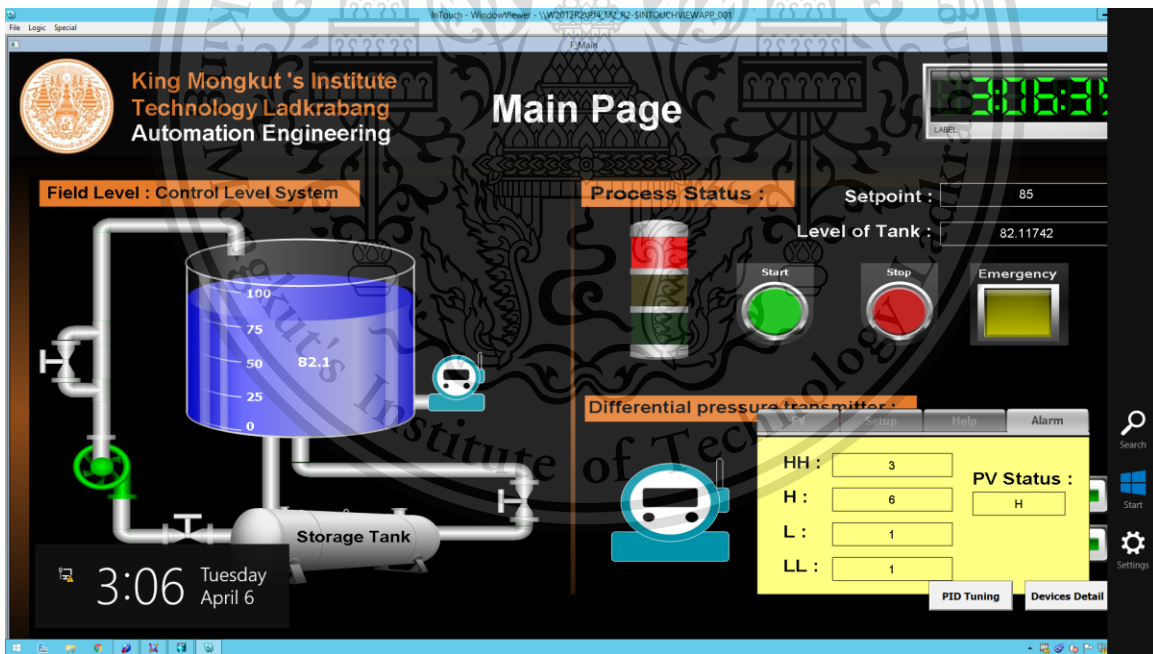


รูปที่ 4.13 การกำหนดค่าพารามิเตอร์พีไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การแจ้งเตือนเมื่อกระบวนการเกิดการดำเนินงานผิดปกติขึ้น



รูปที่ 4.15 จำนวนของการแจ้งเตือนแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 4.10 นั้นเป็นหน้าจอแสดงผลหลัก (Main Page) ประกอบไปด้วยส่วนทางซ้ายที่เป็น Field Level ใส่แสดงระดับน้ำของกระบวนการควบคุมระดับ และถัดมาส่วนด้านขวาส่วนบนที่เป็น Process Status นั้นจะประกอบไปด้วยปุ่มต่าง ๆ เรียงจากบนลงล่าง ดังต่อไปนี้

1. ปุ่ม Set Point ใช้ป้อนระดับของน้ำที่ต้องการ
2. ปุ่ม Start ใช้ในการเริ่มการทำงานของกระบวนการ
3. ปุ่ม Emergency ใช้ในการหยุดการทำงานฉุกเฉินของตัวกระบวนการ

ถัดมาจะเป็นส่วนทางด้านขวาทางด้านล่างจะเป็นส่วนของ Differential Pressure Transmitter นั้นจะประกอบไปด้วยปุ่มต่าง ๆ เรียงจากซ้ายไปขวา ดังต่อไปนี้

1. ปุ่มที่เป็นรูป Differential Pressure Transmitter นั้นจะเป็นปุ่มที่ใช้ในการแสดงรายละเอียดของตัวอุปกรณ์ ประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลัก ๆ
 - 1.1 ส่วน Setup ที่ใช้ในการกำหนดค่า HH/H/L/LL สำหรับการแจ้งเตือนระดับน้ำ (รูปที่ 4.10)
 - 1.2 ส่วน PV ที่ใช้ในการกำหนดค่า P, I, D และแสดงค่า PV, SP, MV, CV (รูปที่ 4.12)
 - 1.3 ส่วน Alarm ใช้แสดงผลจำนวนการเกิดการแจ้งเตือนแต่ละชนิด
 - 1.4 ส่วน Help ใช้แสดงข้อมูลพื้นฐานของตัวอุปกรณ์
2. ปุ่ม ACK ใช้ในการหยุดการแจ้งเตือนของระบบให้เกิดสัญญาณติดค้างไว้ (รูปที่ 4.13)
3. ปุ่ม Reset ใช้ในการรีเซ็ตเมื่อกระบวนการกลับสู่สภาวะปกติแล้วกดปุ่มนี้ตัวกระบวนการจะเริ่มการทำงานใหม่และเริ่มนับจำนวนการเกิดการแจ้งเตือนใหม่ (รูปที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

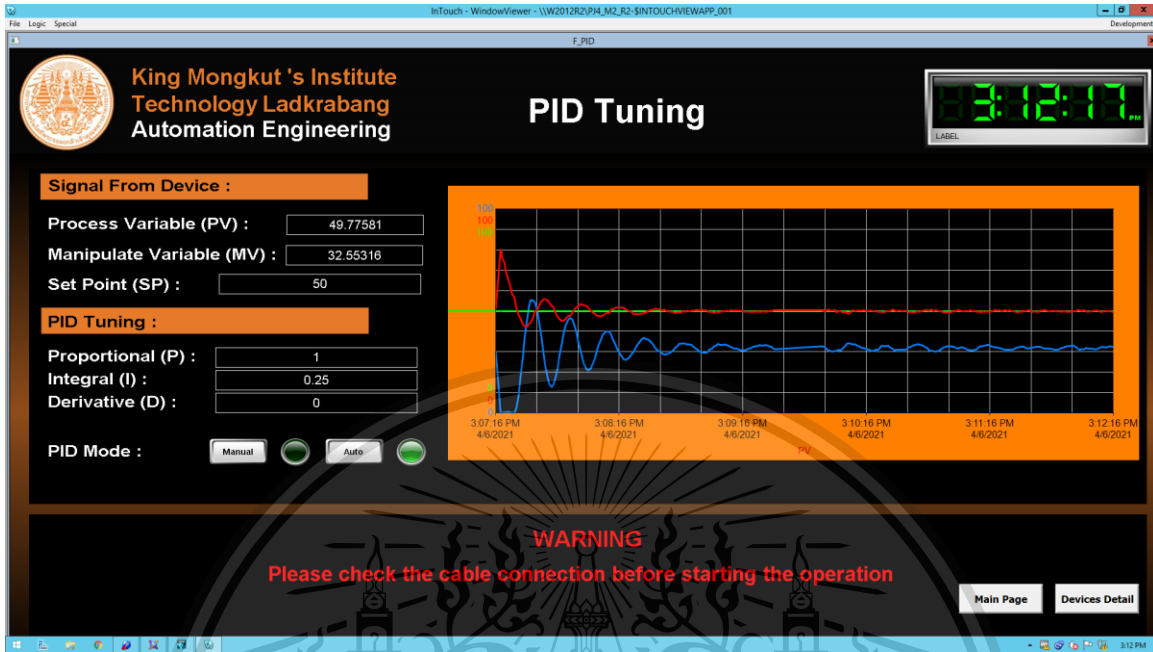
ตารางที่ 4.1 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก Main Page

Button/Symbol/Value	Description	SCADA Function	Result
Level of Tank	To Display Tank Level	Monitoring	Success
PV	To Display Currently Process Variable	Monitoring	Success
MV	To Display Currently Manipulate Variable	Monitoring	Success
"Start" Button	To Start the Level Control system	Control Command	Success
"Stop" Button	To Stop the Level Control system	Control Command	Success
"Emergency " Button	To Emergency Stop the Level Control system	Control Command	Success
Proportional (P)	To Adjust Proportional Value In PID Block	Control Command	Success
Integral (I)	To Adjust Integral Value In PID Block	Control Command	Success
Derivative (D)	To Adjust Derivative Value In PID Block	Control Command	Success
Set Point (SP)	To Adjust Set Point of Tank Level	Control Command	Success
PID Mode	To Select PID Mode of PID Block	Control Command	Success
PV Status	To Display Process Status	Fault Notification	Success
HH	To Display Critical High level Alarm	Fault Notification	Success
H	To Display High level Alarm	Fault Notification	Success
L	To Display Low level Alarm	Fault Notification	Success
LL	To Display Critical Low level Alarm	Fault Notification	Success
Device Fail	To Display Abnormal Status of Device	Fault Notification	

หมายเหตุ: เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบบางฟังก์ชันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3. หน้า PID Tuning



รูปที่ 4.16 ค่าพารามิเตอร์และกราฟแสดงผลจากกระบวนการควบคุม

รูปที่ 4.16 นั้นเป็นหน้าจอแสดงผลพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากกระบวนการควบคุมระดับและมีกราฟแสดงผลพารามิเตอร์จากกระบวนการเพื่อใช้ในการปรับแต่งค่าพีไอดี ที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการประกอบไปด้วย

1. Signal From Device:

โดยในส่วนนี้นั้นจะมีค่าต่าง ๆ ที่นำมาแสดงผลโดยเรียงจากบนลงล่าง ได้ดังต่อไปนี้

1. Process Variable (PV):
2. Manipulate Variable (MV):
3. Set Point (SP):

2. PID Tuning:

โดยในส่วนนี้นั้นจะมีค่าต่าง ๆ ที่นำมาแสดงผลโดยเรียงจากบนลงล่าง ได้ดังต่อไปนี้

1. Proportional (P):
2. Integral (I):
3. Derivative (D):

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

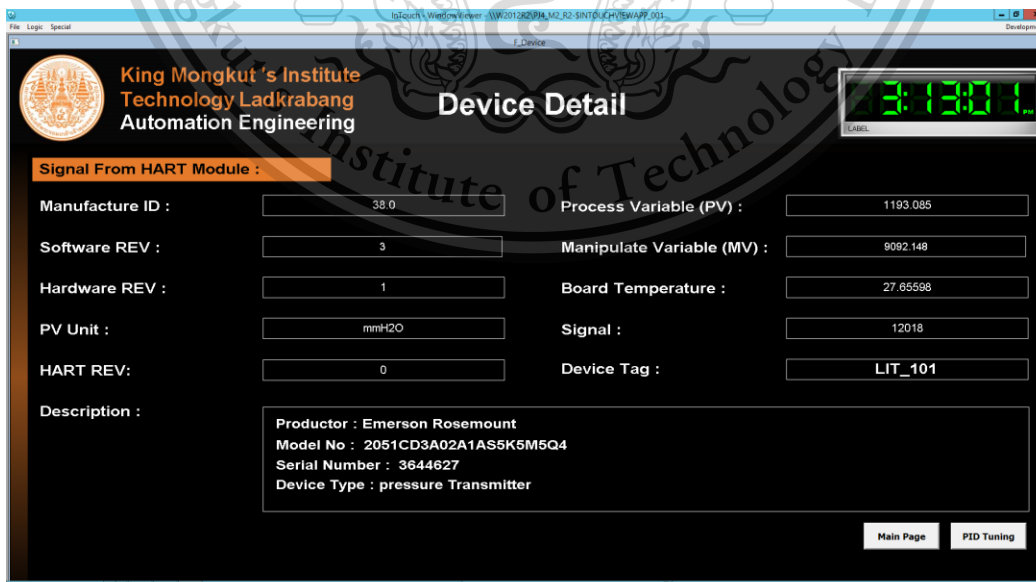
4. PID Mode: เป็นส่วนที่ใช้ในการแสดงโหมดการทำงานของตัวบล็อกพีไอดี โดยจะประกอบ
ไปปุ่มเลือกโหมดการทำงานและไฟแสดงสถานะของโหมดการทำงานโดยมีทั้งหมด 2 แบบคือ
1. Manual
 2. Auto

ตารางที่ 4.2 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก PID Tuning

Button/Symbol/Value	Description	SCADA Function	Result
PV	To Display Currently Process Variable	Monitoring	Success
MV	To Display Currently Manipulate Variable	Monitoring	Success
Set Point (SP)	To Adjust Set Point of Tank Level	Control Command	Success
Proportional (P)	To Adjust Proportional Value In PID Block	Control Command	Success
Integral (I)	To Adjust Integral Value In PID Block	Control Command	Success
Derivative (D)	To Adjust Derivative Value In PID Block	Control Command	Success
PID Mode	To Select PID Mode of PID Block	Control Command	Success
Device Fail	To Display Abnormal Status of Device	Fault Notification	

หมายเหตุ: เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบ
บางฟังก์ชันได้

4.4.4. หน้า Device Detail



รูปที่ 4.17 ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.17 นั้นเป็นหน้ารายละเอียดต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์ (Device Detail) ค่าต่าง ๆ ที่นำมาแสดงผลเรียงจากบนลงล่าง ดังต่อไปนี้

- | | |
|-----------------------------|-----------------|
| 1.Manufacture ID: | 9.Signal: |
| 2.Software REV: | 10.Device Tag: |
| 3.Hardware REV: | 11.Description: |
| 4.PV Unit: | |
| 5.HART REV: | |
| 6.Process Variable (PV): | |
| 7.Manipulate Variable (MV): | |
| 8.Board Temperature: | |

ตารางที่ 4.3 ฟังก์ชันการทำงานภายในหน้ากราฟิก PID Tuning

Button/Symbol/Value	Description	SCADA Function	Result
Level of Tank	To Display Tank Level	Monitoring	Success
PV	To Display Currently Process Variable	Monitoring	Success
MV	To Display Currently Manipulate Variable	Monitoring	Success
Manufacture ID	To Display Manufacture ID	Monitoring	Success
Software REV	To Display Software REV	Monitoring	Success
Hardware REV	To Display Hardware REV	Monitoring	Success
HART REV	To Display HART REV	Monitoring	Success
PV Unit	To Display Process Variable Unit	Monitoring	Success
Device Tag	To Display Device Tag	Monitoring	Success
Board Temperature	To Display Board Temperature	Monitoring	Success
Device Fail	To Display Abnormal Status of Device	Fault Notification	

หมายเหตุ: เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด-19 ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบบางฟังก์ชันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 ผลสรุปการดำเนินการ

จากเทคนิคทางวิศวกรรมเพื่อผสมผสานทรานสมิตเตอร์ที่ใช้โพรโทคอล HART เข้ากับระบบควบคุมบนพื้นฐานพีแอลซี โดยใช้ Studio 5000 ในการเขียนโปรแกรมสำหรับกระบวนการควบคุมระดับ จากการใช้ตัวโมดูล AI/AO แบบแอนะล็อก ในการสื่อสาร และการสื่อสารโดยโมดูล AI/AO แบบ HART เพื่อทำการควบคุมระดับ ความแตกต่างจากทั้ง 2 ประเภทนั้น การสื่อสารทั้ง 2 แบบสามารถใช้งานในการควบคุมกระบวนการระดับได้ เหมือนกันแต่จะมีข้อแตกต่างกันที่สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สามารถนำขึ้นมาแสดงผลบนระบบสกาตา โดยที่การสื่อสารโดยโมดูล AI/AO แบบธรรมดานั้นจะสามารถนำค่าพารามิเตอร์แค่พวก PV, SP, MV ที่เป็นค่าพารามิเตอร์พื้นฐานขึ้นมาแสดงค่าได้เท่านั้น ส่วนการสื่อสารโดยโมดูล AI/AO แบบ HART นั้นจะสามารถดึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์ขึ้นมาแสดงได้มากกว่า เช่น Device Tag, HART REV, Board Temperature เป็นต้น สามารถใช้ฟังก์ชันบล็อกพีเอชไอจากตัวอุปกรณ์พีแอลซี ในการส่งค่าที่ใช้ในการควบคุมไปยังแอนะล็อกเอาต์พุต เพื่อส่งค่า 4-20 mA ไปยังอินเวอร์เตอร์

ซึ่งการสื่อสารทั้ง 2 แบบนั้นไม่สามารถใช้งานได้พร้อมกันทั้ง 2 แบบ เนื่องจากตัวอุปกรณ์เซนเซอร์ที่ใช้งานนั้นมีหนึ่งตัวทำให้ในแต่ละครั้งที่จะใช้งานจะต้องทำการสลับโหมดการทำงานของตัวอุปกรณ์โดยใช้ตัว Handheld ในการตั้งค่าโหมดการทำงานว่าจะให้ตัวอุปกรณ์นั้นทำงานในโหมดใด และมาเลือกโหมดการแสดงผลบนระบบสกาตา ได้โดยการกดปุ่มที่อยู่บนตัว Open Rack เพื่อดูค่าที่ส่งขึ้นมาจากระบบ

ในส่วนของระบบสกาดานั้นสามารถรับค่าผ่านทางไอพีซีจากโปรแกรม Studio 5000 ขึ้นมาแสดงผล และสั่งการควบคุมได้ในโปรแกรม ArchestrA IDE ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ส่วนใหญ่สามารถทำได้ตามเป้าหมาย แต่ตัวของฟังก์ชันในการแจ้งเตือนเมื่อตัวอุปกรณ์เกิดความผิดปกติขึ้น แล้วจะทำการแจ้งเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานรับรู้ถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นในส่วนของฟังก์ชันนั้นๆ ยังไม่สามารถบันทึกผลการทดสอบมายืนยันความสามารถในการทำงานได้เนื่องจากสถานะการแพร่ระบาดของโควิด-19 แต่อย่างไรก็ตามฟังก์ชันที่จำเป็นในการควบคุมกระบวนการระดับสามารถใช้งานได้ทั้งหมด

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องจากซอฟต์แวร์โอพีซี (SMC) ที่ใช้งานนั้น ตัว License นั้นใกล้ที่จะหมดอายุลง ซึ่งถ้าตัว License หมดอายุลงจะไม่สามารถส่งค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรม Studio 5000 มายังโปรแกรม ArchestrA IDE
2. ซอฟต์แวร์ Studio 5000 นั้นตัว License นั้นหมดอายุลงอีกตัวทำให้ไม่สามารถเปิดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3. ตัวอินเวอร์เตอร์บนตัวกระบวนการควบคุมระดับนั้นเกิดการ ทำงานที่ผิดปกติคือมีการจ่ายเอาต์พุตค้างไว้ ค่าหนึ่งตลอดเวลาทำให้ไม่สามารถควบคุมกระบวนการ
4. ไม่สามารถเข้าไปทำการทดสอบฟังก์ชันการทำงานบางส่วนจากระบบสกาตาที่ได้จัดสร้างขึ้น เนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโควิด-19 (Covid-19) ทำให้การนำเสนอผลการทดสอบไม่สมบูรณ์ตามแผนการที่กำหนดไว้

5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา

1. จัดหาตัว License ของโปรแกรม Studio 5000 มาแทนที่ตัว License เดิมที่จะหมดอายุลงไป
2. ถ้าหากจัดหา License ของตัวโปรแกรม SMC เดิมไม่ได้จริง ๆ อาจจะต้องเปลี่ยนโปรแกรมโอพีซีทีที่ใช้งาน แทนโดยจากจะไปใช้ตัวโปรแกรม Kepware Server แทนแต่จะมีข้อจำกัดตรงที่สามารถใช้งานได้เพียง 2 ชั่วโมงหากยังไม่ได้ซื้อตัว License ตัวเต็มมาใช้งานแทน
3. ตรวจสอบการตั้งค่าต่าง ๆ บนตัวอินเวอร์เตอร์อีกครั้งหากยังไม่สามารถแก้ไขได้ อาจจะต้องจัดหาตัว อินเวอร์เตอร์รุ่นเดิมกับที่มีอยู่เพื่อมาเปลี่ยนแทนที่ตัวเดิมที่ใช้การไม่ได้แล้ว
4. ใช้จำลองการทำงาน (Simulation) ของตัวกระบวนการแทนในบางส่วนที่สามารถทำได้ในบางส่วนที่ จำเป็นจะต้องใช้การทำงานของตัวกระบวนการจริง อาจจะต้องรอให้สถานการณ์กลับมาเป็นปกติก่อนจึง จะสามารถดำเนินการต่อได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

1. สามารถนำเอาแนวทางในการจัดสร้างระบบสกาตาที่มีฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ตามที่นำเสนอขึ้นไป ประยุกต์ใช้ในกระบวนการควบคุมรูปแบบอื่น ๆ ได้
2. สามารถนำเอาเทคนิคทางวิศวกรรมที่นำเสนอไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบควบคุมบนพื้นฐานพี แอลซี จากเดิมที่ใช้เพียงสัญญาณแอนะล็อกให้เปลี่ยนเป็นการใช้งานสัญญาณแอนะล็อกร่วมกับสัญญาณ HART เพื่อให้สามารถนำเอาข้อมูลการวินิจฉัยของทรานสมิตเตอร์แบบ HART มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการ ควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ‘ระบบการผลิต และการจัดทำสายการผลิตให้สมดุล (Production System & Assembly Line Balancing)’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2563. จาก <http://elearning.bu.ac.th/mua/course/mg212/chapter3.html>
- [2] ‘2.2 ระบบสกาดา’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563 จาก <http://www.eda.co.th/scada.html>
- [3] ‘ส่วนประกอบของระบบสกาดา’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563. จาก <http://mechatronic2day.blogspot.com/2015/03/scada-1.html>
- [4] ‘โครงสร้างของระบบสกาดา’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563. จาก <http://mechatronic2day.blogspot.com/2015/03/scada-1.html>
- [5] ‘SCADA System’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2563. จาก <https://riverplus.com/scada-system/>
- [6] ‘สัญญาณ Analog และ Digital ต่างกันอย่างไร?’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563. จาก <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=132>
- [7] ‘HART คืออะไร?’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 4 ธันวาคม 2563. จาก <http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1330§ion=8&issues=80>
- [8] ‘อธิบายผลของ PID อย่างง่าย ๆ ด้วยกราฟ’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2563. จาก <https://automation360blog.wordpress.com/2018/01/01/pid-by-graph/>
- [9] ‘ระบบควบคุมพีไอดี’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2563. จาก <https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%A7%E0%B8%9A%E0%B8%84%E0%B8%B8%E0%B8%A1%E0%B8%9E%E0%B8%B5%E0%B9%84%E0%B8%AD%E0%B8%94%E0%B8%B5>
- [10] ‘IDE คืออะไร’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2563. จาก <https://sites.google.com/site/chanaphy016/home/ide-thi-niym-chi.html>
- [11] ‘InTouch Modern Application Guide’ [ออนไลน์] สืบค้นเมื่อ 2 ตุลาคม 2563. จาก <https://cdn.logic-control.com/docs/Wonderware/InTouch/ITModernAppGuide.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้