การวัดอุณหภูมิของกระบวนการผ่านการสื่อสาร WIRELESSHART
TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION

คณิน รัตนพงศ์ผาสุข
คณิน สุริยา
เศรษฐธรรม พรหมดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การวัดอุณหภูมิของกระบวนการผ่านการสื่อสาร WIRELESSHART
TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION

คณิน รัตนพงศ์ผาสุข
คณิน สุริยา
เศรษฐธรรม พรหมดี

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION

KANIN RATTANAPONGPASUK
KANIN SURIYA
SETTHATHAM PROMDEE

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERRING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การวัดอุณหภูมิของกระบวนการผ่านการสื่อสาร WIRELESSHART
TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายคณิน รัตนพงศ์ผาสุข	**รหัสนักศึกษา**	56010117
	นายคณิน สุริยา	**รหัสนักศึกษา**	56010119
	นายเศรษฐธรรม พรหมดี	**รหัสนักศึกษา**	56011260
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม		
ปีการศึกษา	2559		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การวัดอุณหภูมิของกระบวนการผ่านการสื่อสาร WIRELESSHART TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายคณิน รัตนพงศ์ผาสุข	**รหัสนักศึกษา**	56010117
	นายคณิน สุริยา	**รหัสนักศึกษา**	56010119
	นายเศรษฐธรรม พรหมดี	**รหัสนักศึกษา**	56011260
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เชื้อ นกอยู่		
ปีการศึกษา	2559		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานที่แตกต่างกัน การเลือกอุปกรณ์แต่ละชนิดต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและมาตรฐานการติดตั้งของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ซึ่งใช้ Instrument Toolkit เป็นโปรแกรมในการเลือกเครื่องมือวัดอุณหภูมิ นำอุปกรณ์ทั้งหมดที่เลือกมาติดตั้งเข้ากับแบบจำลองกระบวนการ นอกจากนั้นมีการนำเสนอผลการวัดอุณหภูมิผ่านโปรแกรม Wonderware Indusoft นำผลลัพธ์ที่ได้มาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์แต่ละแบบ เพื่อเป็นการเลือกอุปกรณ์มาใช้ให้เหมาะสมกับการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	TEMPERATURE MEASUREMENT USING WIRELESSHART COMMUNICATION	
Authors	Mr.Kanin	Rattanapongpasuk
	Mr.Kanin	Suriya
	Mr.Setthatham	Promdee
Thesis Advisor	Asst.Prof.Chuae	Nokyoo
Year	2016	

ABSTRACT

This thesis is designed to study the instruments used to measure temperature. Each tool has different features and performance. The selection of each device must take into account the suitability and the installation standard of the instrument. The Instrument Toolkit is a program for selecting a thermometer. Bring all the selected equipment to the process model. In addition, Wonderware Indusoft's temperature measurement program delivers the results to analyze the performance of each device. To select the right equipment to work.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชื้อ นกอยู่ อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ผู้ให้การชี้แนะและคำแนะนำในการทำงาน ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านได้ให้การสนับสนุนและคำปรึกษา ในงานวิจัยจนสำเร็จตามจุดประสงค์

ขอขอบพระคุณอาจารย์หลายหลายท่านและเจ้าหน้าที่ในหลักสูตรวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้การเอื้อเฟื้ออุปกรณ์การทำงาน เครื่องมือการทดลอง และการช่วยเหลือต่างๆในระหว่างการดำเนินงาน

ขอขอบพระคุณทางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ได้ให้การสนับสนุนรวมถึงทุนในการดำเนินงานวิจัย และโอกาสที่ทำให้ทางคณะผู้จัดทำได้รับในการศึกษาหาความรู้ ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณรุ่นพี่ศิษย์เก่าวิศวกรรมการวัดคุมรุ่นที่ 26 ที่ได้มอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานและคอยให้คำปรึกษา การช่วยเหลือต่างๆในระหว่างการดำเนินงาน

ขอบคุณเพื่อนๆในการช่วยเหลือต่างๆ และเพื่อนร่วมกลุ่มในงานวิจัยที่ช่วยเหลือกันทำงานและคอยช่วยกันแก้ปัญหาต่างๆจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณและระลึกเสมอถึงความสำเร็จต่างๆในชีวิตคณะผู้จัดทำ ด้วยความรัก ความเข้าใจ และกำลังใจจากพระผู้มีพระคุณที่คอยให้การสนับสนุนทั้งในด้านการดำเนินชีวิตและการศึกษาของคณะผู้จัดทำมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมถึงบุคคลในครอบครัว เป็นอย่างสูงที่ให้ความเมตตาเสมอมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ii
กิตติกรรมประกาศ iii
สารบัญ iv
สารบัญตาราง vi
สารบัญรูป vii

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 หลักการของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 3
2.1 อุณหภูมิ 3
2.2 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยความต้านทานเปลี่ยนแปลง 3
2.2.1 โครงสร้างของ RTD 4
2.2.2 ชนิดของ RTD 5
2.2.3 หลักการชดเชยอุณหภูมิ 6
2.3 Thermowell 10
2.3.1 ส่วนประกอบ 11
2.3.2 ชนิดของ Thermowell 12
2.4 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ 13
2.4.1 Rosemount 3144P Temperature Transmitter 13
2.4.2 Rosemount 648 Wireless Temperature Transmitter 13
2.4.3 Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor 14
2.5 การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ 15
2.5.1 ประสิทธิภาพการทำงาน 16
2.5.2 เปรียบเทียบความแม่นยำของระบบทั้งหมด 17
2.5.3 ขั้นตอนการติดตั้ง 18
2.6 เทคโนโลยี WirelessHART 19
2.7 การแสดงผลผ่านระบบสกาดา 20
2.7.1 ส่วนประกอบของระบบสกาดา 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.7.2 หน้าที่การทำงานของสกาดา 21
2.8 การสั่นของเทอร์โมเวลล์ (Wake Frequency of Thermowell) 22
2.8.1 วิธีการออกแบบ 23
2.8.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรง 23
2.9 ซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง 25
2.9.1 Instrument Toolkit 25
2.9.2 อุปกรณ์คำนวณเบื้องต้น (Preliminary Calculation Tool) 34
2.9.3 Wonderware 35

บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ 37
3.1 ออกแบบกระบวนการวัดอุณหภูมิ 37
3.2 การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ 38
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในแบบจำลองกระบวนการ 40
3.4 การใช้ HART 475 ในการ Configuration อุปกรณ์แต่ละตัว 42
3.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้สามารถสื่อสารกับ Gateway 58
3.6 การเชื่อมต่อข้อมูลกับโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio 8.0 60

บทที่ 4 ผลการทดลอง 74
4.1 ผลการติดตั้งอุปกรณ์วัดเข้ากับแบบจำลองกระบวนการ 74
4.2 ผลการแสดงผลผ่านระบบสกาดา 78

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 80
5.1 สรุปผลการทดลอง 80
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข 81

บรรณานุกรม 82

ภาคผนวก 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความแม่นยำของทรานส์มิเตอร์ 16
2.2 อุณหภูมิโดยรอบส่งผลกับทรานส์มิเตอร์ 16
2.3 อุณหภูมิกระบวนการส่งผลกับทรานส์มิเตอร์ 17
2.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและการวัด 22
4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1 74
4.2 ผลการทดลองครั้งที่ 2 75
4.3 ผลการทดลองครั้งที่ 3 76

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1 โครงสร้างภายในของอาร์ทีดี	4
2.2 ส่วนประกอบของอาร์ทีดี	4
2.3 รูปส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบฟิล์ม	5
2.4 รูปส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบพันรอบแกน	5
2.5 ส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบคอยด์แพลททินั่ม	6
2.6 อาร์ทีดี 2 สาย	7
2.7 อาร์ทีดี 3 สาย	8
2.8 อาร์ทีดี 4 สาย	8
2.9 การต่อวงจร 2-Wire Signal Transmitter	9
2.10 สัญญาณ Output เป็นแบบกระแสและแรงดัน	9
2.11 ตัวอย่าง Thermowell	10
2.12 ส่วนประกอบของ Thermowell	11
2.13 Process Connection Type	12
2.14 ชนิดของ Thermowell	12
2.15 Rosemount 3144P Temperature Transmitter	13
2.16 Rosemount 648 Wireless Temperature Transmitter	14
2.17 Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor	14
2.18 Rosemount X-well Technolog	15
2.19 สูตรคำนวณแสดงค่าความผิดพลาด	20
2.20 รูปแบบการติดตั้ง Rosemount X-well	25
2.21 โปรแกรม Rosemount Instrument Toolkit Software	25
2.22 การเลือก Model Temperature Transmitter	25
2.23 การตั้งชื่อ Tag Number และเลือกชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามที่ต้องการ	26
2.24 โดยกำหนดค่าต่างๆตามความเหมาะสมของกระบวนการของเรา	26
2.25 กำหนดรุ่นของทรานสมิตเตอร์	27
2.26 กำหนดตัวเลือกต่างๆตามความต้องการ	27
2.27 เลือก Transmitter Specification Sheet	28
2.28 Specification Sheet ของ Rosemount 3144P Temperature Transmitter	29
2.29 การเลือก Model RTD	30
2.30 การตั้งชื่อ Tag Number และเลือกชนิดเซ็นเซอร์	30
2.31 โดยกำหนดค่าต่างๆตามความเหมาะสมของกระบวนการ	31
2.32 กำหนด Model ต่างๆตามความต้องการอย่างเหมาะสม	31
2.33 เลือก Specification Sheet	32
2.34 Specification Sheet ของ Sensor (RTD)	33
2.35 โปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ในการเลือกใช้เทอร์โมเวลล์	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
2.36 โปรแกรม Woderware Indusoft Web Studio 8.0	35
3.1 แบบจำลองกระบวนการวัดอุณหภูมิ	37
3.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ	38
3.3 Temperature Transmitter Rosemount 3144P	39
3.4 Temperature Transmitter Rosemount X-well	39
3.5 แบบจำลองกระบวนการ	40
3.6 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์กับทรานสมิตเตอร์	40
3.7 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ	41
3.8 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ (ต่อ)	41
3.9 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475	42
3.10 เมนู Field Communicator	43
3.11 เลือก HART Application	43
3.12 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์	44
3.13 เมนู Configure	44
3.14 เมนู Guided Setup	45
3.15 การเปลี่ยนชื่อ Tagging	45
3.16 การตั้งชื่อ Tagging	46
3.17 หลังจากตั้งชื่อ Tagging เสร็จสิ้น	46
3.18 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475	47
3.19 เมนู Field Communicator	47
3.20 เลือก HART Application	48
3.21 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์	48
3.22 เมนู Configure	49
3.23 เมนู Manual Setup	49
3.24 เมนู Sensor 1	50
3.25 เมนู Sensor 1 Connection	50
3.26 เมนู Sensor 1 หลังจากเปลี่ยน Wiring เสร็จเรียบร้อย	51
3.27 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475	51
3.28 เมนู Field Communicator	52
3.29 เลือก HART Application	52
3.30 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์	53
3.31 เมนู Configure	53
3.32 เมนู Manual Setup	54
3.33 เมนู Analog Output	54
3.34 เมนู PV Configuration	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
3.35 เมนู Upper Range Value	55
3.36 เมนู PV Configuration	56
3.37 เมนู Lower Range Value	56
3.38 เปลี่ยน IP Address ของคอมพิวเตอร์	58
3.39 เปลี่ยน IP Address ให้ตรงกับ Gateway	58
3.40 การเข้าสู่ Gateway	59
3.41 หน้าที่แสดงหลังจากเข้าสู่ Gateway	59
3.42 หน้าที่แสดงหลังจากเข้าสู่ Gateway ไม่สำเร็จ	60
3.43 เปิดโปรแกรม Security Setup Utility	61
3.44 เลือกค่าที่ได้จากการวัด เพื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรมสกาดา	61
3.45 เปิดโปรแกรม Wonderware และสร้าง New Project	62
3.46 การสร้าง Communication	62
3.47 การสร้าง Communication	63
3.48 การสร้าง Communication	64
3.49 ในส่วน Global	64
3.50 สร้าง Screen ในส่วน Graphic เพื่อใช้ในการแสดงผลหลัก	65
3.51 กำหนดข้อมูลของ Screen	65
3.52 ตัวอย่างในส่วนของ Screen	66
3.53 เป็นรูปการสร้างกล่องแสดงผล	66
3.54 เป็นกำหนดค่าที่วัดได้ไปแสดงในกล่องแสดงผล	67
3.55 เป็นกำหนด TagName ใส่กล่องแสดงผล	67
3.56 รูปจอแสดงผลหลังจากใส่กล่องแสดงผล	68
3.57 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend	68
3.58 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend	69
3.59 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend	69
3.60 กำหนดค่าที่จะแสดงใน Trend	70
3.61 วิธีการนำค่าจาก TagName มาแสดงในกราฟ	70
3.62 สร้างปุ่มเพื่อที่จะสามารถเปิด Screen Trend จากหน้าแสดงผลหลัก	71
3.63 สร้างคำสั่งของปุ่ม (Button)	71
3.64 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม	72
3.65 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม (Monitoring)	72
3.66 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม (Monitoring)	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้าที่**

4.1 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 1 75
4.2 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 2 76
4.3 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 3 77
4.4 แสดงผลของกระบวนการขณะทำงานจริง 78
4.5 แสดงผลส่วน Trend 79
4.6 ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์แต่ละชนิด 79

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

การวัดอุณหภูมิภายในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเกือบทุกประเภทถือได้ว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะเนื่องจากอุณหภูมิจะส่งผลกระทบในหลายๆด้าน เช่น ส่งผลต่อความสามารถในการวัดอุณหภูมิของอุปกรณ์แต่ละตัว หรือรวมไปถึงสภาพแวดล้อมของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงไป โดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมีหลายประเภท ทั้งนี้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นไปที่อุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าหรือทรานสดิวเซอร์วัดอุณหภูมิ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าชนิด Resistance Temperature Detector (RTD) ที่ใช้กับอุปกรณ์ป้องกัน (Thermowell) หรือ T-well ที่ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวในกระบวนการโดยตรง และศึกษาอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าชนิดไม่สัมผัสกับของเหลวในกระบวนการ หรือ X-well รวมไปถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อนำมาเปรียบเทียบคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละชนิด

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า
2. เพื่อศึกษาการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาระบบการติดต่อสื่อสารสำหรับการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์แบบฮาร์ทโปรโตคอล
4. เพื่อศึกษาการส่งข้อมูลที่วัดได้จากอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าโดยใช้ระบบไร้สาย

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. เรียนรู้ทฤษฎีและหลักการทำงาน รวมถึงส่วนประกอบโครงสร้างของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เลือกใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าชนิด Resistance Temperature Detector (RTD)

2. เรียนรู้อุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สิ่งที่ต้องการวัดสัมผัสกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าโดยตรงหรือ Thermowell รวมถึงเรียนรู้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน (Temperature Transmitter)

3. เรียนรู้ทฤษฎีและหลักการทำงาน รวมถึงส่วนประกอบโครงสร้างของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าโดยไม่สัมผัสกับของไหลในระบบ หรือ X-well

4. เรียนรู้การใช้งานโปรแกรม Instrument Toolkit ของบริษัท EMERSON

5. จัดทำใบงานเพื่อการทดลองให้นักศึกษารุ่นหลังศึกษาและเรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการออกแบบการทำงานของระบบจำลอง (Plant Model)
2. ศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าพื้นฐาน
3. ศึกษาส่วนประกอบของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าชนิด Resistance Temperature Detector (RTD)
4. ดำเนินการผลิตส่วนประกอบของระบบจำลอง (Plant Model) ตามที่ได้ออกแบบไว้
5. ศึกษาอุปกรณ์ของจริงโดยศึกษาอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าชนิด Resistance Temperature Detector (RTD) อุปกรณ์ป้องกันไม่ให้สิ่งที่ต้องการวัดสัมผัสกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าโดยตรงหรือ Thermowell อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าโดยไม่สัมผัสกับของไหลในระบบ หรือ X-well และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน (Temperature Transmitter)
6. ศึกษาการใช้งานโปรแกรม Instrument Toolkit ของบริษัท EMERSON

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทางไฟฟ้ามากยิ่งขึ้นเนื่องจากได้เห็นอุปกรณ์วัดของจริงพร้อมทั้งได้รับคำแนะนำจากผู้มีประสบการณ์ของบริษัทผู้ผลิต
2. ทำให้สามารถออกแบบระบบจำลอง (Plant Model) จากความรู้ที่ได้ศึกษามานำมาออกแบบได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
3. นักศึกษาสามารถเข้าใจในการใช้งานระบบจำลองจริง และนำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้กับการเรียนในทางทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

การวัดอุณหภูมิถือว่ามีความสำคัญ ซึ่งจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน รวมไปถึงปัจจัยต่างๆ ทำให้มักจะเกิดปัญหาตามมา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการทำงานนั้นได้ จากปัจจัยดังกล่าวทำให้จำเป็นต้องเรียนรู้หลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ เพื่อทำความรู้จักกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และทำการเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การทำงานในกระบวนการเป็นไปได้อย่างราบรื่น รวมไปถึงทำให้การทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ใช้กันมักจะเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนเป็นพลังงานทางไฟฟ้า

2.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือการวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใดๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น ในอดีตมีแนวคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิเกิดขึ้นเป็น 2 แนวทาง คือตามแนวทางของหลักอุณหพลศาสตร์ และตามการอธิบายเชิงจุลภาคทางฟิสิกส์เชิงสถิติ อุณหพลศาสตร์นั้นเกี่ยวข้องกับการวัดในเชิงมหภาค ดังนั้นคำจำกัดความอุณหภูมิในเชิงอุณหพลศาสตร์ในเบื้องแรก ซึ่งกำหนดขึ้นโดยลอร์ดเคลวิน จึงระบุเกี่ยวกับค่าตัวแปรต่างๆ ที่สามารถตรวจวัดได้จากการสังเกต ส่วนฟิสิกส์สถิติจะให้ความเข้าใจในเชิงลึกยิ่งกว่าอุณหพลศาสตร์ โดยอธิบายถึงการสะสมจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่และตีความพารามิเตอร์ต่างๆ ในอุณหพลศาสตร์ (เชิงมหภาค) ในฐานะค่าเฉลี่ยทางสถิติของพารามิเตอร์ของอนุภาคในเชิงจุลภาค ในการศึกษาฟิสิกส์เชิงสถิติสามารถตีความคำนิยามอุณหภูมิในอุณหพลศาสตร์ว่า เป็นการวัดพลังงานเฉลี่ยของอนุภาคในแต่ละองศาอิสระในระบบอุณหพลศาสตร์ โดยที่อุณหภูมินั้นสามารถมองเป็นคุณสมบัติเชิงสถิติ ดังนั้นระบบจึงต้องประกอบด้วยปริมาณอนุภาคจำนวนมากเพื่อจะสามารถบ่งบอกค่าอุณหภูมิอันมีความหมายที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ในของแข็งพลังงานนี้พบในการสั่นไหวของอะตอมของสสารในสภาวะสมดุล ในแก๊สอุดมคติ พลังงานนี้พบในการเคลื่อนไหวไปมาของอนุภาคโมเลกุลของแก๊ส เพราะฉะนั้นการวัดอุณหภูมิอาจมีนิยามเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นคือการวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใดๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น [7]

2.2 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยความต้านทานเปลี่ยนแปลง

อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยความต้านทานเปลี่ยนแปลง (Resistance Temperature Detector, RTD) คือตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า “สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก” (Positive Temperature Coefficient, PTC) นอกจากนี้ RTD ยังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า “เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน” (Resistance Temperatures Detector)

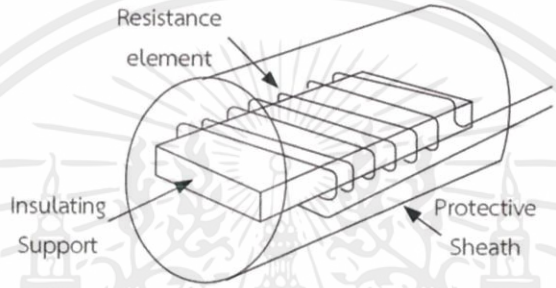
RTD ทำจากลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่ง ซึ่งที่ 0 °C จะมีค่าความต้านทานค่าหนึ่งตามที่กำหนด ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้า มีคุณสมบัติทนต่อความร้อน และต้องมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัมประสิทธิ์การขยายตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของขดลวด RTD จะถูกบรรจุอยู่ใน Metal Sheath ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์ หรืออะลูมิเนียมออกไซด์

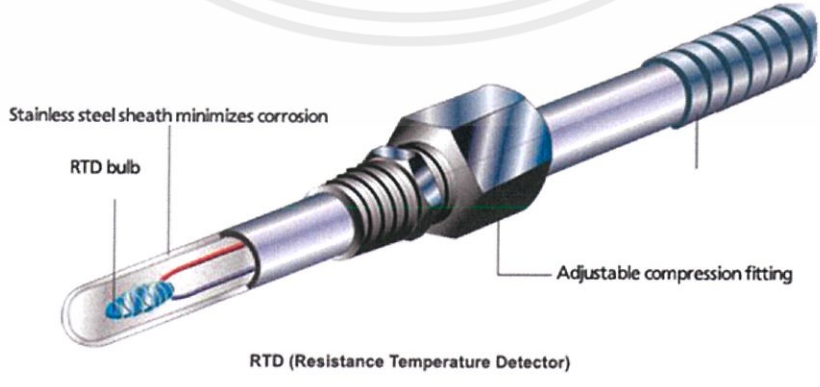
2.2.1 โครงสร้างของ RTD

โครงสร้างของอาร์ทีดีประกอบด้วยขดลวดความต้านทานที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ พันรอบแกนหรือหลอดที่มีสภาพเป็นฉนวนไฟฟ้าทนต่อความร้อน (ดังรูปที่ 2.1) จากนั้นนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง เพื่อให้ขดลวดร้อนจนอ่อนตัวและนำไปอบร้อนเพื่อคลายความเครียดของเส้นลวด แกนสำหรับพันเส้นลวดส่วนใหญ่ทำมาจากสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว หรือแพลตทินัมที่เคลือบด้วยเซรามิก โดยแกนที่ใช้พันขดลวดต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวใกล้เคียงและสัมพันธ์กับการขยายตัวของเส้นลวด [4]



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของอาร์ทีดี [4]

โดยทั่วไปอาร์ทีดีที่นำไปใช้งานอยู่ในรูปของชีตอาร์ทีดี (Sheath RTD) บางครั้งเรียกว่า ปลอกโลหะ (Metal Sheath) หรือโพรบ (Probe) หรือติดตั้งไว้ในเทอร์โมเวลล์ (Thermowell) โดยนำแกนที่พันด้วยเส้นลวดมาติดตั้งที่บริเวณปลายของโพรบหรือเทอร์โมเวลล์ เพื่อใช้สัมผัสกับตัวกลางใดๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิโดยไม่เกิดการเสียหาย อุปกรณ์เพิ่มเติมสำหรับการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลหรืออาร์ทีดี เพื่อวัดอุณหภูมิในกระบวนการ ได้แก่ หัวเชื่อมต่อ (Conecting Head/Junction Box/Terminal Box) โดยเวลาที่ใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิด้วย RTD หรือช่วงเวลาการตอบสนอง (Response Time) ของ RTD ขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ ได้แก่ ชนิดของวัสดุทำเทอร์โมเวลล์หรือโพรบ การติดตั้งและชนิดของของไหลที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เป็นต้น [4]



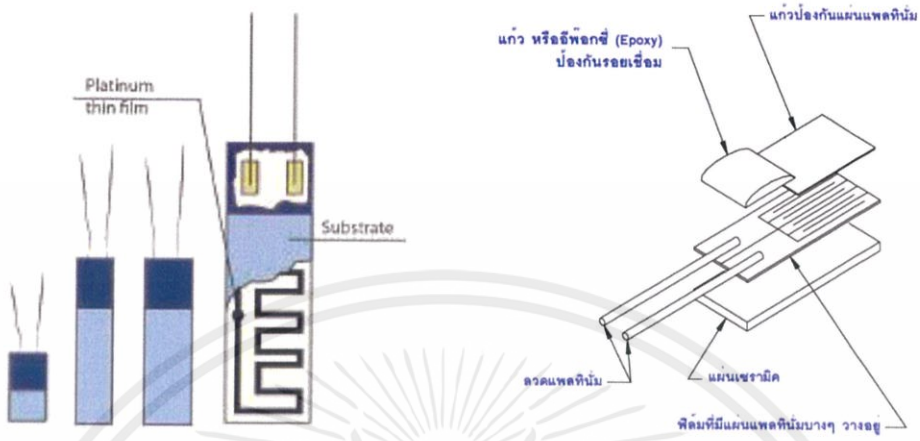
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของอาร์ทีดี [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของ RTD

เราสามารถแบ่งประเภทของ RTD ได้หลายลักษณะ แต่การแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท

2.2.2.1 แบบฟิล์ม



รูปที่ 2.3 รูปส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบฟิล์ม [4]

Thin-Film Elements มีภาพองค์ประกอบที่ถูกสร้างขึ้นโดยการฝากชั้นบางมากของวัสดุต้านทาน แพลทินัมธรรมดา บนพื้นผิวเซรามิก ชั้นนี้มักจะเป็นหนาเพียงแค่ 1-10 นาโนเมตร แล้วมีเคลือบฟิล์มนี้กับอีพ็อกซี่หรือแก้วที่ช่วยปกป้องฟิล์มฝาก และยังทำหน้าที่เป็นผ่อนความตึงสำหรับสายตะกั่วภายนอก ข้อเสียของประเภทนี้คือจะไม่มั่นคงต่างจาก “Wire-Wound” หรือ “Coiled Counterparts”นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้ในช่วงอุณหภูมิที่จำกัดเนื่องจากอัตราการขยายตัวแตกต่างกัน ของพื้นผิว และความต้านทานทำให้เกิด “Strain Gauge” ผลที่สามารถเห็นได้ในสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทาน องค์ประกอบเหล่านี้ทำงานที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส แต่สามารถใช้งานได้ถึง 600 องศาเซลเซียสเมื่อห่อหุ้มอย่างเหมาะสมในแก้วหรือเซรามิก ปัจจุบันมีองค์ประกอบ RTD อุณหภูมิสูงเป็นพิเศษที่สามารถใช้ถึง 900 ° C ที่มีการห่อหุ้มที่เหมาะสม [4]

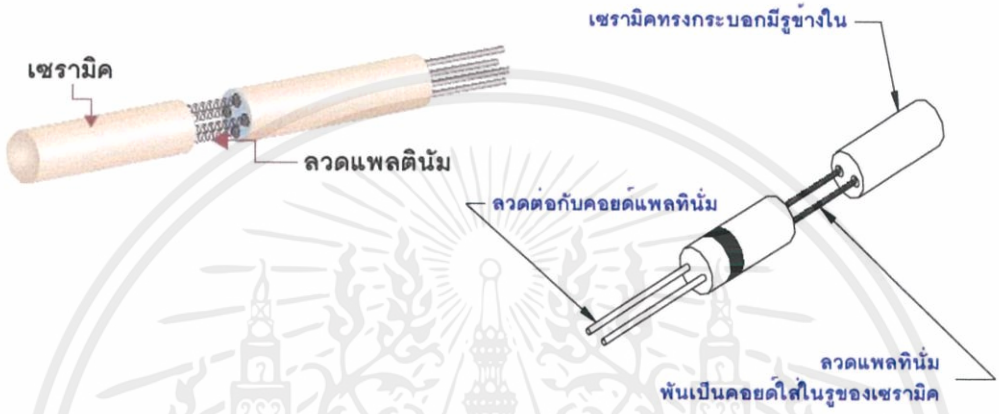
2.2.2.2 แบบพันรอบแกน

รูปที่ 2.4 รูปส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบพันรอบแกน [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wire-Wound Elements ผลิตโดยวางลวดขดลวดบาง ๆ (ไมครอนตั้งแต่ 7 ไมครอน ถึง 35 ไมครอน) ลงในฉนวนเซรามิค ความต้านทานของขดลวดถูกปรับให้เหมาะสมกับโอห์มที่สอดคล้องกับอุณหภูมิโดยเฉพาะ การพันรอบแกนควรมีช่องว่างเพื่อการขยายตัวและการหดตัวตามธรรมชาติ อย่างไรก็ตามการกระทำดังกล่าวไม่ได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือน ดังนั้นจึงไม่เป็นที่ยอมรับในการใช้งานในภาคอุตสาหกรรม สำหรับการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจะมีการใช้วัสดุที่มีการป้องกันต่อการสั่นสะเทือน องค์ประกอบเหล่านี้ทำงานกับอุณหภูมิที่ 660 องศาเซลเซียส [4]

2.2.2.3 แบบคอยล์แพลทินัม



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบอาร์ทีดีแบบคอยด์แพลททินัม [4]

Coiled Elements ได้มาแทนองค์ประกอบ Wire-Wound Elements ในอุตสาหกรรม ชิ้นส่วนประเภทนี้ผลิตโดยปกติโดยใช้สายแพลทินัม ลวดแพลทินัมขนาดเล็กมาก (0.0002 นิ้ว) ถูกม้วนแล้วหุ้มด้วยฉนวนเซรามิค 2 รูขนาดเล็ก ส่วนต่อขยายที่ใหญ่ขึ้นจะมีรอยจุดต่อปลายแพลททินัมและยึดเข้าด้วยกัน ผู้ผลิตบางรายสามารถทดแทนฉนวนด้วยผงเซรามิคเมื่อมีการใส่ขดลวดเข้าไป ทำให้ขดลวดขยับตัวและขึงกับส่วนอื่น ปลายด้านตรงข้ามกับส่วนต่อของปลั๊กไฟยังมีซีเมนต์เซรามิคอีกด้วย องค์ประกอบเหล่านี้ทำงานที่มีอุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส [4]

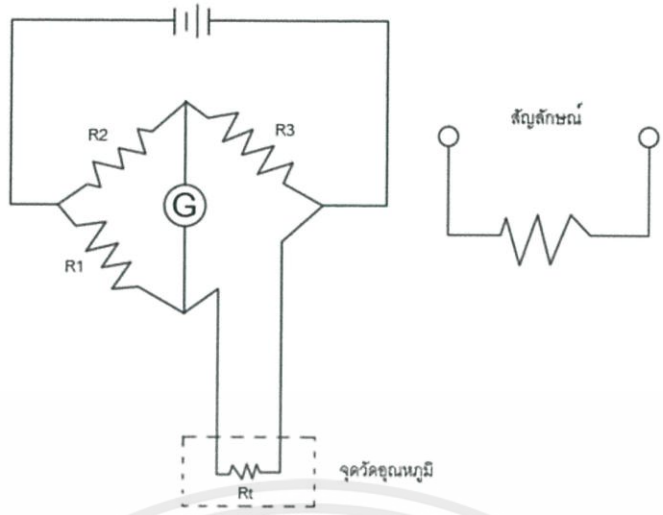
2.2.3 หลักการชดเชยอุณหภูมิ

เนื่องจาก RTD อาศัยค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ จึงต้องมีวงจรจ่ายกระแสให้ เพื่อให้เกิดเป็นแรงดันที่เปลี่ยนไป แล้วจึงนำแรงดันนี้ไปใช้งาน แต่กระแสจำนวนนี้ก็สร้างความร้อนขึ้นใน RTD ด้วย ทำให้ค่าความต้านทานสูงขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องจำกัดไม่ให้กระแสเลี้ยง RTD นี้มีค่าสูงเกินไป แบ่งได้เป็น 3 ชนิด

2.2.3.1 RTD 2 สาย

วงจรใช้งานพื้นฐานของ RTD คือ Wheathstone Bridge โดย Rt คือ RTD ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ มีค่าความต้านทานอีก 3 ค่าในวงจร คือ R1, R2, และ R3 ซึ่งต้องอยู่ที่อุณหภูมิห้อง และเป็นความต้านทานชนิดที่มีความถูกต้องสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 อาร์ทีดี 2 สาย

จากรูปที่ 2.6 วงจร Bridge จะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อ RTD (R_t) อยู่ที่ 0 ^{0}C แล้วทำให้

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \tag{2.1}$$

ซึ่งจะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิที่ R_t สูงขึ้น ค่า R_t จะเพิ่มขึ้นทำให้ วงจร Bridge ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม RTD 2 สายเหมาะกับงานที่ RTD อยู่ใกล้กับวงจรเท่านั้น ไม่เหมาะกับงานที่ต้องลากสายยาว ๆ เนื่องจากจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากค่าความต้านทานสะสมของสายตัวนำ ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดเพี้ยนไป [4]

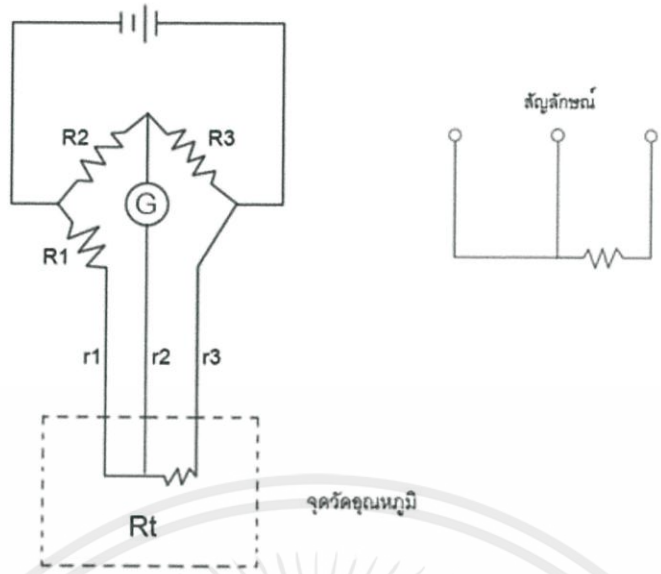
2.2.3.2 RTD 3 สาย

RTD 3 สาย เป็นที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรม โดยสายทั้ง 3 เป็นแบบที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรมโดยสายทั้ง 3 ที่อยู่ระหว่างจุดที่วัดกับวงจร จะต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเพื่อให้ค่าความต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 เปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกันด้วยขนาดที่เท่ากัน นั่นคือ

$$\frac{R_1 + r_3 + r_2}{R_3} = \frac{R_1 + r_1 + r_2}{R_2} \tag{2.2}$$

เนื่องจาก r_1 เท่ากับ r_3 เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่วัดจึงขึ้นอยู่กับ R_t เพียงตัวเดียว ทำให้ RTD 3 สายมีความถูกต้องสูงกว่า RTD แบบ 2 สาย [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

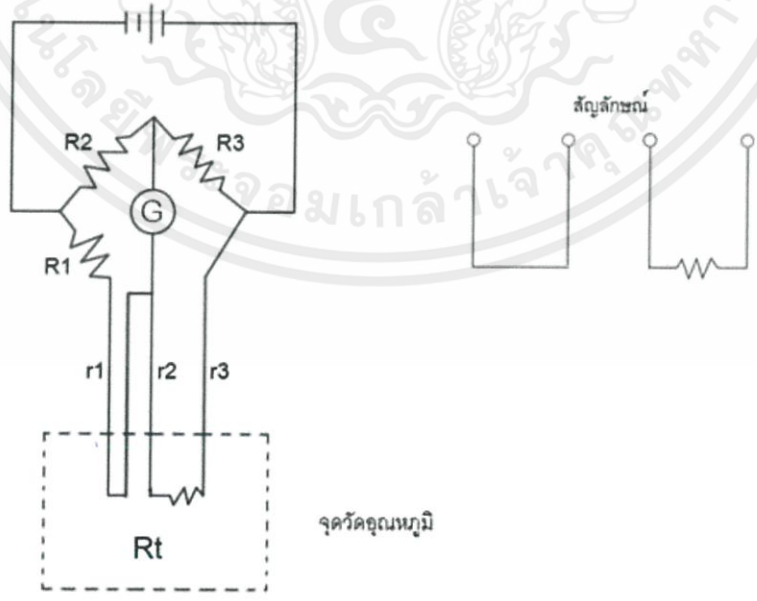


รูปที่ 2.7 อาร์ทีดี 3 สาย

2.2.3.3 RTD 4 สาย

RTD 4 สาย เป็นแบบที่ใช้ในห้องทดลองเบื้องต้น มีความแม่นยำสูง โดยจะใช้ลวดเส้นที่ 1 และ 4 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าแก่วงจร และใช้สายเส้นที่ 2 และ 3 เพื่ออ่านค่า การต่อวงจรแบบนี้ จะเป็นการชดเชยความต่างของค่าความต้านทานในลวดแต่ละเส้น โดยสายทั้ง 4 ต้องมีขนาด, ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเหมือนกับ RTD 3 สาย [4]

$$\frac{R_1 + r_3 + r_2}{R_3} = \frac{R_1 + r_1 + r_2}{R_2} \tag{2.3}$$

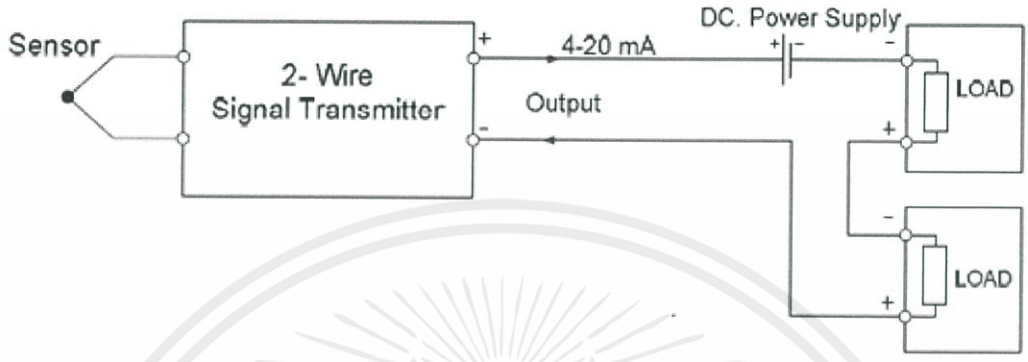


รูปที่ 2.8 อาร์ทีดี 4 สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2-Wire Signal Transmitter

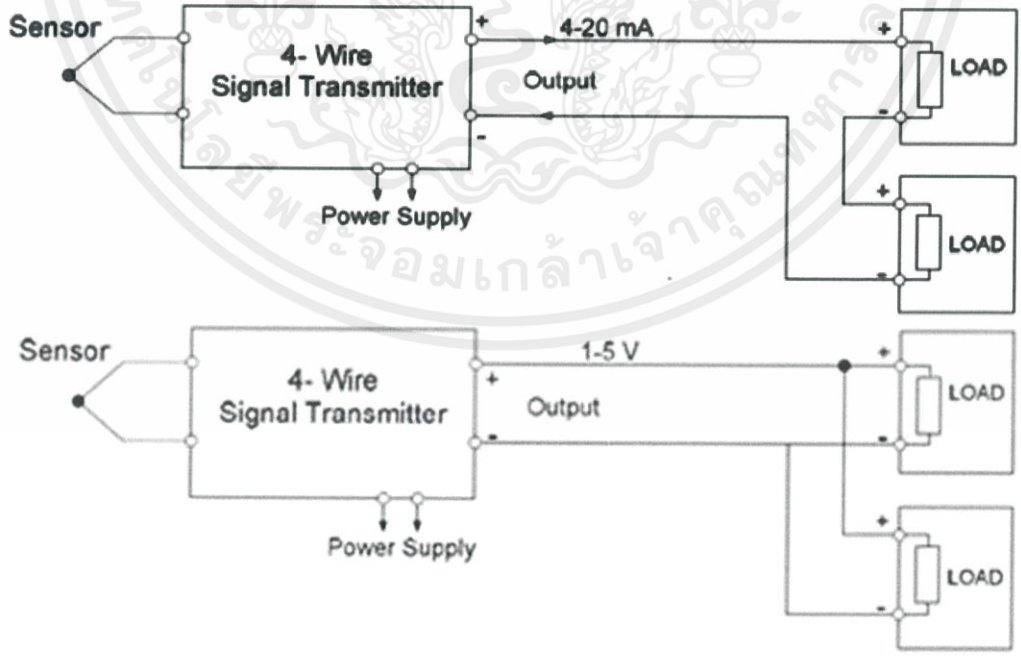
Signal Transmitter แบบนี้ดังรูปที่ 2.9 ใช้สายเพียง 2 เส้น ซึ่งสายเป็น สัญญาณ Output ของ Transmitter และเป็นสายของ Power Supply สำหรับจ่ายเลี้ยงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ภายใน Signal Transmitter Output Signal ของ Transmitter แบบนี้เป็นสัญญาณ 4-20 mA เท่านั้น ข้อดีของ Transmitter แบบนี้คือประหยัดสายในการติดตั้ง



รูปที่ 2.9 การต่อวงจร 2-Wire Signal Transmitter [4]

4-Wire Signal Transmitter

Signal Transmitter แบบนี้ ใช้สายสัญญาณสองเส้นและสาย Power Supply อีกสองเส้น แยกกันสัญญาณ Output ของ 4 Wire Signal Transmitter มีทั้งที่เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน และสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐาน สัญญาณจะแตกต่างกันดังรูปด้านล่าง ข้อดีคือง่ายต่อการซ่อมบำรุง



รูปที่ 2.10 สัญญาณ Output เป็นแบบกระแสและแรงดัน [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรจำในการวัดอุณหภูมิโดยใช้อาร์ทีดี คือ

1. ต้องมีการชีลด์สายและเดินสายบิดเกลียวเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน
2. อาร์ทีดีมีความเปราะบาง จึงต้องป้องกันและระวังการใช้งาน
3. เนื่องจากที่อาร์ทีดีไม่สามารถกำเนิดพลังได้เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านและเกิดผลของความร้อนจูล (I^2R) กับตัวมันเอง

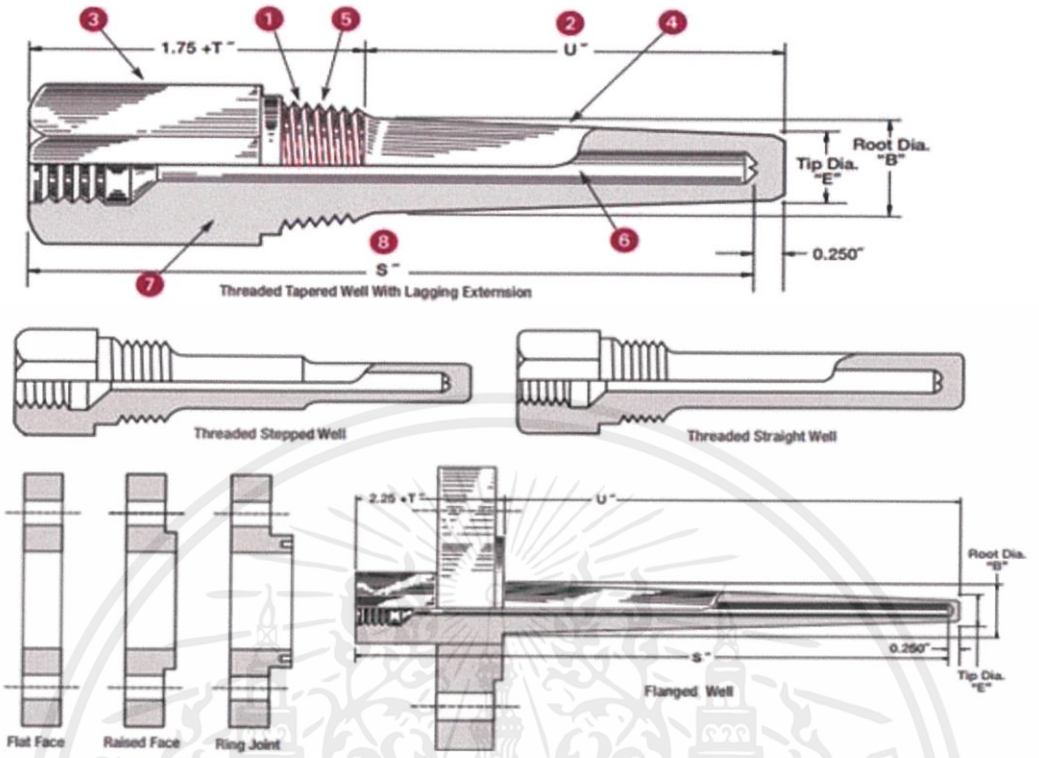
2.3 Thermowell

รูปที่ 2.11 ตัวอย่าง Thermowell [6]

Thermowell เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อป้องกันเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งในกระบวนการทางอุตสาหกรรม Thermowell จะมีลักษณะเป็นท่อปลายด้านหนึ่งปิดและเชื่อมต่ออยู่ในกระแสกระบวนการ มักใช้กับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิประเภท Resistance Temperature Detector (RTD) หรือ Thermocouple โดยเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเหล่านี้จะแทรกอยู่ระหว่างกลางทางด้านปลายเปิดของ Thermowell ซึ่งจะอยู่ภายนอกท่อการผลิตหรือฉนวนกันความร้อนใดๆ เมื่อของเหลวไหลผ่านก็จะเกิดกระบวนการถ่ายโอนความร้อนมาที่ Thermowell และความร้อนก็จะถูกถ่ายโอนให้กับตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิเช่นกัน ทั้งนี้ยังง่ายต่อการบำรุงรักษาหากตัวเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีปัญหา โดยที่เราไม่ต้องหยุดการทำงานของกระบวนการ เพื่อความแม่นยำในการวัด Thermowell ควรมีความยาวประมาณกึ่งกลางของท่อ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ส่วนประกอบ



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของ Thermowell [6]

1) Process Connection Size คือ ส่วนที่เชื่อมต่อกับตัวท่อ ลักษณะการเชื่อมต่อมีหลายแบบ เช่น Thread Size, Flange Size, Pipe Size, Tri-clamp เป็นต้น

2) Insertion Length คือ ส่วนที่สัมผัสกับกระบวนการ โดยทั่วไปจะเรียกว่า U-Length เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงและแม่นยำที่สุดส่วนของ U-Length ทั้งหมดควรสัมผัสกับกระบวนการ

3) Lagging Extension & Installation Wrench Flats คือ ส่วนที่อยู่ระหว่าง Process connect กับ Instrument Connection มาตรฐานของ Lagging Extension คือ 3"

4) Shank Configuration คือ ลักษณะรูปร่างของ Thermowell ซึ่งมี 3 แบบ Tapered, Stepped, Straight และ Tapered จะแข็งแรงทนต่อการสั่นสะเทือนมากที่สุด

5) Process Connection Type คือ ชนิดของ Process Connection มีแบบ Threaded, Flanged และ Welding

6) Bore คือ ช่องว่างที่มีไว้สำหรับรองรับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ เพื่อให้ง่ายต่อการใส่เซ็นเซอร์ ขนาดของ Bore ควรอยู่ในช่วงของค่าที่ยอมรับได้ ซึ่งขนาดของ Bore ไม่ควรมีขนาดที่พอดีกับขนาดของเซ็นเซอร์มาตรฐานของ Bore มีค่าเท่ากับ 0.260" หรือ 0.385"

7) Material คือ โดยทั่วไปก็จะคำนึงถึง ความกัดกร่อน ความทนทาน อุณหภูมิ อัตราการไหล ควรเลือกให้เหมาะสมกับกระบวนการที่จะถูกนำไปติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) Instrument Insertion Length คือ ความยาวตั้งแต่ส่วนบนสุด จนถึงส่วนล่างสุดของ Thermowell โดยทั่วไปจะเรียกว่า S-Length ขนาดของมันจะดูจาก Catalogs ของตัว Thermowell

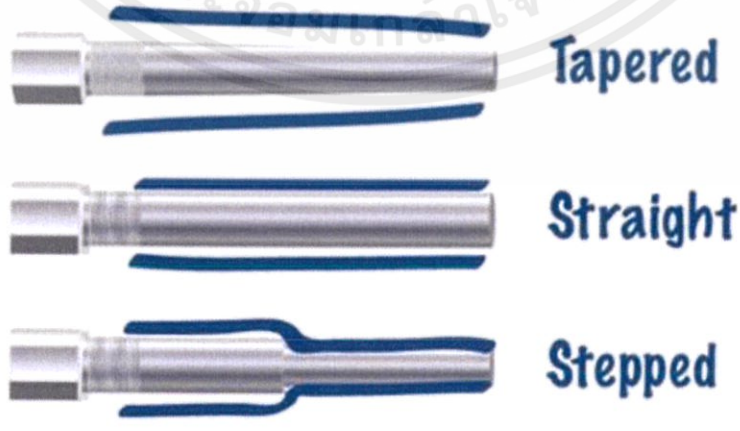
รูปที่ 2.13 Process Connection Type [6]

2.3.2 ชนิดของ Thermowell

1) Tapered Shanks ลักษณะคือมีเส้นผ่านศูนย์กลางช่วงปลายที่แคบกว่า ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้นและไวต่อการตอบสนองมากกว่าอีก 2 แบบ อีกทั้งยังทนทานต่อการสั่นสะเทือน

2) Stepped Shanks ลักษณะคือ เป็นแบบขั้นบันได ได้รับการปรับปรุงมาเพื่อให้ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิใน Process ได้ดีขึ้น

3) Straight Shanks ลักษณะคือ เป็นท่อตรง เป็นรูปแบบดั้งเดิม เหมาะสำหรับ Process ที่แรงดันต่ำและความดันต่ำ



รูปที่ 2.14 ชนิดของ Thermowell [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ

ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ (Temperature Transmitter) คือ อุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในการรับสัญญาณอุณหภูมิจากตัววัดอุณหภูมิ (Sensor) ชนิดใดชนิดหนึ่งจากเทอร์โมคัปเปิล หรือ RTD เพื่อส่งค่าอุณหภูมิผ่านสายไฟไปยังเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เครื่องบันทึกอุณหภูมิ หรือดาต้าล็อกเกอร์, PLC เป็นต้น

2.4.1 Rosemount 3144P Temperature Transmitter

Rosemount 3144P Temperature Transmitter เป็นอุปกรณ์แปลงและส่งสัญญาณที่มีความแม่นยำสูง รับ Input ได้ทั้ง Single Sensor Input และ Dual Sensor Input สามารถสื่อสารได้หลายรูปแบบ ทั้ง HART/4-20 mA , Foundation Fieldbus และมีฟังก์ชัน Hot Backup เพื่อช่วยในการป้องกันไม่ให้กระบวนการในการวัดต้องหยุดชะงักกล่าวคือเมื่อเซ็นเซอร์ตัวแรกเกิดความเสียหาย ระบบก็จะสั่งการให้เซ็นเซอร์ตัวที่สองทำงานแทน อีกทั้งยังมี Dual-Compartment Housing เพื่อป้องกันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ความชื้น เป็นต้น เป็นช่องแยกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อไม่ให้เสียหายจากการลัดวงจร [1]

รูปที่ 2.15 Rosemount 3144P Temperature Transmitter [1]

2.4.2 Rosemount 648 Wireless Temperature Transmitter

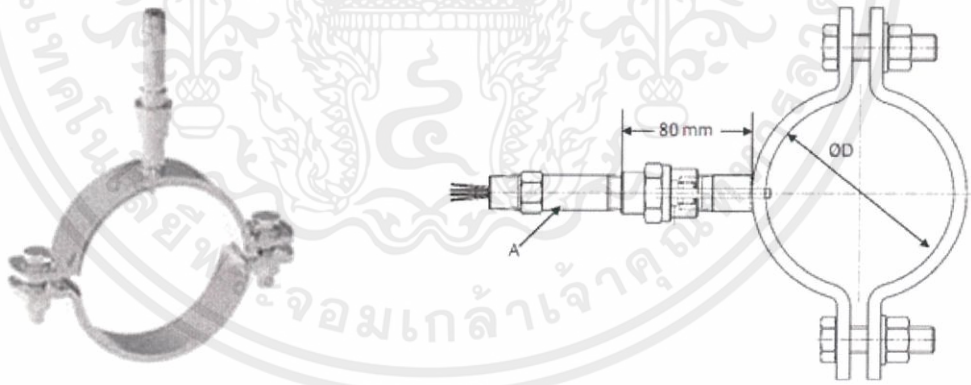
Rosemount 648 Temperature Transmitter เป็นอุปกรณ์แปลงและส่งสัญญาณที่มีความแม่นยำสูง มีความหน้าเชื่อถือและความสามารถสูงที่สุด รับ Input ได้ทั้ง Single Sensor Input และ Dual Sensor Input สามารถสื่อสารได้หลายรูปแบบ ทั้ง HART/4-20 mA, Foundation Fieldbus เมื่อรวมเทคโนโลยี Rosemount X-well และ Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor จะสามารถให้การวัดที่แม่นยำของอุณหภูมิในกระบวนการผ่านการนำความร้อนในอุปกรณ์ส่งสัญญาณและมีอัลกอริทึมพิเศษในตัวทรานสมิตเตอร์ที่สามารถใช้ร่วมกัน X-well ได้ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.16 Rosemount 648 Wireless Temperature Transmitter [1]

2.4.3 Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor

Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor เป็นอุปกรณ์เซนเซอร์ในการวัดอุณหภูมิแบบ RTD ที่ใช้วัดอุณหภูมิของผิวท่อ มีความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือสูง สามารถวัดอุณหภูมิที่มีความเร็วสูง ของเหลวหนัก หรือกระบวนการกัดกร่อน สะดวกในการติดตั้ง และการเคลื่อนย้าย ทำงานร่วมกับ Rosemount Wireless Temperature



รูปที่ 2.17 Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

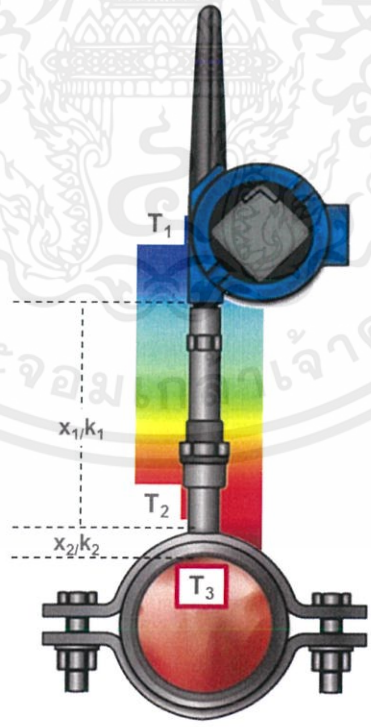
2.5 การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ

เป็นการวัดอุณหภูมิที่ไม่สัมผัสกับของไหลในกระบวนการ อาศัยหลักการนำความร้อน จะทำการการวัดอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสท่อที่มีของไหลไหลอยู่ภายใน โดยอุณหภูมิที่ต้องการทราบค่าเกิดจากการคำนวณจากอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสท่อกับอุณหภูมิโดยรอบ อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิในกระบวนการ

ส่วนประกอบพื้นฐาน คือ ทรานสมิตเตอร์ไร้สาย Rosemount 648 และแคลมป์เซ็นเซอร์แบบยึดท่อ Rosemount 0085 ส่วนที่แตกต่างไป คือ การพัฒนาอัลกอริทึมพิเศษในตัวทรานสมิตเตอร์ Rosemount 648 ซึ่งสามารถวัดค่าอุณหภูมิด้วยความเที่ยงตรง ความสามารถในการวัดซ้ำ และการประมาณค่านอกช่วง จากพื้นผิวเครื่องวัด อัลกอริทึมจะวัดอุณหภูมิที่ผิวของท่อ โดย Rosemount 0085 แคลมป์เซนเซอร์แบบยึดท่อ และวัดอุณหภูมิโดยรอบด้วยเซนเซอร์ที่ฝังอยู่ในตัวทรานสมิตเตอร์ Rosemount 648 เป็นข้อมูลที่รับเข้ามา เครื่องจะประกอบข้อมูลดังกล่าวกับค่าการนำไฟฟ้าของท่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด และวัสดุ เพื่อทำการคำนวณอุณหภูมิที่ถูกต้องภายในท่อ นั่นคือ [3]

$$q = \frac{(T_1 - T_2)}{(\frac{X_1}{k_1})} \quad \text{และ} \quad q = \frac{(T_2 - T_3)}{(\frac{X_2}{k_2})} \tag{2.4}$$

$$T_3 = T_2 + \frac{(T_2 - T_1)(\frac{X_2}{k_2})}{(\frac{X_1}{k_1})} \tag{2.5}$$



รูปที่ 2.18 Rosemount X-well Technology [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ q = ปริมาณความร้อนต่อหน่วยพื้นที่
T_1 = อุณหภูมิแวดล้อม
X_1 = ระยะทางของชุดเซนเซอร์
k_1 = การนำความร้อนของชุดเซนเซอร์
T_2 = อุณหภูมิพื้นผิวท่อ
X_2 = ความหนาของท่อ
k_2 = การนำความร้อนของท่อ
T_3 = อุณหภูมิของกระบวนการ

การวัดอุณหภูมิที่เที่ยงตรงและความสามารถในการวัดเทอร์โมเวล (T-well) เป็นวิธีวัดอุณหภูมิที่ใช้อย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องด้วยการออกแบบต้องคำนึงถึง รูปทรงเรียวยาวและวัสดุที่ใช้ นอกจากนี้ยังต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อนจากการสั่นของเทอร์โมเวล เพื่อเป็นหลักประกันว่าจะไม่มีข้อผิดพลาดระหว่างการใช้งาน เทอร์โมเวลมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูง โดยมีการตัดและการเชื่อมท่อ ทั้งยังเกิดภาวะเสี่ยงต่อการรั่วไหล ในระหว่างกรใช้งาน เทอร์โมเวลอยู่ในสภาวะที่อาจเกิดการผุกร่อน การขัดสีและการหักงอจากของเหลวที่ไหลอยู่โดยรอบ ซึ่งนำไปสู่ความเป็นไปได้ว่าเทอร์โมเวลจะเกิดข้อผิดพลาด เทคโนโลยี Rosemount X-well ขจัดความเสี่ยงจากส่วนประกอบของเทอร์โมเวลที่อาจเกิดการแตกหักได้จากขั้นตอนการทำงาน ไม่ต้องคำนึงถึงการรั่วไหลตามรอยต่อระหว่างอุปกรณ์และท่อ จึงเป็นการวัดอุณหภูมิที่เรียบง่ายและคุ้มค่ากว่า

การวัดอุณหภูมิพื้นผิวด้วยหลักการนี้ ช่วยหลีกเลี่ยงการติดตั้งและรูปแบบที่ซับซ้อนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเทอร์โมเวล (Thermowell) เทคโนโลยี Rosemount X-well มีสิ่งใหม่คือการคำนวณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และความสามารถในการวัดซ้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับการวัดอุณหภูมิพื้นผิวและอุณหภูมิแวดล้อม

2.5.1 ประสิทธิภาพการทำงาน

จากคู่มือการใช้งานอุปกรณ์ แสดงให้เห็นว่าข้อกำหนดจะแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ความเที่ยงตรงของทรานสมิตเตอร์ [1]

ลักษณะเซ็นเซอร์	อ้างอิง	ช่วงอินพุต		ความเที่ยงตรง	
2-, 3-, 4-wire RTDs		°C	°F	°C	°F
Pt 100 (α = 0.00385)	IEC751	-200 ถึง 850	-328 ถึง 1562	± 0.225	± 0.405
X-well Pt 100 (a = 0.00385)	IEC751	-50 ถึง 300	-58 ถึง 572	± 0.29	± 0.52

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิแวดล้อมส่งผลกับทรานสมิตเตอร์ [1]

ลักษณะเซ็นเซอร์	อ้างอิง	ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อม 1.0 °C (1.8 °F)	อินพุตของอุณหภูมิ (T)
2-, 3-, 4-wire RTDs			
Pt 100 (α = 0.00385)	IEC751	0.0045 °C (0.0081 °F)	ช่วงอินพุตเซ็นเซอร์ทั้งหมด
X-well Pt 100 (a = 0.00385)	IEC751	0.0058 °C (0.0104 °F)	ช่วงอินพุตเซ็นเซอร์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิกระบวนการส่งผลกับทรานสมิตเตอร์ [1]

ลักษณะเซ็นเซอร์	อ้างอิง	ผลต่อความแตกต่าง 1.0 °C (1.8 °F) ในอุณหภูมิแวดล้อมและอุณหภูมิกระบวนการ	อินพุตของอุณหภูมิ (T)
X-well Pt 100 (a = 0.00385)	IEC751	± 0.01 °C (0.018 °F)	ช่วงอินพุตเซ็นเซอร์ทั้งหมด

2.5.2 เปรียบเทียบความแม่นยำของระบบทั้งหมด

Rosemount X-well สามารถระบุได้เช่นเดียวกับชุดวัดอุณหภูมิมาตรฐาน ข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือข้อกำหนดใหม่ที่เรียกว่า “Process Temperature Effect” (PTE) ส่วนหนึ่งของข้อมูลจำเพาะนี้คำนึงถึงความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกระบวนการและอุณหภูมิห้อง

ความเที่ยงตรงและค่าอุณหภูมิแวดล้อมได้รับผลกระทบจากความไม่แน่นอน ความผิดพลาดที่ใหญ่ที่สุด คือช่องว่างระหว่างผิวท่อกับปลายเซ็นเซอร์ โดยปกติจะมีช่องว่างอากาศขนาดเล็กไม่มีสารประกอบความร้อน แต่มีช่องว่างทางอากาศเพิ่มขึ้นด้วยความผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นในอัตราส่วนและชดเชยของสมการชดเชย

ความเที่ยงตรงของระบบเทคโนโลยี Rosemount X-well

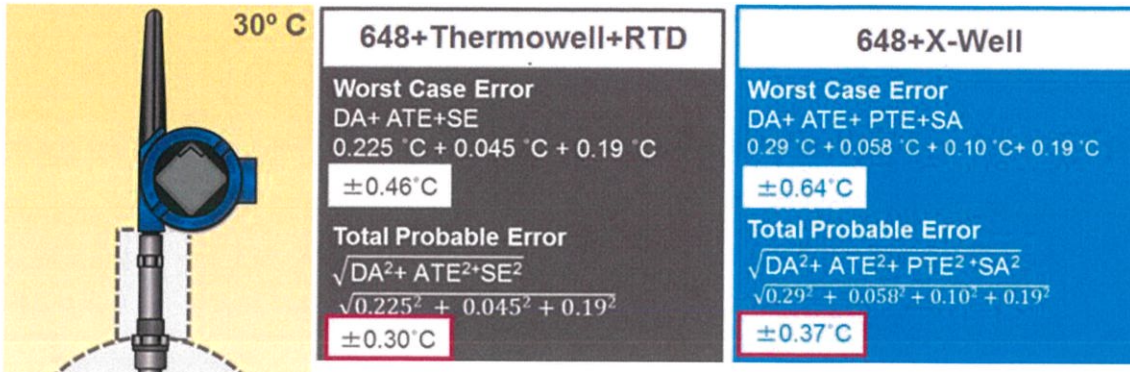
$$\text{Worst Case Error} = \text{DA} + \text{ATE} + \text{SA} + \text{PTE} \tag{2.6}$$

$$\text{Total Probable Error} = \sqrt{\text{DA}^2 + \text{ATE}^2 + \text{SE}^2 + \text{PTE}^2} \tag{2.7}$$

เมื่อ Worst Case Error = ข้อผิดพลาดกรณีที่เลวร้ายที่สุด
Total Probable Error = ข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นทั้งหมด
DA = ค่าความเที่ยงตรงในการวัด
ATE = ผลกระทบจากอุณหภูมิแวดล้อม
PTE = ผลกระทบจากอุณหภูมิกระบวนการ
SA = ค่าความเที่ยงตรงของเซ็นเซอร์

ที่อุณหภูมิในกระบวนการใกล้เคียงกับอุณหภูมิแวดล้อม เปรียบเทียบความแม่นยำของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้งสองแบบ นำค่าจาก ตารางที่ 2.1, ตารางที่ 2.2, ตารางที่ 2.3 มาคำนวณโดยใช้สูตรคำนวณแสดงค่าความผิดพลาด กำหนดอุณหภูมิของของเหลวในกระบวนการที่ค่าต่ำสุดที่ 20 °C และอุณหภูมิแวดล้อมที่ค่า 30 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

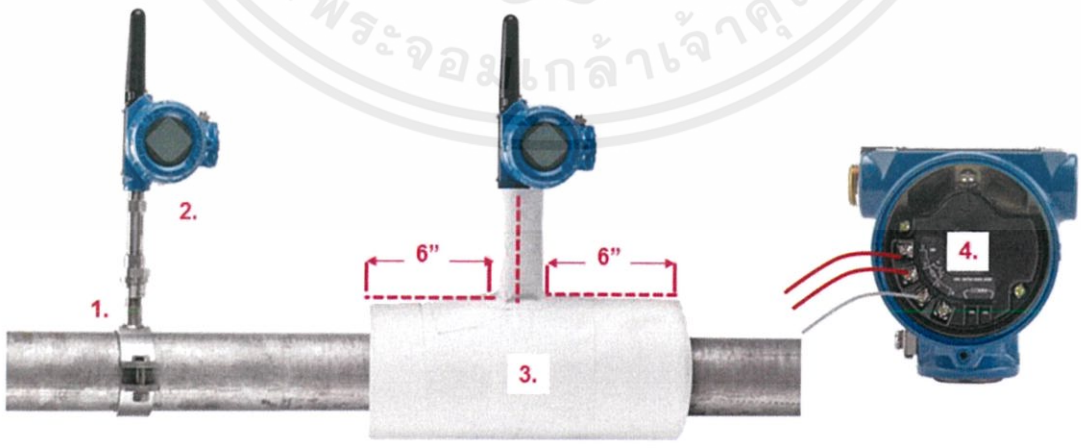


รูปที่ 2.19 สูตรคำนวณแสดงค่าความผิดพลาด [1]

เมื่ออุณหภูมิในกระบวนการและอุณหภูมิแวดล้อมมีความใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์วัดอุณหภูมิทั้งสองแบบ มีค่าความผิดพลาดทั้งหมดคือ ±0.30 °C และ ±0.37 °C ซึ่งต่างกันเพียงเล็กน้อย บ่งบอกถึงความสามารถในการทำงานของ X-well ว่าสามารถทำงานดีถึงแม้จะเป็นการวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสของเหลวในการบวนการ

2.5.3 ขั้นตอนการติดตั้ง

1) การติดตั้งเซ็นเซอร์ยึดท่อมาตรฐาน
2) เลือกทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ สำหรับเทคโนโลยี X-well
3) ฉนวนกันความร้อน (หนาอย่างน้อย ½ นิ้ว)
   - ใช้ฉนวนอย่างน้อย 6 นิ้ว ในแต่ละด้านของเซนเซอร์
   - ทำการลดช่องว่างอากาศระหว่างฉนวนและท่อ
   - ไม่สามารถใช้ฉนวนกันความร้อนกับตัวทรานสมิตเตอร์
4) การกำหนดค่าเซนเซอร์ 3 สาย เป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการวัดและการประยุกต์ใช้ X-well



รูปที่ 2.20 รูปแบบการติดตั้ง Rosemount X-well

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เทคโนโลยี WirelessHART

โซลูชั่นที่มีศักยภาพต่ำ (Low-latency Solution) เป็นหัวใจสำคัญของของแอพพลิเคชันต่างๆ ที่ต้องการความสามารถเชื่อมต่อแบบ Real-time อย่างเช่น การควบคุมดูแลกระบวนการทำงานที่ค่อนข้างวิกฤต (Monitoring Critical Processes) WirelessHART เป็นคำตอบของความต้องการนี้ เพราะ WirelessHART เป็น Wireless Version ของ Fieldbus-based Protocols ซึ่งเป็นเทคโนโลยีสำหรับการตรวจจับสัญญาณ (Sensor) แบบ Peer-to-peer โดยใช้เครือข่ายไร้สาย ทำให้สามารถเพิ่มความสามารถสื่อสารแบบไร้สายให้แก่อุปกรณ์และระบบ Highway Addressable Remote Transducer Protocol (HART) ของเดิม เทคโนโลยีนี้วางพื้นฐานอยู่บนย่านความถี่ที่ไม่ต้องขออนุญาตที่ 2.4 GHz ที่ใช้ในเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น WiFi หรือ Bluetooth และรวมทั้ง ZigBee โดยให้ความปลอดภัยและการเชื่อมต่อที่มีการป้องกัน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าข้อมูลที่ถูกส่งทุกๆ แพ็กเก็ตถูกส่งในเวลาที่ข้อมูลนั้นเกิดขึ้นจริงแน่นอน Protocols นี้ยังทำให้ผู้ใช้สามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีแบบไร้สายได้เร็วและง่ายขึ้น ขณะเดียวกันยังคงความสอดคล้องและทำงานร่วมกันกับอุปกรณ์ เครื่องมือ และระบบเดิมที่เป็น HART ที่ใช้อยู่เดิมได้ [2]

WirelessHART Protocols เป็นมาตรฐานแบบเปิดที่ถูกออกแบบมาสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณที่เชื่อมต่อที่ 4-20mA Analogue Loop และให้อัตราการส่งข้อมูลที่ความเร็ว 250kbps เป็นมาตรฐานที่มีการสอดคล้องทางเวลา (Time-synchronised) มีการจัดการตัวเอง และรักษาตัวเองได้ และคุณสมบัติอื่นๆ อีกที่รวมกันทำให้เทคโนโลยีนี้มีความมั่นคงถึง 99.9% สำหรับการเชื่อมต่อแบบ End-to-end ในทุกๆ สภาพแวดล้อมทางอุตสาหกรรม มี Channel Hopping เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนและทำให้สามารถทำงานร่วมกับเครือข่ายไร้สายอื่นๆ ที่อยู่ด้วยกันได้ มี Clear Channel Assessments Test สำหรับช่องสัญญาณต่างๆที่มีอยู่ ขณะเดียวกันมีระบบจัดการหลีกเลี่ยงช่องสัญญาณที่ถูกใช้บ่อยๆ เพื่อให้ใช้ Bandwidth และ Radio Time ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ การที่เทคโนโลยีนี้มี Time Synchronization ทำให้ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นตามเวลาที่มันเป็นจริง และการมี Self-healing Network Topology ทำให้การขาดของสัญญาณหรือการล่มในจุดใดๆ ไม่ส่งผลกระทบแก่การส่งข้อมูล อุปกรณ์แต่ละอันในเครือข่ายสามารถทำหน้าที่เป็น Router สำหรับการส่งข้อมูลให้แก่อุปกรณ์อื่นในเครือข่ายเดียวกัน นั้นหมายความว่าอุปกรณ์อุปกรณ์แต่ละอันไม่จำเป็นต้องสื่อสารโดยตรงกับ Gateway แต่สามารถส่งข้อมูลของมันไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ที่อยู่ใกล้สุดได้ เป็นการเพิ่มขนาดของเครือข่ายและเพิ่มช่องทางสำรอง ทำให้เกิดความมั่นคงของระบบสูงขึ้น ความปลอดภัย (Security) มีความสำคัญในอุตสาหกรรมนี้เช่นกัน WirelessHART ให้ระดับความปลอดภัยสูงที่สุดเท่าที่มีในการทำการเข้ารหัสแบบ 128bit AES และมีกุญแจเฉพาะให้แต่ละข้อมูล รวมทั้งการกำหนดสิทธิสำหรับอุปกรณ์ต่างๆ อีกด้วย

การใช้งานระบบไร้สายในอุตสาหกรรมนั้นเรียกได้ว่ามีความแตกต่างอย่างมากกับระบบไร้สายที่เราใช้กันทั่วไป ดังนั้นการมองหาเทคโนโลยีที่มีความสามารถและฟีเจอร์ต่างๆ เช่น การตรวจจับเซ็นเซอร์, มีการจัดการตัวเองในการส่งข้อมูล, Time Sync ฯลฯ ในเทคโนโลยี WirelessHART น่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การแสดงผลผ่านระบบสกาดา

SCADA นั้นย่อมาจากคำว่า Supervisory Control And Data Acquisition เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่างๆ [5]

สกาดา มักจะหมายถึงระบบส่วนกลางที่ตรวจสอบและควบคุมสถานประกอบการโดยรวมทั้งหมดหรือความสลับซับซ้อนของระบบที่กระจายออกไปในพื้นที่ขนาดใหญ่ (ตั้งแต่โรงงานเล็กๆถึงระดับชาติ) ส่วนใหญ่การดำเนินการเพื่อควบคุมจะดำเนินการโดยอัตโนมัติโดย RTUs หรือ PLCs ฟังก์ชันการควบคุมของแม่ข่ายมักจะถูกจำกัดแค่การแทรกแซงในระดับพื้นฐานหรือการแทรกแซงระดับกำกับดูแล ตัวอย่างเช่น PLC อาจควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็นผ่านส่วนใดๆของกระบวนการอุตสาหกรรม แต่ระบบ SCADA อาจอนุญาตให้ผู้ใช้งานในการเปลี่ยน Set Point (อุณหภูมิที่มีนัยสำคัญของขั้นตอนการผลิตเฉพาะของผลิตภัณฑ์นั้น) สำหรับการไหลได้ และเปิดใช้งานเงื่อนไขการเตือน เช่น การขาดหายของการไหลหรืออุณหภูมิที่สูงเกินไป จะแสดงและบันทึก วงรอบของการควบคุมจะถูกกระทาผ่าน RTU หรือ PLC ในขณะที่ระบบ SCADA ตรวจสอบประสิทธิภาพโดยรวมของวงรอบนั้น

2.7.1 ส่วนประกอบของระบบสกาดา

2.7.1.1 เครื่องมือวัด (Field Instrumentation)

เป็นเครื่องมือหรือเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือถูกตรวจสอบอุปกรณ์นี้จะเปลี่ยน Physical Parameter เช่น Fluid Flow, Velocity, Fluid Level ให้เป็น Electrical Signal เช่น Voltage หรือ Current ซึ่งสามารถอ่านค่าเหล่านี้ได้โดย Remote Station Equipment ผลลัพธ์ที่ได้เป็นได้ทั้ง Analog และ Digital [5]

2.7.1.2 สถานีระยะไกล (Remote Station)

เป็นส่วนที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งไปยังศูนย์กลางระบบสกาดา ซึ่งอาจจะเป็น Remote Terminal Unit (RTU) หรือ Programmable Logic Controller (PLC) ก็ได้ RTU คืออุปกรณ์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณจาก Field Sensor แล้วส่งสัญญาณข้อมูลให้ Controller ควบคุมอุปกรณ์ Remote Station แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- Single Board : Input และ Output เป็น Fixed Number จะมีราคาถูกแต่ไม่สามารถรองรับการขยายของระบบสมัยใหม่ได้
- Modular Board : สามารถรองรับการขยาย Remote Station ได้แต่ราคาค่อนข้างแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1.3 เครือข่ายการสื่อสาร (Communication Network)

เครือข่ายการสื่อสารเปรียบเสมือนศูนย์กลางของระบบสกาดา โดยนำข้อมูลที่ได้รับมาประมวลผลและแสดงผลของกระบวนการผ่านจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยซอฟต์แวร์และ ฮาร์ดแวร์ ซึ่งสำหรับการสื่อสารนั้นจะโปรโตคอลเป็นตัวกลางในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งระบบสกาดานั้นมีมาตรฐานโปรโตคอลมากกว่า 200 โปรโตคอลทั่วโลก ที่ใช้สำหรับการติดต่อสื่อสารระหว่าง Central Computer และ Remote RTUs, PLCs และ Flow Computer Standard มาตรฐานโปรโตคอลใช้ในปัจจุบัน มีอยู่ 5 แบบ [5]

1. ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
2. CAP (Compressed ASCII (Protocol) ซึ่งเป็น RTU Protocol ที่ดีที่สุด เนื่องจากเป็นภาษาที่มนุษย์สามารถอ่านเข้าใจได้ มีความน่าเชื่อถือ รวดเร็ว และมีความปลอดภัยสูง
3. Modbus เป็น Point-to-Point PLC Protocol ที่ที่นิยมใช้กัน แต่มีข้อเสียคือเป็นภาษาที่มนุษย์ไม่สามารถอ่านเข้าใจได้
4. Modbus X เป็นส่วนที่พัฒนามาจาก Modbus Protocol ที่ทำให้ผู้ใช้ Modbus สามารถอ่านและสามารถสร้างจำนวนบวกและลบได้
5. IEEE 32-bit Single Format Floating Point

2.7.2 หน้าที่การทำงานของสกาดา

หน้าที่การทำงานของสกาดามีด้วยกันหลักๆอยู่ 5 ประการดังนี้

2.7.2.1 การเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์

เป็นความสามารถในการเข้าถึงกลุ่มของพารามิเตอร์ในอุปกรณ์เช่น I/O ของ PLC เป็นต้น ความสามารถของ Data Server ในการกำหนดว่าพารามิเตอร์ใด อ่านได้อย่างเดียว เขียนได้อย่างเดียว หรือทั้งอ่านทั้งเขียน เป็นต้น

2.7.2.2 ระบบแสดงผลแบบ MMI (Man Machine Interface)

เป็นความสามารถในการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์ในรูปแบบที่มีความหลากหลาย เช่น กราฟิก ข้อความ สัญลักษณ์ เป็นต้น โดยสามารถเชื่อมโยงลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกราฟิกเหล่านี้กับพารามิเตอร์จาก Data Server ได้ ความสามารถในการสั่งงานผ่านระบบกราฟิก เช่น การปิด/เปิดสวิตช์บนจอมอนิเตอร์ส่งผลไปยัง I/O ของ PLC เป็นต้น

2.7.2.3 ระบบแสดงกราฟสัญญาณแบบต่อเนื่อง (Trending)

เป็นความสามารถในการแสดงการพล็อตกราฟอย่างต่อเนื่องบนหน้าจอเพื่อแสดงค่าสัญญาณจาก Data Server โดยอาจจะสามารถพล็อตสัญญาณได้หลายสัญญาณเช่น 8 – 24 สัญญาณ พร้อมกันในหน้าต่างเดียว เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบสัญญาณที่พล็อตได้ และไม่จำกัดว่าจะสร้างหน้าต่างพล็อตจำนวนเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2.4 ระบบแจ้งเตือน (Alarm)

SCADA Software ส่วนใหญ่มีระบบแจ้งเตือนโดย Alarm Display จะรับสัญญาณมาจาก Alarm DB ในฝั่ง SCADA Server โดย Alarm DB สามารถที่จะทำการกำหนดคอนฟิกูเรชั่นว่าจะนำสัญญาณตัวใดมาเป็นตัวพารามิเตอร์ในการแจ้งเตือนบ้าง

2.7.2.5 การทำงานแบบ (Automation)

เป็นความสามารถที่ SCADA ทำหน้าที่ต่าง ๆ ตามที่กำหนด เช่น ส่งอีเมล์ แสดงข้อความแบบ Instance Messageบนหน้าจอ เปิดไปยังหน้าจออื่น ๆ เก็บข้อมูลลงฐานข้อมูล เปิดโปรแกรม หรือคำสั่งสคริปต์ เป็นต้น ตามสัญญาณที่ได้รับจาก Data Server และข้อกำหนดที่สร้างขึ้น

2.8 การสั่นของเทอร์โมเวลล์ (Wake Frequency of Thermowell)

ในการวัดอุณหภูมิส่วนมาก จะไม่ใช้ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิประเภทต่างๆจุ่มหรือสัมผัสโดยตรงกับของไหลที่ต้องการวัด ยกเว้นในบางกรณีที่ต้องการวัดอุณหภูมิที่บริเวณผิวท่อ (Surface Temperature) เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิส่วนใหญ่จะไม่สามารถทนต่อการกัดกร่อนหรือการสึกหรอจากตัวกลางที่ต้องการวัดอุณหภูมิได้ ในกรณีนี้จะใช้เทอร์โมเวลล์ในการป้องกันความเสียหายต่อตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ซึ่งจะเป็นตัวรับความดันหรือการกัดกร่อนเพื่อทำให้ตัวเซ็นเซอร์อ่านค่าอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง โดยตัวเทอร์โมเวลล์จะมีการจัดเตรียมเกลียวต่อภายนอกหรือหน้าแปลนเพื่อเป็นจุดต่อเข้ากับถังหรือท่อ [6]

ตารางที่ 2.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความแข็งแรงและการวัด [6]

ปัจจัย	เหมาะสำหรับการวัด	เหมาะสำหรับความแข็งแรง
ความยาว	ยาว	สั้น
	ข้อผิดพลาดในการนำไฟฟ้าลดลง ส่วนที่ใช้งานอยู่ของเครื่องวัดอุณหภูมิต้องอยู่ในไอน้ำไหล	แรงกระทบ (Impingement force) ลดความถี่ธรรมชาติที่สูงขึ้น
ความหนา	บาง	หนา
	ลดการสูญเสียการนำไฟฟ้าได้เร็วขึ้น	แรงเฉื่อยเพิ่มขึ้น ความเครียดน้อยลง ความถี่ธรรมชาติที่สูงขึ้น
ความเร็วมวล	สูง	ต่ำ
	เพิ่มการถ่ายเทความร้อน การตอบสนองที่รวดเร็วขึ้น	ลดแรงกระแทก ความถี่กระแสน้ำวน

ค่าที่แสดงในตารางที่ 2.4 ไม่ได้เป็นตัวแปรทั้งหมดที่ใช้พิจารณาในการทำเทอร์โมเวลล์ แต่แสดงให้เห็นว่าวิธีการออกแบบเทอร์โมเวลล์ ต้องมีการระมัดระวังในความสมดุลของตัวแปรเหล่านี้ ซึ่งความแม่นยำในการวัดสามารถยอมรับได้ ให้มีค่าต่ำสุดและการใช้เทอร์โมเวลล์ให้มีความแข็งแรงเพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 วิธีการออกแบบ

จุดประสงค์ของลำดับขั้นตอนในการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานตัดสินใจได้ว่า เทอร์โมเวลล์ที่ถูกเลือกมาสำหรับการนำไปใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิมีความแข็งแรงเพียงพอและสามารถรองรับสภาวะการทำงานที่กำหนดทางด้าน อุณหภูมิ, ความดัน, ความเร็วการไหลและการสั่น ความเสียหายของเทอร์โมเวลล์มีสาเหตุโดยตัวแปรที่กำหนดจากความดันคงที่ (Static Pressure)

การไหลที่คงตัว (Steady State Flow) และการสั่น การประเมินความเสียหายจะถูกแยกออกจากกันในแต่ละผลกระทบข้างบน ควรมีการกระทำเพื่อหาจุดจำกัดของสภาวะต่างๆ สำหรับในขั้นตอนการออกแบบไม่ได้รวมผลกระทบจากการกัดกร่อนหรือการสึกหรอจากการใช้งาน

ความถี่ธรรมชาติของเทอร์โมเวลล์ (Natural Frequency) การหาค่าความถี่ธรรมชาติของเทอร์โมเวลล์สามารถแสดงได้ดังนี้ [6]

$$f_n = \frac{K_f}{L^2}\sqrt{\frac{E}{\gamma}} \tag{2.8}$$

เมื่อ f_n = ความถี่ธรรมชาติของเทอร์โมเวลล์
L = ความยาวของเทอร์โมเวลล์
E = โมดูลัสความยืดหยุ่นของเทอร์โมเวลล์
γ = น้ำหนักจำเพาะเฉพาะของเทอร์โมเวลล์
K_f = ค่าคงที่

และความถี่ของเทอร์โมเวลล์ แสดงดังนี้

$$f_w = 2.64\frac{V}{B} \tag{2.9}$$

เมื่อ f_w = ความถี่ของเทอร์โมเวลล์
V = ความเร็วของของไหล
B = เส้นผ่านศูนย์กลาง

โดยสัดส่วนของความถี่ของเทอร์โมเวลล์ กับความถี่ธรรมชาติ (fw/fn) ของตัวเทอร์โมเวลล์ที่เลือกใช้งานจะต้องมีค่าไม่เกิน 0.8 และเมื่อได้สภาวะนี้ ตัวแปร Magnification ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของ Dynamic กับ Static Amplitude แสดงได้ดังนี้ [6]

$$F_M = \frac{(f_W/f_n)^2}{1-(f_w/f_n)^2} = \frac{r^2}{1-r^2} \tag{2.10}$$

เมื่อ F_M = อัตราขยายขนาดวัตถุ
r = อัตราส่วนความถี่ (f_W/f_n)

2.8.2 การวิเคราะห์ความแข็งแรง

ความดันสูงสุดที่เทอร์โมเวลล์สามารถยอมรับได้ สำหรับวัสดุที่เลือกใช้ที่อุณหภูมิใช้งานจะหาได้จากสมการดังนี้

$$P = K_t S \tag{2.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P = ความดันสูงสุดที่เทอร์โมเวลล์สามารถยอมรับได้
K_t = ความเค้นคงที่
S = ความเค้นที่เทอร์โมเวลล์สามารถยอมรับได้

ความยาวสูงสุดของเทอร์โมเวลล์ สามารถทำขึ้นสำหรับการใช้งานที่กำหนด ความยาวจะขึ้นอยู่กับตัวแปรทั้งสองคือ การสั่น (Vibration) และแรงกดดันคงตัว (Steady State Stress) ที่สำคัญต้องให้ค่าสัดส่วนความถี่เท่ากับ 0.8 หรือน้อยกว่า เป็นข้อกำหนดหนึ่งในขนาดความยาวสูงสุด ข้อกำหนดอีกอย่างหนึ่งเป็นการพิจารณาแรงกดดันคงตัว จะหาได้จากสมการที่ (2.12)

$$L_m = \frac{K_2}{V}\sqrt{\frac{v(S \cdot K_3 P_0)}{1 + F_M}} \qquad (2.12)$$

เมื่อ L_m = ค่าสูงสุดของความยาว
V = ความเร็วของของไหล
v = ปริมาตรจำเพาะของไหล
S = ความเค้นที่เทอร์โมเวลล์สามารถยอมรับได้
P_0 = ความดันขณะดำเนินงาน
F_M = อัตราขยายขนาดวัตถุ
K_2, K_3 = ความเค้นคงที่

เมื่อทำการคำนวณหาค่าการสั่นของเทอร์โมเวลล์แล้ว พบว่ามีค่าเกินกว่าค่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ ก็สามารถทำการแก้ไขได้หลายวิธี ดังตัวอย่างเช่น การลดขนาดความยาวของส่วนที่จุ่มลงในท่อ, การเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวเทอร์โมเวลล์ หรือการเพิ่มส่วนประคองเข้ากับตัวเทอร์โมเวลล์

เมื่อมีความจำเป็นต้องวางตำแหน่งตัวเซนเซอร์อุณหภูมิในก๊าซหรือไอ ในตำแหน่งที่อุณหภูมิพื้นผิวของวัสดุมากกว่าหรือน้อยกว่า ตัวกลางที่มันจุ่มอยู่ ส่วนประกอบอื่น ๆ อาจจะถูกนำมาใช้ในการทำให้ความผิดพลาดต่ำที่สุดที่เกิดการแพร่รังสีความร้อนภายใต้สภาวะดังกล่าว รูปแบบต่าง ๆ อาจถูกนำมาใช้ดังนี้

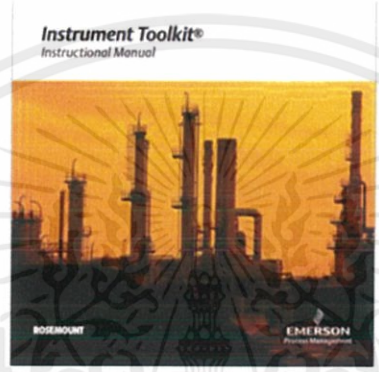
1. โดยการล้อมจุดวัดตัวเดียวหรือหลายตัวในท่อร่วมกันและถูกติดตั้งในทิศทางการไหลก๊าซ การจัดเตรียมรูปแบบนี้ ป้องกันตัวเซนเซอร์จากการแลกเปลี่ยนการแพร่รังสีกับพื้นผิวรอบ ๆ
2. โดยการเพิ่มอัตราการนำพาความร้อนจากก๊าซไปยังตัวเซนเซอร์ทำให้ผลการสูญเสียจากการแพร่รังสีน้อยที่สุด
3. โดยการห่อหุ้มจุดติดตัวเซนเซอร์ด้วยวัสดุที่มีการแพร่รังสีต่ำโดยตรงกับตัวเซนเซอร์ การจัดรูปแบบนี้ถูกพบว่าเป็นวิธีที่ดีในการป้องกันการสูญเสียการแพร่รังสีให้ต่ำที่สุด เมื่อมีระยะห่างจำกัดในการป้องกัน โดยใช้ท่อร่วมกัน เมื่อเซนเซอร์วัดอุณหภูมิถูกจุ่มอยู่ในสารที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ควรจะถูกติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับจุดที่อุณหภูมิของสารคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 ซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.9.1 Rosemount Instrument Toolkit Software

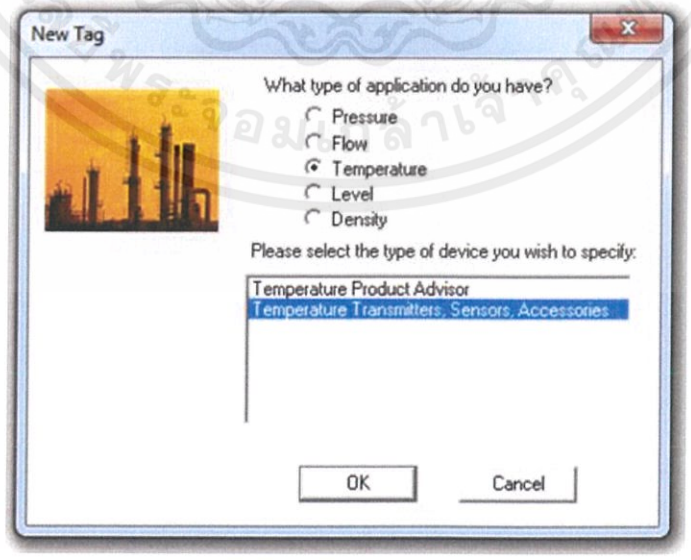
Rosemount Instrument Toolkit Software เป็นซอฟแวร์ของ บริษัท Emerson ที่ช่วยในการ Sizing เครื่องมือวัดเพียงแค่เรากำหนดเงื่อนไขของ Process เราสามารถกำหนดค่าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อัตราการไหล, อุณหภูมิ, ระดับและความดัน ได้ด้วยตัวเอง สามารถใส่ข้อมูล Model Number เพื่อดูข้อมูลของอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Rosemount Instrument Toolkit Software ยังทำการ Sizing ให้ได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไขที่เรากำหนด สร้างและพิมพ์ออกมาเป็นรายงานได้ ลดความเสี่ยงในความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการวัด [3]



รูปที่ 2.21 โปรแกรม Rosemount Instrument Toolkit Software

2.9.1.1 การใช้โปรแกรม Toolkit ในการเลือก Model ของอุปกรณ์

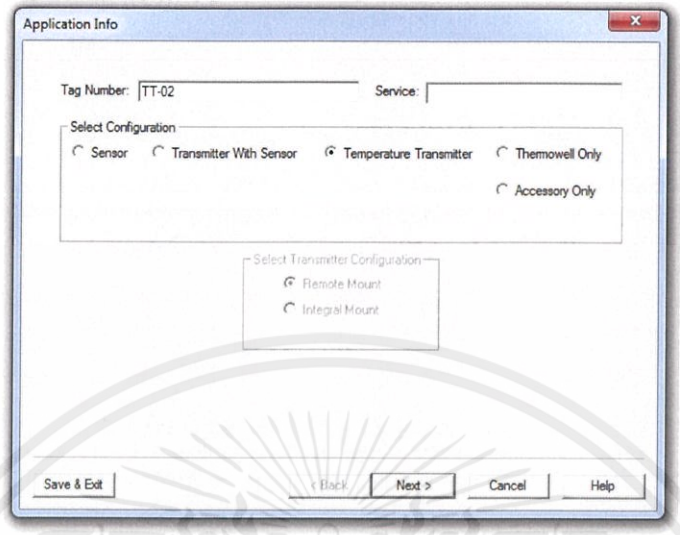
โปรแกรม Toolkit เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเลือกรุ่นของอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับกระบวนการวัด สามารถใช้เลือกทรานสมิตเตอร์ เซ็นเซอร์ อุปกรณ์เสริม เป็นต้น สามารถดูการใช้งานโปรแกรมได้ดังนี้



รูปที่ 2.22 การเลือก Model Temperature Transmitter

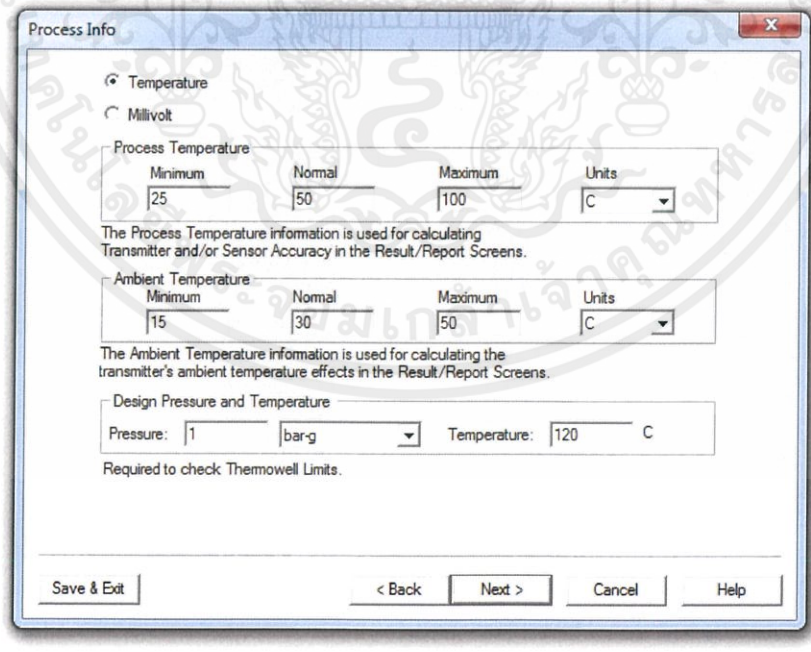
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเลือก Model โดยใช้โปรแกรม Instrument Toolkit โดยเลือก Temprature และเลือก Temperature Transmitter, Sensor, Accessories



รูปที่ 2.23 การตั้งชื่อ Tag Number และเลือกชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามที่ต้องการ

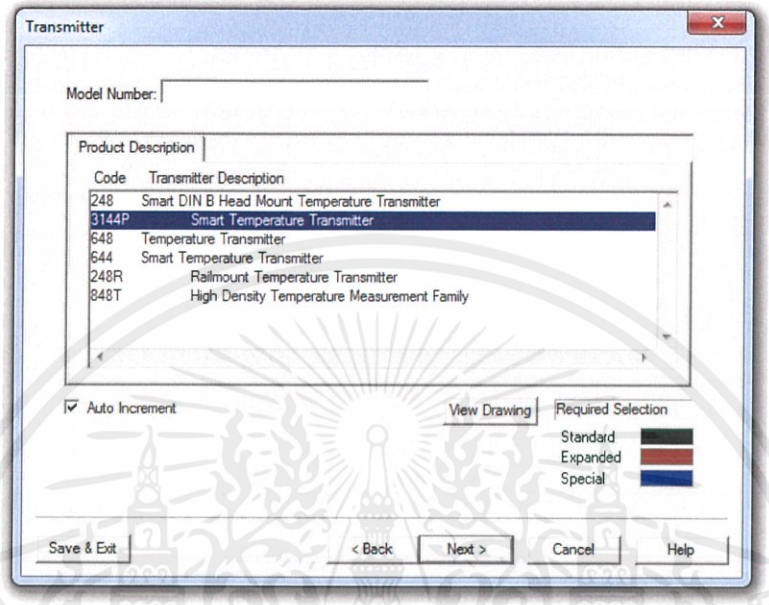
ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามที่ต้องการ จะเห็นได้ว่าจากหน้าต่างของโปรแกรม มีชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิให้เลือกออกแบบได้หลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในที่นี้จึงเลือก Temperature Transmitter



รูปที่ 2.24 โดยกำหนดค่าต่างๆตามความเหมาะสมของกระบวนการของเรา

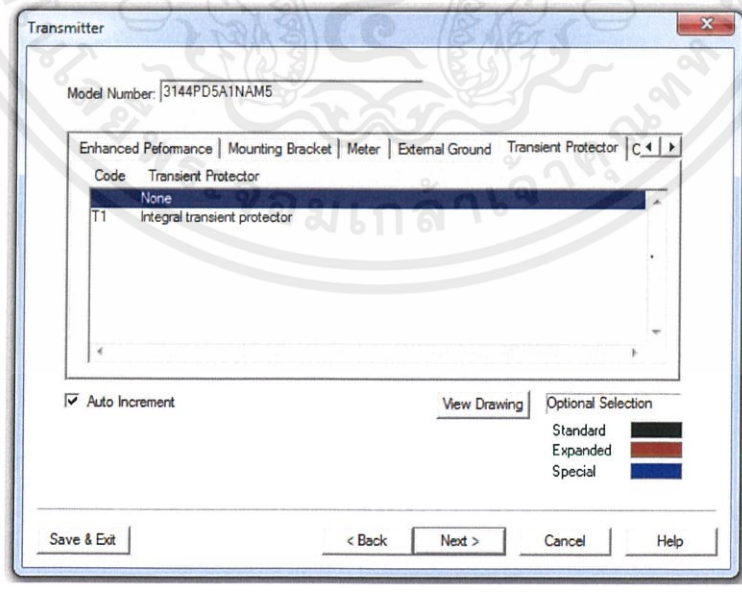
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยอุณหภูมิในกระบวนการค่าสูงสุด เท่ากับ 100 °C อุณหภูมิปกติ เท่ากับ 50 °C และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 25 °C จากนั้นกำหนดอุณหภูมิแวดล้อมค่าสูงสุด เท่ากับ 50 °C อุณหภูมิปกติ 30 °C และอุณหภูมิต่ำสุด 15 °C จากนั้นกำหนดความดัน เท่ากับ 1 bar-g และอุณหภูมิ 120 °C เพื่อเช็คลิมิตของเทอร์โมเวลล์



รูปที่ 2.25 กำหนดรุ่นของทรานสมิตเตอร์

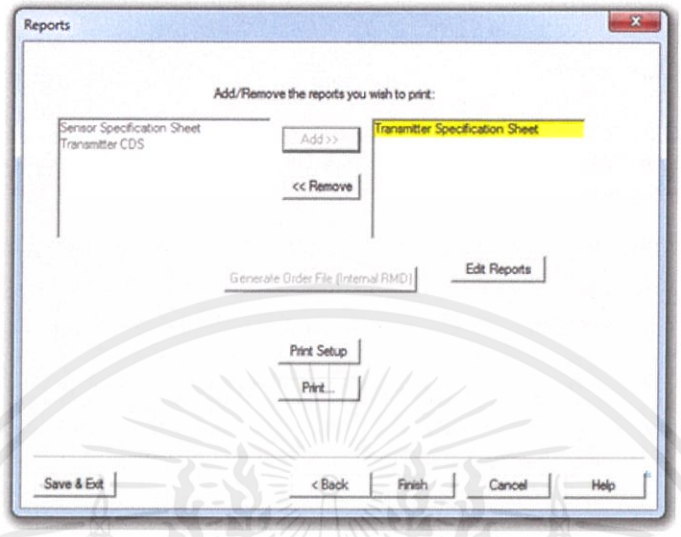
ขั้นตอนที่ 4 สามารถเลือกรุ่นของทรานสมิตเตอร์ได้หลากหลาย ทำการเลือกทรานสมิตเตอร์ 3144P Smart Temperature Transmitter เนื่องจากส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารแบบไร้สายได้



รูปที่ 2.26 กำหนดตัวเลือกต่างๆตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5 สามารถเลือกอุปกรณ์เสริมหรือข้อกำหนดเพิ่มเติมให้กับทรานสมิตเตอร์ตามที่เราต้องการได้ เนื่องจากการใช้งานพื้นฐานจึงไม่จำเป็นต้องเลือกทั้งหมด สามารถเลือก None เพื่อข้ามตัวเลือกดังกล่าวได้



รูปที่ 2.27 เลือก Transmitter Specification Sheet

ขั้นตอนที่ 6 เลือก Transmitter Specification Sheet จากนั้นกด Edit Report เพื่อให้ได้ Specification Sheet ของ Rosemount 3144P Temperature Transmitter ออกมา

2.9.1.2 เอกสารข้อกำหนดของทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิ

ข้อมูลอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. ย่านการวัดของอุปกรณ์ : 25 ถึง 100 องศาเซลเซียส
2. อุณหภูมิโดยรอบอยู่ในช่วง : 15 ถึง 50 องศาเซลเซียส
3. ชื่อบริษัทที่ผลิต : Rosemount
4. ชื่อรุ่นอุปกรณ์ : 3144PD5A1NAP8B5M5HR7
5. อุปกรณ์ยึดติดทรานสมิตเตอร์ : ต้องการข้อต่อรูปตัวยูใช้ยึดติดกับสแตนเชี่ยนขนาด 2 นิ้ว
6. การแสดงผลจอแอลซีดี : ต้องการจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อสามารถอ่านค่าจากหน้างานได้

** สามารถดูรายละเอียดของทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิเพิ่มเติมได้ในรูปที่ 2.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Client Project Unit Location			**Temperature Transmitter Specification Sheet**			Sheet		of	
						Spec No.		Rev.	
						Contract		P.O.	
						Req.		BY	
						CHK'D		APPR.	
GENERAL	1	Tag No.	TT-02						
	2	Description of Service							
	3	PID No.							
	4	Line Number							
			Minimum	Normal	Maximum	Design	Unit		
PROCESS CONDITIONS	5	Pressure				1	bar-g		
	6	Process Temperature	25	50	100	120	C		
	7	Ambient Temperature	15	30	50		C		
TRANSMITTER	8	Manufacturer	Rosemount						
	9	Model Number	3144PD5A1NAP8B5M5HR7						
	10	Product Description	Standard Alphaline Temperature Transmitter						
	11	Transmitter Mounting Type							
	12	Input Type	None						
	13	Temperature Span: Min/Max							
	14	Loss of Input Indication	None						
	15	Calibration	None - 100 C						
	16	Housing	Field Mount Housing (Dual-Compartment), Stainless Steel,						
			1/2-14 NPT						
	17	Conduit Thread							
	18	Approval/Cert Type	No Approval						
OPTIONS	19	Mounting Bracket	Universal "L" mounting bracket for 2-inch pipe mounting - SST						
			bracket and bolts						
	20	LCD Meter	LCD display						
	21	Enclosure Option	None						
	22	Assembly	None						
	23	Transient Protection	None						
	24	Custom Configuration	None						
	25	Analog Output Levels	None						
	26	Trim to Rosemount Sensor	None						
	27	Calibration	None						
	28	Trim to Special Sensor	None						
	29	Voltage Filter	None						
	30	Calibration Certificate	None						
	31	Special	None						
TRANSMITTER ACCESSORIES	32	Part Number/Description	0						
	33	Part Number/Description							
	34	Part Number/Description							
	35	Part Number/Description							
	36	Part Number/Description							
	37	Part Number/Description							
NOTES	38								
	39								
	40								
	41								

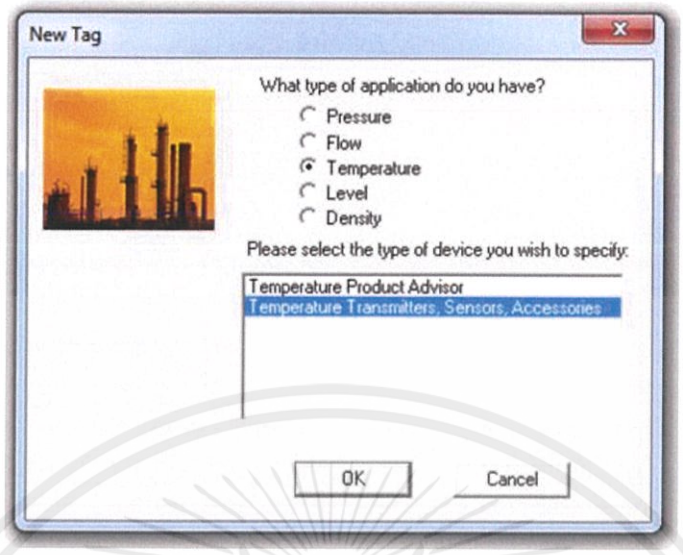
This report is provided according to the terms and conditions of the Instrument Toolkit(TM) End-Use Customer License Agreement.
Version: 3.0 (Build175C) **Printed On:** 28/6/17 10:36

รูปที่ 2.28 Specification Sheet ของ Rosemount 3144P Temperature Transmitter

จากรูปเป็นการสรุปผลการออกแบบตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 6 ว่าได้เลือกการออกแบบเป็นอย่างไร ค่าที่ใช้ในการออกแบบเป็นเท่าใด และแสดงรุ่นของทรานสมิตเตอร์ที่ควรเลือกใช้นั่นคือ 3144PD5A1NAP8B5M5HR7

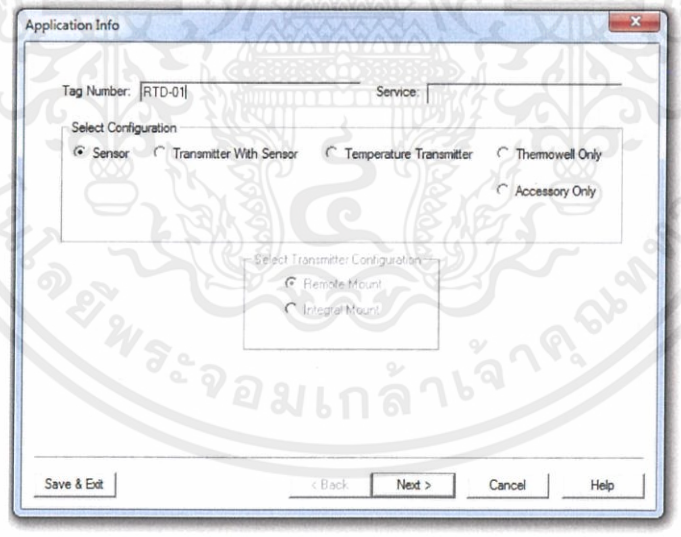
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.3 การใช้โปรแกรม Toolkit ในการเลือกเซ็นเซอร์ RTD



รูปที่ 2.29 การเลือก Model RTD

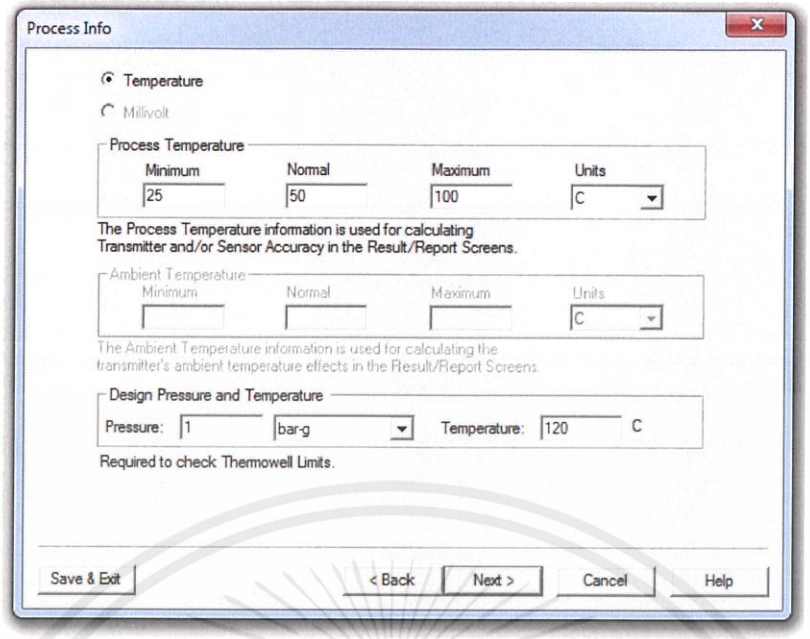
ขั้นตอนที่ 1 ทำการเลือกเซ็นเซอร์ โดยใช้โปรแกรม Instrument Toolkit โดยเลือก Temprature และเลือก Temperature Transmitter, Sensor, Accessories



รูปที่ 2.30 การตั้งชื่อ Tag Number และเลือกชนิดเซ็นเซอร์

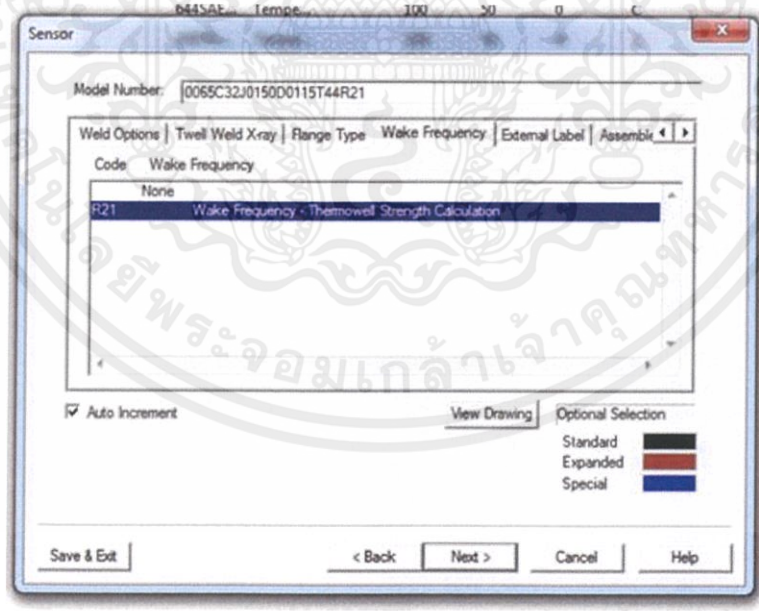
ขั้นตอนที่ 2 เลือกชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิตามที่ต้องการ จะเห็นได้ว่าจากหน้าต่างของโปรแกรม มีชนิดอุปกรณ์วัดอุณหภูมิให้เลือกออกแบบได้หลากหลายตามความต้องการของผู้ใช้งาน ในที่นี้จึงเลือก Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 โดยกำหนดค่าต่างๆตามความเหมาะสมของกระบวนการ

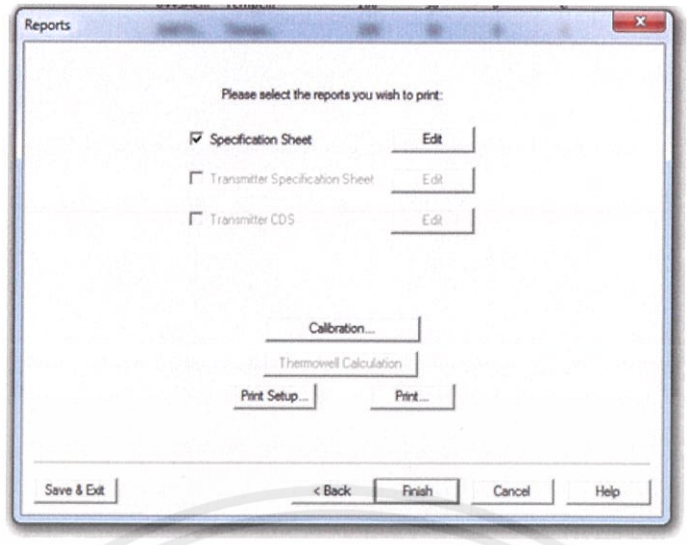
ขั้นตอนที่ 3 กำหนดข้อมูลพารามิเตอร์ของกระบวนการ โดยอุณหภูมิในกระบวนการค่าสูงสุด เท่ากับ 100 °C อุณหภูมิปกติ เท่ากับ 50 °C และอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 25 °C จากนั้นกำหนดความดัน เท่ากับ 1 bar-g และอุณหภูมิ 120 °C เพื่อเช็คลิมิตของเทอร์โมเวลล์



รูปที่ 2.32 กำหนด Model ต่างๆตามความต้องการอย่างเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 4 สามารถเลือกอุปกรณ์เสริมหรือข้อกำหนดเพิ่มเติมให้กับเซ็นเซอร์ตามที่เราต้องการได้ เนื่องจากการใช้งานพื้นฐานจึงไม่จำเป็นต้องเลือกทั้งหมด สามารถเลือก None เพื่อข้ามตัวเลือกดังกล่าวได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 เลือก Specification Sheet

ขั้นตอนที่ 5 เลือก Specification Sheet จากนั้นกด Edit เพื่อให้ได้ Specification Sheet ของเซ็นเซอร์ RTD ออกมา

2.9.1.4 เอกสารข้อกำหนดของอาร์ทีดี

ข้อมูลอุปกรณ์อาร์ทีดี ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. ชนิดการวัด : PT100
2. ย่านการวัดของอุปกรณ์ : -50 - 450 องศาเซลเซียส
3. ชื่อบริษัทที่ผลิต : Rosemount
4. ชื่อรุ่นอุปกรณ์ : Rosemount 0065102Y0000Y0050G52A2V11
5. จำนวน Wiring : ใช้การ Wiring 3 สาย

** สามารถดูรายละเอียดของทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิเพิ่มเติมได้ในรูปที่ 2.34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Client Project Unit Location			RTD Assembly W/ Thermowell Specification Sheet					Sheet		of	
								Spec No.		Rev.	
								Contract		P.O.	
								Req.		BY	
								CHKD		APPR.	
GENERAL	1	Tag No.	RTD-01								
	2	Description of Service									
	3	PID No./Line Number									
			Minimum		Normal		Maximum		Design		Unit
PROCESS CONDITIONS	4	Pressure							1		bar-g
	5	Process Temperature	25		50		100		120		C
	6	Ambient Temperature									C
RTD SENSOR	7	Manufacturer/Model Number	Rosemount 0065102Y0000Y0050G52A2V11								
	8	Product Description	Resistance Thermometer, Pt 100 Ohm RTD Class B Standard with								
			Tubular Twell								
	9	Connection Head Material, IP Rating, Connection Thread	Rosemount Aluminum with LCD Meter Cover 68 M20 x 1.5								
	10	Sensor Lead Wire Termination	Flying Leads - No Springs on DIN plate								
	11	Sensor Type	RTD, Dual Element, 3 Wire -50 to 450§C (-58 to 842§F)								
			-50.00 450.00 C								
	12	Extension Type/Material	Tubular, no Extension - form GN								
	13	Instrument Connection Thread									
	14	Extension Length	No Extension								
	15	Sensor Length									
	16	Endcap Type	None								
THERMOWELL	17	Thermowell Material	1.4571 (AISI 316Ti)								
	18	Thermowell Immersion Length	50 mm								
	19	Thermowell Lagging Length									
	20	Thermowell Construction Style									
	21	Thermowell Process Connection									
	22	Thermowell Stem Style	Threaded, Parallel G 1/2-inch (1/2-inch BSPF) Straight, GN, D								
			9 x 1mm in								
	23	Thermowell Mounting									
	24	Flange Type/Rating/Material									
OPTIONS	25	Lead Wire Extensions	None								
	26	Mounting Adapters									
	27	Cert/Approval Type	None								
	28	Sensor to Transmitter Matching	Sensor Calibration 0 to 100 §C (32 to 212 §F)Callendar-Van								
			Dusen Constants								
	29	Calibration	None								
	30	Class A Sensor	Dual Element Class A Sensor from -50 §C to 450 §C C (-58 to								
			842 §F)								
	31	Ring Joint Flange Face	None								
	32	Pressure Testing	None								
	33	Material Certification	None								
	34	Dye Penetration Testing	None								
	35	Cleaning	None								
	36	Tagging									
	37	Approval									
	38	Assemble to Transmitter	None								
	39	Plug and Chain									
		Surface Finish									
		Cable Gland	None								
		Cover Chain	None								
		Extension Ring	None								
	40	Full-Penetration Weld									
MOUNTING ACCESSORIES	41	Extension Fitting Assemblies	0								
	42	Connection Head									
NOTES	43										
	44										
	45										
	46										

This report is provided according to the terms and conditions of the Instrument Toolkit(TM) End-Use Customer License Agreement.
Version: 3.0 (Build175C) Printed On: 28-ก.ย.-17

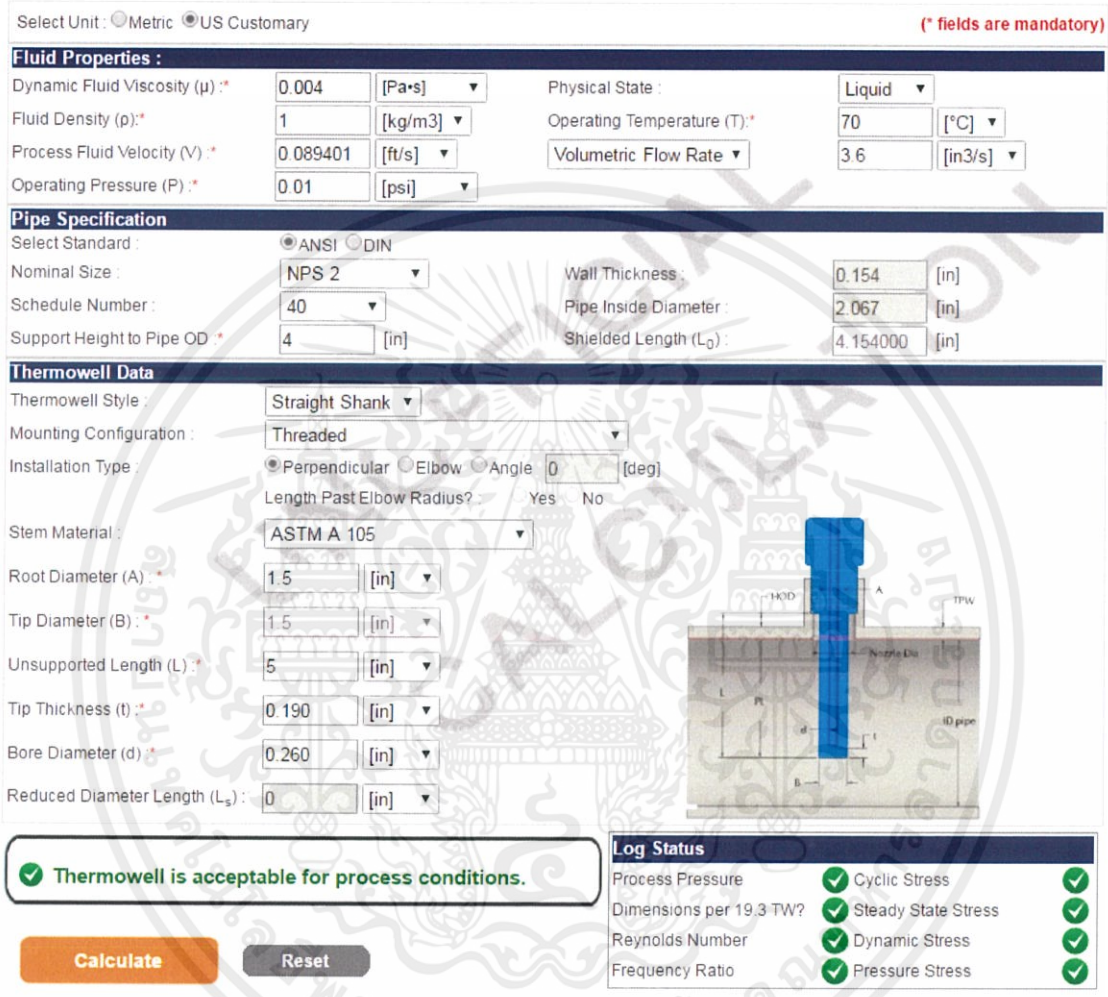
รูปที่ 2.34 Specification Sheet ของ Sensor (RTD)

จากรูปเป็นการสรุปผลการออกแบบตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึง ขั้นตอนที่ 5 ว่าได้เลือกการออกแบบเป็นอย่างไร ค่าที่ใช้ในการออกแบบเป็นเท่าใด และแสดงรุ่นของทรานเซ็นเซอร์ที่ควรเลือกใช้ นั่นคือ Rosemount 0065102Y0000Y0050G52A2V11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 คำนวณเทอร์โมเวลล์ (Thermowell Calculations)

เป็นโปรแกรมออนไลน์ของบริษัท Emerson ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ในการเลือกใช้เทอร์โมเวลล์ เพื่อให้ผู้ใช้งานตัดสินใจได้ว่าเทอร์โมเวลล์ ที่ถูกเลือกมาสามารถนำไปใช้งานที่เกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิ มีความแข็งแรงเพียงพอ และรองรับสภาวะการทำงานที่กำหนดทางด้าน อุณหภูมิ, ความดัน, ความเร็วการไหลและการสั่น ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม [3]



รูปที่ 2.35 โปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ในการเลือกใช้เทอร์โมเวลล์

ข้อมูลคุณสมบัติของไหล ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. ค่าความหนืดของไหล : 0.004 Pa.s
2. ค่าความหนาแน่นของไหล : 1 kg/m^3
3. ความดัน และ อุณหภูมิ : 0.01 psi และ 70 °C
4. การวัดอัตราการไหล : 3.6 in^3/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจำเพาะของท่อ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. เลือกมาตรฐาน : ANSI
2. ขนาดท่อ : NPS 2
3. ความหนาของผนังท่อ : 40
4. ความสูงของจุดรองรับทรานสมิตเตอร์ : 4 in

ข้อมูลของเทอร์โมเวลล์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. ลักษณะของเทอร์โมเวลล์ : Straight Shank
2. ลักษณะการเชื่อมต่อ : Threaded
3. รูปแบบการติดตั้ง : Perpendicular
4. วัสดุของ Stem : ASTM A 105
5. เส้นผ่านศูนย์กลาง : 1.5 in
6. ความยาว : 5 in
7. ระยะห่างช่วงปลายเทอร์โมเวลล์ : 0.19 in
8. ความหนาของเทอร์โมเวลล์ : 0.26 in

หลังจากใส่ข้อมูลครบทั้งหมดแล้ว ทำการกดปุ่ม Calculate โปรแกรมจะทำการคำนวณว่าเทอร์โมเวลล์ของเราสามารถใช้งานได้หรือไม่ ถ้าได้จะแสดงดังรูปที่ 2.35 “Thermowell is acceptable for process conditions.” แต่ถ้าไม่ได้โปรแกรมจะให้เราทำการแก้ไขค่าที่ผิดพลาดใหม่

2.9.3 Wonderware Indusoft

รูปที่ 2.36 โปรแกรม Woderware Indusoft

Woderware Indusoft เป็นโปรแกรมของบริษัท Schneider Electric เป็นเครื่องมือปฏิบัติการของผู้ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุมกระบวนการผลิต สามารถเชื่อมต่อกับหน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยควบคุมระยะไกลติดต่อกับหน่วยติดต่อระยะไกลโดยการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลทางระบบเครือข่ายคมนาคม และหน่วยติดต่อระยะไกลเป็นเครื่องมือเชื่อมต่อกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการผลิต ประกอบด้วย หน่วยรับสัญญาณ และส่งสัญญาณ Woderware Indusoft เหมาะกับงานการตรวจสอบ การเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการ และการบริหารระบบควบคุมกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดใหญ่บริเวณกระบวนการผลิตครอบคลุมพื้นที่กว้าง หรือโรงงานอุตสาหกรรมมีกระบวนการผลิตอิสระติดตั้งกระจัดกระจายทั่วบริเวณพื้นที่การผลิต รวมถึงระบบสาธารณูปโภคต่างๆ

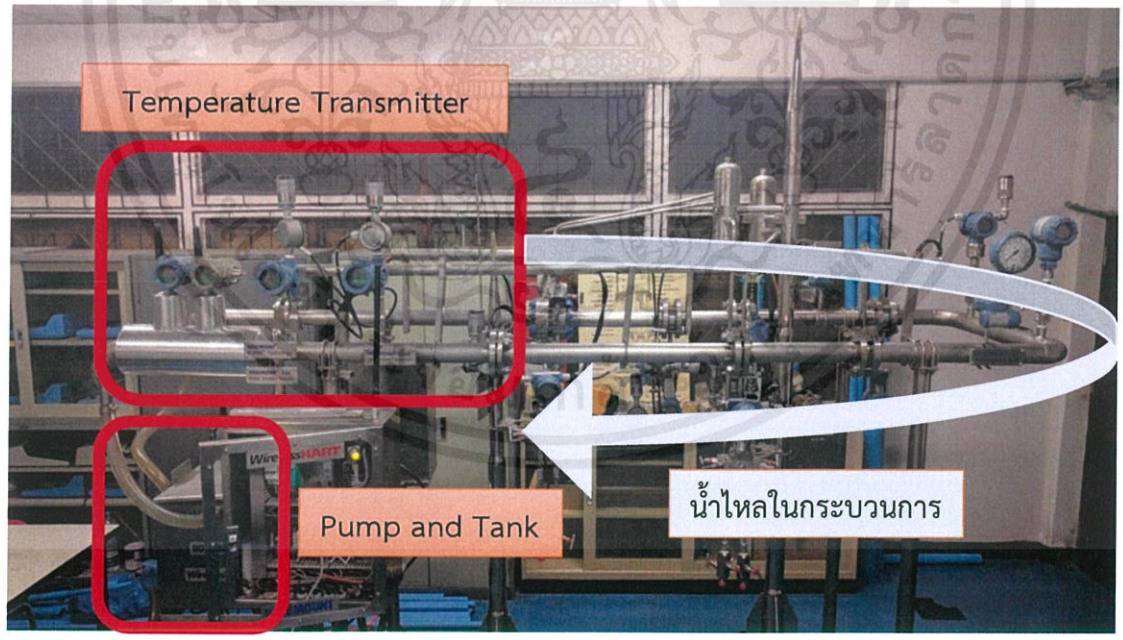
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

การออกแบบระบบจำลองการวัดอุณหภูมิของเหลวในระบบอุตสาหกรรม ต้องมีการติดตั้งปั๊มน้ำเพื่อสร้างระบบท่อส่งน้ำแบบไหลวน มีฮีตเตอร์ในการทำความร้อนให้กับน้ำ และติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิดต่างๆ โดยกำหนดรูปแบบการวัดอุณหภูมิของไหลในกระบวนการออกเป็นสองชนิด คือ การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสกับของเหลวโดยตรง และการวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับของเหลว เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่างการวัดอุณหภูมิทั้งสองแบบ และข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิ

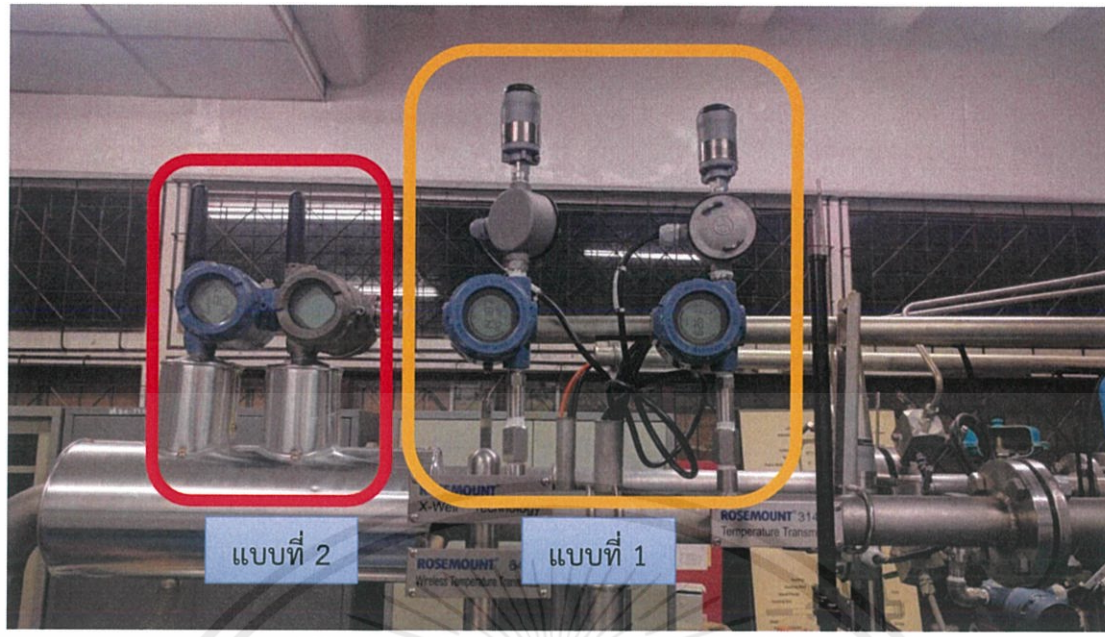
3.1 ออกแบบกระบวนการวัดอุณหภูมิ

เป็นการออกแบบกระบวนการวัดอุณหภูมิของของเหลวภายในท่อสแตนเลส ที่มีการไหลวนภายในกระบวนการ จึงจำเป็นต้องมีปั๊มน้ำเพื่อทำให้ของเหลวไหลในกระบวนการ และทำความร้อนด้วยฮีตเตอร์ที่อยู่ภายในถังน้ำ เพื่อใช้ศึกษาความสามารถ และประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์การวัดแต่ละรูปแบบ โดยมีอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานอยู่สองแบบหลักๆ คือ RTD ที่ใช้งานร่วมกับเทอร์โมเวล และ RTD แบบวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ นอกจากนี้ยังมี RTD วัดอุณหภูมิเพื่อใช้ในอ้างอิงอุณหภูมิแวดล้อม ผลการวัดอุณหภูมิจะถูกแสดงผลและบันทึกผ่านสกาดา



รูปที่ 3.1 แบบจำลองกระบวนการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 3.2 คือรูปอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ เป็นการวัดอุณหภูมิโดยตัวกลางคือใช้ปั๊มขนาด 0.5 HP ดูดน้ำจาก Tank ผ่านสายยางให้ไหลผ่านท่อสแตนเลส (Stanless Steel) ขนาด 2 นิ้ว ซึ่งมีวิธีการวัด 2 แบบ คือ

1. อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง
2. อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ

โดยกำหนด Operating Temp อยู่ในช่วง 30-70 องศาเซลเซียสโดยใช้ Heater ที่ใช้มีขนาด 1500 watt เป็นฮีตเตอร์ชนิด Immersion Heater และ อุปกรณ์ Thermostat เป็นตัวตัดไฟฟ้าหยุดการทำงานของ Heater เมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ต้องการ และ Ambient Temp อยู่ในช่วง 20-30 องศาเซลเซียสโดย Ambient Temp จะใช้เครื่องปรับอากาศจากห้องทดลองปรับให้ Ambient อยู่ในอุณหภูมิที่ต้องการทดลอง และทำการวัดค่าและแสดงผลผ่าน SCADA ด้วยโปรแกรม Wonderware Indusoft ของบริษัท Schneider Electric โดยโปรแกรมนั้นใช้ในการ Monitoring เท่านั้น

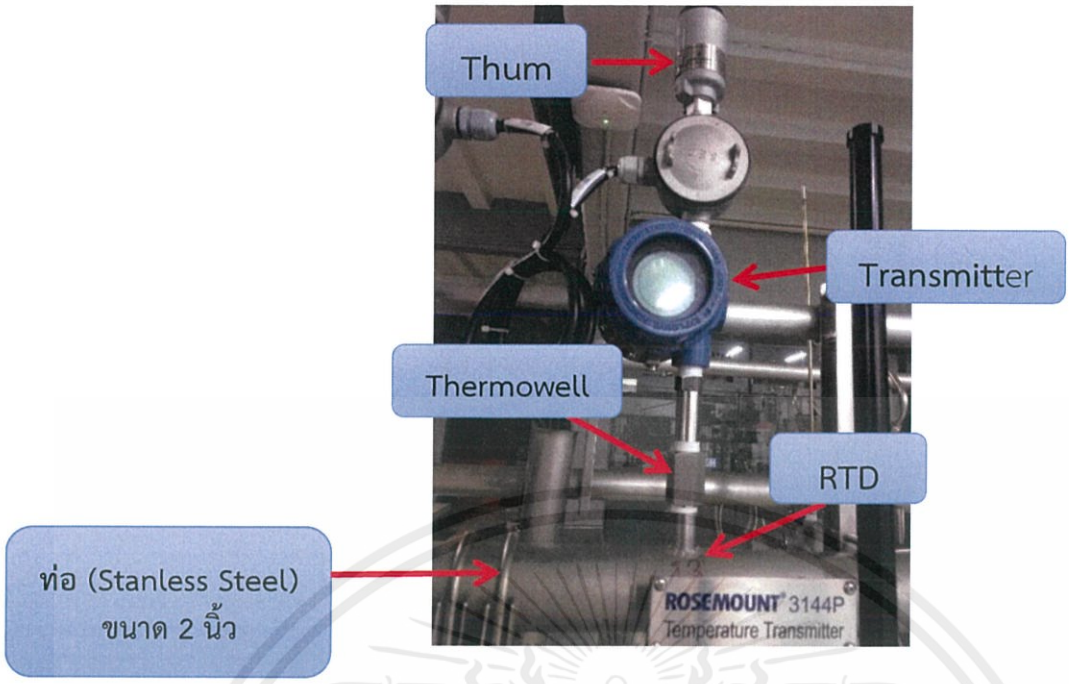
3.2 การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

การศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ จะต้องศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งรายละเอียดจะอยู่ในบทที่ 2 ศึกษาเงื่อนไขในการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานร่วมกันได้ และเลือกรายละเอียดของอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยกำหนดหลักเกณฑ์ในการเลือก คือ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสของเหลวโดยตรง และอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสของเหลว

3.2.1 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสของเหลวโดยตรง

อุปกรณ์การวัดอุณหภูมินี้ เป็นการนำ RTD มาติดตั้งร่วมกับเทอร์โมเวลล์ และทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ โดยทำการวัดอุณหภูมิของของเหลวในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

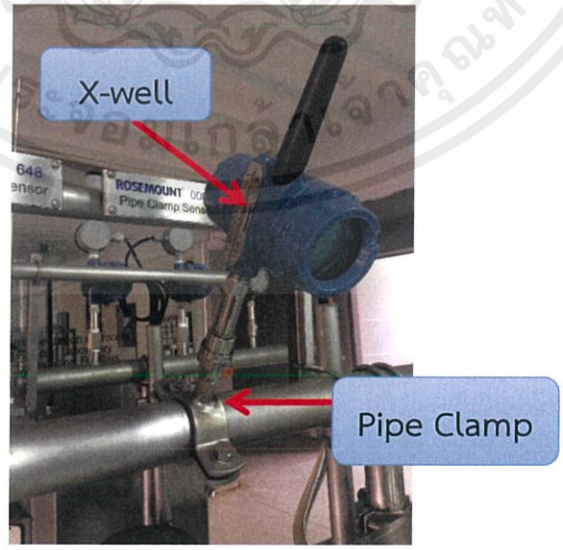


รูปที่ 3.3 Temperature Transmitter Rosemount 3144P

จากรูปที่ 3.3 คือรูปของ Temperature Transmitter Rosemount 3144P ที่ได้ทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว โดยจะติดตั้งแบบให้อุปกรณ์การวัดสัมผัสกับของเหลวในกระบวนการโดยตรง ย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์คือ -196 ถึง 600 องศาเซลเซียส

3.2.2 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสของเหลว

อุปกรณ์การวัดอุณหภูมินี้ เป็นการนำ RTD แบบแคลมเซ็นเซอร์ มาติดตั้งร่วมกับทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ การติดตั้งนั้นไม่จำเป็นต้องทำการ Sizing เนื่องจากเป็นการวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ โดยเลือกขนาดของแคลมเซ็นเซอร์ 2 นิ้ว



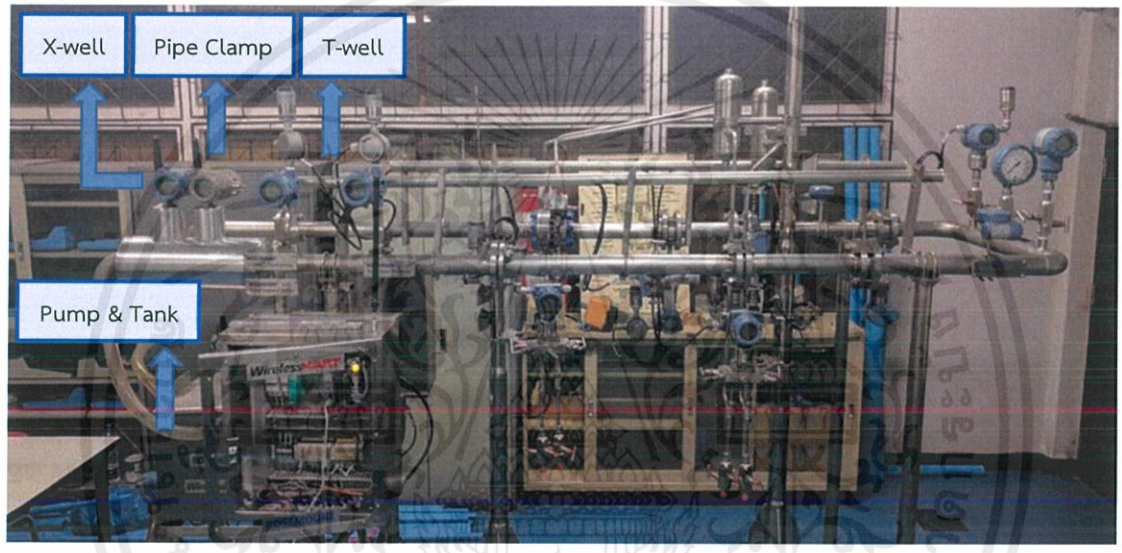
รูปที่ 3.4 Temperature Transmitter Rosemount X-well

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 คือรูปของ Temperature Transmitter Rosemount X-well ที่ได้ทำการติดตั้งเรียบร้อยแล้ว โดยจะติดตั้งแบบให้อุปกรณ์การวัดไม่สัมผัสกับของเหลวในกระบวนการโดยตรง แต่จะสัมผัสกับผิวท่อแทน โดยย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์คือ -50 ถึง 300 องศาเซลเซียส

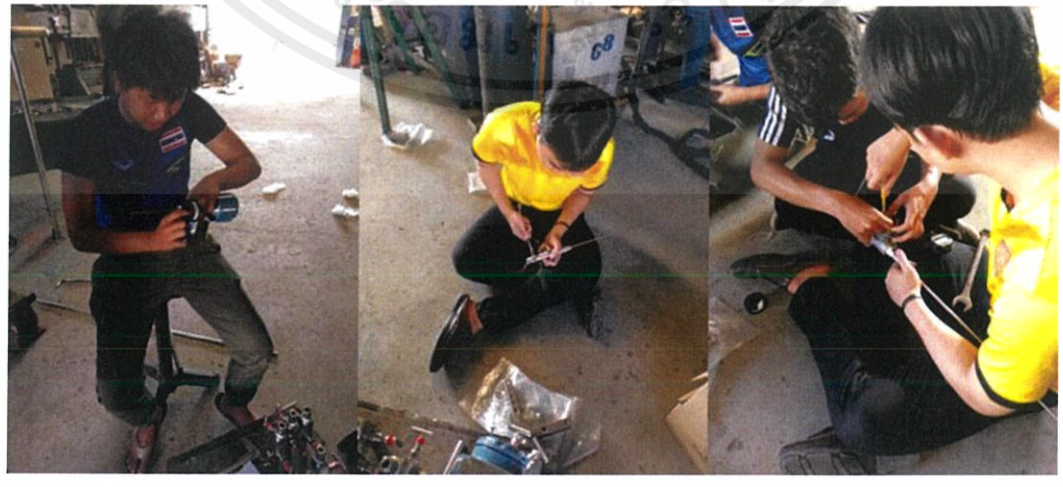
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในแบบจำลองกระบวนการ

ในโครงการนี้ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์ รวมถึงสร้างแบบจำลองกระบวนการ เมื่อทำการออกแบบแบบจำลองกระบวนการในการวัดทั้งหมดแล้ว จากนั้นได้ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดเข้ากับแบบจำลองกระบวนการ ซึ่งอุปกรณ์ทุกตัวสามารถติดตั้งได้จริงตามที่ออกแบบ และสามารถวัดค่าได้จริงของกระบวนการที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3.5 แสดงแบบจำลองกระบวนการ

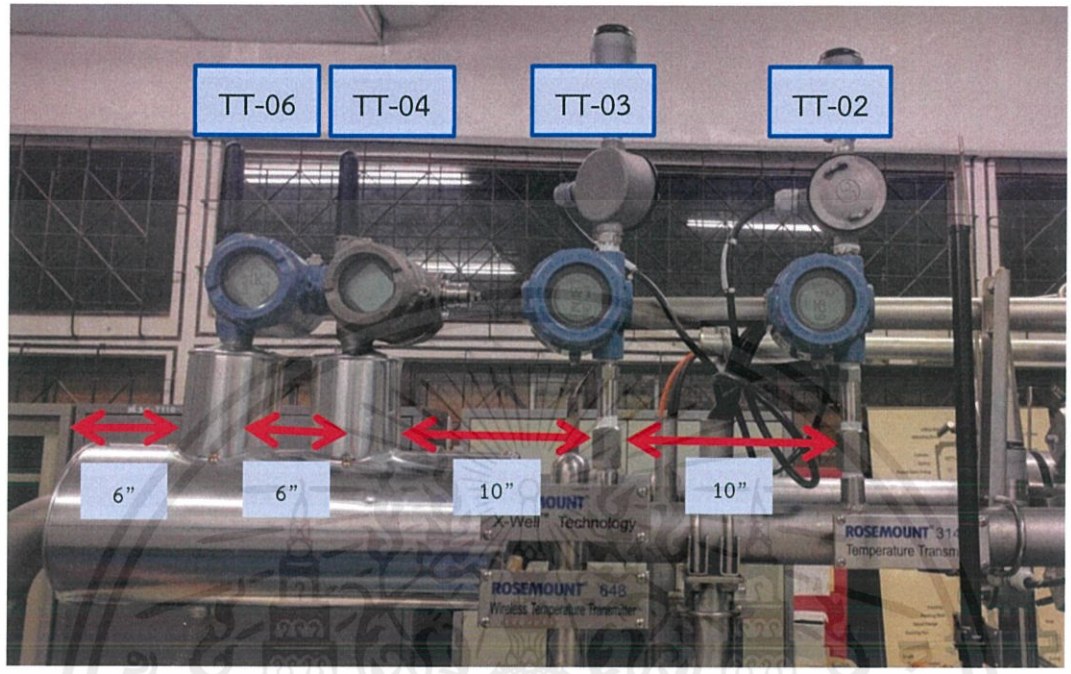
จากรูปที่ 3.5 เป็นรูปที่แสดง Plant Model หลังจากดำเนินการผลิตตามที่ออกแบบไว้ และทำการติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์กับทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อในส่วนของเซ็นเซอร์กับทรานสมิตเตอร์ โดยทำการต่อสาย ตามคู่มือที่มีเพื่อที่จะทำให้ค่าจากเซ็นเซอร์ สามารถส่งไปที่ทรานสมิตเตอร์ได้ และทรานสมิตเตอร์สามารถอ่านค่าได้ โดยแต่ละรุ่นก็จะมีวิธีการต่อสายที่แตกต่างกันไป



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

รูปที่ 3.8 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 และ 3.8 การเชื่อมต่อในส่วนของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิติดกับ Plant Model ตามระยะที่ออกแบบไว้ รวมถึงการจ่ายไฟให้กับทรานสมิตเตอร์ก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบ โดย Temperature Transmitter ที่ต้องติดตั้งมีทั้งหมด 6 ตัว

TT-01 คือ RTD ใช้วัดอุณหภูมิแวดล้อม ติดตั้งที่เสาสแตนเลส

TT-02 คือ RTD และ Thermowell (T-well) ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวภายในท่อโดยการสัมผัสโดยของเหลวตรง ติดตั้งช่วงปลายท่อหลังชุดอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

TT-03 คือ RTD และ Thermowell (T-well) ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวภายในท่อโดยการสัมผัสของเหลวโดยตรง ติดตั้งถัดจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ TT-02 10 นิ้ว มีการทำงานเหมือน TT-02

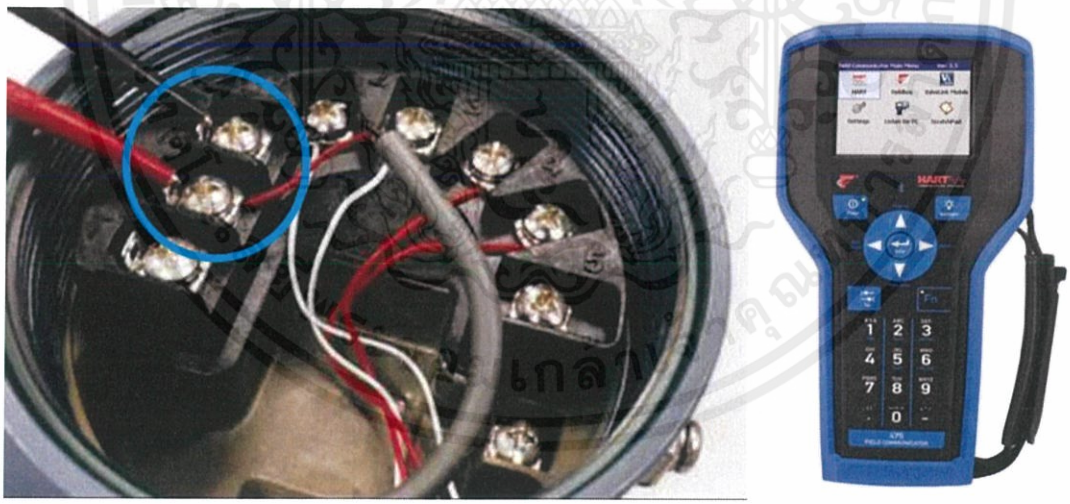
TT-04 คือ Clamp Sensor ใช้วัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ ติดตั้งถัดจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ TT-03 10 นิ้ว การติดตั้งต้องมีการหุ้มฉนวนหนา 2 นิ้ว ยาวอย่างน้อย 6 นิ้ว มีลักษณะการติดตั้งภายนอกเหมือนกับอุปกรณ์ TT-06 แต่จะได้ผลการวัดที่แตกต่างกันเพราะจะได้เป็นเพียงผลการวัดอุณหภูมิของผิวท่อเท่านั้น

TT-05 คือ RTD ใช้วัดอุณหภูมิภายในถังน้ำ ติดตั้งที่ถังน้ำ

TT-06 คือ X-well ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวภายในท่อโดยไม่ต้องสัมผัสของเหลวภายในท่อ ติดตั้งถัดจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ TT-04 6 นิ้ว การติดตั้งต้องมีการหุ้มฉนวนหนา 2 นิ้ว ยาวอย่างน้อย 6 นิ้ว

3.4 การใช้ HART 475 ในการ Configuration อุปกรณ์แต่ละตัว

3.4.1 การเปลี่ยนชื่อ Tagging ของอุปกรณ์



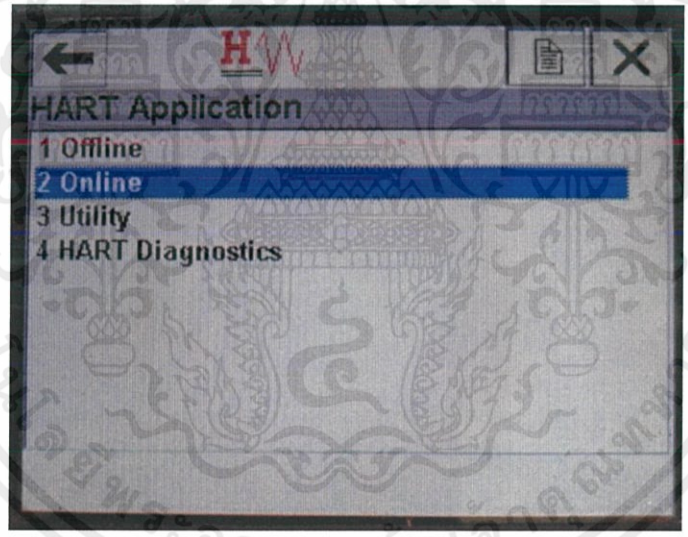
รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475

ขั้นตอนที่ 1 การใช้ HART 475 ในการเชื่อมต่อกับทรานสมิตเตอร์ โดยการเกี่ยวขา HART 475 เข้ากับขั้วบวกและลบของทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.10 เมนู Field Communicator

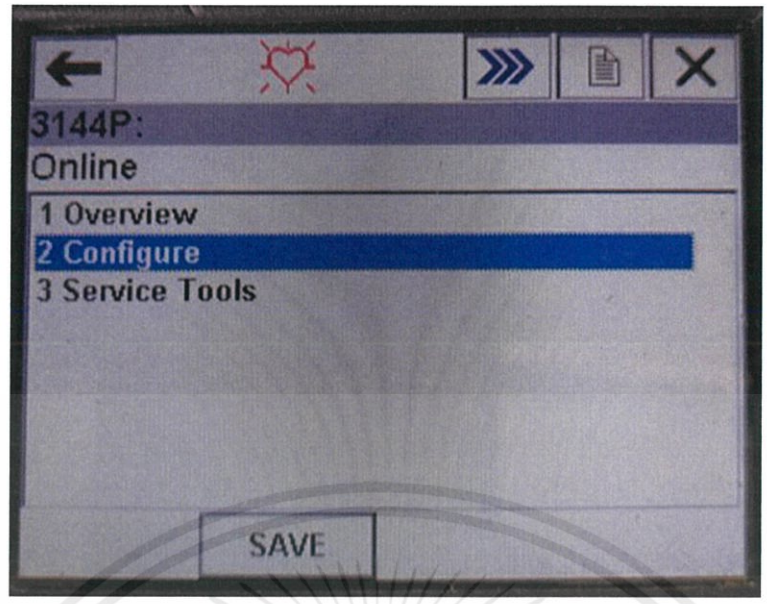
ขั้นตอนที่ 2 เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART เนื่องจากทรานสมิตเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นการสื่อสารผ่าน HART Communication



รูปที่ 3.11 เลือก HART Application

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเลือก Online เพื่อเป็นการเข้าถึงตัวทรานสมิตเตอร์เราเกี่ยวอยู่และสามารถแก้ไขข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



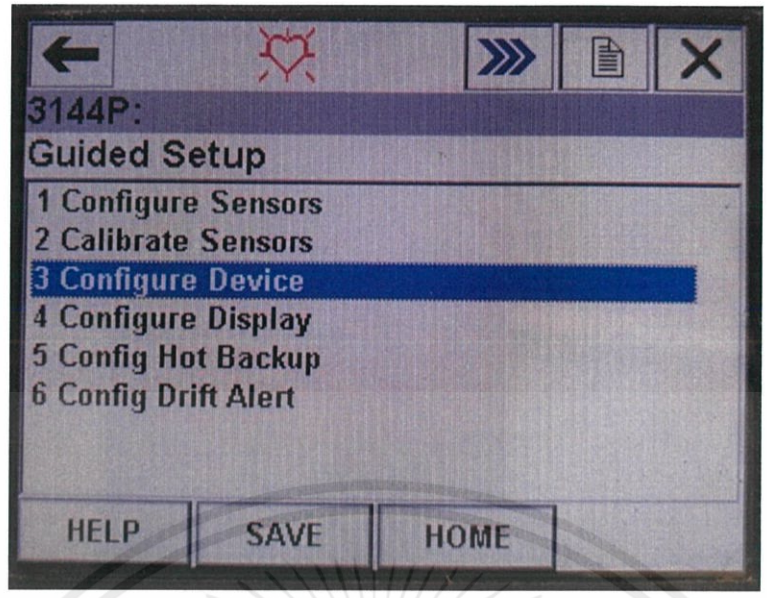
รูปที่ 3.12 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์

ขั้นตอนที่ 4 ทำการเลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์

รูปที่ 3.13 เมนู Configure

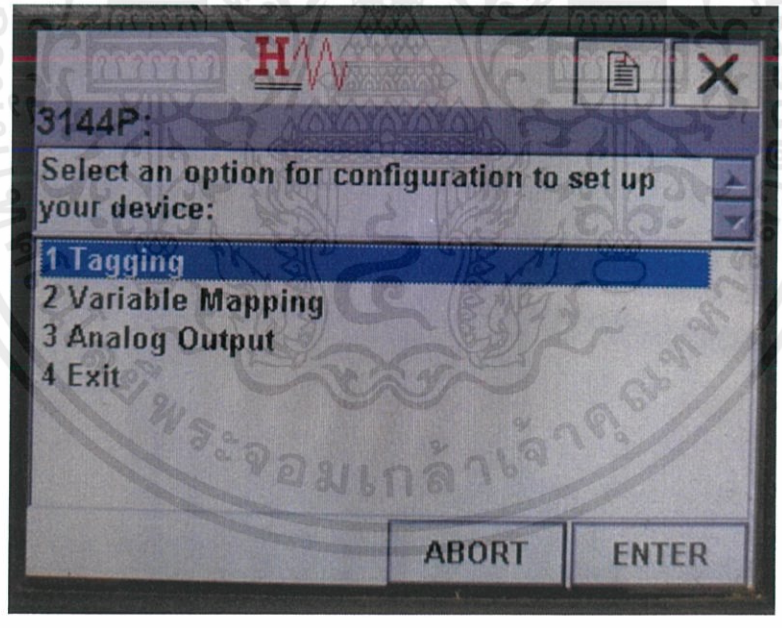
ขั้นตอนที่ 5 ทำการเลือก Guided Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 เมนู Guided Setup

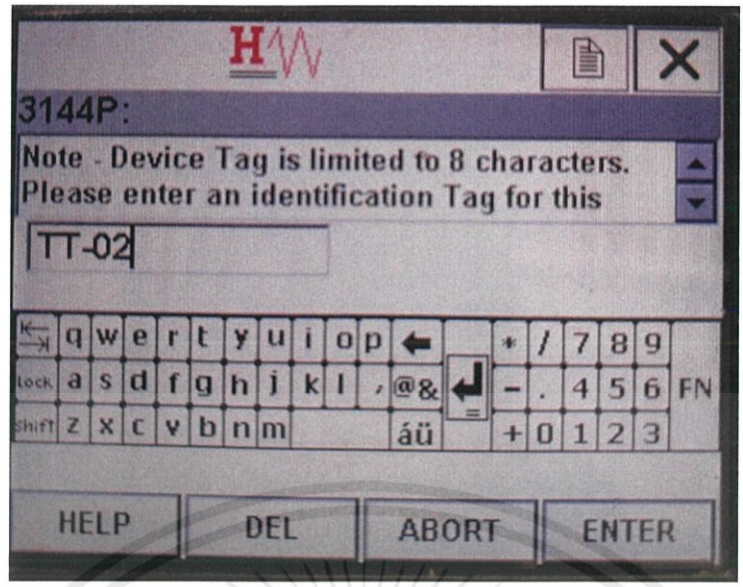
ขั้นตอนที่ 6 ทำการเลือก Configure Device เพื่อเป็นการเข้าไปเปลี่ยนชื่อ Tagging ให้กับอุปกรณ์



รูปที่ 3.15 การเปลี่ยนชื่อ Tagging

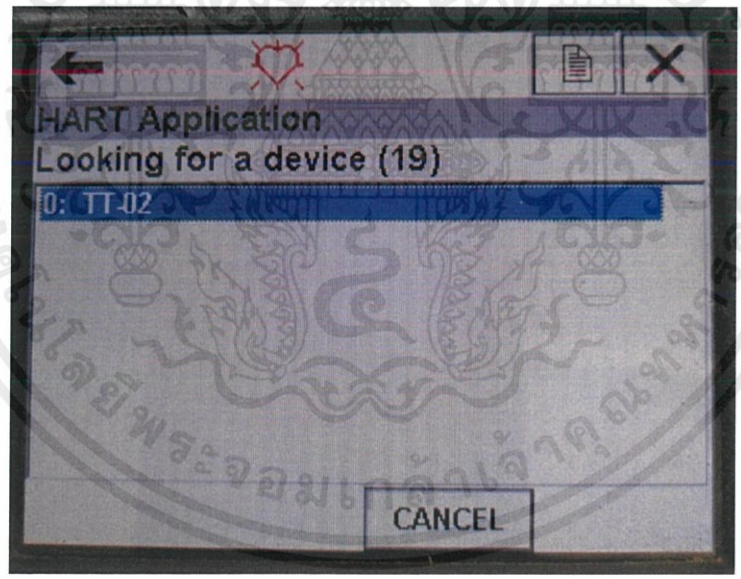
ขั้นตอนที่ 7 ทำการเลือก Tagging เพื่อเข้าไปเปลี่ยนชื่อให้กับอุปกรณ์ ให้สะดวกต่อการติดตามข้อมูล จากนั้นกด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การตั้งชื่อ Tagging

ขั้นตอนที่ 8 ทำการตั้งชื่อ Tagging ได้ตามที่ต้องการ โดยจะตั้งเป็น TT-01 ถึง TT-06 ตามอุปกรณ์ที่ใช้งาน จากนั้นกด ENTER

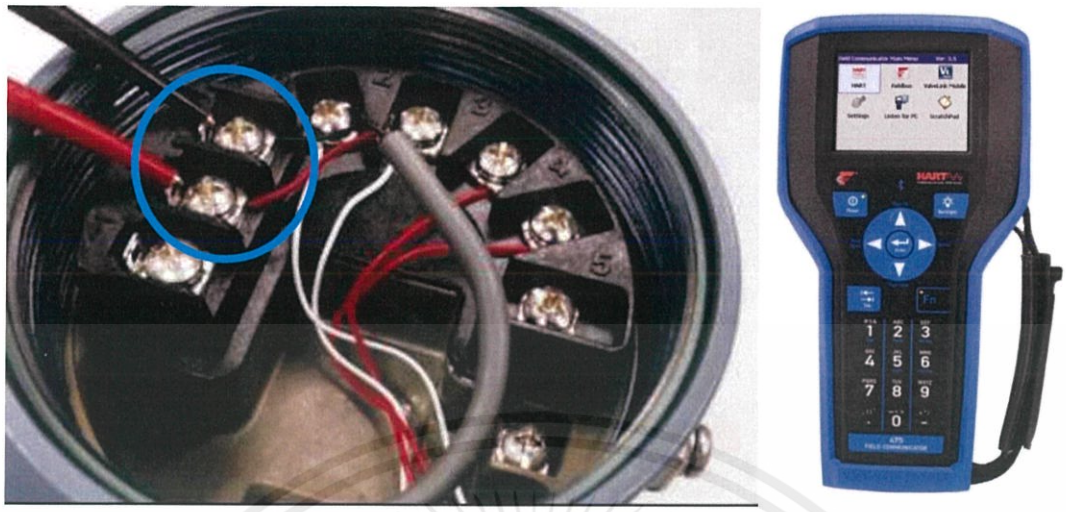


รูปที่ 3.17 หลังจากตั้งชื่อ Tagging เสร็จสิ้น

หลังจากตั้งชื่อ Tagging เสร็จสิ้น ในการค้นหาครั้งต่อไปจะขึ้นเป็นชื่ออุปกรณ์ตามที่เราได้เปลี่ยนชื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การตั้งค่า Wiring ใน Transmitter



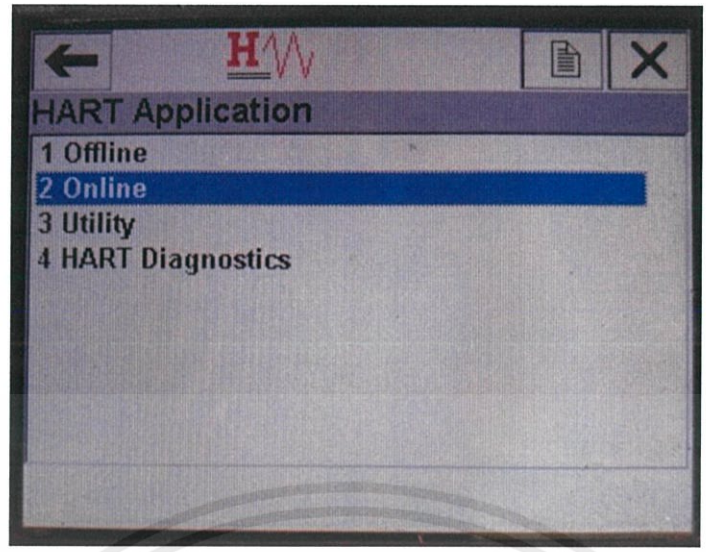
รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475

ขั้นตอนที่ 1 การใช้ HART 475 ในการเชื่อมต่อกับทรานสมิตเตอร์ โดยการเกี่ยวขา HART 475 เข้ากับขั้วบวกและลบของทรานสมิตเตอร์

รูปที่ 3.19 เมนู Field Communicator

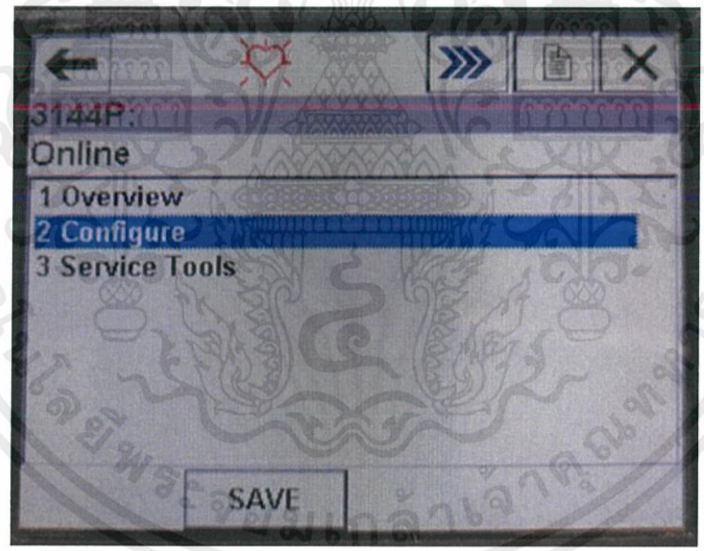
ขั้นตอนที่ 2 เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART เนื่องจากทรานสมิตเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นการสื่อสารผ่าน HART Communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 เลือก HART Application

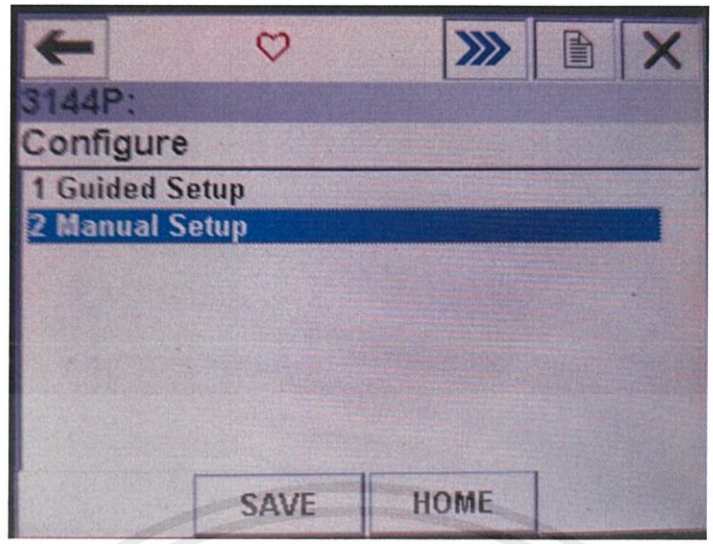
ขั้นตอนที่ 3 ทำการเลือก Online เพื่อเป็นการเข้าถึงตัวทรานสมิตเตอร์ที่เราเกี่ยวอยู่และสามารถแก้ไขข้อมูลได้



รูปที่ 3.21 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์

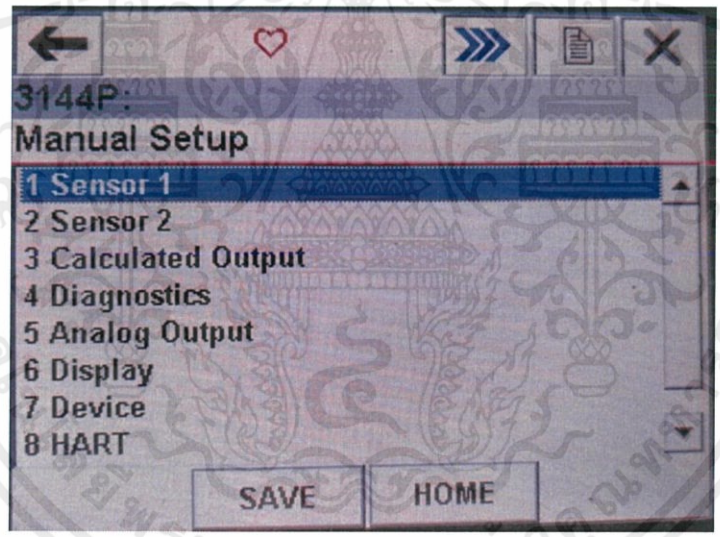
ขั้นตอนที่ 4 ทำการเลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 เมนู Configure

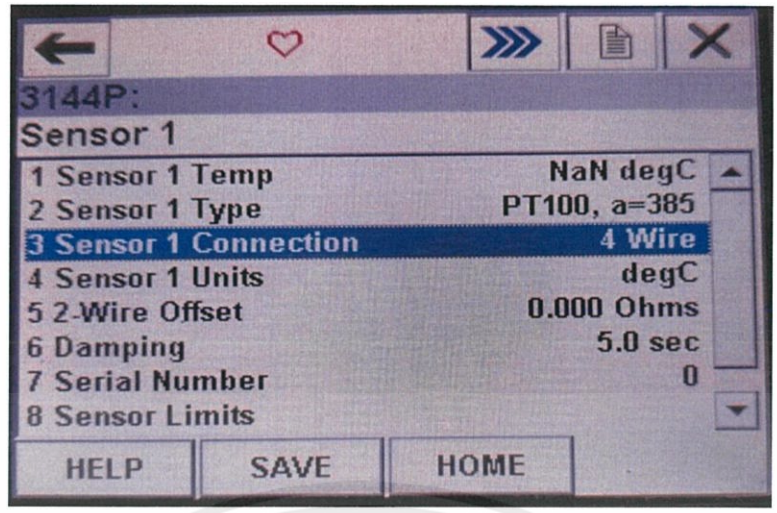
ขั้นตอนที่ 5 ทำการเลือก Manual Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน



รูปที่ 3.23 เมนู Manual Setup

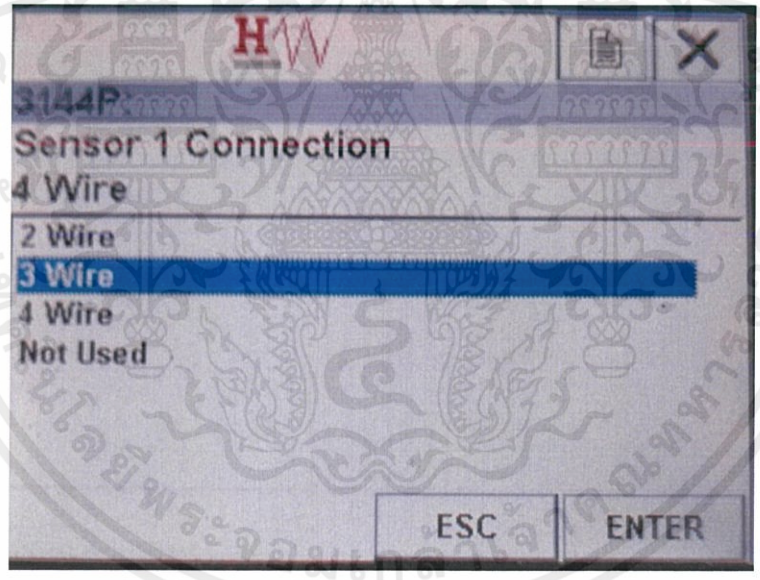
ขั้นตอนที่ 6 เลือกที่ Sensor 1 เพราะเราต้องการแก้ไขข้อมูลจาก Sensor 1 และมี Sensor เพียงตัวเดียวที่ต่อกับทรานสมิตเตอร์ตัวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.24 เมนู Sensor 1

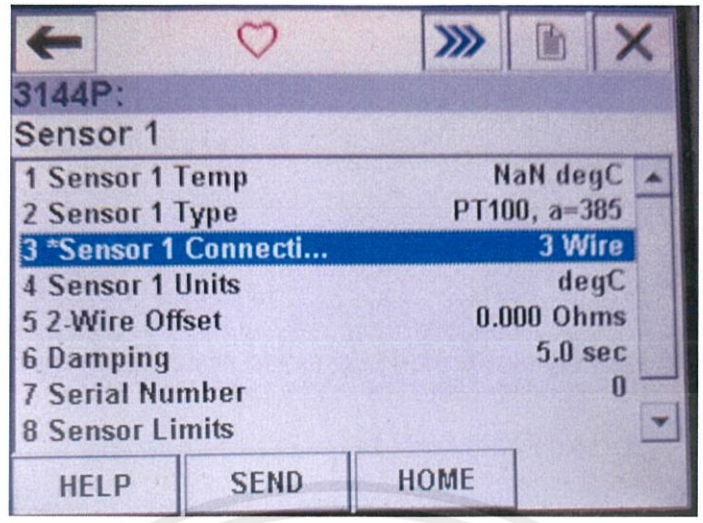
ขั้นตอนที่ 7 หลังจากเข้ามา Sensor 1 แล้ว เลือกที่ Connection เพราะเราต้องการแก้ไขจำนวน Wiring ซึ่งตอนนี้แสดงสถานะ 4 Wire อยู่



รูปที่ 3.25 เมนู Sensor 1 Connection

ขั้นตอนที่ 8 เลือกจำนวน Wire ที่ถูกต้องนั้นคือ 3 Wire

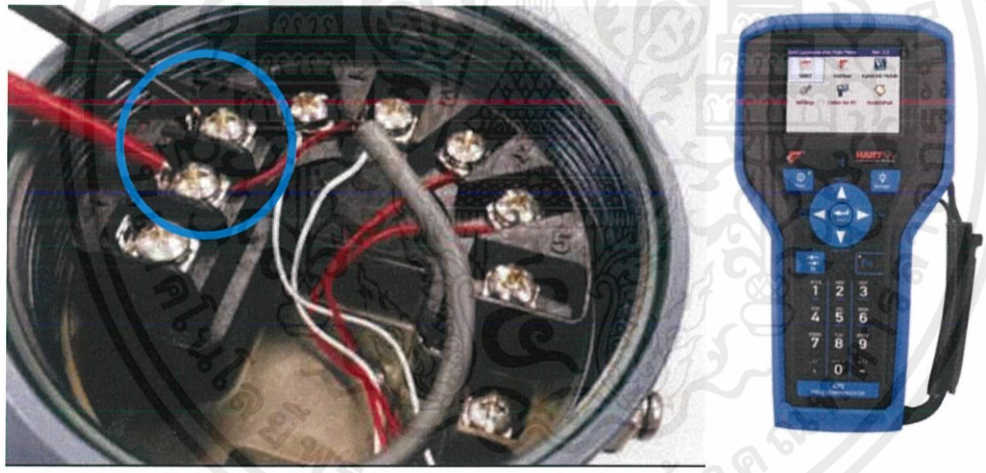
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 เมนู Sensor 1 หลังจากเปลี่ยน Wiring เสร็จเรียบร้อย

ขั้นตอนที่ 9 สถานะ Sensor 1 จะแสดงสถานะที่ถูกต้องนั้นคือ 3 Wire

3.4.3 การปรับเปลี่ยน Range ของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ



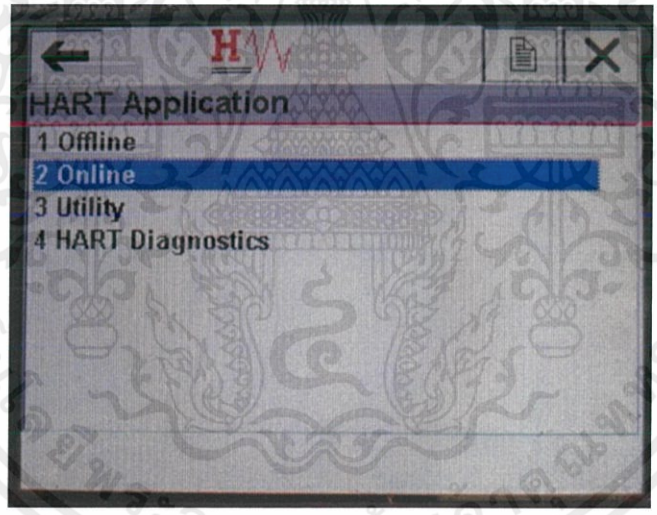
รูปที่ 3.27 การเชื่อมต่อทรานสมิตเตอร์กับ HART 475

ขั้นตอนที่ 1 การใช้ HART 475 ในการเชื่อมต่อกับทรานสมิตเตอร์ โดยการเกี่ยวขา HART 475 เข้ากับขั้วบวกและลบของทรานสมิตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.28 เมนู Field Communicator

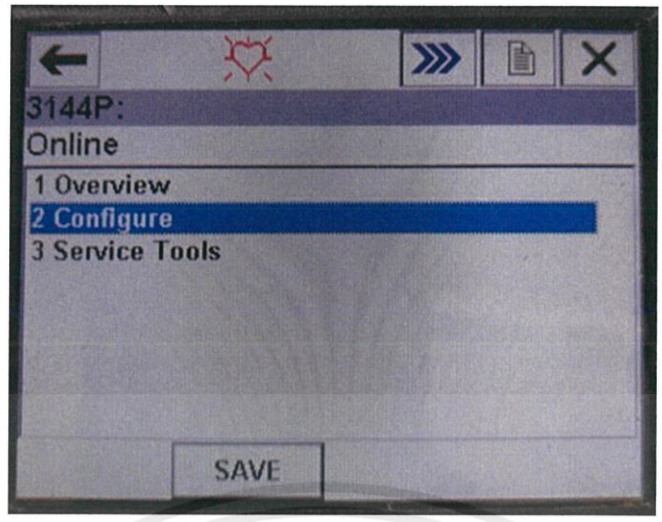
ขั้นตอนที่ 2 เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART เนื่องจากทรานสมิตเตอร์ที่ใช้นั้นเป็นการสื่อสารผ่าน HART Communication



รูปที่ 3.29 เลือก HART Application

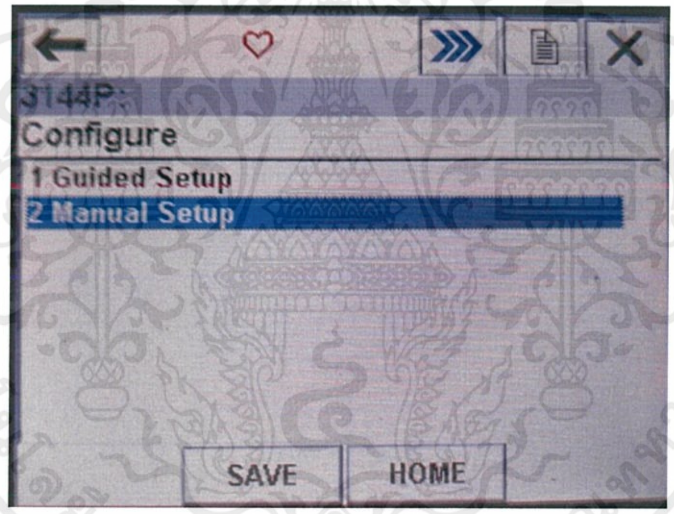
ขั้นตอนที่ 3 ทำการเลือก Online เพื่อเป็นการเข้าถึงตัวทรานสมิตเตอร์ที่เราเกี่ยวอยู่และสามารถแก้ไขข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 เมนู Online ของทรานสมิตเตอร์

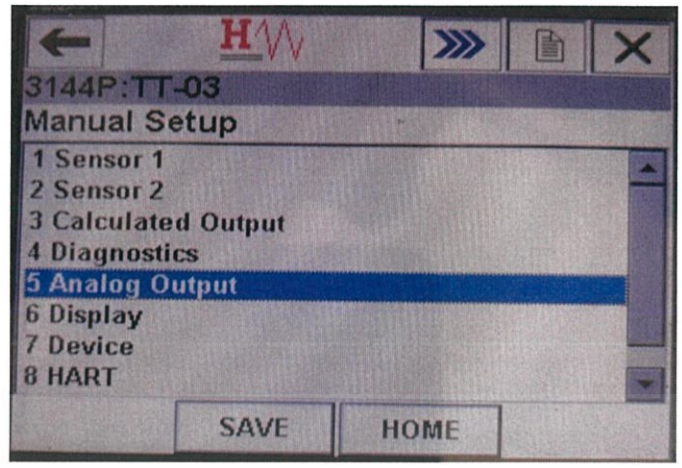
ขั้นตอนที่ 4 ทำการเลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์



รูปที่ 3.31 เมนู Configure

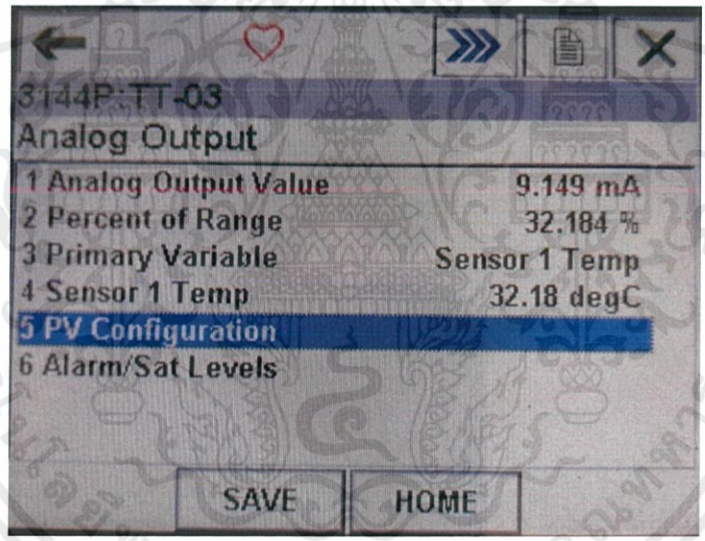
ขั้นตอนที่ 5 ทำการเลือก Manual Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 เมนู Manual Setup

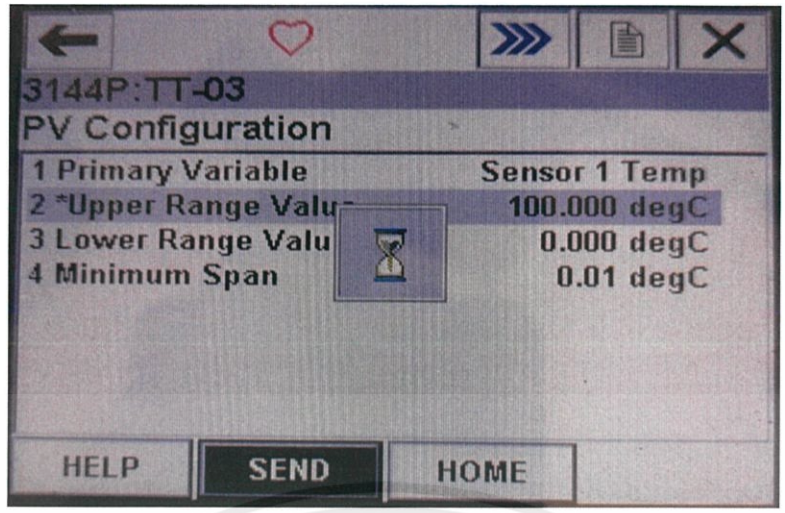
ขั้นตอนที่ 6 ทำการเลือก Analog Output เพราะเราต้องการจะเปลี่ยน Output ของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.33 เมนู Analog Output

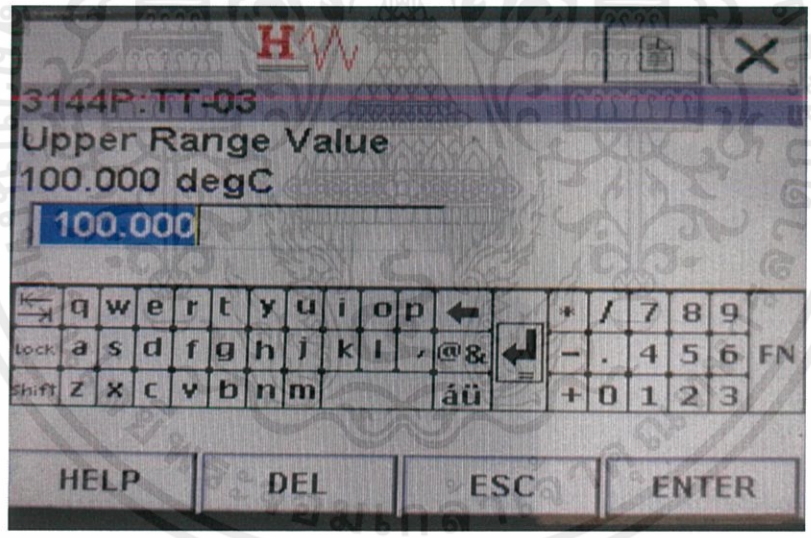
ขั้นตอนที่ 7 เมนู Analog Output จะแสดงสถานะของ Output ของอุปกรณ์ เข้าไปที่เมนู PV Configuration เพราะเราต้องการที่จะแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 เมนู PV Configuration

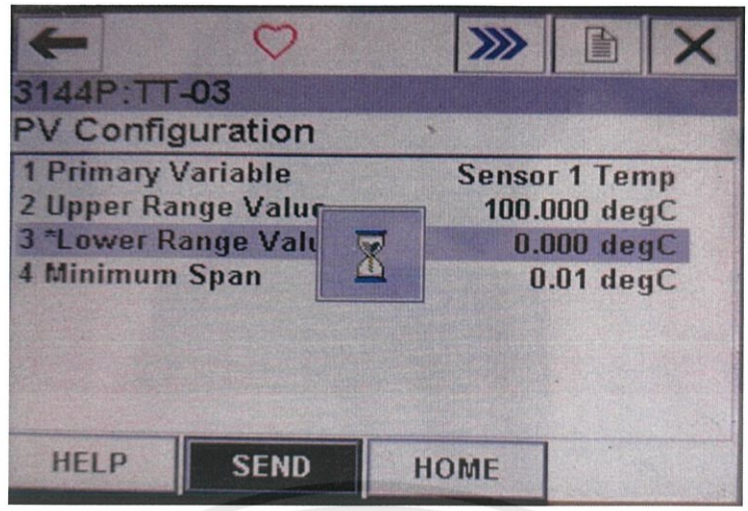
ขั้นตอนที่ 8 เมนู PV Configuration จะแสดงค่า Upper Range Value ที่ส่งสัญญาณออกไป 20 mA และ Lower Range Value ที่ 4 mA กดเข้าไปที่ Upper Range Value เพื่อทำการเปลี่ยน Upper Range Value



รูปที่ 3.35 เมนู Upper Range Value

ขั้นตอนที่ 9 เมนู Upper Range Value เปลี่ยน Upper Range ตามที่เราต้องการคือ 100 °C ที่สัญญาณ 20 mA จากนั้นกด Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.36 เมนู PV Configuration

ขั้นตอนที่ 10 กลับมาที่ เมนู PV Configuration กดเข้าไปที่ Lower Range Value เพื่อทำการเปลี่ยน Lower Range Value

รูปที่ 3.37 เมนู Lower Range Value

ขั้นตอนที่ 11 เมนู Lower Range Value เปลี่ยน Lower Range ตามที่เราต้องการคือ 0 °C ที่สัญญาณ 0 mA จากนั้นกด Enter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์หลังใช้ HART 475 ในการ Configuration ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1. RTD ใช้วัดอุณหภูมิแวดล้อม ติดตั้งที่เสาสแตนเลส
   - Tagging : TT-01
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

2. RTD และ Thermowell (T-well) ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวในท่อโดยการสัมผัสโดยของเหลวตรง
   - Tagging : TT-02
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

3. RTD และ Thermowell (T-well) ใช้วัดอุณหภูมิของเหลวในท่อโดยการสัมผัสโดยของเหลวตรง
   - Tagging : TT-03
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

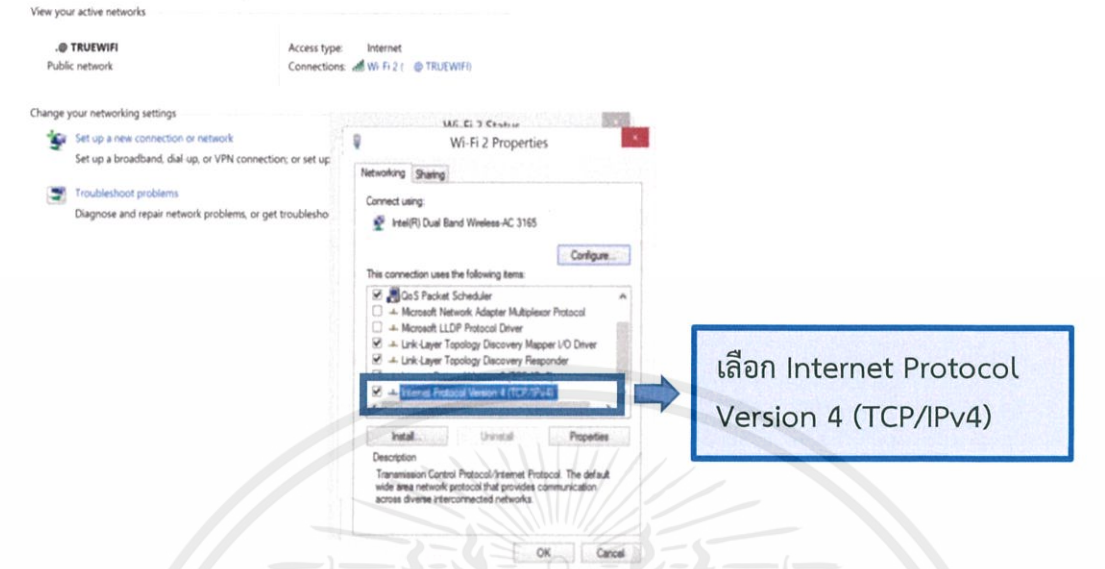
4. Clamp Sensor ใช้วัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ
   - Tagging : TT-04
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

5. RTD ใช้วัดอุณหภูมิภายในถังน้ำ ติดตั้งที่ถังน้ำ
   - Tagging : TT-05
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

6. X-well ใช้วัดอุณหภูมิโดยไม่ต้องสัมผัสของเหลวภายในท่อ
   - Tagging : TT-06
   - Wiring : 3 Wire
   - Upper Range Value และ Lower Range Value : 100 ℃ และ 0 ℃
   - สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล

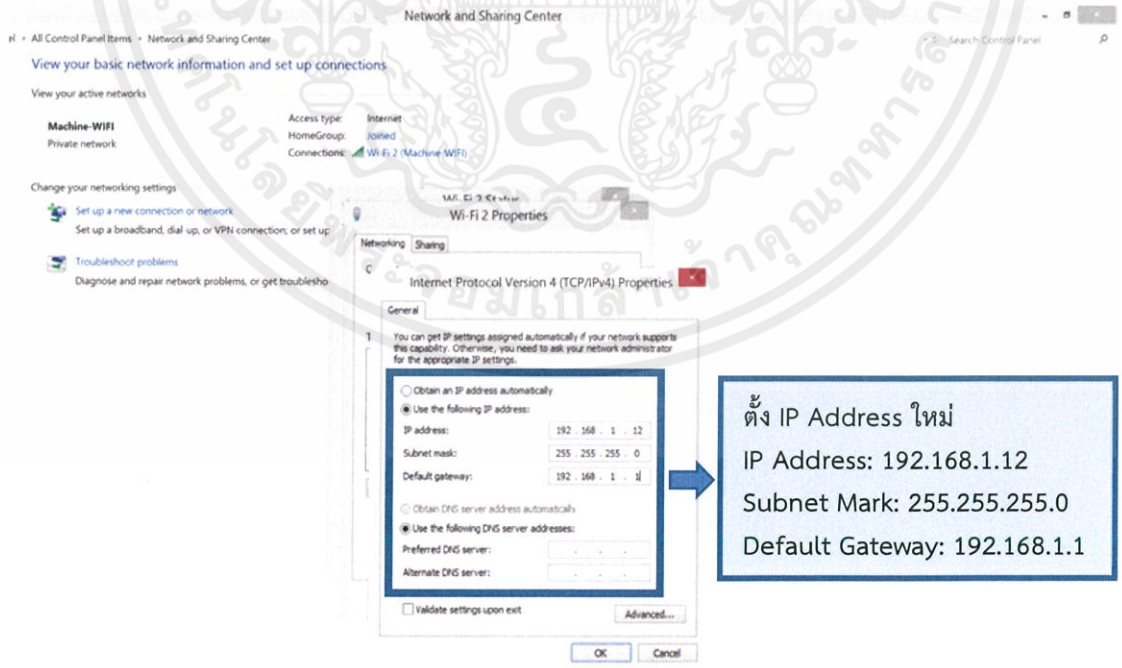
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้สามารถสื่อสารกับ Gateway



รูปที่ 3.38 เปลี่ยน IP Address ของคอมพิวเตอร์

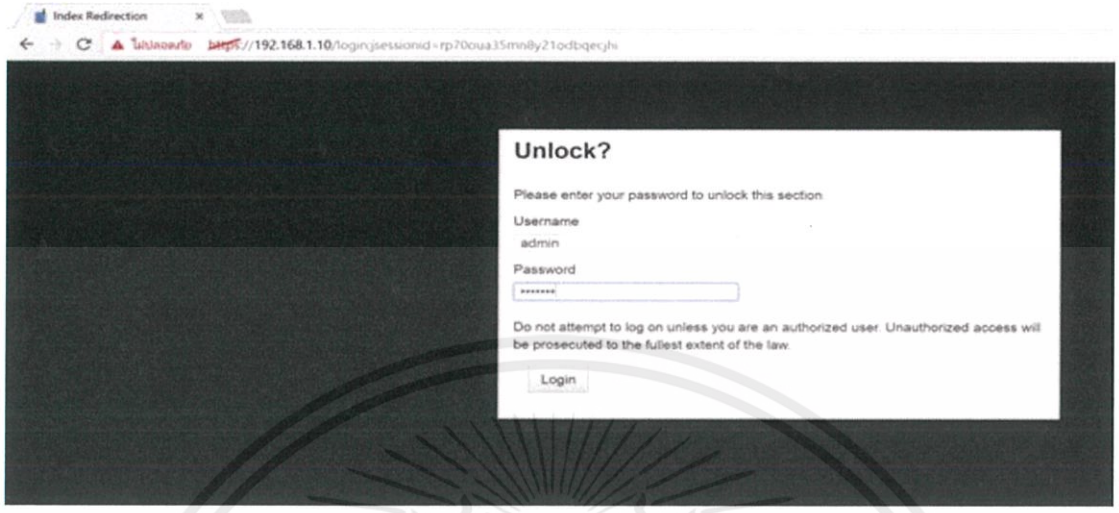
รูปที่ 3.38 เปลี่ยน IP Address ของคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยน IP Address ทำให้คอมพิวเตอร์ จะเปลี่ยนวงรอบของการสื่อสารเป็นวงรอบอื่นซึ่ง ต้องปรับให้ตรงกับ Gateway เพื่อทำให้ทั้งสองอุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้



รูปที่ 3.39 เปลี่ยน IP Address ให้ตรงกับ Gateway

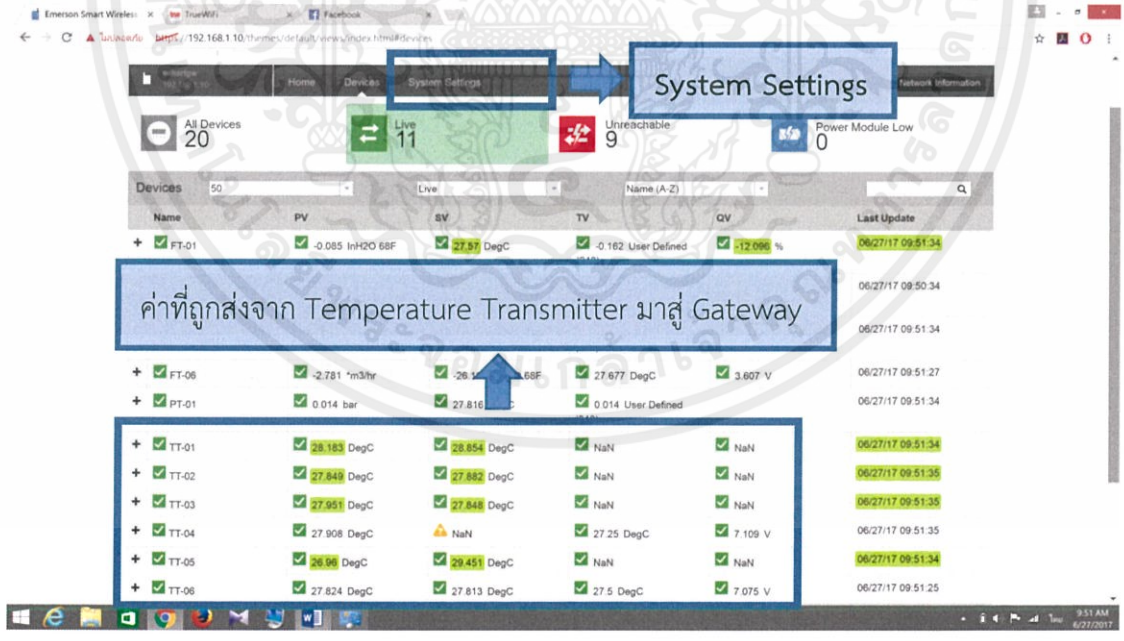
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.39 สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ Gateway ต้องตั้ง IP Address ของคอมพิวเตอร์ให้ตรงกับ Gateway ซึ่ง Gateway มี IP Address คือ 192.168.1.12



รูปที่ 3.40 การเข้าสู่ Gateway

รูปที่ 3.40 การเข้าสู่ Gateway ต้องเข้าจาก Browser Internet นั่นคือ 192.168.1.10 ไม่เกี่ยวกับ IP Address เป็นเลขที่มาจากคู่มือการใช้งาน Gateway จะปรากฏหน้าดังรูปที่ 3.39 ใส่ Username : admin และ Password : default

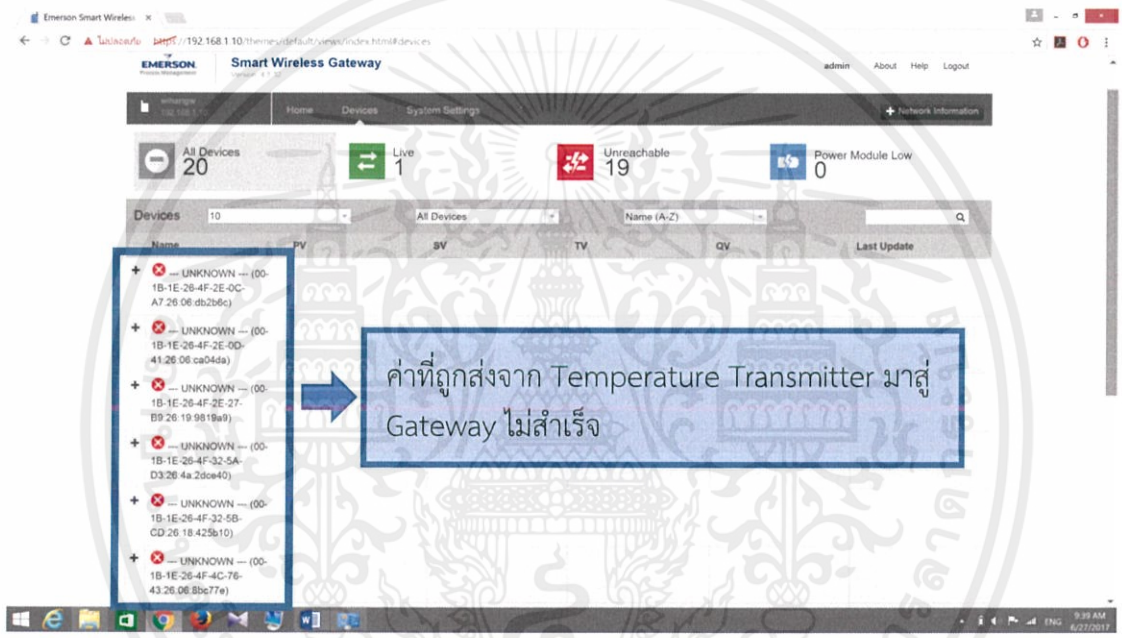


รูปที่ 3.41 หน้าที่แสดงหลังจากเข้าสู่ Gateway

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากเข้าสู่ Gateway จะมีค่าที่ถูกส่งมาจาก ทรานสมิตเตอร์ โดยค่าต่างๆแสดงอยู่ โดยในช่องของ Name จะหมายถึงชื่อของ ทรานสมิตเตอร์ ส่วนในชื่อ PV,SV,TV,QV จะเป็นค่าต่างๆที่ถูกส่งออกมาจากทรานสมิตเตอร์ ซึ่งค่า PV,SV,TV,QV แต่ละชนิดจะส่งค่าออกมาไม่เหมือนกัน ซึ่งค่าทรานสมิตเตอร์ที่ใช้ในโปรเจคนี้ จะส่งค่าดังนี้

TT-01 (อุณหภูมิแวดล้อม)	PV=TEMP	SV= TEMP	TV=NaN	Q V= NaN
TT-02 (T-well)	PV=TEMP	SV= TEMP	TV=NaN	QV=NaN
TT-03 (T-well)	PV=TEMP	SV= TEMP	TV=NaN	QV=NaN
TT-04 (Clamp sensor)	PV=TEMP	SV= NaN	TV=TEMP	QV=NaN
TT-05 (อุณหภูมิของน้ำภายในถัง)	PV=TEMP	SV= TEMP	TV=NaN	QV=NaN
TT-06 (X-well)	PV=TEMP	SV= TEMP	TV=TEMP	QV=NaN



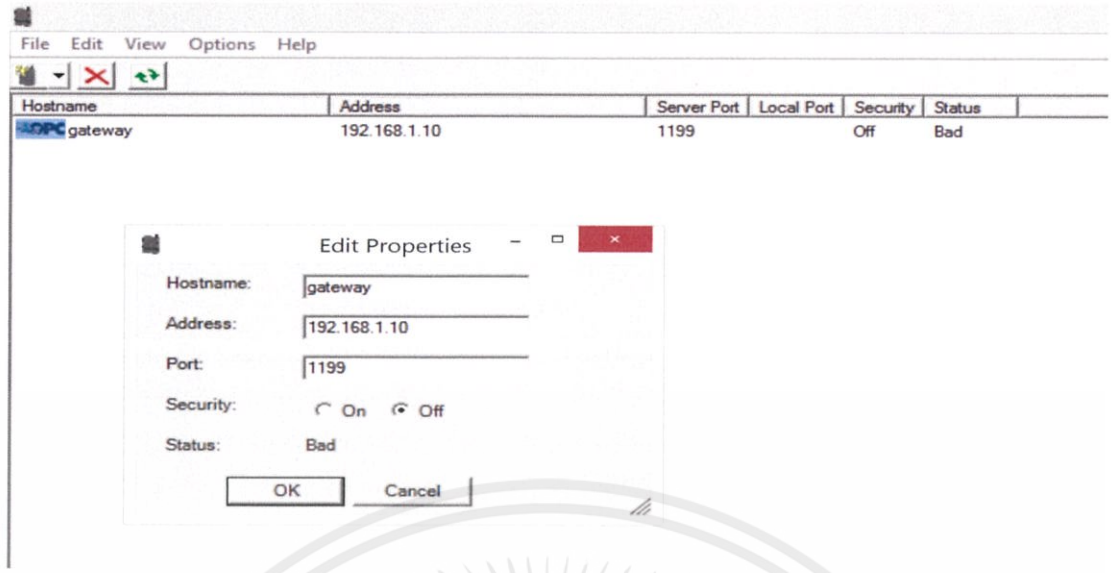
รูปที่ 3.42 หน้าที่แสดงหลังจากเข้าสู่ Gateway ไม่สำเร็จ

รูปที่ 3.42 จะแสดงหน้าเว็บเพจในกรณีที่อุปกรณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อ Gateway ได้ จะมีลักษณะดังรูป คือเว็บเพจไม่สามารถแสดงค่าของ Transmitter รวมถึงไม่สามารถแสดงชื่อของอุปกรณ์ โดยทุกอุปกรณ์จะมีชื่อว่า UNKNOWN และจะมีรูปกากบาทสีแดงขึ้นที่ชื่อของอุปกรณ์

3.6 การเชื่อมต่อข้อมูลกับโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio 8.0

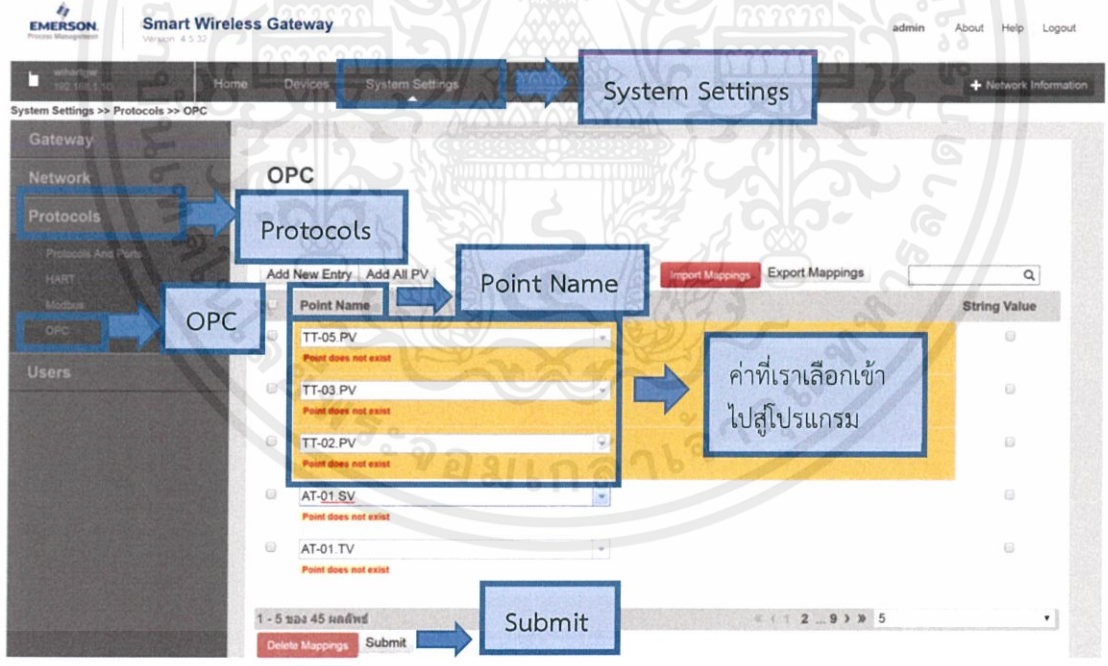
เนื่องจากการที่เราต้องการเปรียบเทียบค่าของอุปกรณ์ จำเป็นอย่างยิ่งที่เราจะต้องมีความรู้วิธีการที่จะนำข้อมูลจากทรานสมิตเตอร์มาสู่ Gateway และนำข้อมูลที่ได้มา Monitoring ผ่าน Program SCADA ซึ่งจะทำให้ง่ายและแม่นยำต่อการเปรียบเทียบ ซึ่งโปรแกรม SCADA ที่เราใช้ก็คือโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio 8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 เปิดโปรแกรม Security Setup Utility

จากรูปที่ 3.43 เปิดโปรแกรม Security Setup Utility ตั้งค่า Address ให้ตรงกับ Browser ของเรา นั่นคือ 192.168.1.10 ในส่วนของโปรแกรม Security Setup Utility จะเป็นเหมือนประตูที่จะเปิดรับข้อมูลของ Gateway เพื่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ของเรานั่นเอง

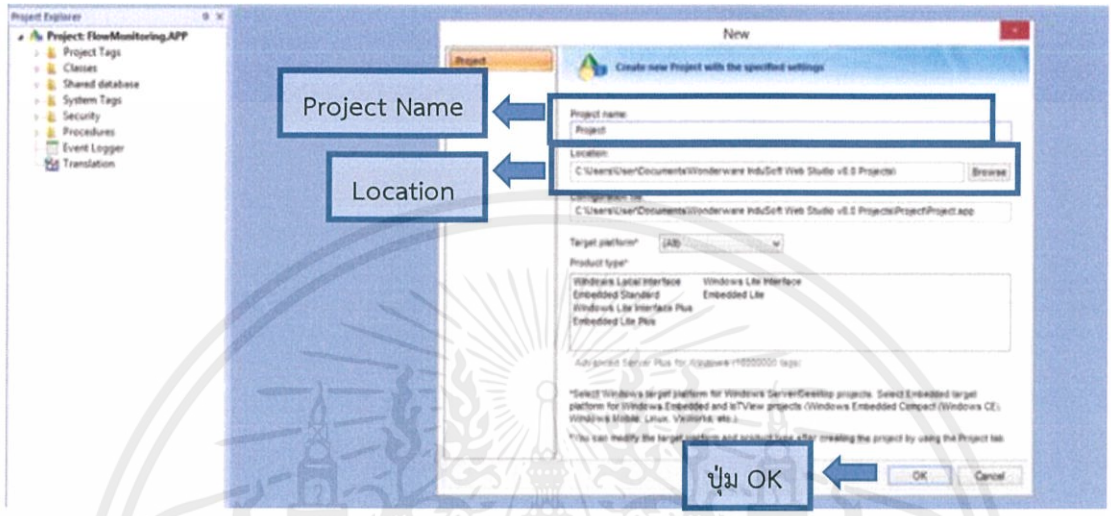


รูปที่ 3.44 เลือกค่าที่ได้จากการวัด เพื่อเชื่อมต่อกับโปรแกรมสกาดา

รูปที่ 3.44 กลับไปที่หน้า Gateway หลัก Browser Internet 192.168.1.10 แล้วคลิ๊กเข้ามาที่ System Setting ที่อยู่บริเวณแถบด้านบนดังรูป จากนั้นคลิ๊กเข้าในคำว่า OPC ที่อยู่หัวข้อ Protocals บริเวณแถบซ้ายมือจะขึ้นหน้าเว็บเพจดังรูป ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้ดึงค่าจาก Gateway เข้าสู่ Program ของเรา ซึ่งในหัวข้อ Point Name จะเป็นชื่อของค่า ที่เราจะทำการเลือกเข้าสู่โปรแกรม

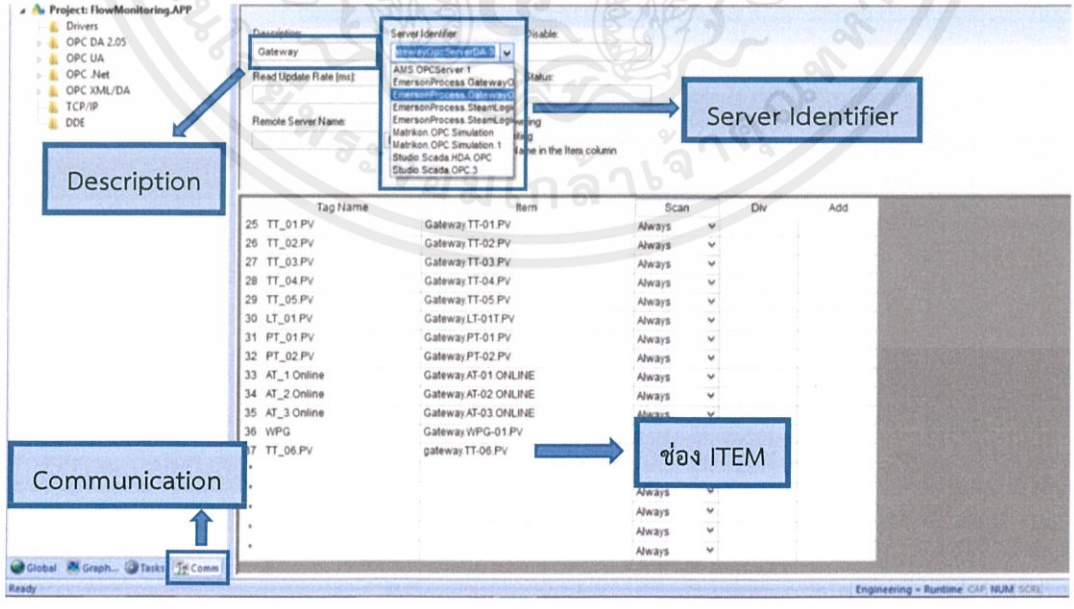
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจึงต้องเลือกค่าที่เรานำมาใช้ในการ Monitoring ซึ่งเรากำหนดให้ TT-01 คืออุณหภูมิแวดล้อม TT-02 และ TT-03 คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบสัมผัสของเหลวโดยตรง (T-well) TT-04 คืออุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบ Clamp Sensor TT-05 อุณหภูมิภายในถัง และ TT-06 อุณหภูมิที่ใช้เทคโนโลยี X-well ซึ่งค่าเราต้องเลือกคือ TT-01.PV, TT-02.PV, TT-03.PV, TT-04.PV, TT-05.PV, TT-06.PV หลังจากเราเลือกค่าต้องการทั้งหมดให้กดคลิ๊กที่ปุ่ม Submit



รูปที่ 3.45 เปิดโปรแกรม Wonderware และสร้าง New Project

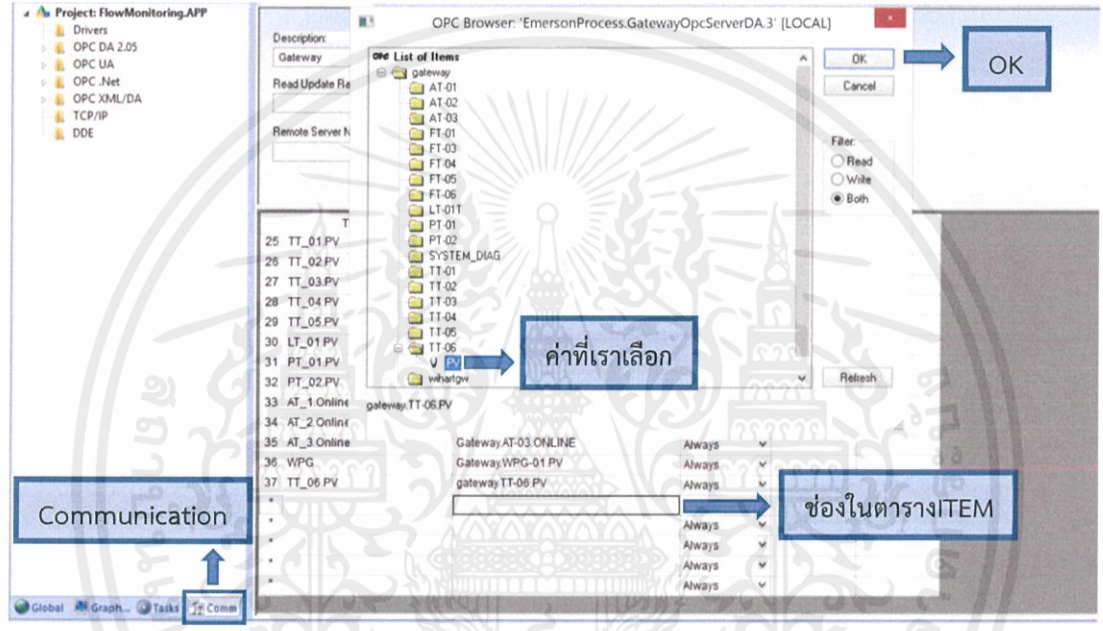
จากรูปที่ 3.45 ขั้นตอนนี้มีลักษณะเหมือนกันทุกโปรแกรมคือจะเริ่มทำโปรเจคใหม่ ต้องสร้างโปรเจคใหม่ก่อนโดยหลังจากคลิ๊กเข้าสู้โปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio v8.0 จะปรากฏหน้าต่างดังรูปที่ 3.45 โดยเราจะทำการตั้งชื่อของโปรเจคนี้ที่ช่อง Project Name และที่อยู่ไฟล์ของโปรเจคนี้ เพื่อบันทึกไว้ในคอมพิวเตอร์ของเราที่ช่อง Location หลังจากนั้นก็กดปุ่ม OK



รูปที่ 3.46 การสร้าง Communication

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

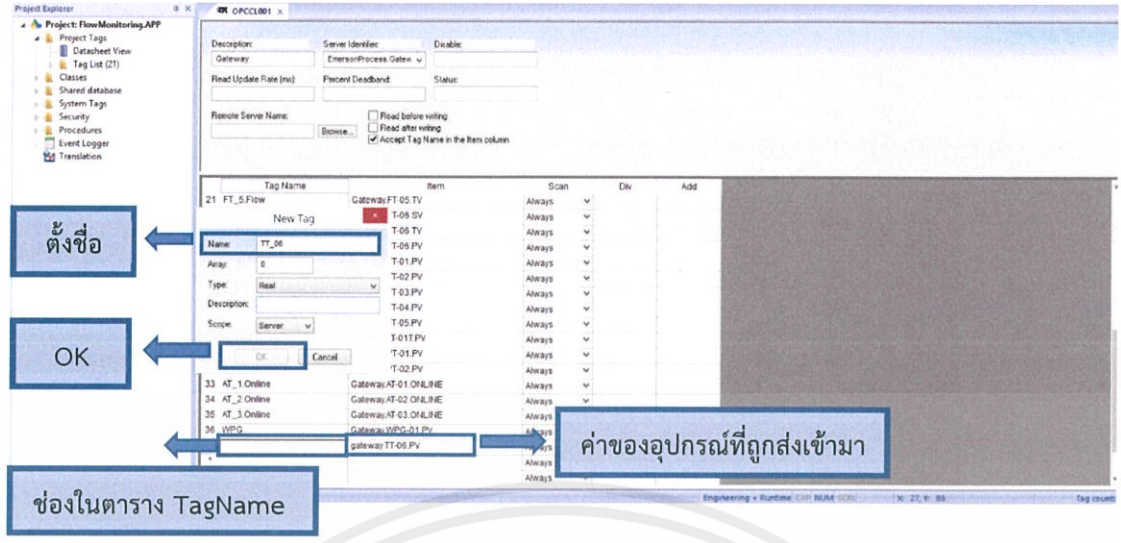
จากรูปที่ 3.46 สิ่งที่เราต้องทำเป็นอันดับแรกในการสร้างโปรแกรม Monitoring คือการนำค่าที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์เข้ามาสู่โปรแกรม โดยในส่วนของ Communication เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อและรับข้อมูลจาก Gateway เข้าสู่โปรแกรม Wonderware ซึ่งเป็นลำดับแรกที่ต้องทำก่อน โดยขั้นแรกคลิ๊กไปที่ส่วน Communication บนแถบบริเวณล่างซ้ายของหน้าจอ จะปรากฏหน้าต่างดังรูป และทำการตั้งชื่อชุดของการรับข้อมูลนี้ที่ Description โดยใน Project นี้จะตั้งชื่อว่า Gateway และในส่วน Server Identifier จะเป็นส่วนที่ใช้บอกว่าโปรแกรมนี้รับค่ามาจากอุปกรณ์ Gateway ยี่ห้ออะไรเนื่องจากโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio v8.0 สามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ Gateway หลายยี่ห้อ ให้เลือก EmersonProcess GatewayOPcServerDA.3 เพราะในโปรเจคนี้เรารับค่ามาจากอุปกรณ์ชนิดนี้



รูปที่ 3.47 การสร้าง Communication

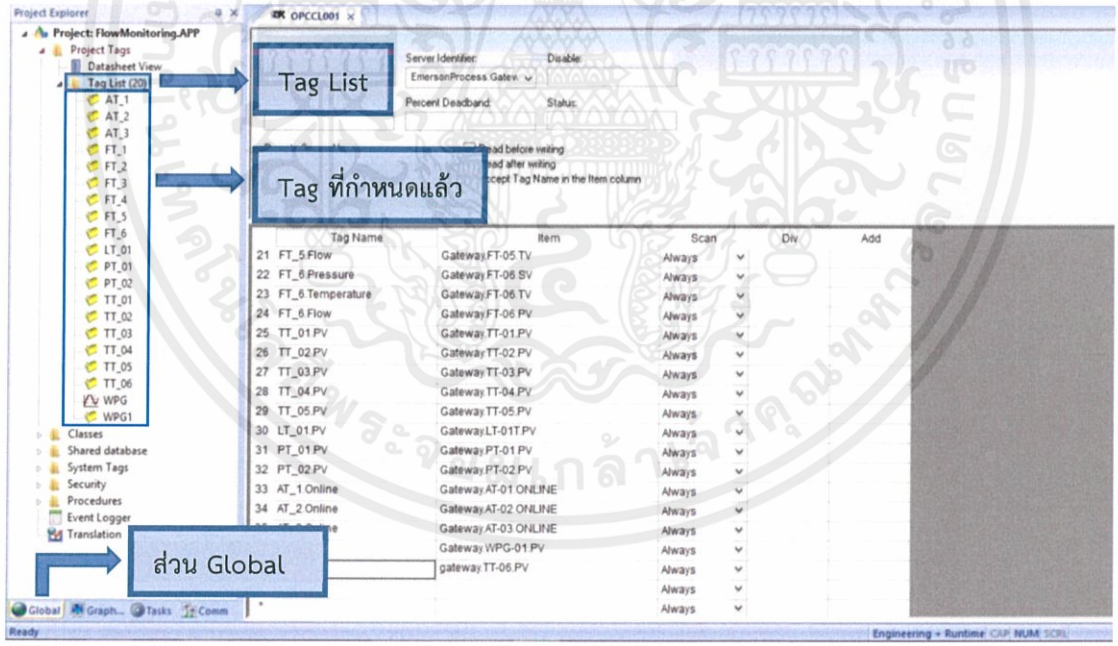
จากรูปที่ 3.47 ลำดับต่อมาในขั้นตอนของการ Communication ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ ช่องในตาราง ITEM จะปรากฏหน้าต่าง EmersonProcess GatewayOPcServerDA.3 ดังรูปขึ้น โดยในหน้าต่างจะแสดงค่าซึ่งเราได้ทำการเลือกมาจาก Browser ของ Gateway ไว้แล้ว จากนั้นเลือกค่าที่ต้องการ แล้วกด OK โดยในรูปจะเป็นตัวอย่างการเลือกที่ค่า TT-06.PV (อุปกรณ์ X-well)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 การสร้าง Communication

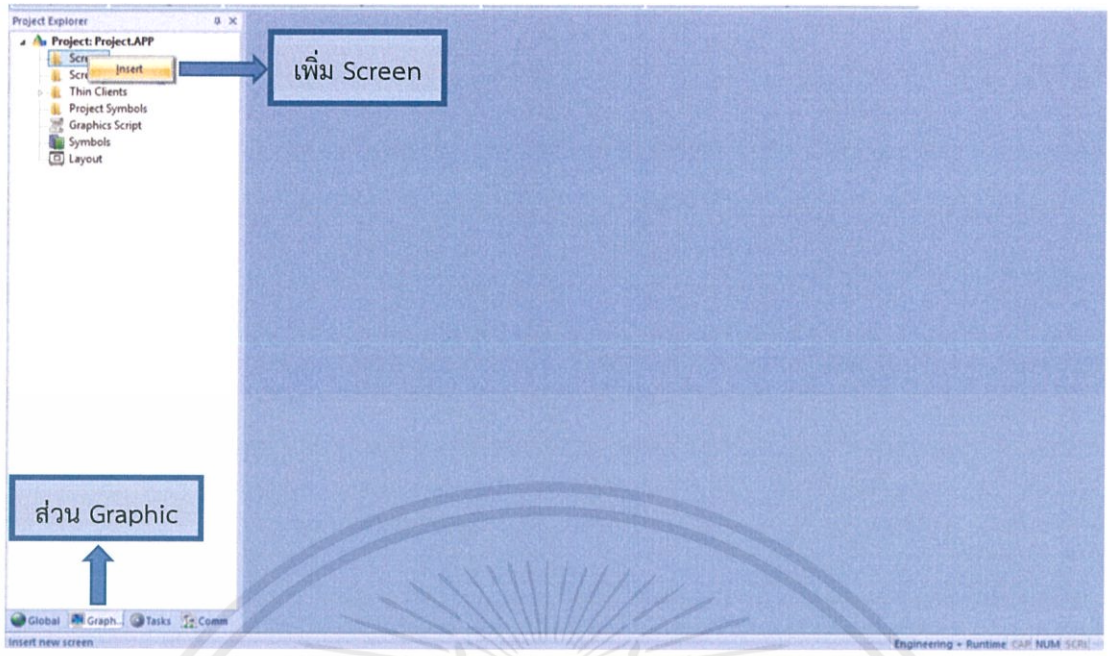
รูปที่ 3.48 ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ช่องในตาราง TagName จะปรากฏหน้าต่าง New Tag ขึ้นมา โดยทำการตั้งชื่อ TagName ตามที่เราต้องการในช่องของ Name โดยในรูปจะเป็นตัวอย่างการตั้งชื่อ TagName TT-06 (อุปกรณ์ X-well) จากนั้นคลิ๊กที่ปุ่ม OK จากตัวอย่างหลังจากขั้นตอนนี้เสร็จสิ้น ค่าที่ส่งออกมากจากอุปกรณ์ X-Well จะมาอยู่ใน TagName TT-06



รูปที่ 3.49 ในส่วน Global

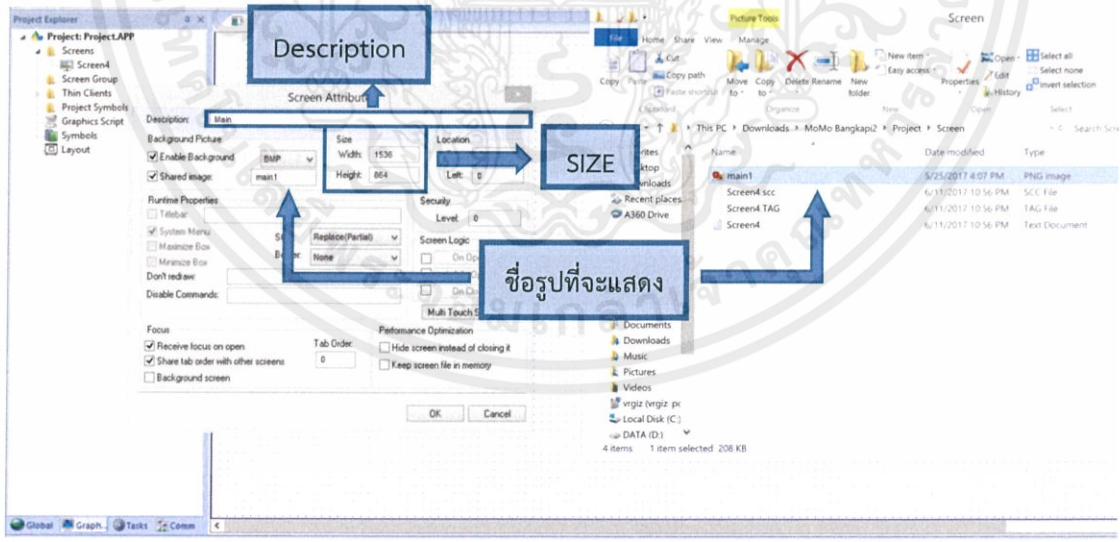
จากรูปที่ 3.49 หลังจากเราทำในส่วน Communication เสร็จสิ้น ส่วน Global จะเป็นส่วนที่ใช้ดูว่าเรากำหนด Tag อะไรไปบ้าง โดยคลิ๊กเข้าไปในส่วน Global จากบริเวณมุมซ้ายของจอ จากนั้นคลิ๊กที่ Tag List จะแสดง Tag ที่เรากำหนดมาแล้วทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.50 สร้าง Screen ในส่วน Graphic เพื่อใช้ในการแสดงผลหลัก

รูปที่ 3.50 หลังจากเราเชื่อมข้อมูลจากทรานสมิตเตอร์เข้าสู่โปรแกรม ในการ Monitoring จะต้องมีหน้า Graphic ในการแสดงผล โดยส่วนของโหมด Graphic ของโปรแกรมนี้ จะเป็นส่วนที่ใช้สร้างหน้าจอแสดงผลนั้น อันดับแรกในสร้าง Graphic คลิ๊กเข้ามาในส่วน Graphic บริเวณซ้ายล่างของหน้าจอจะเห็นเป็นหน้าจอเปล่าๆ เพราะเรายังไม่ได้สร้าง Screen เราจึงต้องสร้าง Screen โดยคลิ๊กขวาที่ Screen แล้วกด Insert

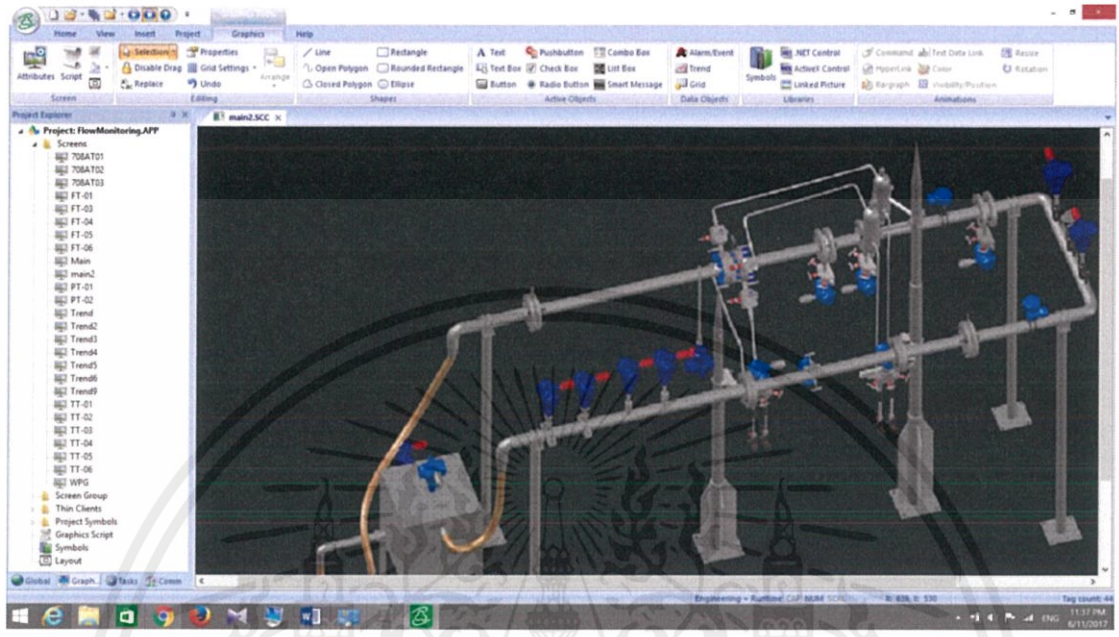


รูปที่ 3.51 กำหนดข้อมูลของ Screen

รูปที่ 3.51 หลังจากทำตามรูปที่ 3.50 จะปรากฏหน้าต่าง Screen Attributes กำหนดข้อมูลของ Screen โดยในส่วน Description จะเป็นการตั้งชื่อ และในส่วนของ Size จะเป็นขนาดของ Screen ซึ่งเราตั้งค่า Width = 1538 และ Height = 864 เพราะเป็นขนาดที่พอดีสำหรับ

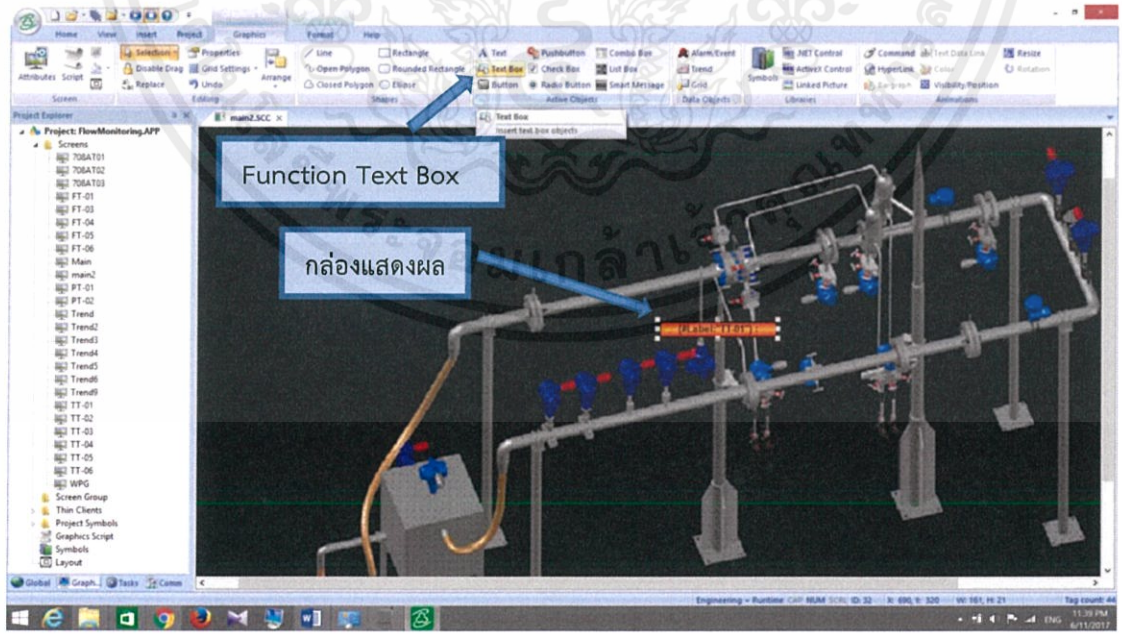
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์เครื่องนี้ และในส่วนของพื้นหลัง เราจะเลือกแบบกระบวนการจำลองที่ได้เขียนโดย AutoCAD โดยตั้งชื่อไฟล์ให้ตรงกับชื่อไฟล์ของรูปกระบวนการจำลอง โดยรูปของกระบวนการจำลองต้องถูกบันทึกไว้ใน โฟลเดอร์ เดียวกับโปรแกรม Wonderware ด้วย



รูปที่ 3.52 ตัวอย่างในส่วนของ Screen

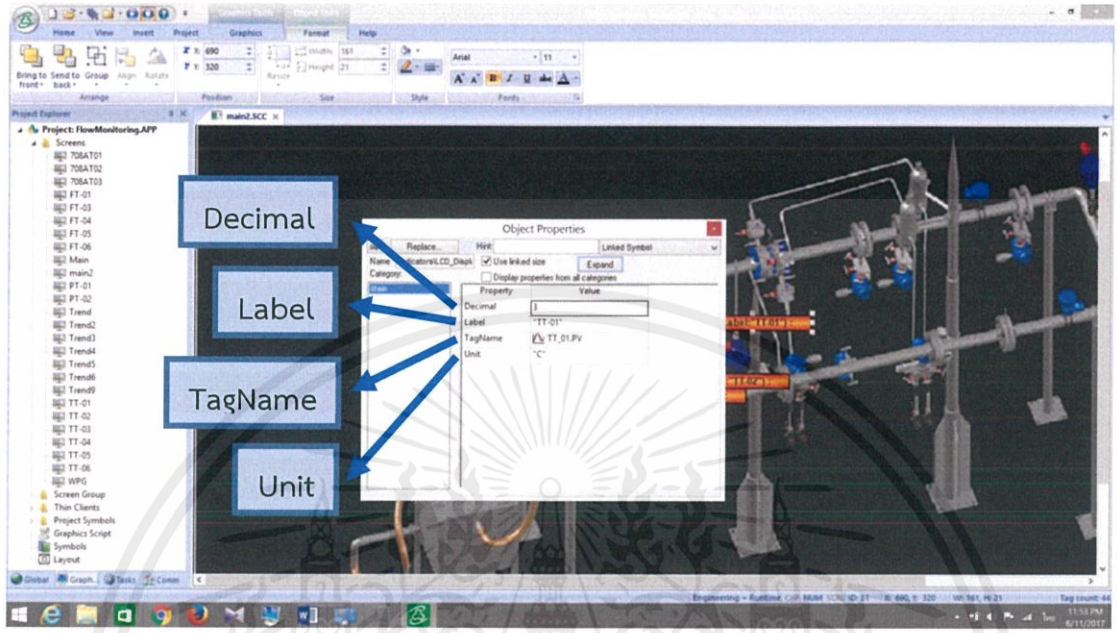
รูปที่ 3.52 จะเป็นรูปในส่วนของ Screen หลังจากที่กำหนดขนาดและใส่ภาพกระบวนการจำลองเป็นภาพพื้นหลังแล้ว



รูปที่ 3.53 เป็นรูปการสร้างกล่องแสดงผล

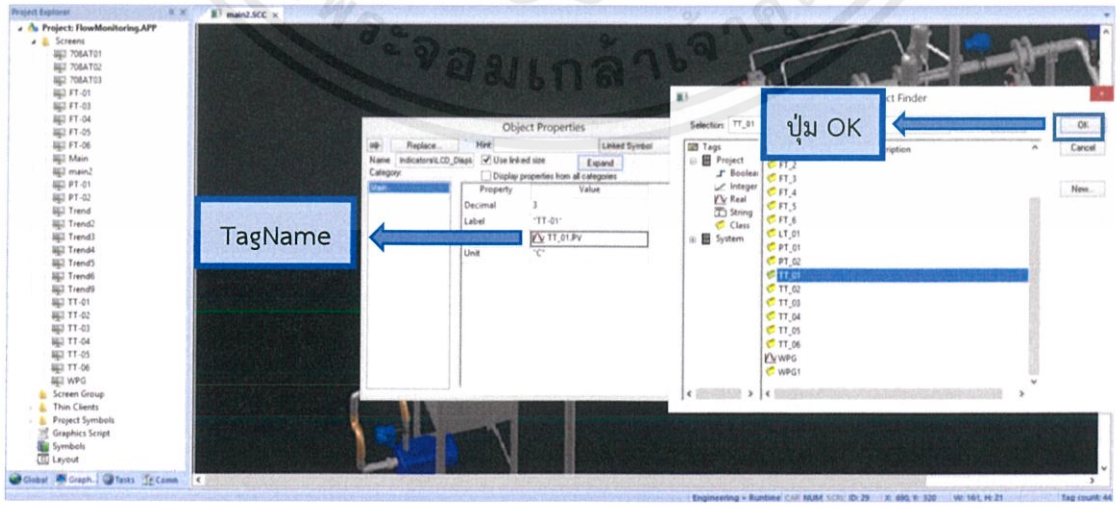
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.53 หลังจากที่มีรูปภาพแล้ว สิ่งที่ต้องทำต่อคือการสร้างกล่องแสดงผลเพื่อใช้ในการแสดงค่าที่ได้รับมาจากทรานสมิตเตอร์ โดยขั้นแรกคลิ๊กที่ Function Text Box บนบริเวณแถบเครื่องมือด้านบน จากนั้นนำมาลากเป็นกล่องตามขนาดที่ต้องการและในตำแหน่งในที่รูปต้องการ



รูปที่ 3.54 เป็นกำหนดค่าที่วัดได้ไปแสดงในกล่องแสดงผล

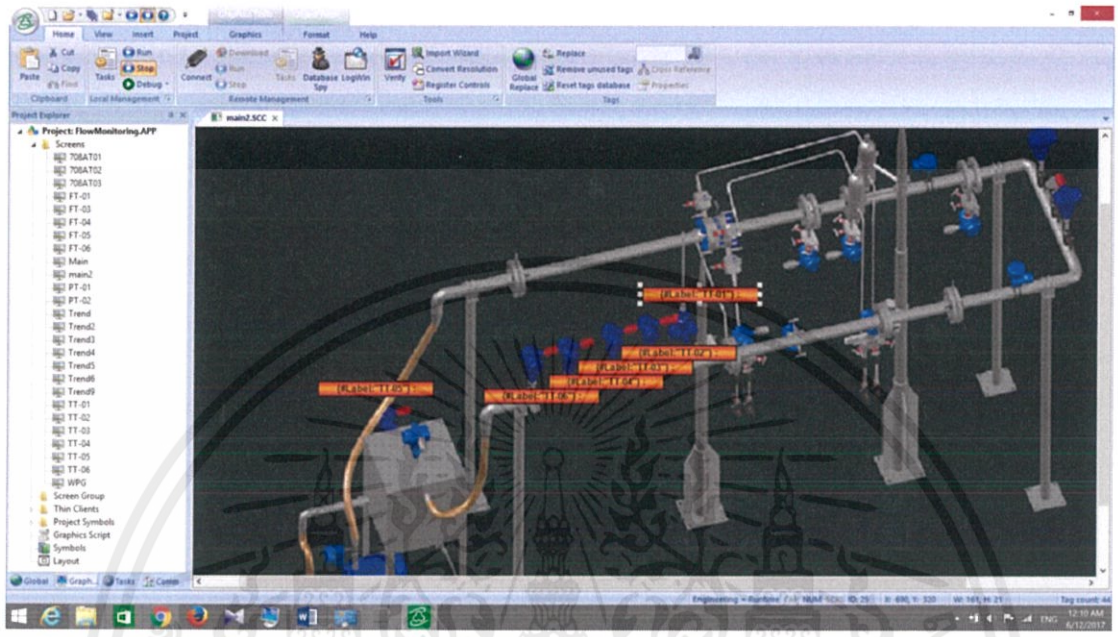
รูปที่ 3.54 หลังจากสร้างกล่องแสดงผลเสร็จแล้วเราต้องนำค่าที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์ มาแสดงในกล่องแสดงผลที่เราสร้างไว้ โดยการดับเบิ้ลคลิ๊กที่กล่องแสดงผล จะปรากฏหน้าต่าง Object Propoties ดังรูปที่ 3.54 โดยหน้าต่างนี้จะใช้กำหนดคุณลักษณะของกล่องแสดงผลโดยในช่อง Decimal คือจำนวนตำแหน่งของเลขทศนิยมที่ใช้แสดงในกล่องแสดงผล ช่อง Label คือชื่อของกล่องแสดง ช่อง TagName คือช่องที่ใช้กำหนดว่ากล่องแสดงผลตัวนี้จะแสดงค่าของ TagName ตัวไหน ช่อง Unit คือหน่วยของค่าที่แสดงในกล่องแสดงผล



รูปที่ 3.55 เป็นกำหนด TagName ใส่กล่องแสดงผล

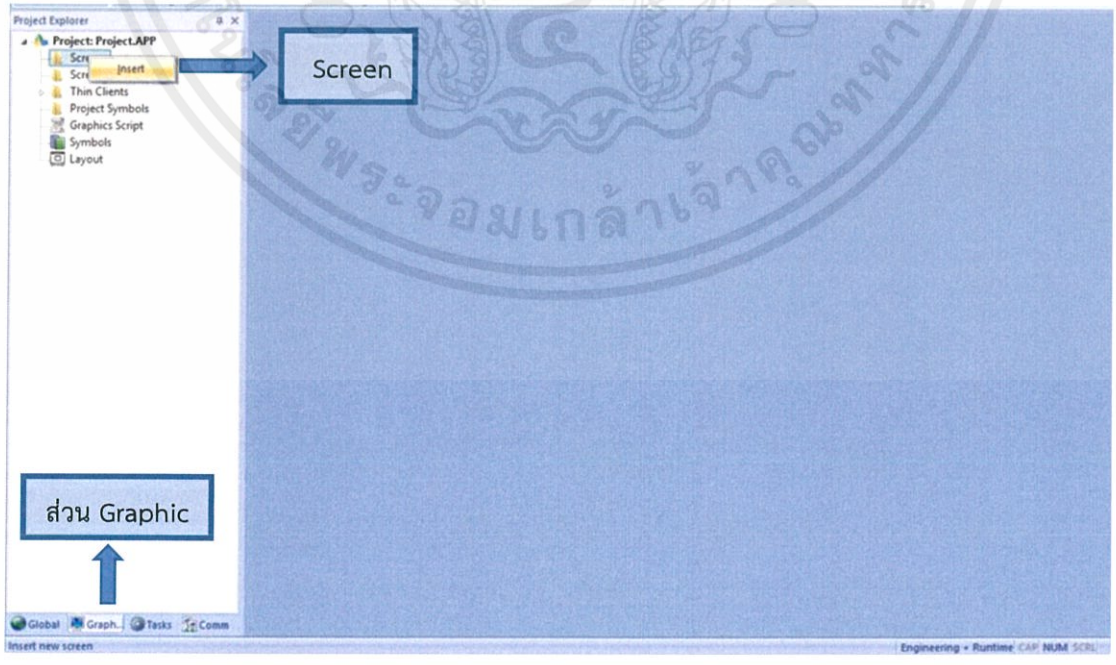
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.55 เป็นการกำหนด TagName ลงใน กล่องแสดงผล จากรูปดับเบิ้ลคลิ๊กที่หน้า TagName จะปรากฏหน้าต่าง Object Finder ขึ้นซึ่งมีรายชื่อของ TagName ที่เราทำการได้กำหนดในส่วน Communication จากนั้นคลิ๊กที่ค่าที่ต้องการหนึ่งครั้ง แล้วกดปุ่ม OK ค่าของ TagName จะถูกแสดงในกล่องแสดงผล



รูปที่ 3.56 รูปจอแสดงผลหลังจากใส่กล่องแสดงผล

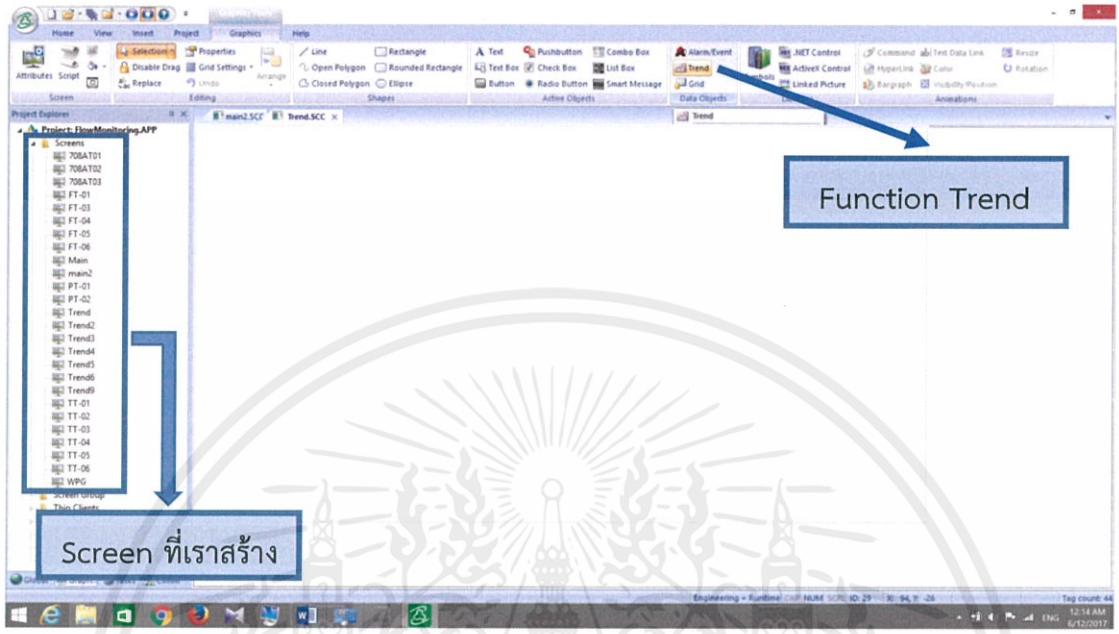
รูปที่ 3.56 เป็นรูปที่เราทำการสร้างกล่องแสดงผลครบแล้ว โดยที่กล่องแสดงผลสามารถแสดงค่าที่วัดได้จาก Transmitter และตำแหน่งของแต่ละกล่องก็จะสอดคล้องกับตำแหน่งของทรานสมิตเตอร์ ในตำแหน่งจริงๆของแบบจำลอง



รูปที่ 3.57 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend

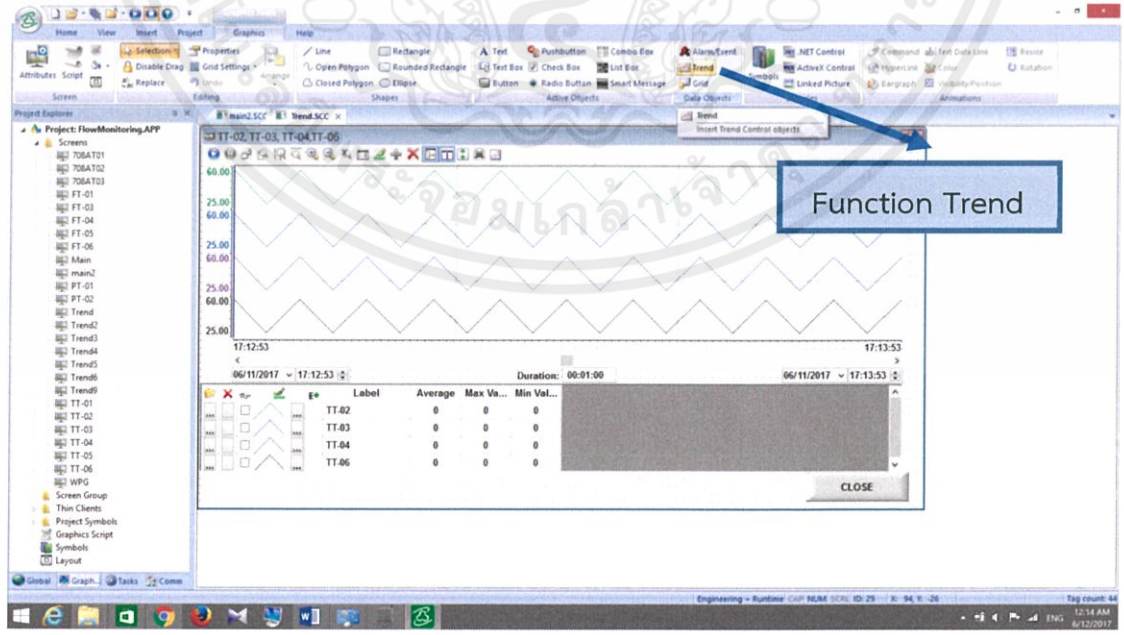
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.57 หลังจากเราสร้างกล่องแสดงผลในจอแสดงผลหลักเสร็จสิ้น เราต้องการสร้าง Trend เพื่อที่จะง่ายต่อการเปรียบเทียบค่าที่วัดได้ ขั้นตอนแรก ในการสร้าง Trend คือเพิ่ม Screen ใหม่อีกหนึ่ง Screen โดยคลิ๊กขวาที่คำว่า Screen บริเวณซ้ายมือของจอ จากนั้นกด Insert



รูปที่ 3.58 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend

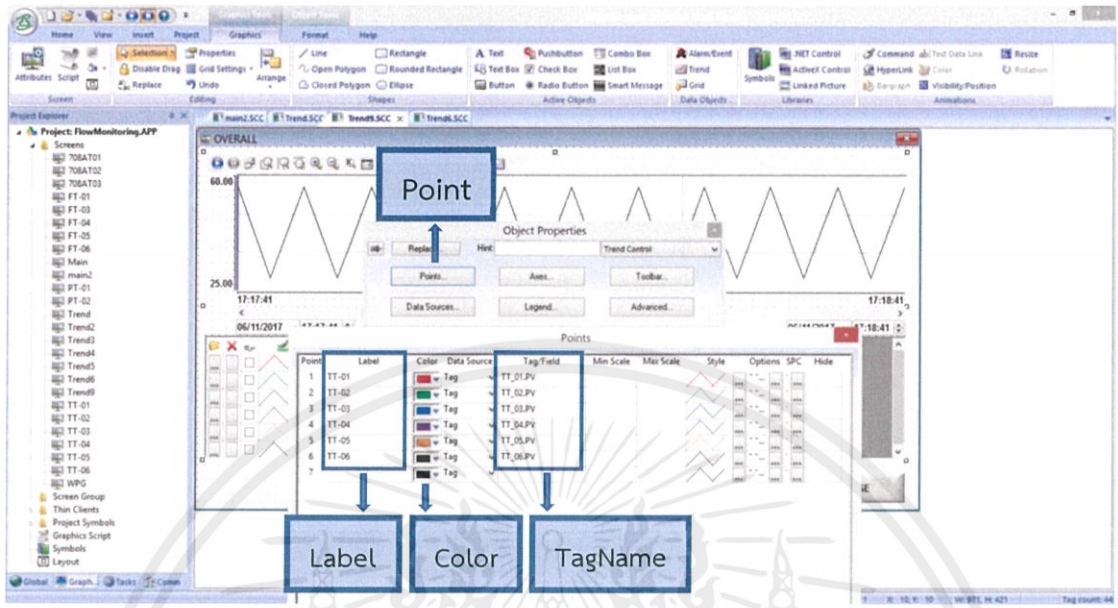
รูปที่ 3.58 หลังจากเราสร้าง Screen ใหม่ จะปรากฏหน้าจอขาวเปล่า โดยที่จำนวน Screen ที่เราสร้างจะปรากฏบนแถบข้างซ้ายของหน้าจอ จากนั้นคลิ๊กที่ Function Trend บนบริเวณแถบเครื่องมือบนหน้าจอ



รูปที่ 3.59 สร้าง Graphic แสดงผลรองรับในส่วนของ Trend

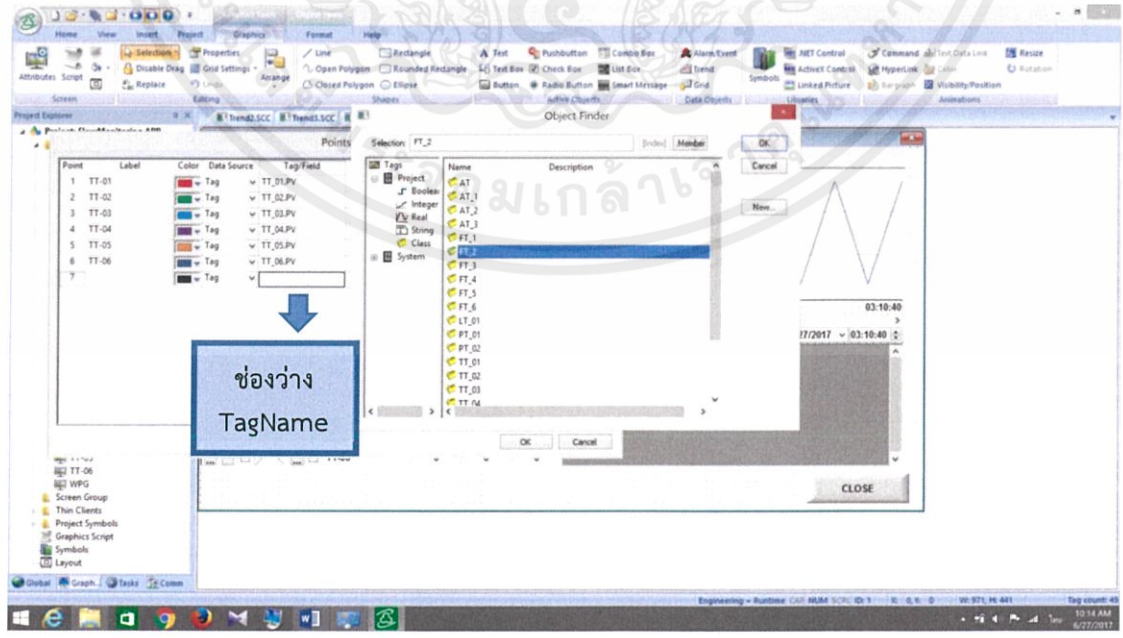
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.59 หลังจากคลิ๊กที่ปุ่ม Function Trend บนแถบเครื่องมือจากนั้นนำมาลากเป็นรูปสี่เหลี่ยม บนหน้าจอที่เราเพิ่งสร้างขึ้นใหม่จะปรากฏหน้าต่างของ Trend



รูปที่ 3.60 กำหนดค่าที่จะแสดงใน Trend

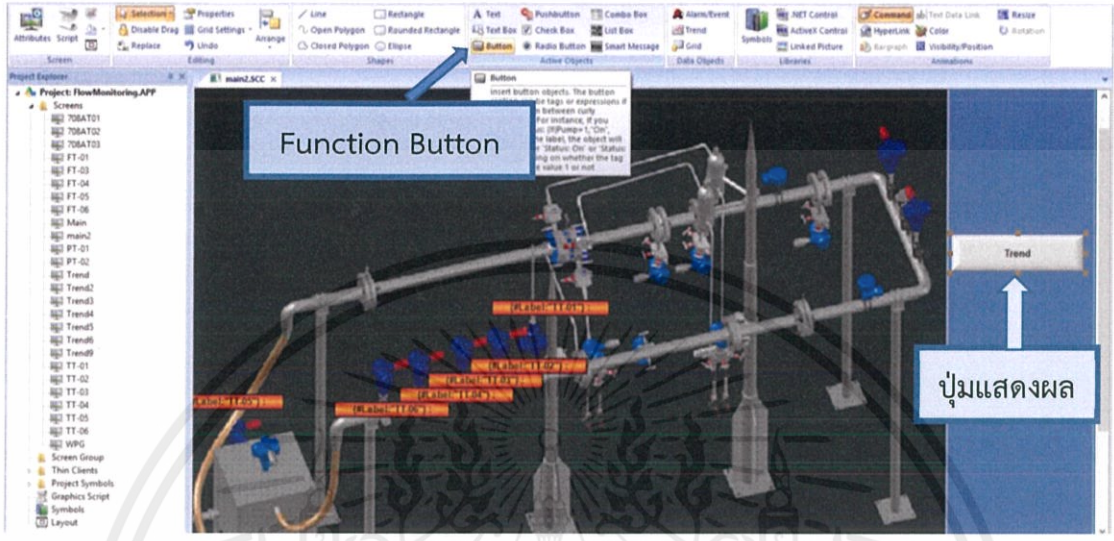
รูปที่ 3.60 เป็นการกำหนดค่าที่จะแสดงใน Trend โดย ดับเบิ้ลคลิ๊ก หน้าต่างของ Trend ที่เราแสดงเมื่อสักครู่ จะมีหน้าต่าง Object Properties ของ Trend ขึ้นมา จากนั้นคลิ๊กเข้าไปที่ ปุ่ม Point จะมีหน้าต่างของ Point ขึ้นมาอีกครั้ง โดยหน้าต่างของ Point จะสามารถกำหนดได้สามส่วน คือ Label คือชื่อของเส้นกราฟ Color คือ สีของกราฟ TagName คือเราจะนำค่าของ TagName ตัวไหนมาใส่ไว้ในเส้นกราฟ



รูปที่ 3.61 วิธีการนำค่าจาก TagName มาแสดงในกราฟ

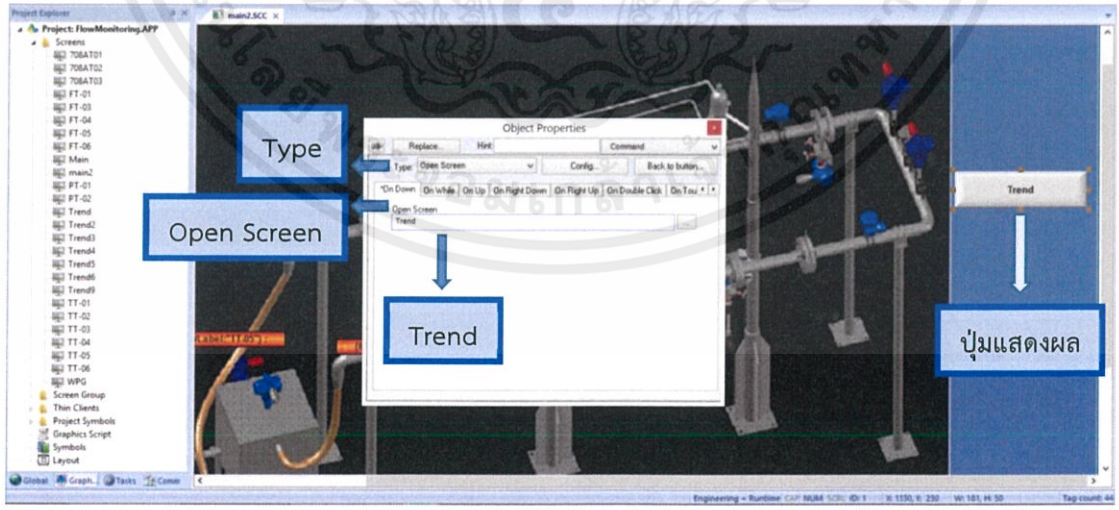
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.61 ในหน้าต่างของ Point ทำการดับเบิ้ลคลิ๊ก ที่ช่องว่างจากในตาราง TagName จะปรากฏหน้าต่าง Object Finder ขึ้นซึ่งมีรายชื่อของ TagName ที่เราทำการได้กำหนดในส่วน Communication จากนั้นคลิ๊กที่ค่าที่ต้องการหนึ่งครั้ง แล้วกดปุ่ม OK ค่าของ TagName จะถูกแสดงใน Trend ตามที่เรากำหนด



รูปที่ 3.62 สร้างปุ่มเพื่อที่จะสามารถเปิด Screen Trend จากหน้าแสดงผลหลัก

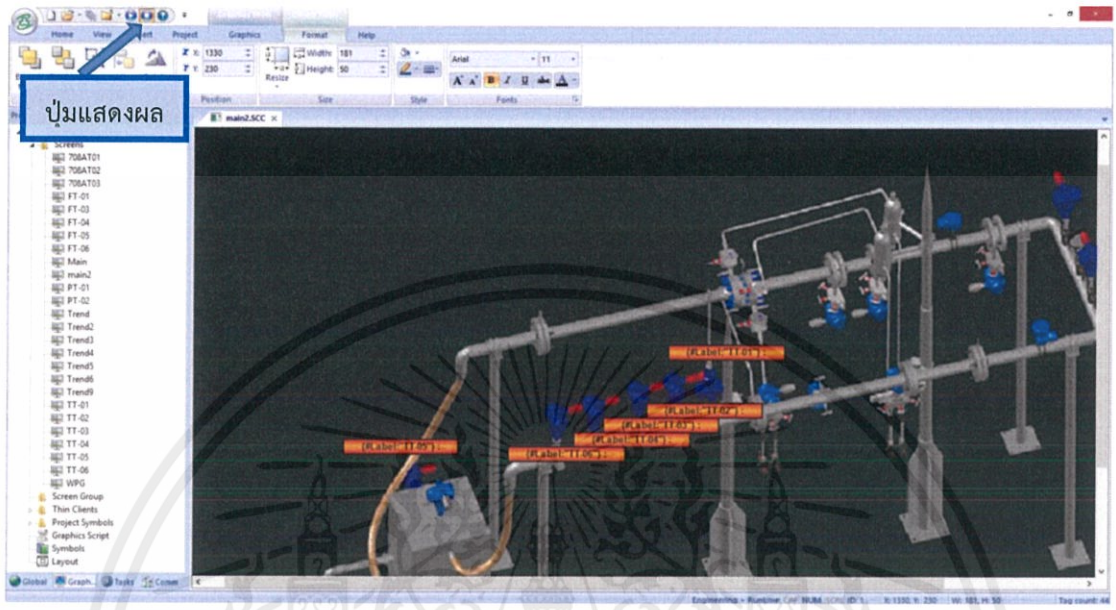
รูปที่ 3.62 หน้าแสดงผลหลักจะเป็นหน้าที่แสดงผลของการวัดอุณหภูมิที่ได้ ผ่านกล่องแสดงผล แต่เราต้องการที่จะแสดงผลเป็น Trend ด้วยจึงจำเป็นต้องมีปุ่มที่ใช้เป็นคนสั่งเพื่อเปิดในส่วนของตาราง Trend ขึ้นมา โดยดับเบิ้ลคลิ๊กที่ Function Button บริเวณแถบเครื่องมือด้านของบนหน้าจอจากนั้นนำมาลากเป็นสี่เหลี่ยมในตำแหน่งที่ต้องการและขนาดที่ต้องการ



รูปที่ 3.63 สร้างคำสั่งของปุ่ม (Button)

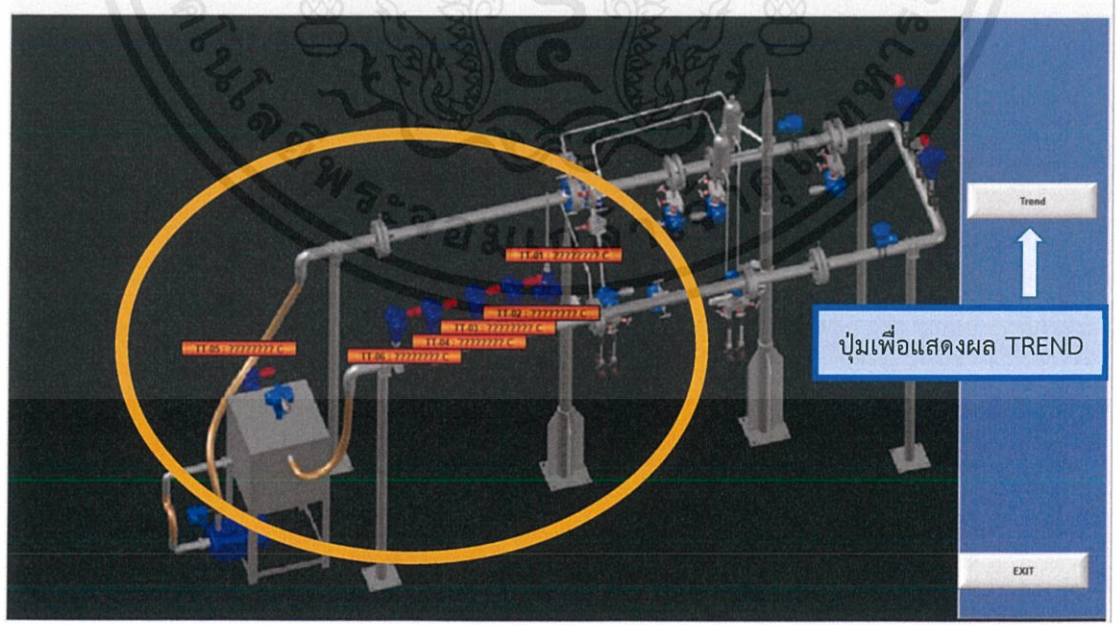
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.63 ดับเบิ้ลคลิ๊กปุ่มที่สร้างขึ้นมา เปลี่ยนคำสั่งที่ Type ให้เป็น Open Screen และในหน้าคำสั่ง Open Screen ให้ใส่ว่า Trend หรือหมายถึงเป็นการสร้างปุ่มให้มีคำสั่งเปิด Screen ซึ่งที่จะเปิดก็คือ Screen Trend นั่นเอง



รูปที่ 3.64 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม

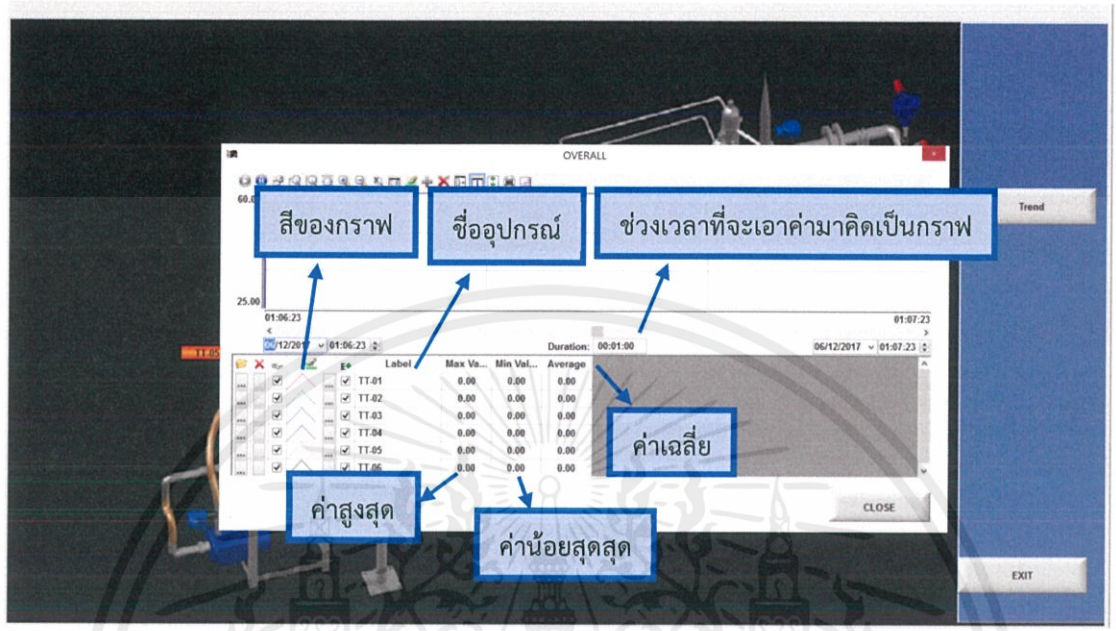
รูปที่ 3.64 ทำการเปิดในหน้าของการแสดงผลโดยการคลิ๊กไปที่ปุ่มแสดงผล จากรูปเพื่อทำการเริ่ม Monitoring



รูปที่ 3.65 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม (Monitoring)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.65 เป็นรูปตัวอย่างการแสดงผลโดยในวงกลมจะเป็นการ Monitoring โดยค่าที่ส่งมาจากทรานสมิตเตอร์ที่วัดได้จะแสดงในกล่องแสดงผลสีส้มที่เราสร้างขึ้น และปุ่มทางขวาคือปุ่มที่กดเพื่อแสดงผลเป็นค่า Trend ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 3.66 ตัวอย่างการแสดงผลของโปรแกรม (Monitoring)

รูปที่ 3.66 เป็นรูปตัวอย่างการแสดงผลโดยในวงกลมจะเป็นการ Monitoring โดยค่าที่ส่งมาจากทรานสมิตเตอร์ที่วัดได้จะแสดงในกล่องแสดงผลสีส้มที่เราสร้างขึ้น และปุ่มทางขวาคือปุ่มที่กดเพื่อแสดงผลเป็นค่า Trend ที่สร้างขึ้น โดยชื่อที่ใช้แทนอุปกรณ์คือ TT-01 คืออุณหภูมิแวดล้อม TT-02 และ TT-03 คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิแบบสัมผัสของเหลวโดยตรง (T-well) TT-04 คืออุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบ Clamp Sensor TT-05 อุณหภูมิภายในถัง และ TT-06 อุณหภูมิที่ใช้เทคโนโลยี X-well

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดสอบการวัดอุณหภูมิในกระบวนการ

จุดประสงค์การทดลอง เพื่อทดสอบการทำงานชุดทดลองรวมถึงความสามารถในการวัดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและการแสดงผลของโปรแกรมสกาดา

4.1.1 การทดลองครั้งที่ 1

ก่อนเริ่มการทดลอง ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้ส่งข้อมูลมายังโปรแกรมสกาดา เพื่อเตรียมพร้อมในการบันทึกผลการทดลอง และทำการปรับอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส และไม่มีการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อม โดยทรานสมิตเตอร์ที่วัดอุณหภูมิจากภายนอกท่อไม่มีการหุ้มฉนวน จากนั้นเริ่มเปิดการทำงานของปั๊มน้ำและเปิดการทำงานของฮีตเตอร์โดยมีอุปกรณ์ Thermostat เป็นตัวตัดไฟฟ้าเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนด เป็นการทำงานแบบ ON-OFF โดยอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิอ้างอิงจะอยู่บริเวณที่ถังโดยมีระยะทาง 4 เมตร จากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

ค่าความคลาดเคลื่อน สามารถหาได้จากสมการ

$$\%\,Error = \frac{\text{ค่าอ้างอิง} - \text{ค่าที่ได้จากการวัด}}{\text{ค่าอ้างอิง}} \times 100 \qquad (4.1)$$

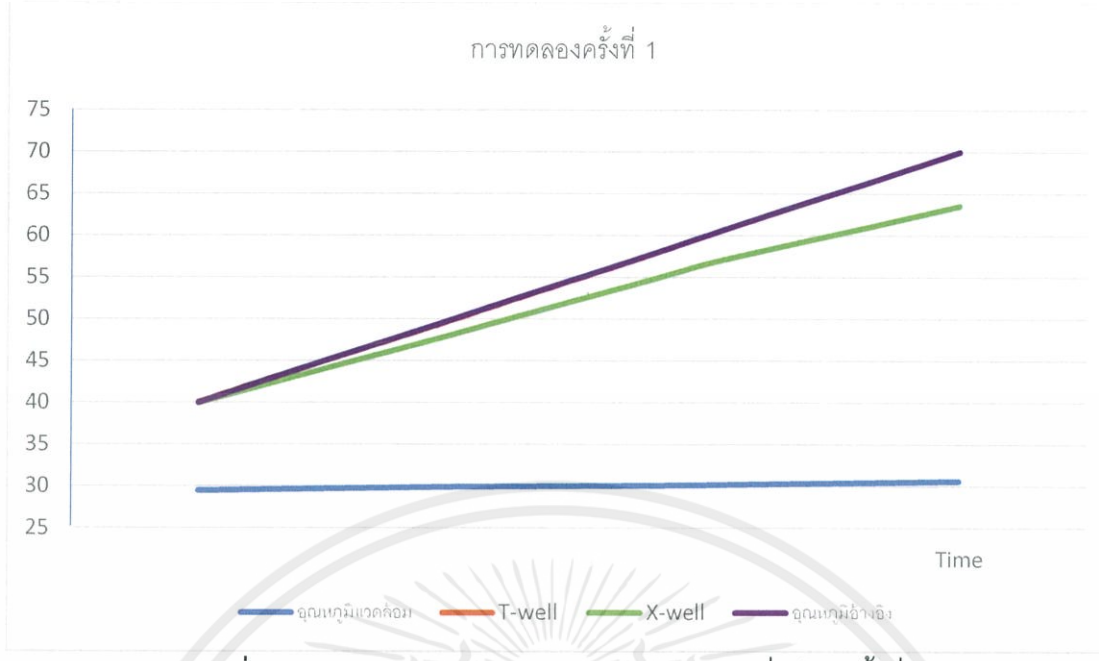
ผลที่ได้ออกมาดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองครั้งที่ 1

อุณหภูมิอ้างอิง (°C) (TT-05)	อุณหภูมิแวดล้อม (°C) (TT-01)	อุณหภูมิจากการวัดโดยการสัมผัสของเหลวภายในท่อ T-well (°C) (TT-02)	อุณหภูมิจากการวัดโดยไม่สัมผัสของเหลวภายในท่อ X-well (°C) (TT-06)	ค่า Error T-Well (%)	ค่า Error X-well (%)
40	29.47	40.03	39.89	0.075	0.275
50	29.89	49.94	48.13	0.120	3.740
60	30.12	60.01	56.57	0.016	5.716
70	30.61	69.96	63.51	0.057	9.271

จากตารางที่ 4.1 พบว่าเมื่อเริ่มต้นการวัดอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอ้างอิง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการวัดค่าอุณหภูมิของ T-well ยังคงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอ้างอิง แต่การวัดค่าอุณหภูมิของ X-well มีแนวโน้มในการค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องมาจากไม่มีการหุ้มฉนวน ทำให้การวัดอุณหภูมิผิวท่อมีความคลาดเคลื่อนไป โดยค่าจากการทดลองสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 1

4.1.2 การทดลองครั้งที่ 2

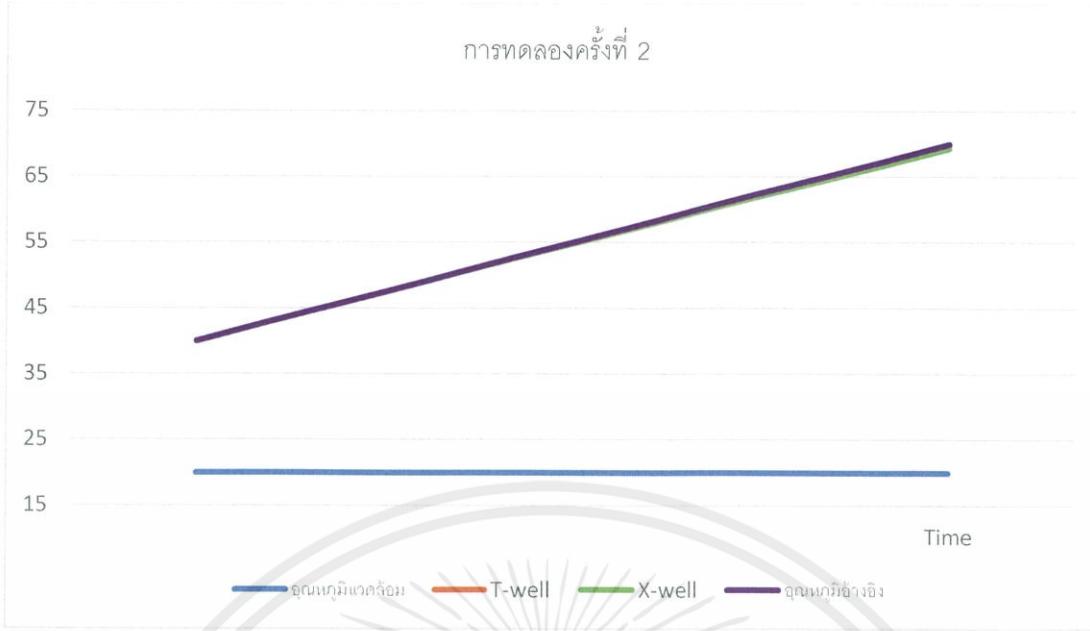
ก่อนเริ่มการทดลอง ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้ส่งข้อมูลมายังโปรแกรมสกาดา เพื่อเตรียมพร้อมในการบันทึกผลการทดลอง และทำการปรับอุณหภูมิของน้ำอยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส และทำการเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส โดยทรานสมิตเตอร์ที่วัดอุณหภูมิจากผิวท่อมีการหุ้มฉนวนหนา 1.5 นิ้ว ยาว 12 นิ้ว จากนั้นเริ่มเปิดการทำงานของปั๊มน้ำ จึงเริ่มเปิดการทำงานของฮีตเตอร์ ผลที่ได้ออกมาดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การทดลองครั้งที่ 2

อุณหภูมิอ้างอิง (°C) (TT-05)	อุณหภูมิแวดล้อม (°C) (TT-01)	อุณหภูมิจากการวัดโดยการสัมผัสของเหลวภายในท่อ T-well (°C) (TT-02)	อุณหภูมิจากการวัดโดยไม่สัมผัสของเหลวภายในท่อ X-well (°C) (TT-06)	ค่า Error T-Well (%)	ค่า Error X-well (%)
40	20.25	39.95	39.92	0.125	0.200
50	20.13	49.89	49.83	0.220	0.340
60	20.11	59.82	59.65	0.300	0.583
70	20.20	69.85	69.34	0.214	0.942

จากตารางที่ 4.2 หลังจากทำการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อมไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส และทำการหุ้มฉนวนให้กับ X-well พบว่าเมื่อเริ่มต้นการวัดอุณหภูมิ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอ้างอิง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นการวัดค่าอุณหภูมิของ T-well และ X-well ยังคงใกล้เคียงกับอุณหภูมิอ้างอิง เนื่องมาจากการหุ้มฉนวนให้กับ X-well ทำให้อุณหภูมิแวดล้อมไม่มีผลรบกวนการวัดอุณหภูมิน้ำภายในท่อ โดยค่าจากการทดลองสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟได้ดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 2

4.1.3 การทดลองครั้งที่ 3

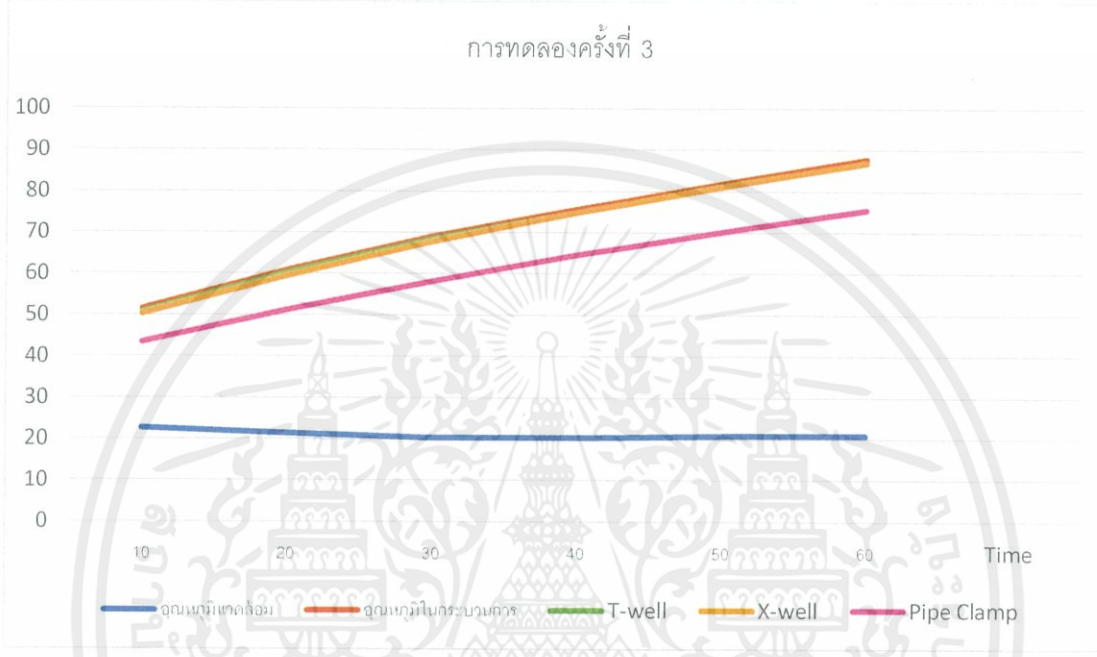
ก่อนเริ่มการทดลอง ทำการเพิ่มอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ คือ Pipe Clamp เป็นการวัดอุณหภูมิที่ผิวท่อ เพื่อเพิ่มข้อมูลในการวัดเกี่ยวกับอุณหภูมิของผิวท่อและเป็นการเปรียบเทียบกับ X-well เพราะอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีลักษณะการติดตั้งที่เหมือนกัน ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ให้ส่งข้อมูลมายังโปรแกรมสกาดา เพื่อเตรียมพร้อมในการบันทึกผลการทดลอง อุณหภูมิของน้ำให้ใกล้เคียง 40 องศาเซลเซียส โดยใช้ Thermostat เป็นตัวตัดไฟฟ้าเมื่อถึงอุณหภูมิที่กำหนด และทำการเปิดเครื่องปรับอากาศให้อุณหภูมิแวดล้อมใกล้เคียง 25 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศลงเรื่อยๆจนถึง 20 องศาเซลเซียส เพื่อสังเกตผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิแวดล้อมเปลี่ยนแปลง ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำในกระบวนการมีการเพิ่มขึ้น จับเวลาเพื่อทำการวัดทุกๆ 10 นาที เพื่อเก็บข้อมูลผลการวัด ผลที่ได้ออกมาดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การทดลองครั้งที่ 3

เวลา (นาที)	อุณหภูมิกระบวนการ (°C) (TT-05)	อุณหภูมิแวดล้อม (°C) (TT-01)	อุณหภูมิจากการวัดโดยการสัมผัสของเหลวภายในท่อ T-well (°C) (TT-02)	อุณหภูมิจากการวัดโดยไม่สัมผัสของเหลวภายในท่อ X-well (°C) (TT-06)	อุณหภูมิ Pipe Clamp (°C) (TT-04)
0	39.95	25.24	39.13	39.28	34.94
10	51.56	22.61	50.79	50.21	43.38
20	60.88	21.43	60.14	59.38	51.17
30	69.07	20.29	68.38	67.77	58.24
40	75.54	20.31	74.82	74.89	64.52
50	81.75	20.71	81.15	81.07	70.16
60	87.70	20.83	86.82	86.99	75.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.3 หลังจากทำการเปิดเครื่องปรับอากาศให้อุณหภูมิแวดล้อมใกล้เคียง 25 องศาเซลเซียส จากนั้นลดอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศลงเรื่อยๆจนถึง 20 องศาเซลเซียส จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิแวดล้อมไม่คงที่ส่งผลกระทบน้อยมาก สำหรับความไวและความแม่นยำในการวัดของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิด T-well กับ X-well แต่การวัดอุณหภูมิด้วย Pipe Clamp และ X-well จะมีลักษณะการติดตั้งที่เหมือนกัน แต่ให้ผลลัพธ์แตกต่างกัน โดยค่าจากการทดลองสามารถนำมาสร้างเป็นกราฟได้ดังรูปต่อไปนี้

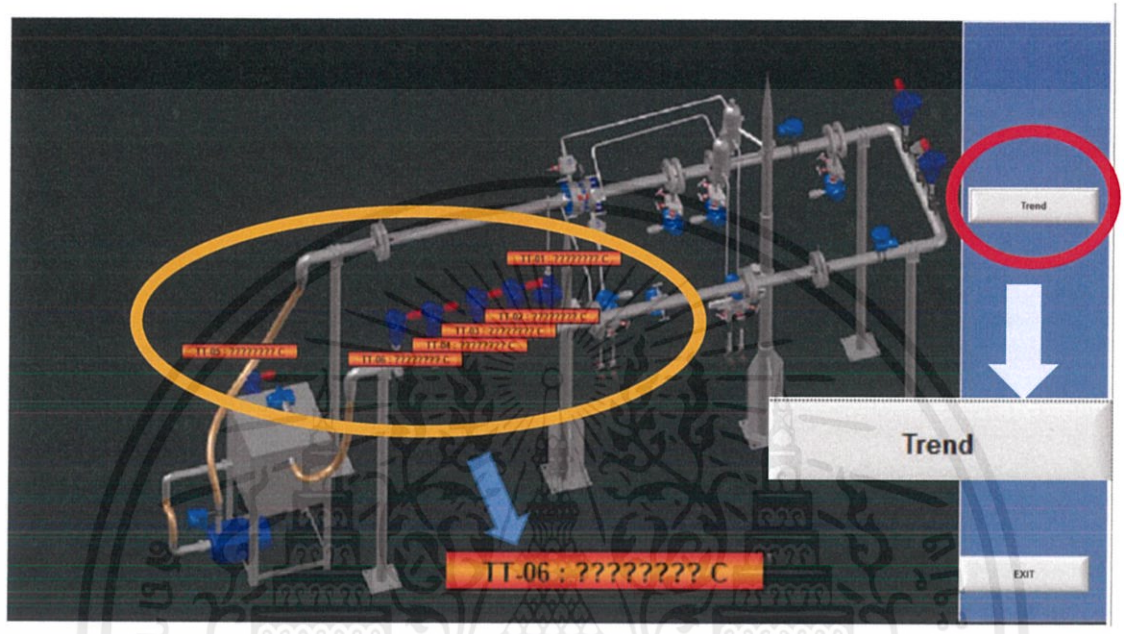


รูปที่ 4.3 กราฟจากการทดลองระหว่างค่าอุณหภูมิที่วัดได้ ครั้งที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการแสดงผลผ่านระบบสกาดา

การแสดงผลผ่านโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio 8.0 สามารถทำงานได้และสามารถเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมตามที่ต้องการ การแสดงผลเป็นแบบขณะทำงานจริง และสามารถดูผลย้อนหลังได้ โดยค่าที่แสดงผ่านโปรแกรมจะเป็นค่าแบบ Real-Time และ Function อื่นๆในการแสดงผลเช่น การแสดงผลเป็น Trend เพื่อที่จะง่ายต่อการเปรียบเทียบผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 แสดงผลของกระบวนการขณะทำงานจริง

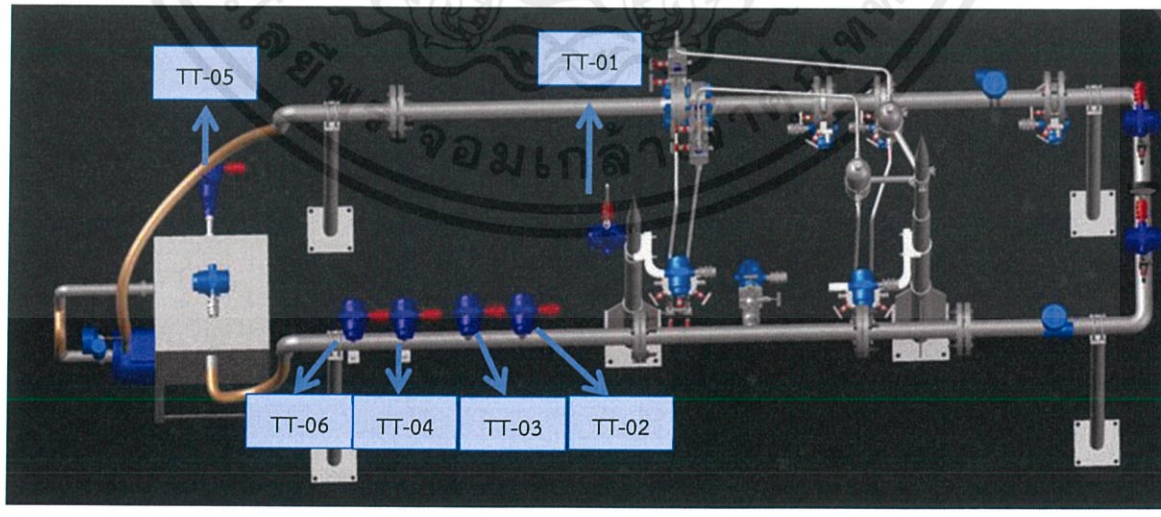
รูปที่ 4.4 ในวงกลมสีเหลือง คือการแสดงผลของโปรแกรม โดยจะแสดงค่าอุณหภูมิของอุปกรณ์แต่ละตัวในกล่องแสดงผลสีส้มที่ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรม โดยตำแหน่งของทรานสมิเตอร์จะอ้างอิงจากตำแหน่งจริงที่ถูกเขียนผ่านโปรแกรม AutoCAD ส่วนวงกลมสีแดงจะเป็นปุ่ม (Button) ทำหน้าที่แสดงผลในรูปแบบ Trend หากมีการกดเลือกเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 การแสดงผลส่วน Trend

รูปที่ 4.5 เป็นการแสดงผลใน Screen ของ Trend ในการทดลองที่3 โดยเราเลือกได้ว่าจะนำค่าใด มาใส่ Trend เพื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์แต่ละตัว เมื่อกดปุ่ม (Button) ที่บริเวณวงกลมสีแดง (จากรูปที่ 4.5) โดยตารางในวงกลมสีม่วงจะเป็นตารางแสดงข้อมูลของ Trend โดยที่

TT-01 (อุณหภูมิแวดล้อม)	มีเส้นกราฟเป็นสีแดง
TT-02 (T-well)	มีเส้นกราฟเป็นสีเขียว
TT-03 (T-well)	มีเส้นกราฟเป็นสีฟ้า
TT-04 (Pipe Clamp Sensor)	มีเส้นกราฟเป็นสีม่วง
TT-05 (อุณหภูมิของน้ำภายในถัง)	มีเส้นกราฟเป็นเหลือง
TT-06 (X-well)	มีเส้นกราฟเป็นสีดำ



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการดำเนินการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ 2 แบบ คือ แบบแรกคืออุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง (T-well) และแบบที่สองคือ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ (X-well) โดยได้ออกแบบการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิของทั้งสองแบบมา 3 การทดลอง เพื่อที่จะจำลองสถานการณ์การเพิ่มขึ้นและลดลงของอุณหภูมิกระบวนการและอุณหภูมิโดยรอบในกรณีที่แตกต่างกัน จึงได้ผลการทดลองโดยสรุปว่า อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง (T-well) มีความแม่นยำกว่าอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับกระบวนการ (X-well) โดยมีความแม่นยำแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งในบางการทดลอง เช่น การทดลองที่ 3 โดยการทดลองนั้นมีการควบคุมอุณหภูมิแวดล้อม กำหนดให้เริ่มต้นที่ 25 องศาเซลเซียส แล้วลดอุณหภูมิลงเรื่อยๆ และควบคุมอุณหภูมิของน้ำ โดยเริ่มต้นที่ 40 องศาเซลเซียส แล้วเพิ่มอุณหภูมิขึ้นเรื่อยๆ แล้วจับเวลาในการวัดอุณหภูมิในทุกๆ 10 นาที ผลการทดลองคือในช่วงย่านการวัดที่อุณหภูมิสูงๆ อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสกับกระบวนการ (X-well) จะมีความแม่นยำกว่าอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง (T-well) เพราะเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากๆเพราะการสัมผัสโดยตรงอาจจะทำให้อุปกรณ์การวัดได้รับผลกระทบจากความร้อนเกิดความเสียหายหรือประสิทธิภาพได้แต่ถ้าเป็นอุปกรณ์การวัดที่ไม่สัมผัสจะทำให้การเกิดความเสียหายอาจจะมีน้อยกว่าอีกทั้งในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้นมากๆอุณหภูมิอากาศรอบอุปกรณ์การวัดจะสูงขึ้นทำให้อุปกรณ์การวัดได้รับผลจากอุณหภูมินั้นด้วยแต่ในกรณีกระบวนการวัดแบบไม่สัมผัสกระบวนการ (X-Well)จะมีฉนวนหุ้มทำให้อุณหภูมิโดยรอบนั้นไม่มีผลกระทบต่ออุปกรณ์วัดมากนักอีกทั้ง X-Well นั้นได้นำอุณหภูมิภายนอกมาคำนวนในสูตรอยู่แล้วทำให้อุณหภูมิรอบโดยรอบจึงไม่ส่งผลกระทบ สรุปผลการทดลองก็คือ ทั้งอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง (T-well) และอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ (X-well) ทั้ง 2 ชนิด สามารถใช้วัดอุณหภูมิในกระบวนการได้เหมือนกัน โดยมีความแม่นยำที่ใกล้เคียงกันมาก แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบของกระบวนการต่างๆที่เราต้องการวัดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับกระบวนการ เช่น กระบวนการที่ไม่มีซับซ้อน ติดตั้งอุปกรณ์ได้ง่าย ต้องการความแม่นยำที่สูง ก็สามารถใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัสกับกระบวนการโดยตรง (T-well) และกระบวนการที่ซับซ้อน ติดตั้งอุปกรณ์ได้ยาก สามารถใช้อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ (X-well) แทนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

ในการติดตั้งอุปกรณ์แต่ละตัวนั้น มีการติดตั้งที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้เหมาะสมกับการวัดค่าต่างๆ นักศึกษาจึงต้องศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์ หลักการติดตั้งที่ถูกต้อง เนื่องจากยังไม่ชำนาญในการใช้อุปกรณ์ HART 475 ทำให้มีการตั้งค่าผิดพลาดในบางขั้นตอน ทำให้ทรานสมิตเตอร์ไม่สามารถส่งค่าที่ต้องการวัดได้ตามที่ต้องการ จึงต้องทำการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำปรึกษาและแนวทางแก้ไข

หลังจากการติดตั้งอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนการทดลองพบปัญหาที่เกิดจากการรั่วไหลของน้ำในบางจุด แก้ไขโดยการใช้เทปพันเกลียวและขันให้แน่นขึ้น ในการทดลองอุณหภูมิของน้ำที่มีค่าสูงจะใช้เวลานานในการกลับสู่อุณหภูมิปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Rosemount. 2011. **Comprehensive Product Catalog.** USA: EMERSON Process Management.

[2] RomillyBowden, 2007. **HART Field Communications Protocol.** USA: HARTcommunication foundation

[3] Rosemount. 2011. **Instrument Toolkit.** USA: EMERSON Process Management.

[4] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์, ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค และศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector, RTD) สืบค้นจาก http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4260/rtd-%E0%B8%AD%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B9%8C%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B8%94%E0%B8%B5

[5] หลักการและทฤษฎีของระบบ SCADA สืบค้นจาก http://www.research-system.siam.edu/images/coop/INSTALLATION_OF_SCADA_SYSTEM_BTS_GREEN_LINE_EXTENSION_TAKSIN-PHET_KASEM/5_%E0%B8%9 A%E0%B8%97%E0%B8%97_2.pdf สืบค้นจาก http://www.binaryadvance.com/SCADA.html สืบค้นจาก https://riverplusblog.com/tag/%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%9A%E0% B8%9A-scada/

[6] ทวิช ชูเมือง, "Industrial Instrumentation Engineering and Design Part II: Instrument Engineering and Selection, Chapter 7 Temperature instrument," บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, 2549.

[7] ดร.เจษฎา สุขพิทักษ์. 2012. อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองเรื่อง การวัดอุณหภูมิของกระบวนการผ่านการสื่อสาร WIRELESSHART

1. วัตถุประสงค์

1.1 เพื่อศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิในแบบต่างๆ

1.2 เพื่อศึกษาการวัดอุณหภูมิและการส่งสัญญาณ WirelessHART

1.3 เพื่อศึกษาการใช้งานโปรแกรม (Wonderware InduSoft) ในการ Monitoring

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

2.1 ชุดทดลองในการวัดอุณหภูมิกระบวนการสื่อสารแบบ WirelessHART

2.2 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบ Resistance Temperature Detector (RTD)

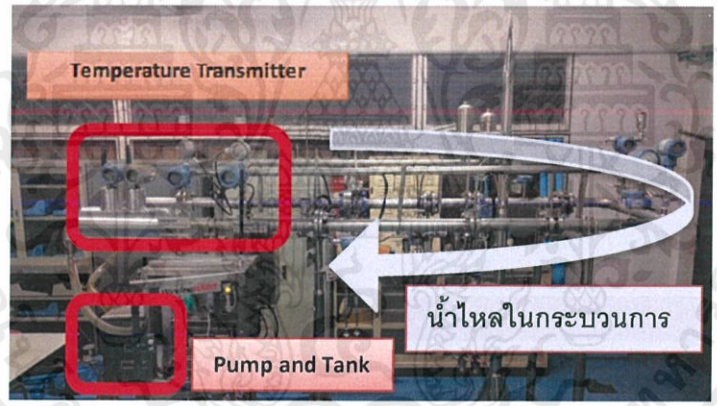
2.3 อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิแบบ Rosemount 0085 Pipe Clamp Sensor

2.4 Rosemount 3144P Temperature Transmitter

2.5 Rosemount 648 Wireless Temperature Transmitter

2.6 HART 475

2.7 คอมพิวเตอร์ที่มี License โปรแกรม Wonderware InduSoft



รูปที่ 1 ชุดทดลองการวัดอุณหภูมิกระบวนการสื่อสารแบบ WirelessHART

3. ทฤษฎี

การวัดอุณหภูมิถือว่ามีความสำคัญ ซึ่งจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน รวมไปถึงปัจจัยต่างๆ ทำให้มักจะเกิดปัญหาตามมา ทำให้ไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการทำงานนั้นได้ จากปัจจัยดังกล่าวทำให้จำเป็นต้องเรียนรู้หลักการทำงานพื้นฐานของอุปกรณ์ เพื่อทำความรู้จักกับอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ และทำการเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจะช่วยให้การทำงานในกระบวนการเป็นไปได้อย่างราบรื่น รวมไปถึงทำให้การทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ใช้กันมักจะเป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนเป็นพลังงานทางไฟฟ้า

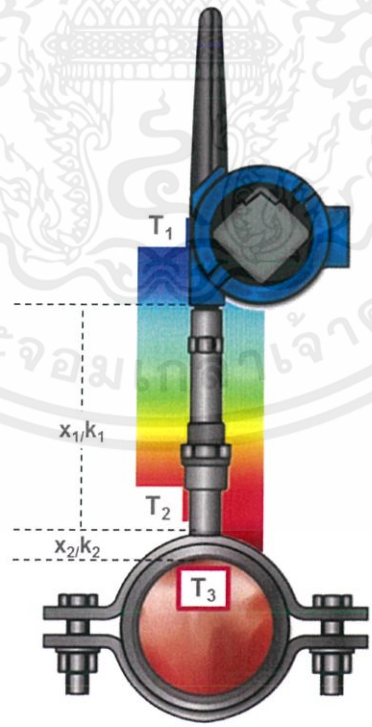
ปัจจุบันมีอุปกรณ์การวัดที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมนั่นคือ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิโดยความต้านทานเปลี่ยนแปลง (Resistance Temperature Detector, RTD) คือตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้ เรียกว่า “สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก” (Positive Temperature Coefficient, PTC) นอกจากนี้ RTD ยังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า “เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน”(Resistance Temperatures Detector)

รูปที่ 2 Resistance Temperature Detector (RTD)

แต่ได้การคิดเทคโนโลยีใหม่นั่นคือ การวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัสกับกระบวนการ (Rosemount X-well) เป็นการวัดอุณหภูมิที่ไม่สัมผัสกับของไหลในกระบวนการ อาศัยหลักการนำความร้อน จะทำการการวัดอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสท่อที่มีของไหลไหลอยู่ภายใน โดยอุณหภูมิที่ต้องการทราบค่าเกิดจากการคำนวณจากอุณหภูมิที่ผิวสัมผัสท่อกับอุณหภูมิโดยรอบ อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิในกระบวนการจากเทคโนโลยี Rosemount X-well



รูปที่ 3 Rosemount X-well Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q = \frac{(T_1 - T_2)}{(\frac{X_1}{k_1})} \text{ และ } q = \frac{(T_2 - T_3)}{(\frac{X_2}{k_2})}$$

$$T_3 = T_2 + \frac{(T_2 - T_1)(\frac{X_2}{k_2})}{(\frac{X_1}{k_1})}$$

เมื่อ q = ปริมาณความร้อนต่อหน่วยพื้นที่

T_1 = อุณหภูมิแวดล้อม

X_1 = ระยะทางของชุดเซนเซอร์

k_1 = การนำความร้อนของชุดเซนเซอร์

T_2 = อุณหภูมิพื้นผิวท่อ

X_2 = ความหนาของท่อ

k_2 = การนำความร้อนของท่อ

T_3 = อุณหภูมิของกระบวนการ

การวัดอุณหภูมิที่เที่ยงตรงและความสามารถในการวัด เทอร์โมเวล (T-well) เป็นวิธีวัดอุณหภูมิที่ใช้อย่างแพร่หลายที่สุด เนื่องด้วยการออกแบบต้องคำนึงถึง รูปทรงเรียวยาวและวัสดุที่ใช้ นอกจากนี้ยังต้องมีการคำนวณที่ซับซ้อนจากการสั่นของเทอร์โมเวลล์ เพื่อเป็นหลักประกันว่าจะไม่มีข้อผิดพลาดระหว่างการใช้งาน เทอร์โมเวลมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งที่สูง โดยมีการตัดและการเชื่อมท่อ ทั้งยังเกิดภาวะเสี่ยงต่อการรั่วไหล ในระหว่างกรใช้งาน เทอร์โมเวลอยู่ในสภาวะที่อาจเกิดการผุกร่อน การขัดสีและการหักงอจากของเหลวที่ไหลอยู่โดยรอบ ซึ่งนำไปสู่ความเป็นไปได้ว่าเทอร์โมเวลจะเกิดข้อผิดพลาด เทคโนโลยี Rosemount X-well ขจัดความเสี่ยงจากส่วนประกอบของเทอร์โมเวลที่อาจเกิดการแตกหักได้จากขั้นตอนการทำงาน ไม่ต้องคำนึงถึงการรั่วไหลตามรอยต่อระหว่างอุปกรณ์และท่อ จึงเป็นการวัดอุณหภูมิที่เรียบง่ายและคุ้มค่ากว่า

การวัดอุณหภูมิพื้นผิวด้วยหลักการนี้ ช่วยหลีกเลี่ยงการติดตั้งและรูปแบบที่ซับซ้อนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับเทอร์โมเวล (Thermowell) เทคโนโลยี Rosemount X-well มีสิ่งใหม่คือการคำนวณได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และความสามารถในการวัดซ้ำ ซึ่งขึ้นอยู่กับการวัดอุณหภูมิพื้นผิวและอุณหภูมิแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วิธีการทดลอง

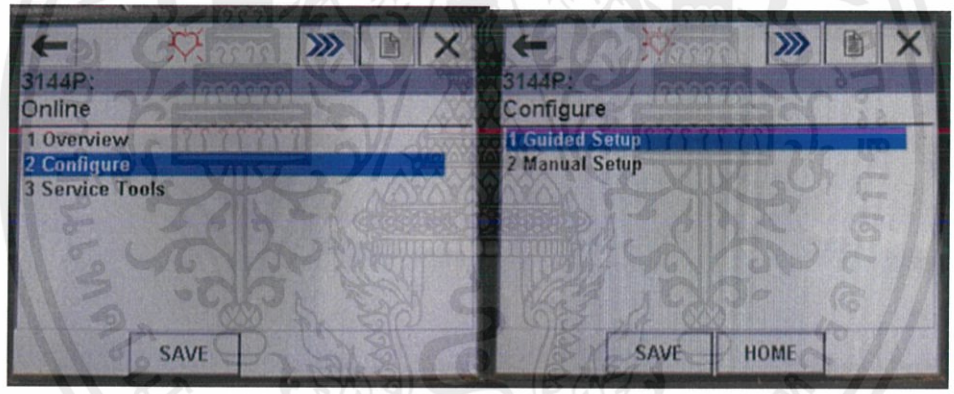
4.1 ตรวจสอบและจดบันทึกข้อกำหนดรายละเอียด (Specification) โมเดล (Model) รุ่น และยี่ห้อของ Temperature Transmitter ตรวจสอบว่าอุปกรณ์ต่างๆสามารถต่อร่วมกันได้

4.2 กำหนดค่า (Configuration) ให้กับทรานส์มิเตอร์

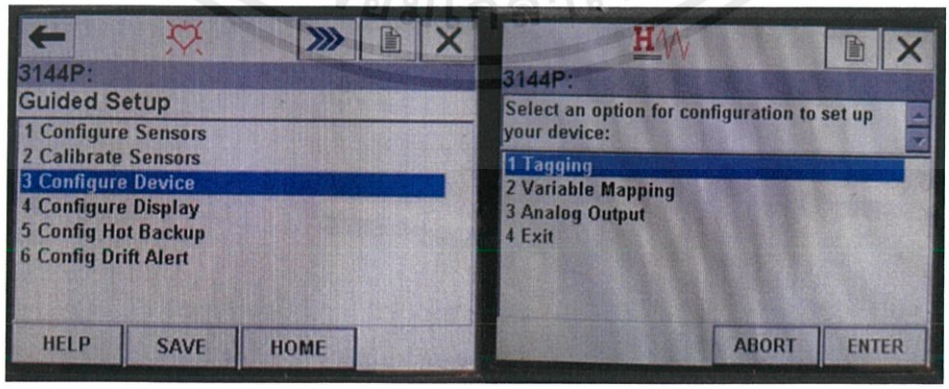
ใช้อุปกรณ์ Hart 475 ในการ Configuration อุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ต่างๆให้อุปกรณ์ทำงานได้ โดยมีวิธีดังนี้

การตั้งค่า TagName

1. เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART 2. เลือก Online เพื่อเข้าถึงทรานสมิตเตอร์

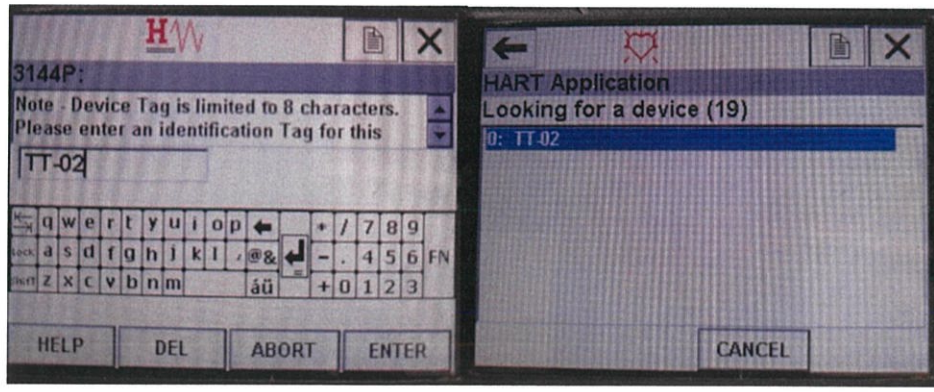


3. เลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์ 4. เลือก Guided Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน



5. เลือก Configure Device เพื่อเป็นการเข้าไปเปลี่ยนชื่อ Tagging ให้กับอุปกรณ์ 6. เลือก Tagging เพื่อเข้าไปเปลี่ยนชื่อให้กับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7. ตั้งชื่อ Tagging ได้ตามที่ต้องการ

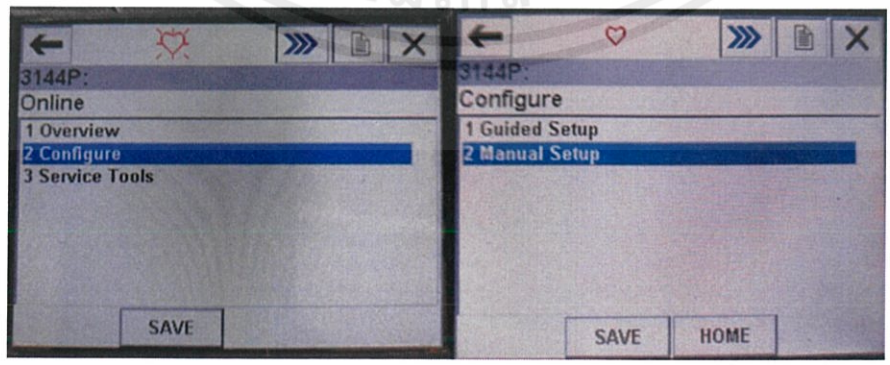
8. หลังจากตั้งชื่อ Tagging เสร็จสิ้น

อุปกรณ์	ชื่อ TagName ที่ตั้ง

สังเกตที่ Transmitter แต่ละตัวว่าใช้ 2, 3, 4 Wire และเปลี่ยนให้ถูกต้อง

1. เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART

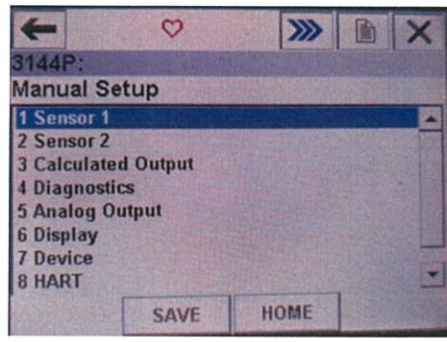
2. เลือก Online เพื่อเข้าถึงทรานสมิตเตอร์



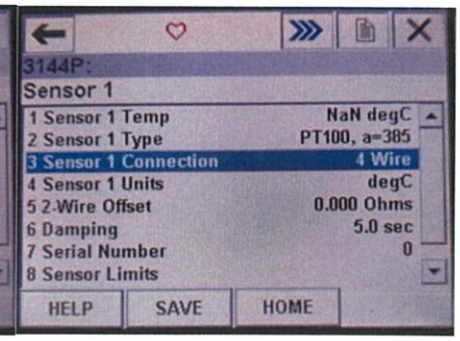
3. เลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์

4. เลือก Manual Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. เลือก Sensor 1 เพราะเราต้องการแก้ไขข้อมูลจาก Sensor 1



6. เลือกที่ Sensor 1 Connection เพราะเราต้องการแก้ไขจำนวน Wiring

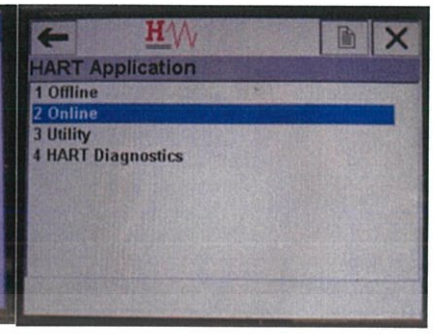
7. เลือกจำนวน Wiring ที่ถูกต้อง

8. หลังจากเปลี่ยน Wiring เสร็จเรียบร้อย

อุปกรณ์	จำนวน Wiring

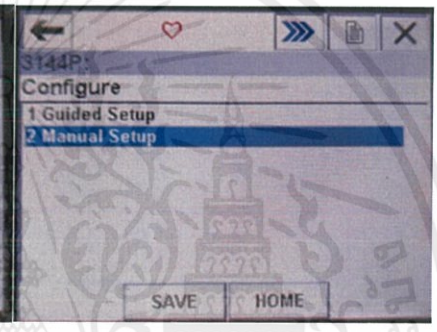
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่า Range



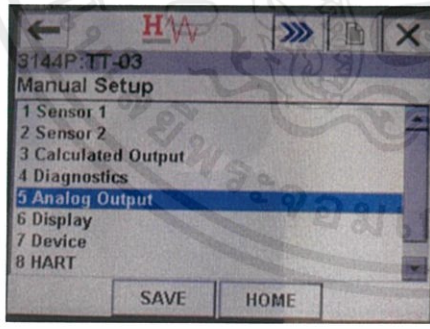
1. เลือกการสื่อสารรูปแบบ HART

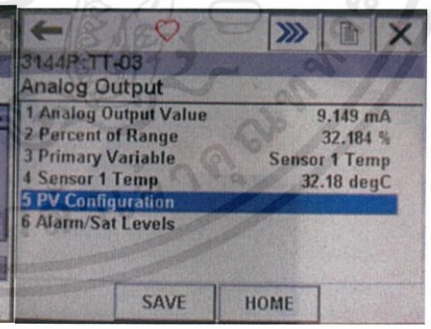
2. เลือก Online เพื่อเข้าถึงทรานสมิตเตอร์



3. เลือก Configure เพื่อเป็นการเข้าไปแก้ไขข้อมูลภายในทรานสมิตเตอร์

4. เลือก Manual Setup เพื่อเป็นการเข้าไปตั้งค่าให้กับอุปกรณ์ที่เราใช้งาน

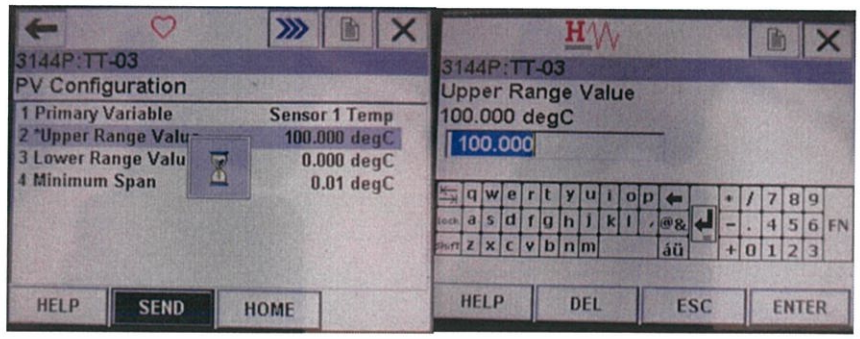




5. เลือก Analog Output เพราะเราต้องการจะเปลี่ยน Output ของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ

6. เข้าไปที่เมนู PV Configuration เพราะเราต้องการที่จะแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



7. กดเข้าไปที่ Upper Range Value เพื่อทำการเปลี่ยน Upper Range Value

8. เปลี่ยน Upper Range ตามที่เราต้องการคือ 100 °C ที่สัญญาณ 20 mA จากนั้นกด Enter

9. กดเข้าไปที่ Lower Range Value เพื่อทำการเปลี่ยน Lower Range Value

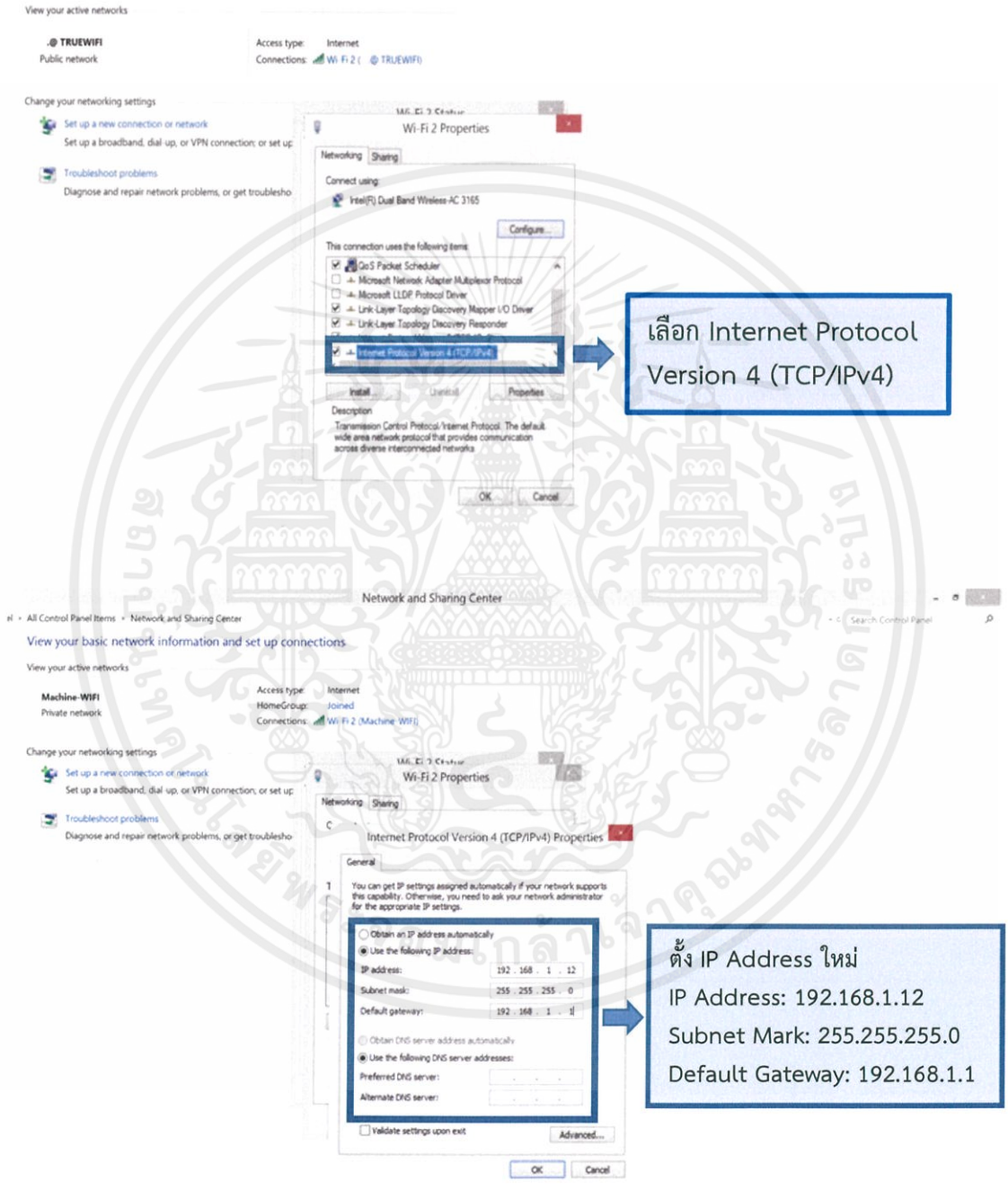
10. เปลี่ยน Lower Range ตามที่เราต้องการคือ 0 °C ที่สัญญาณ 0 mA จากนั้นกด Enter

อุปกรณ์	Range ที่ 4-20 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

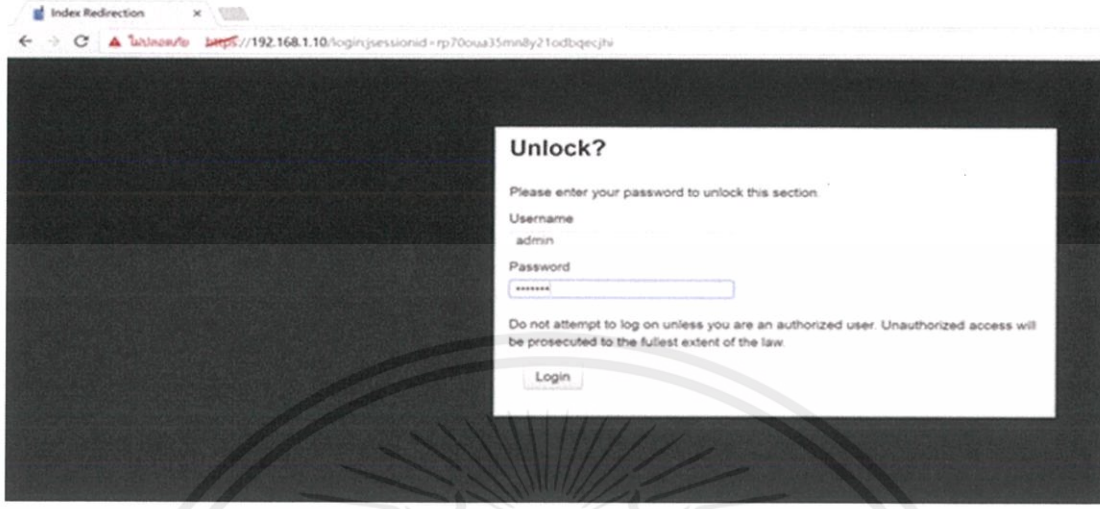
4.3 ใช้โปรแกรม Wonderware Indusoft Web Studio 8.0 ในการแสดงผล Monitoring

4.3.1 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ให้สามารถสื่อสารกับ Gateway โดยการเปลี่ยน IP Address สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ Gateway ต้องตั้ง IP Address ของคอมพิวเตอร์ให้ตรงกับ Gateway ซึ่งมี IP Address คือ 192.168.1.12

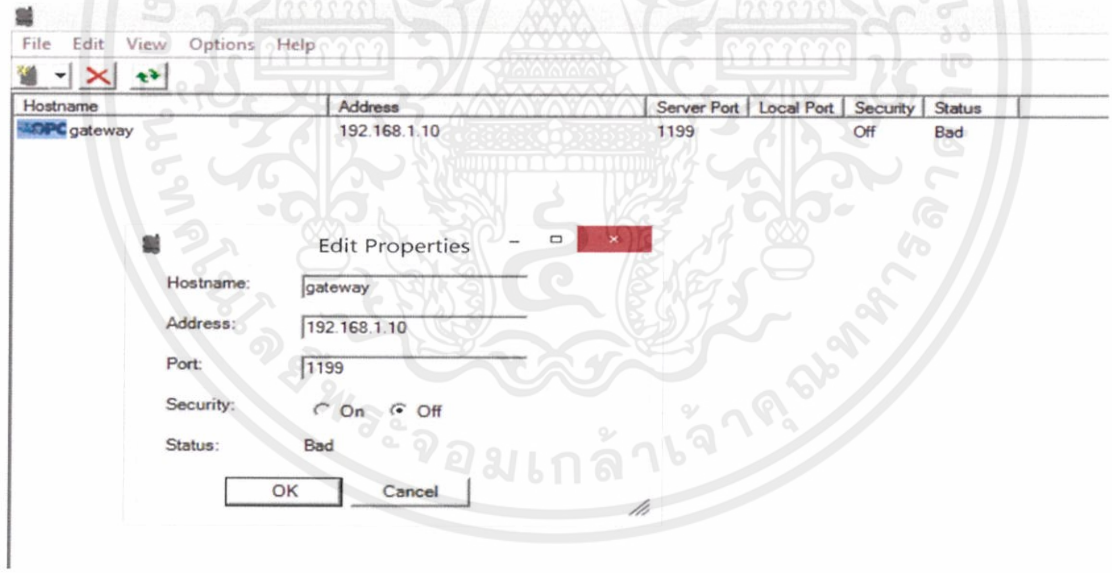


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 การเข้าสู่ Gateway ต้องเข้าจาก Browser Internet นั่นคือ 192.168.1.10 มาจากคู่มือการใช้งาน Gateway ใส่ Username : admin และ Password : default

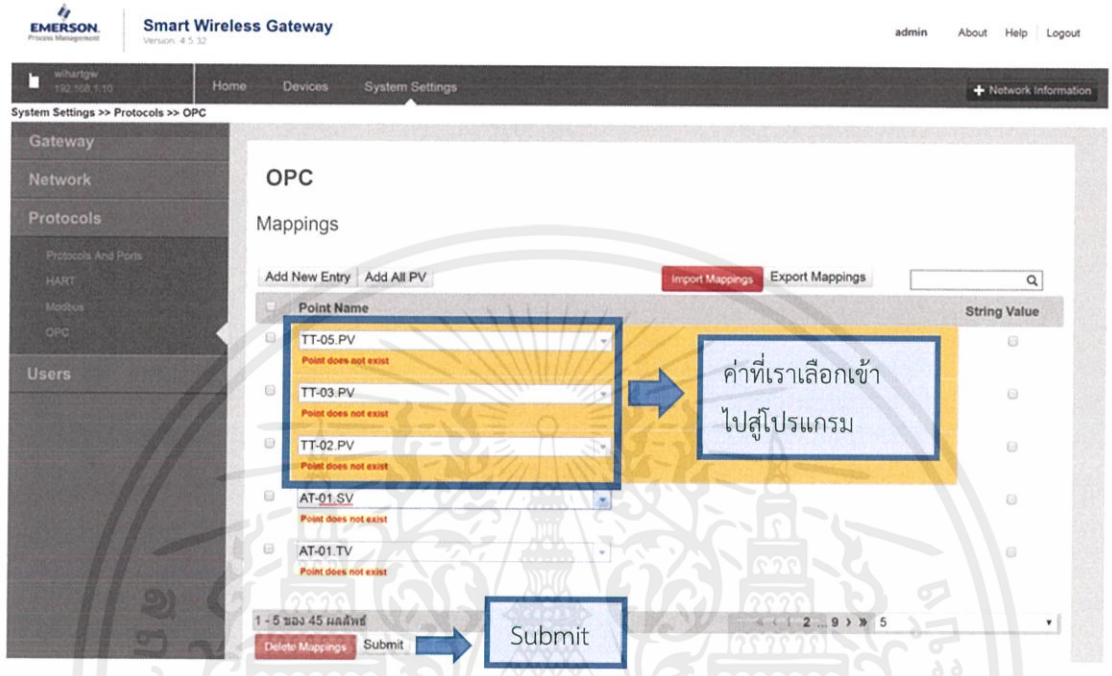


4.3.3 การเชื่อมต่อข้อมูลกับโปรแกรม Wonderware InduSoft Web Studio 8.0 เปิดโปรแกรม Security Setup Utility ตั้งค่า Address นั่นคือ 192.168.1.10 ในส่วนของโปรแกรม Security Setup Utility จะเป็นเหมือนประตูที่จะเปิดรับข้อมูลของ Gateway เพื่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์

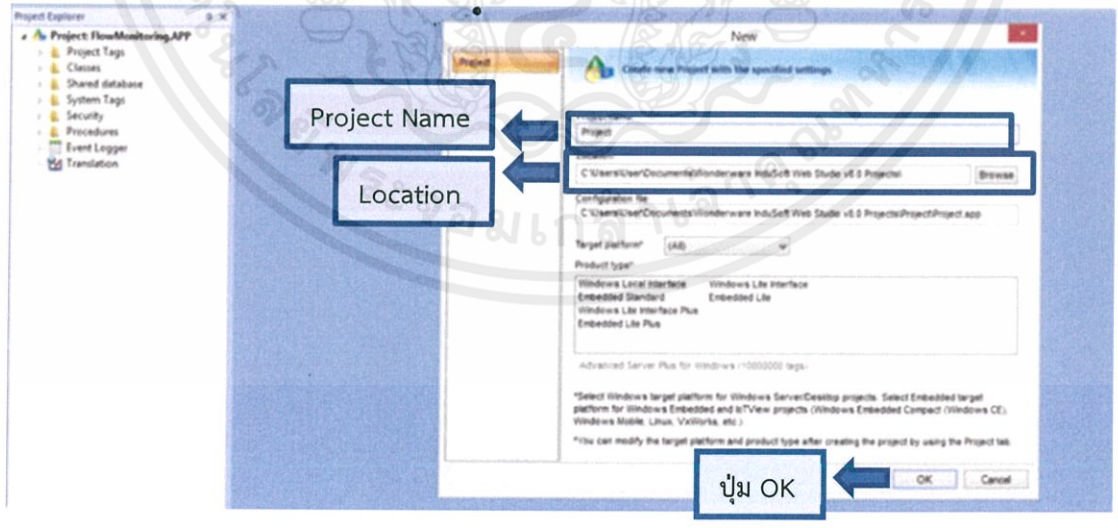


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 กลับไปที่หน้า Gateway หลัก จากนั้นเข้าไปที่ System setting ในหัวข้อ OPC Mapping ซึ่งจะเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อข้อมูลจาก Gateway เข้าสู่ Program ของเรา ซึ่งในหัวข้อ Point Name จะเป็นชื่อของข้อมูลที่เราจะทำการ Mapping เข้าสู่ Program ต้องเลือกค่าที่เรานำมาใช้

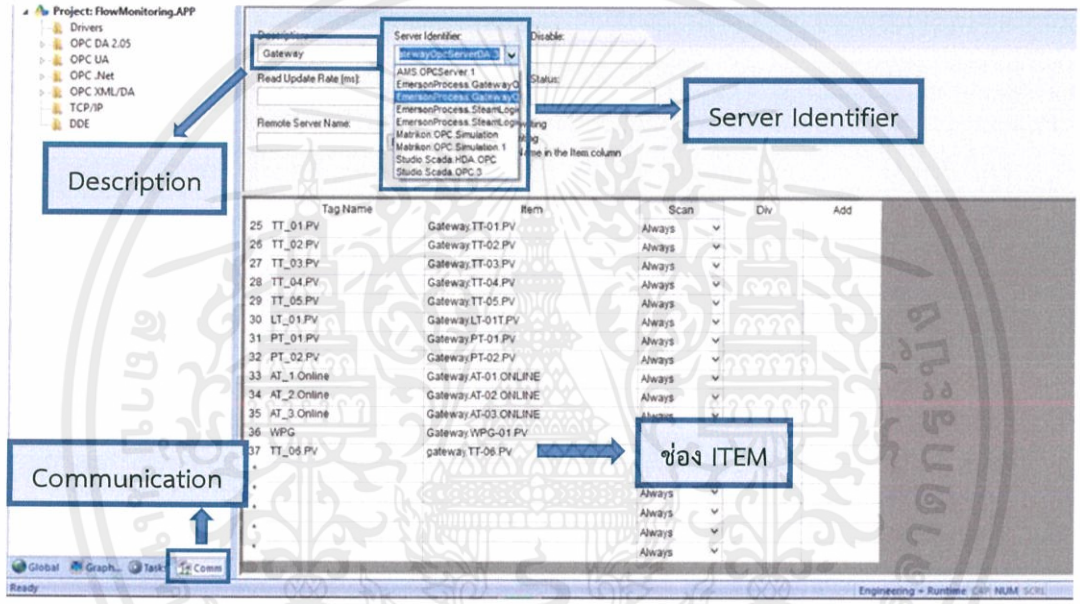


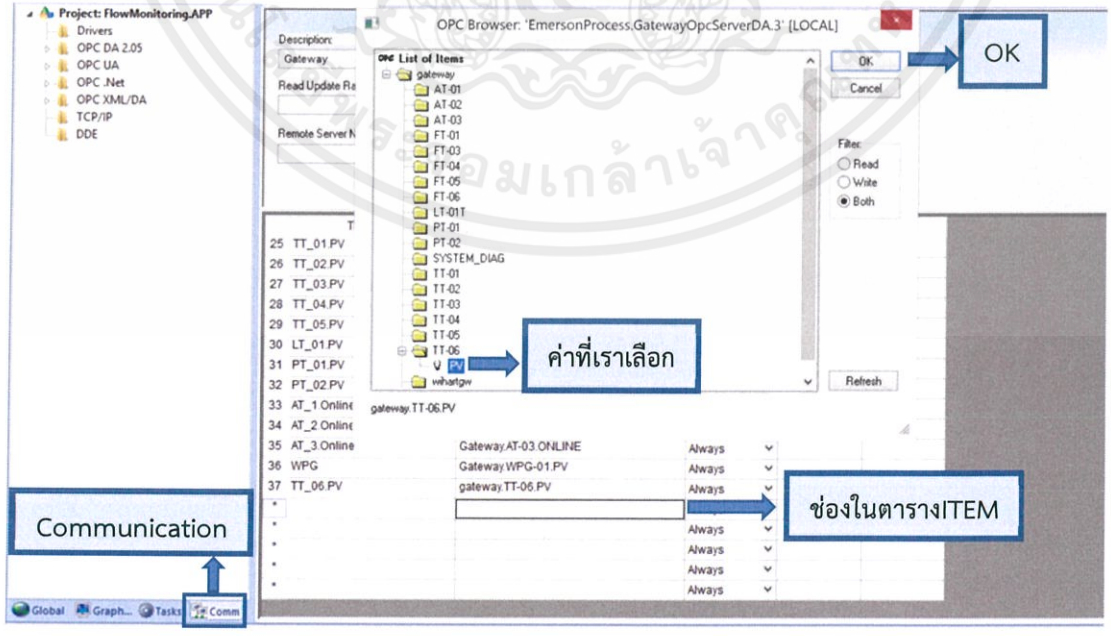
4.3.5 เปิดโปรแกรม Wonderware Indusoft Web Studio 8.0 และสร้าง New Project โดยจะทำการตั้งชื่อและเลือกตำแหน่งที่บันทึก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

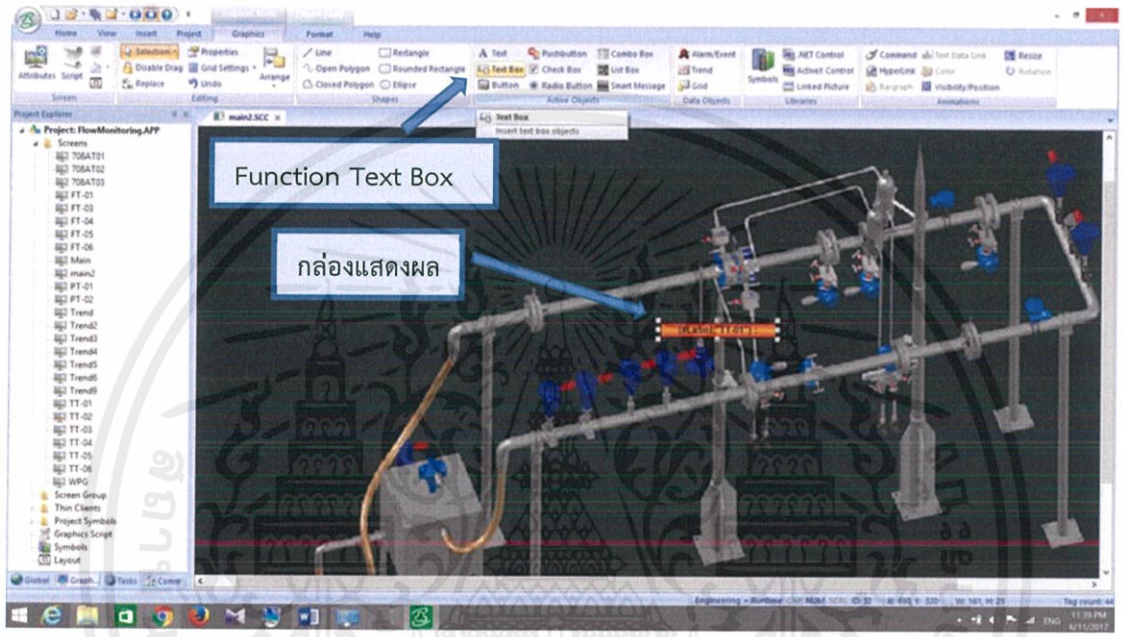
4.3.6 ทำการสร้าง Communication คือเป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อและรับข้อมูลจาก Gateway เข้าสู่โปรแกรม Wonderware โดยขั้นแรกคลิ๊กเข้าไปในส่วน Communication และตั้งชื่อชุดข้อมูลนี้ที่ Description และในส่วน Server Identifier ให้เลือก Emerson Process Gateway เพราะเรารับค่ามาจาก Emerson Process Gateway ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ ช่องในตาราง ITEM จะปรากฏหน้าต่างขึ้น จากนั้นเลือกจากนั้นเลือกค่าที่ต้องการ ซึ่งเราได้ทำการมา Mapping มาจาก Browser ของ Gateway ไว้แล้ว จากนั้นเลือก OK ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ช่องในตาราง TagName ตั้งชื่อ TagName ตามที่เราต้องการนั่นซึ่งชื่อ TagName ที่ต้องตั้งTT-01.PV, TT-02.PV, TT-03.PV, TT-04.PV, TT-05.PV, TT-06.PV ถือว่าเป็นการนำค่าตัวแปรต่างๆเข้าสู่โปรแกรมและการกำหนดค่า TagName เสร็จสิ้น

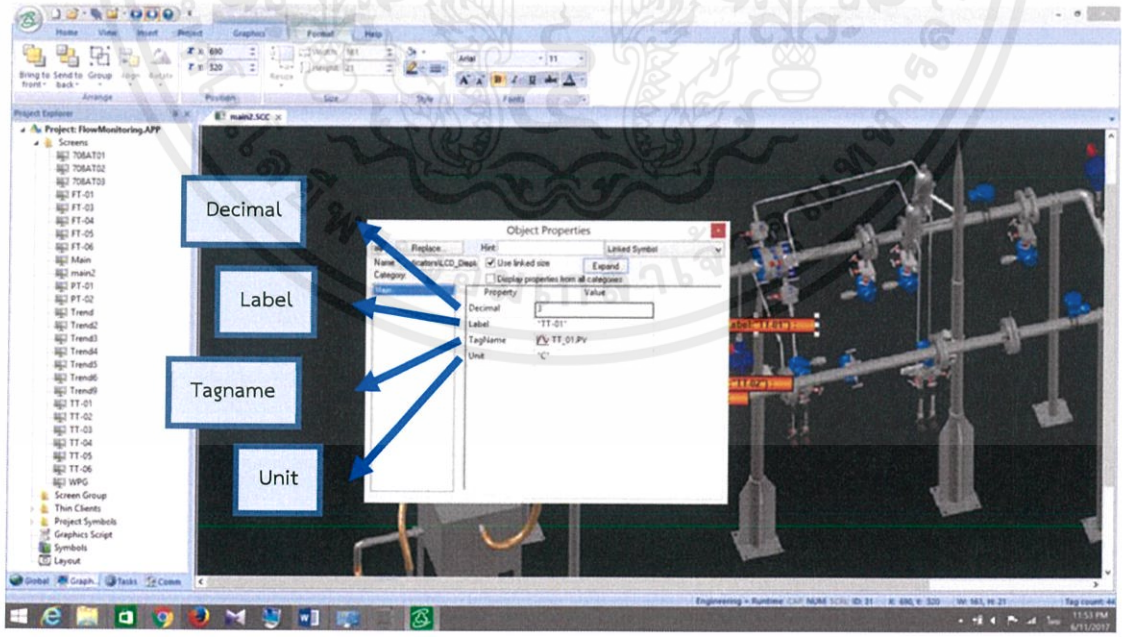




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

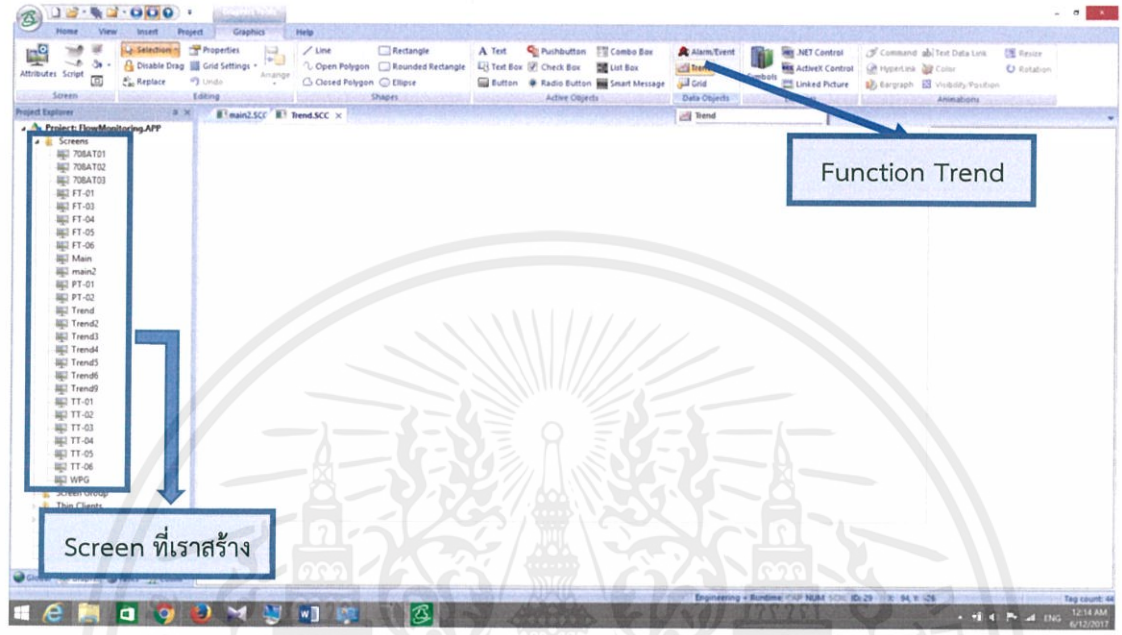
4.3.8 ทำการสร้างกล่องแสดงผลโดยการกดที่ Function Text Box แล้วลากเป็นกล่องตามขนาดที่ต้องการและในตำแหน่งที่ต้องการ เป็นการกำหนดค่าใส่ส่วนแสดงผลโดยการ ดับเบิ้ลคลิ๊กที่กล่องแสดงผลที่เราสร้างไว้โดยเราจะสามารถกำหนดข้อมูลได้ดังนี้คือ ช่อง Decimal คือ ตำแหน่งของเลขทศนิยม, ช่อง Label คือชื่อกล่องแสดงผล, TagName คือ ค่าของ TagName ตัวไหนที่เราต้องการนำมาแสดงในกล่องแสดงผลนี้ และ ช่อง Unit คือหน่วย กำหนด TagName ใส่กล่องแสดงผล ดับเบิ้ลคลิ๊กที่หน้า TagName จะปรากฏหน้าต่าง Object Finder ขึ้นซึ่งมีรายชื่อของ TagName ที่เราทำการ Mapping แล้วเลือกว่าเราจะนำค่าใดมาใส่

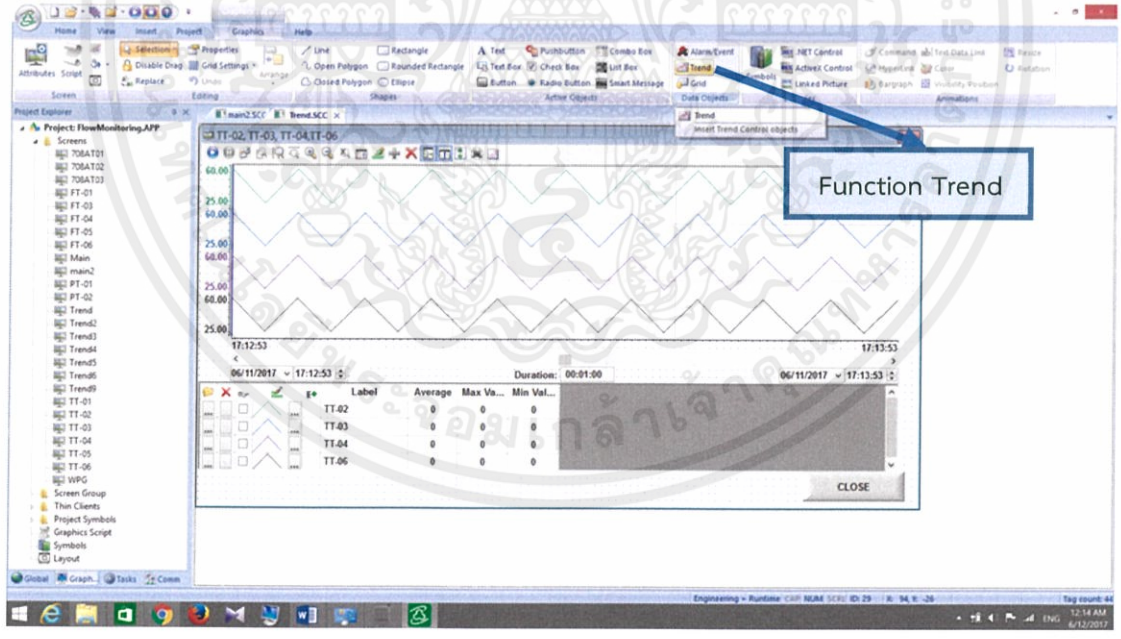




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

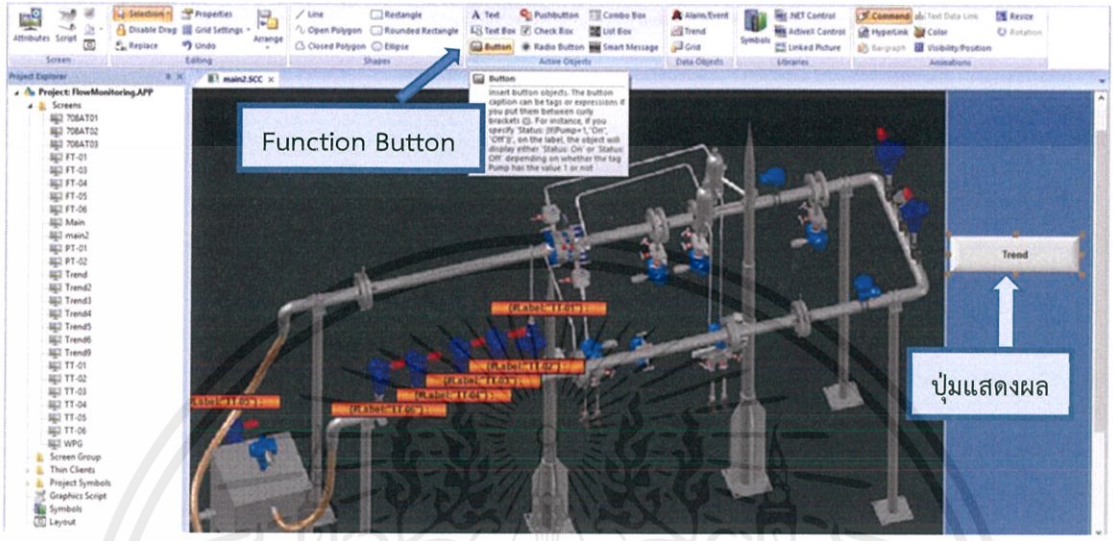
4.3.9 ทำการสร้าง Screen แสดงผลรองรับในส่วน Trend เป็นการกำหนดค่าเข้า Trend โดย ดับเบิ้ลคลิ๊กเข้าไปในส่วนของ Trend จะมีหน้าต่าง Object Properties ของ Trend ขึ้นมา จากนั้นกดเข้าไปที่ Point โดย Point จะแบ่งเป็นสามส่วนคือ Label คือชื่อของเส้นกราฟ Color คือ สีของกราฟ TagName คือค่าของ TagName ที่จะนำมาใส่ในเส้นกราฟ

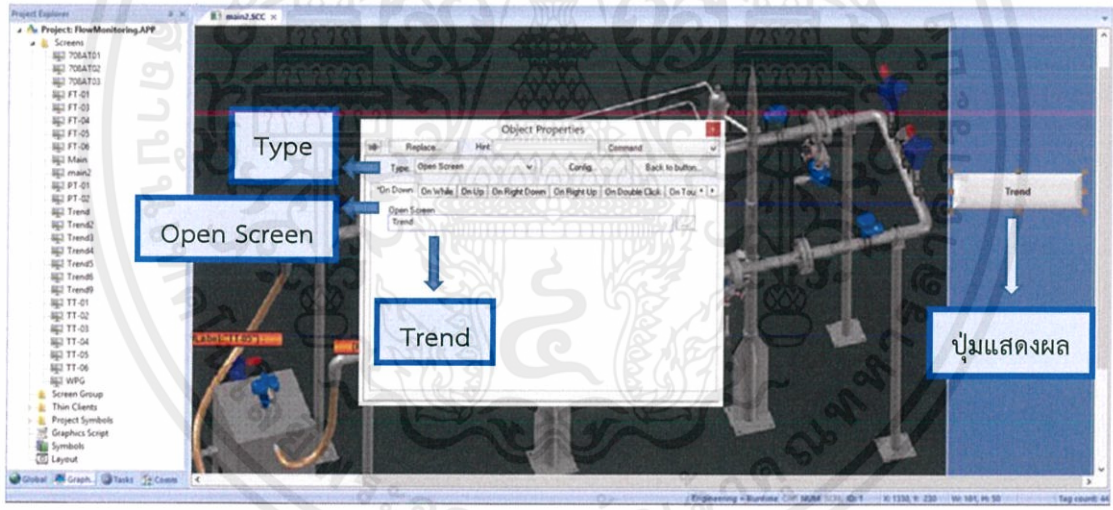




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.10 ทำปุ่มเพื่อที่จะสามารถเปิด Screen Trend จากหน้าแสดงผลหลัก โดยสร้างจาก Function Button แล้วเลือกตำแหน่งที่ต้องการ ดับเบิ้ลคลิ๊กปุ่มที่สร้างขึ้นมา เปลี่ยนคำสั่งที่ Type ให้เป็น Open Screen และในหน้าคำสั่ง Open Screen ให้ใส่ว่า Trend หรือหมายถึงเป็นการสร้างปุ่มให้มีคำสั่งเปิด Screen ซึ่งที่จะเปิดก็คือ Screen Trend นั่นเอง





4.3.11 ให้นักศึกษาทำการทดลอง ถ่ายรูปหน้าจอแสดงผลและกราฟ พร้อมทั้งอธิบายหน้าจอแสดงผล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ให้นักศึกษาทำการเปิดปั้มรอประมาณ 5 นาทีเพื่อให้น้ำไหลเต็มท่อ จากนั้นเปิด Heater เพื่อทำการทดลอง

4.5 ทำการทดลองตามตารางต่อไป เรื่องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิและมาวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 1

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ กระบวนการ (°C)	อุณหภูมิ แวดล้อม (°C)	อุณหภูมิ T-well (°C)	อุณหภูมิ X-well (°C)	อุณหภูมิ Pipe Clamp (°C)
0					
5					
10					
15					
20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					
60					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้นักศึกษาวาดกราฟที่ได้จากการทดลอง

บันทึกและสรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้