

การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ  
ในฟังก์ชันบล็อกของฟาวนด์ชันฟิลด์บัส

STUDY ON PRIORITY PARAMETERS OF PROCESS ALARMS  
IN FOUNDATION FIELDBUS FUNCTION BLOCKS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-257-135

การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ  
ในฟังก์ชันบล็อกของฟาว์เดชั่นฟิลด์บัส

STUDY ON PRIORITY PARAMETERS OF PROCESS ALARMS  
IN FOUNDATION FIELDBUS FUNCTION BLOCKS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2559

KMITL-2016-EN-M-257-135  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON PRIORITY PARAMETERS OF PROCESS ALARMS  
IN FOUNDATION FIELDBUS FUNCTION BLOCKS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN AUTOMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2016-EN-M-257-135



COPYRIGHT 2016

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**  
**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**  
**ใบรับรองวิทยานิพนธ์**

**หัวข้อวิทยานิพนธ์** การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาวนด์เซชันฟิลด์บัส

**Thesis Title** Study on Priority Parameters of Process Alarms in Foundation Fieldbus Function Blocks

**นักศึกษา** นายจตุรงค์ กลิ่นหวล






**รหัสประจำตัว** 56601320

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมอัตโนมัติ

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์** รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสวีวงศ์

**หมายเลขวิทยานิพนธ์** KMITL-2016-EN-M-257-135

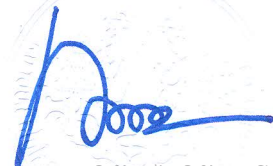
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เทพมณี	
รศ.ดร.จิระศักดิ์	ชาญวุฒิศรธรรม	
ดร.อภิไฉย	ฤกษ์รัตน์	
รศ.ดร.อัมพวัน	จุลเสวีวงศ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2559 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้  
คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2559

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน กระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาวนด์เชนฟิลด์บัส
นักศึกษา	นายจตุรงค์ กลิ่นหวล
รหัสประจำตัว	56601320
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2559
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของเทคโนโลยีฟาวนด์เชนฟิลด์บัสซึ่งมีประเด็นในการศึกษา คือ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกับการแสดงข้อความสถานะ และความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกับความถี่ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือน โดยใช้พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดีที่มีการใช้ฟังก์ชันการควบคุมภายในอุปกรณ์ระดับฟิลต์ในการจำลองการแจ้งเตือนกระบวนการทั้ง 4 ประเภทในการทดลอง อันได้แก่ การแจ้งเตือนแบบ HI-HI การแจ้งเตือนแบบ HI การแจ้งเตือนแบบ LO และการแจ้งเตือนแบบ LO-LO พร้อมทั้งมีการนำเสนอผลการทดลองและอภิปรายผลจากการใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ 3 รุ่นจากต่างบริษัทผู้ผลิตในสถานะที่มีการแจ้งเตือนเกิดขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการนำเสนอแนวทางในการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนสำหรับระบบควบคุมที่ใช้ฟาวนด์เชนฟิลด์บัสอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis</b>	Study on Priority Parameters of Process Alarms in Foundation Fieldbus Function Blocks
<b>Student</b>	Mr. Jaturong Klinhuan
<b>Student ID.</b>	56601320
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Automation Engineering
<b>Year</b>	2016
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewong

### Abstract

This thesis presents a study on parameters of process alarms in function blocks of the Foundation Fieldbus technology. Relationships between alarm priority levels and status information as well as relationships between alarm priority levels and event notification frequencies are examined. A plant model of PID-based temperature control in the field devices is used to simulate four process alarms including high-high (HI-HI), high (HI), low (LO), and low-low (LO-LO) for experiments. Experimental results and discussion of using three temperature transmitters from different manufacturers in alarming events are proposed. In addition, a guideline for configuring alarm priority levels for Foundation Fieldbus-based control systems is also included.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนให้การดูแลและความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม (สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และหัวหน้างานที่คอยให้ความช่วยเหลือในหน้าที่การงาน และคำปรึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

จตุรงค์ กลิ่นหวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2. ฟังก์ชันบล็อกของฟาว์เดชันฟิลด์บัส.....	6
2.1 กล่าวนำ.....	6
2.2 เทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัส.....	6
2.2.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer.....	7
2.2.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer.....	8
2.2.3 ชั้นที่ 7 Application Layer.....	11
2.2.4 User Application Layer.....	15
2.3 การสร้างรูปควบคุมพีไอดีโดยใช้ฟังก์ชันบล็อก.....	21
2.3.1 ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุม.....	21
2.3.2 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมและการดำเนินการ.....	27
2.3.3 มาโครไซเคิลของรูปควบคุมด้วยแนวคิด CIF.....	29
2.4 ตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ.....	31
บทที่ 3 การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณเตือนที่สนใจ.....	33
3.1 กล่าวนำ.....	33
3.2 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา.....	33
3.3 การออกแบบการทดลอง.....	38
3.3.1 การใช้ NI-FBUS Configurator ในการสร้างรูปควบคุมพีไอดี.....	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.2 การใช้ NI-FBUS Monitor ในการบันทึกการรับ-ส่งข้อมูลบน เครือข่ายเซกเมนต์ H1.....	47
3.3.3 การจำลองสภาวะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ.....	54
3.3.4 การทดลองเพื่อศึกษาประเด็นที่สนใจ .....	55
3.4 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	58
3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการและ การแสดงความสถานะ.....	58
3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและความถี่ในการ ส่งข้อมูลการแจ้งเตือนบนเครือข่าย H1.....	65
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	77
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	77
4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ.....	78
เอกสารอ้างอิง.....	79
ภาคผนวก.....	81
ประวัติผู้เขียน.....	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตัดย้อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ Rosemount 3144.....	13
2.2 Communication Service ใน FMS ของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส.....	14
3.1 ชื่ออุปกรณ์ที่อ้างอิงในพีแอนด์ไอดีไออะแกรมในรูปแบบที่ 3.2.....	34
3.2 รายละเอียดหมายเลขที่ใช้อ้างอิงในแบบการติดตั้งอุปกรณ์ในรูปแบบที่ 3.7.....	36
3.3 คุณสมบัติที่สำคัญของอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ที่ใช้ในพลาสม่าโมเดล.....	37
3.4 การกำหนดการฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์สำหรับควบคุมพีไอดีในรูปแบบที่ 3.8.....	39
3.5 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI ที่กำหนดในการใช้งาน TIT_501.....	42
3.6 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID ที่กำหนดในการใช้งาน DIY_501.....	43
3.7 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO ที่กำหนดในการใช้งาน DIY_501.....	43
3.8 มาโครไซเคิลของเซกเมนต์ H1 ที่ใช้ในพลาสม่าโมเดลทั้ง 3 กรณี.....	44
3.9 การกำหนดเงื่อนไขในการจำลองสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนกระบวนการ.....	55
3.10 การเกิดสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนกระบวนการจากตารางที่ 3.9.....	55
3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือน กระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	59
3.12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือน กระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	61
3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือน กระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F.....	64
3.14 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	66
3.15 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	67
3.16 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	68
3.17 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	68
3.18 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตีพิมพ์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
3.19 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	71
3.20 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	71
3.21 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	72
3.22 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F.....	73
3.23 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F.....	74
3.24 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์ รุ่น STT35F.....	75
3.25 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F.....	75
4.1 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานซ์สมิตเตอร์รุ่น 3144P.....	77
4.2 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานซ์สมิตเตอร์รุ่น YTA320.....	77
4.3 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานซ์สมิตเตอร์รุ่น STT35F.....	77
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับฟังก์ชันบล็อกฟาว์เดชั่นฟิลด์บัส.....	78
4.5 เวลาที่ใช้ในการแสดงข้อความ.....	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การสร้างรูปควบคุมพีไอดีด้วยแนวคิด CIF (Control in the Field) ที่เลือกใช้ในการศึกษา.....	3
1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาประเด็นที่สนใจ.....	4
2.1 เครือข่ายฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 และ HSE .....	6
2.2 โครงสร้างของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เทียบกับโมเดล OSI ของ ISO.....	7
2.3 สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลบนเซกเมนต์ H1.....	8
2.4 ประเภทของอุปกรณ์ระดับฟิลด์เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1.....	8
2.5 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication.....	9
2.6 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication.....	9
2.7 อัลกอริทึมในการประมวลผลของ LAS.....	11
2.8 ประเภทของ VCR ที่กำหนดใน FAS.....	12
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง FMS และ Communication Services.....	13
2.10 โครงสร้างของ Object Dictionary.....	13
2.11 ชนิดของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer.....	16
2.12 ตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320.....	16
2.13 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายในรีจิสเตอร์บล็อกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320.....	17
2.14 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์บล็อกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320.....	18
2.15 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก AI ของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320.....	19
2.16 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก PID ของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320.....	19
2.17 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก AO ของทรานสมิตเตอร์รุ่น FI302.....	20
2.18 โครงสร้างภายในและการดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก.....	20
2.19 ตัวอย่างโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อก AI.....	21
2.20 ตัวอย่างโครงสร้างการฟังก์ชันบล็อก PID.....	24
2.21 หลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP.....	25
2.22 ตัวอย่างโครงสร้างฟังก์ชันบล็อก AO ภายในอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ของบริษัท SMAR.....	27
2.23 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมสำหรับรูปควบคุมพีไอดี.....	28
2.24 การประมวลผลของฟังก์ชันบล็อกในรูปควบคุมพีไอดี.....	28
2.25 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI.....	29
2.26 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO.....	30
3.1 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมการอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา.....	33
3.2 พีแอนดีไอดีไดอะแกรมของพลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในรูปที่ 3.1.....	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดที่นำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารจะถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.3	ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น Rosemount 3144P ของบริษัท Emerson.....35
3.4	ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น YTA320 ของบริษัท Yokogawa.....35
3.5	ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น STT35F ของบริษัท Honeywell.....35
3.6	อุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลด์บัสเป็นกระแสรุ่น FI302 ของบริษัท SMAR.....35
3.7	แบบการติดตั้งอุปกรณ์พลาตันโมเดลควบคุมอุณหภูมิ..... 36
3.8	ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมสำหรับรูปควบคุมพีเอชไอที่เลือกใช้ในการทดลอง..... 38
3.9	การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเซกเมนต์ H1 สำหรับพลาตันโมเดลการควบคุมอุณหภูมิ.....39
3.10	หน้าต่างของซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator ในการสร้างรูปควบคุมและกำหนดค่าตัวแปร..... 40
3.11	ตัวอย่างการกำหนดชื่ออุปกรณ์ TIT_501 สำหรับทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น 3144P..... 41
3.12	ตัวอย่างการสร้างรูปควบคุมพีเอชไอจากการใช้ฟังก์ชันบล็อกจาก TIT_501 และ DIY_501..... 42
3.13	ตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรในฟังก์ชันบล็อก AI ภายในอุปกรณ์ TIT_501..... 44
3.14	ตัวอย่างแสดงมาโครไฮเคิลของรูปควบคุมในรูปที่ 3.12 ที่สร้างขึ้นด้วย NI-FBUS Configurator..... 44
3.15	ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมในขั้นตอนการดาวน์โหลด..... 45
3.16	ตัวอย่างหน้าต่างคำสั่ง Start Monitoring..... 46
3.17	ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงผลการทำงานใน Online Mode..... 46
3.18	หน้าต่างหลักของ NI-FBUS Monitor..... 47
3.19	ตัวอย่างแสดงผลข้อมูลแบบ Simple ของ NI-FBUS Monitor..... 48
3.20	ตัวอย่างแสดงผลข้อมูลแบบ Decode ของ NI-FBUS Monitor..... 48
3.21	ตัวอย่างแสดงผลข้อมูลแบบ Heximal ของ NI-FBUS Monitor..... 49
3.22	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Absolute..... 50
3.23	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Idle..... 50
3.24	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ From Start..... 51
3.25	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ From End..... 51
3.26	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Transmission..... 52
3.27	ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ PC Time..... 52
3.28	หน้าต่างในส่วน Setting ของโปรแกรม NI-FBUS Monitor..... 53
3.29	หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ FPL\SM Filter..... 53
3.30	หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ FMS Filter..... 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต่อๆ อย่างไม่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.31 หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ Filter by Address.....	54
3.32 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก AI ในส่วนการตั้งค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือน.....	56
3.33 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก AI ในส่วนเซตตัวแปร ALARM_SUM.....	57
3.34 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก PID ในส่วนเซตตัวแปร PV.....	57
3.35 การเลือกกำหนดชนิดของเซอร์ვისใน FMS สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือน.....	58
3.36 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน HI_HI.....	59
3.37 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน HI.....	60
3.38 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO.....	60
3.39 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	60
3.40 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 1 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	62
3.41 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 2 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	62
3.42 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 7 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	63
3.43 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	63
3.44 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 2 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	64
3.45 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 7 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	65
3.46 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO_LO.....	65
3.47 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ 3144P.....	66
3.48 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากใช้ 3144P.....	67
3.49 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ YTA320.....	69

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.50 หน้าต่างของ NI-FBUS Monitor ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการใช้ YTA320.....	70
3.51 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ STT35F.....	73
3.52 หน้าต่างของ NI-FBUS Monitor ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการใช้ STT35F.....	74



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันระบบเครื่องมือวัดและการควบคุมสำหรับอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในด้านจำนวนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลการแสดงผล (Display Data) ข้อมูลการวินิจฉัยการทำงานของอุปกรณ์ (Diagnostic Data) ข้อมูลการแจ้งเตือน (Alarm Data) และข้อมูลอื่น ๆ รวมถึงความสามารถในการทำงานที่เพิ่มขึ้น โดยที่ระบบการสื่อสารแบบแอนะล็อก (Analog Data Transmission) หรือการส่งสัญญาณระหว่างเครื่องมือวัดและระบบควบคุมที่เป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 mA หรือแรงดันมาตรฐาน 0-5 VDC ไม่สามารถรองรับความสามารถที่เพิ่มขึ้นของเครื่องมือวัดต่าง ๆ เหล่านี้ได้ [1]-[2] ไม่เพียงแต่เพื่อให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างเครื่องมือวัดและระบบควบคุมมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น แต่ยังเพื่อให้ตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ในเครื่องมือวัดสามารถส่งค่าตัวแปรต่าง ๆ ทั้งจากค่าที่วัดได้จากกระบวนการผลิตและค่าการวินิจฉัยความผิดปกติต่าง ๆ ไปแสดงค่าบนระบบควบคุมและแจ้งเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาระบบการสื่อสารแบบดิจิทัล (Digital Data Transmission) เพื่อให้มีปริมาณการรับส่งข้อมูลได้มากขึ้น [3] เครือข่ายสื่อสารข้อมูลดิจิทัลในระดับฟิลด์ (Field Level Network) ที่เรียกว่า “ฟิลด์บัส” (Fieldbus) ซึ่งเป็นเครือข่ายเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายแบบสมัยใหม่ จึงเป็นเทคโนโลยีที่ได้มีการนำมาใช้ทดแทนการสื่อสารแบบเดิมที่เป็นสัญญาณแอนะล็อกด้วยสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 mA ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ไปยังระบบควบคุม ซึ่งนอกจากเป็นการเพิ่มจำนวนข้อมูลและความสามารถของอุปกรณ์ แล้ว ยังเป็นการลดจำนวนการเดินสาย (Wiring) ที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัด อุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายและระบบควบคุมได้อีกด้วย [4]

ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส (Foundation Fieldbus) เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่ถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมกระบวนการ (Process Industry) จำพวกอุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส อุตสาหกรรมปิโตรเคมี และอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นต้น [5] ในปัจจุบันเทคโนโลยีนี้ได้เข้ามามีบทบาทในการควบคุมกระบวนการผลิตแบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากความได้เปรียบทางด้านโครงสร้างทางกายภาพของระบบและความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มมากขึ้นเช่น ทรานสมิตเตอร์ที่วัดค่าได้หลายตัวแปร (Multi-Sensor Transmitter) การควบคุมโดยใช้เฉพาะอุปกรณ์ระดับฟิลด์ในการสร้างรูปควบคุม (Control in the Field) และการวินิจฉัยความผิดปกติในระดับกายภาพ (Physical-Layer Diagnostics) เป็นต้น [6]-[9]

การใช้งานอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่ใช้เทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัสในการสื่อสารจำเป็นต้องมีการเลือกกำหนดตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ (Parameter Configuration) ในฟังก์ชันบล็อก (Function Block) ให้เหมาะสมกับความต้องการในการใช้งาน ในระหว่างขั้นตอนการสร้างรูปควบคุมกระบวนการ [10] ฟังก์ชันบล็อกของฟาวนด์ชันฟิลด์บัสมีค่าตัวแปรจำนวนมากทั้งที่เกี่ยวข้องกับโหมดการทำงานของบล็อก (Block Mode) การเลือกกำหนดชนิดของเซนเซอร์ (Sensor) ให้สัมพันธ์กับทรานสดิวเซอร์บล็อกที่ใช้ในการตรวจวัด รูปแบบในการประมวลผลของค่าที่ตรวจวัดได้จากเซนเซอร์ การกำหนดช่วงของการวัดและควบคุม (Scaling) และการกำหนดขอบเขตของค่าเป้าหมาย (Setpoint Limiting) รวมไปถึงการแจ้งเตือนกระบวนการ (Process Alarm) [11]

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันหลายโรงงานประสบปัญหาเกี่ยวกับจำนวนการแจ้งเตือนที่มีจำนวนมากในแต่ละวัน ดังที่เรียกว่า “Alarm Flood” อาจก่อให้เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย (Safety Problem) ของระบบและบุคลากร ซึ่งการจัดการสัญญาณแจ้งเตือนอย่างมีประสิทธิภาพ [12] เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจเพื่อลดปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือน

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนของเทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัสพบว่า การแจ้งเตือนกระบวนการด้วยการตรวจสอบเงื่อนไขการทำงานของฟังก์ชันบล็อกที่กำหนดโดย Fieldbus Foundation มีค่าตัวแปรกลุ่มหนึ่งที่ใช้ในกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนคือ “ระดับความสำคัญของการแจ้งเตือน (Alarm Priority Level)” [13] โดยทาง Fieldbus Foundation ได้กำหนดให้มีค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนไว้ 16 ระดับ (ระดับ 0 ถึงระดับ 15) ให้เลือกกำหนด ในการกำหนดค่าระดับความสำคัญนี้ทำได้โดยวิศวกรกระบวนการ (Process Engineer) หรือซอฟต์แวร์ (Software) ของระบบโฮสต์ดีซีเอส (DCS Host System)

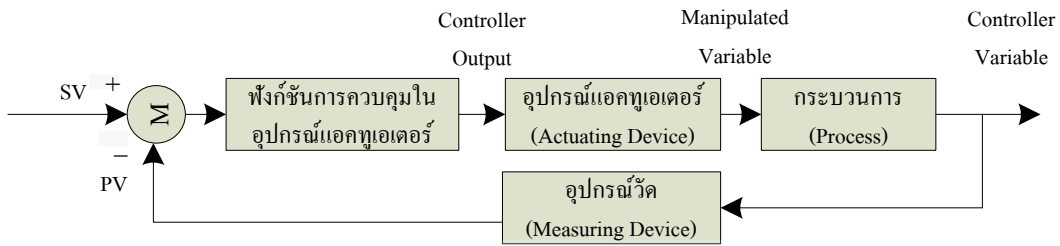
วิทยานิพนธ์นี้จึงมุ่งเน้นในการศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญ (Priority Parameter) ของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาว์เดชันฟิลด์บัส เพื่อสร้างความเข้าใจและใช้เป็นแนวทางในการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนนี้โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาดังนี้

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกับการแสดงข้อความสถานะ (Status Information) ของค่าตัวแปรเอาต์พุต (Output) ในฟังก์ชันบล็อกแอนะล็อกอินพุต (Analog Input) ซึ่งเป็นฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ภายในเครื่องมือวัด
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกับความถี่ในการส่งข้อมูลบนเครือข่าย (Frequency of Data Transmission) เพื่อทำการแจ้งเตือน

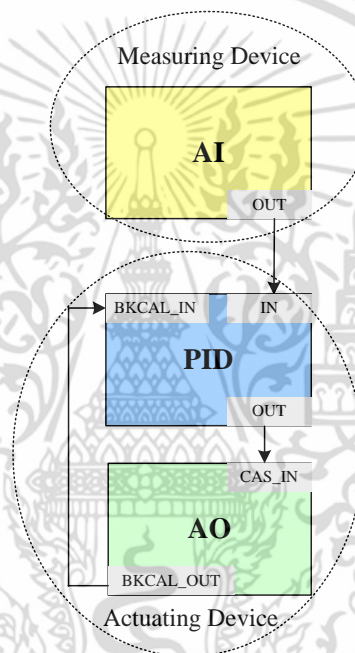
## 1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์

ในการสร้างลูปควบคุมแบบพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative Control Loop) ด้วยเทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัส ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดฟังก์ชันการควบคุมได้สองวิธีคือ การใช้ฟังก์ชันการควบคุมในตัวควบคุมของดีซีเอส (DCS Controller) ด้วยแนวคิดของ “Control in the Host” ซึ่งเป็นรูปแบบดั้งเดิมที่ใช้ในระบบแอนะล็อก หรือใช้ฟังก์ชันการควบคุมที่อยู่ในตัวอุปกรณ์ระดับฟิลด์ด้วยแนวคิด “Control in the Field” หรือ CIF ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกใช้การสร้างลูปควบคุมพีไอดีด้วยแนวคิด CIF ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เพื่อใช้ในการจำลองสถานะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนสำหรับการทดลอง เมื่อมีการแจ้งเตือนเกิดขึ้นในฟังก์ชันบล็อกแอนะล็อกอินพุต หรือ AI (Analog Function Block) ที่ใช้ในการตรวจวัดค่ากระบวนการ (Process Variable : PV) จะทำการสังเกตและจดบันทึกข้อความสถานะของค่าตัวแปรเอาต์พุต (OUT) ของฟังก์ชันบล็อก AI หรือค่าตัวแปรกระบวนการ (PV) ของฟังก์ชันบล็อก PID รวมทั้งทำการวิเคราะห์การรับ-ส่งข้อมูลที่ขึ้นบนเครือข่ายในช่วงระหว่างที่มีการแจ้งเตือนกระบวนการอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) บล็อกไดอะแกรมการควบคุมแบบป้อนกลับ



(ข) ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

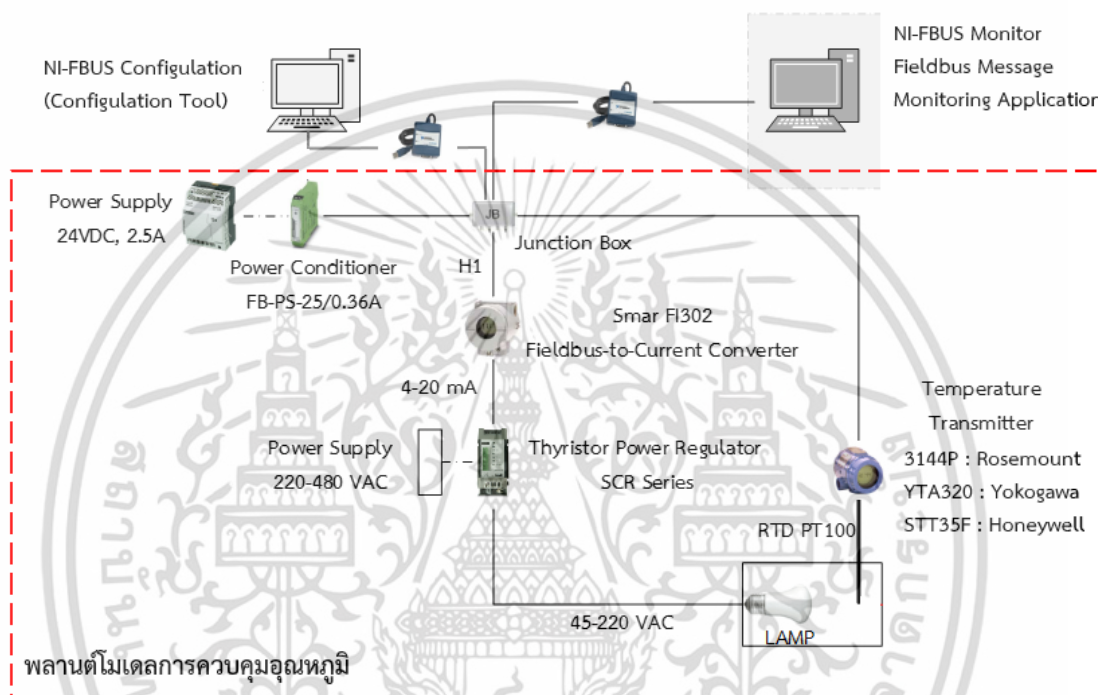
รูปที่ 1.1 การสร้างรูปควบคุมพีไอดีด้วยแนวคิด CIF (Control in the Field) ที่เลือกใช้ในการศึกษา

#### 1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

ในการทดลองเพื่อให้ได้ผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ได้ใช้พลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Plant Model) บนพื้นฐานฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ดังแสดงในรูปที่ 1.2 [14] ของสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบังในการจำลองสถานะที่ทำให้เกิดการแจ่มเตือนกระบวนการโดยพลานต์โมเดลที่เลือกใช้นี้ถูกสร้างขึ้นโดยทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ (Temperature Transmitter) และอุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลด์บัสเป็นกระแส (Fieldbus-to-Current Converter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างลูปควบคุมและการกำหนดค่าตัวแปรของอุปกรณ์ฟาว์เดชันฟิลด์บัส H1 ได้ใช้โปรแกรม NI-FBUS Configurator สำหรับในส่วนของการบันทึกการรับ-ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายโดยใช้โปรแกรม NI-FBUS Monitor นอกจากนี้เพื่อเป็นการเปรียบเทียบในประเด็นที่สนใจของการศึกษา ได้ทำการทดลองโดยใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิจากต่างผู้ผลิตจำนวน 3 ตัว ดังนี้ ทรานสมิตเตอร์รุ่น Rosemount 3144 จากบริษัท Emerson ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA 320 จากบริษัท Yokogawa และทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F จากบริษัท Honeywell



รูปที่ 1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาประเด็นที่สนใจ

## 1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 บทด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา แนวคิดของวิทยานิพนธ์ ขอบเขตวิทยานิพนธ์ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึง ฟังก์ชันบล็อกของเทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์ โดยมีการอธิบายถึงโมเดลการสื่อสารของเทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัส H1 ในการสร้างลูปควบคุมพีเอดีโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกตามแนวคิด CIF และตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการ

บทที่ 3 การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจ เป็นการอธิบายถึงพลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา การออกแบบการทดลอง ผลการทดลองและการอภิปรายผล

บทที่ 4 เป็นบทสุดท้ายโดยมีการกล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์นี้เป็นภาคผนวกที่ประกอบด้วยบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ “International Conference on Instrumentation, Control, Information Technology and System Integration” (SICE 2014) ที่ Hokkaido University, ประเทศญี่ปุ่น ในระหว่างวันที่ 9-12 สิงหาคม ค.ศ. 2014



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ฟังก์ชันบล็อกของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

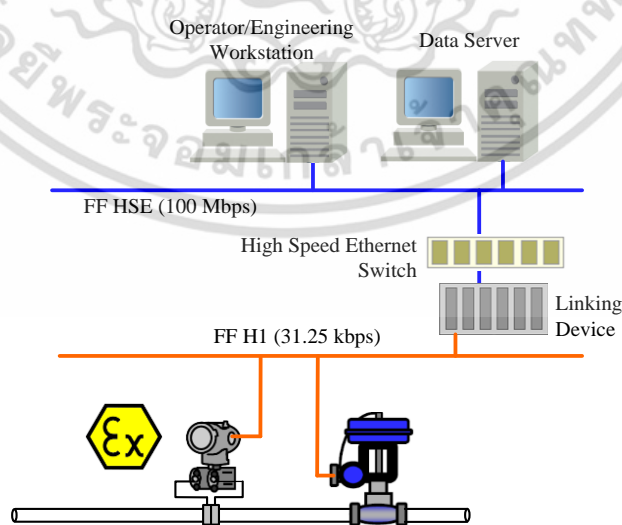
### 2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการแนะนำเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ในแต่ละชั้นการสื่อสารที่อ้างอิงกับโมเดล OSI (Open System Interconnecting Reference Model) ขององค์กร ISO (International Organization for Standardization) [15] ชนิดของบล็อกในอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส การสร้างลูปควบคุมพีเอ็ดไอโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกและการสร้างลูปควบคุมด้วยแนวคิด CIF รวมทั้งตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อก

### 2.2 เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส [6]-[7], [15]-[24]

ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบอนุกรมที่มีการรับ-ส่งข้อมูลด้วยสัญญาณดิจิทัล (Serial Digital Data Transmission) ระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์บัส H1 และระบบโฮสต์บนเครือข่าย HSE (High Speed Ethernet) หรือระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์บัส H1 ด้วยกันเองดังแสดงในรูปที่ 2.1 [7] โดยที่

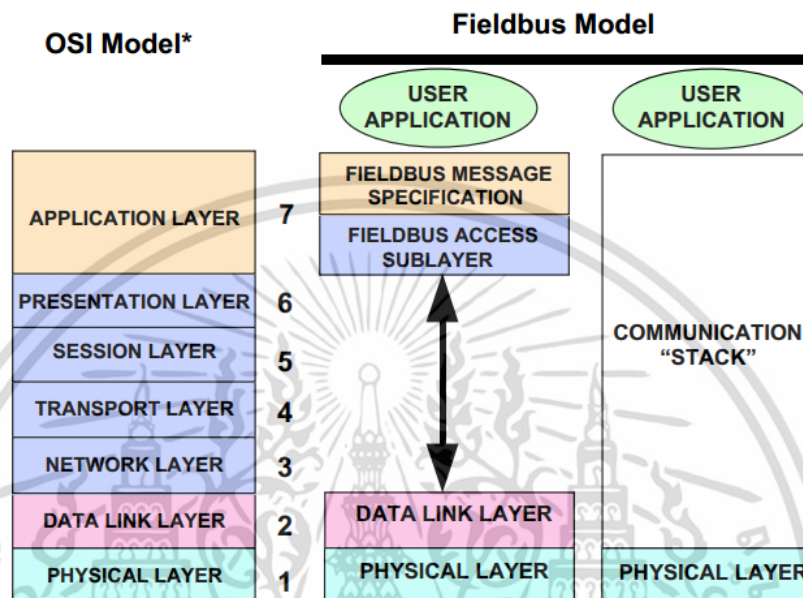
1. ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เป็นเครือข่ายการสื่อสารระดับฟิลด์ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ เช่น ทรานสมิตเตอร์ และวาล์วควบคุม เข้าด้วยกัน ซึ่งมีส่วนย่อยของเครือข่ายในแต่ละเรียกว่า “เซกเมนต์ (Segment)” ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลมีค่า 31.25 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) โดยที่เครือข่าย H1 สามารถติดตั้งใช้งานในพื้นที่อันตรายที่มีความเสี่ยงในการเกิดระเบิดลูกใหม่ (Hazardous Area) ได้ ทั้งนี้อุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ต้องมีเครื่องหมายรับรองอุปกรณ์ที่ใช้ในพื้นที่อันตราย นอกจากนี้ สัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารมีส่วนที่เป็นสัญญาณแรงดันดิซีซึ่งใช้เป็นไฟเลี้ยงให้แก่อุปกรณ์ระดับฟิลด์ได้อีกด้วย



รูปที่ 2.1 เครือข่ายฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 และ HSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส HSE เป็นเครือข่ายการสื่อสารระดับการควบคุม (Control-Level Network) ที่ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการควบคุมและแสดงผลกระบวนการ เช่น ส่วนติดต่อกับผู้ปฏิบัติการ (Operator Workstation) ส่วนที่ใช้ในการกำหนดตั้งค่าระบบ (Engineering Workstation) และส่วนเก็บข้อมูลระบบ (Data Server) เป็นต้น ซึ่งมีความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล 100 เมกะบิตต่อวินาที (Mbps) โดยเครือข่าย HSE มีโครงสร้างทางกายภาพที่พัฒนามาจากมาตรฐาน Ethernet (IEEE 802.3)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เทียบกับโมเดล OSI ของ ISO

รูปที่ 2.2 [15] แสดงโครงสร้างของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 เทียบกับโมเดลอ้างอิง โดยที่เทคโนโลยีฟิลด์บัส H1 มีข้อกำหนดเฉพาะชั้นที่ 1 (Physical Layer) ชั้นที่ 2 (Data Link Layer) และชั้นที่ 7 (Application Layer) เท่านั้นตามโมเดล OSI ส่วนชั้น User Application เป็นส่วนเพิ่มเติมของเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัสโดยเฉพาะ ที่ใช้เป็นข้อกำหนดฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีนี้ รายละเอียดการทำงานของแต่ละชั้นการสื่อสารเทคโนโลยีฟิลด์บัส H1 อธิบายโดยย่อได้ดังนี้

### 2.2.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer

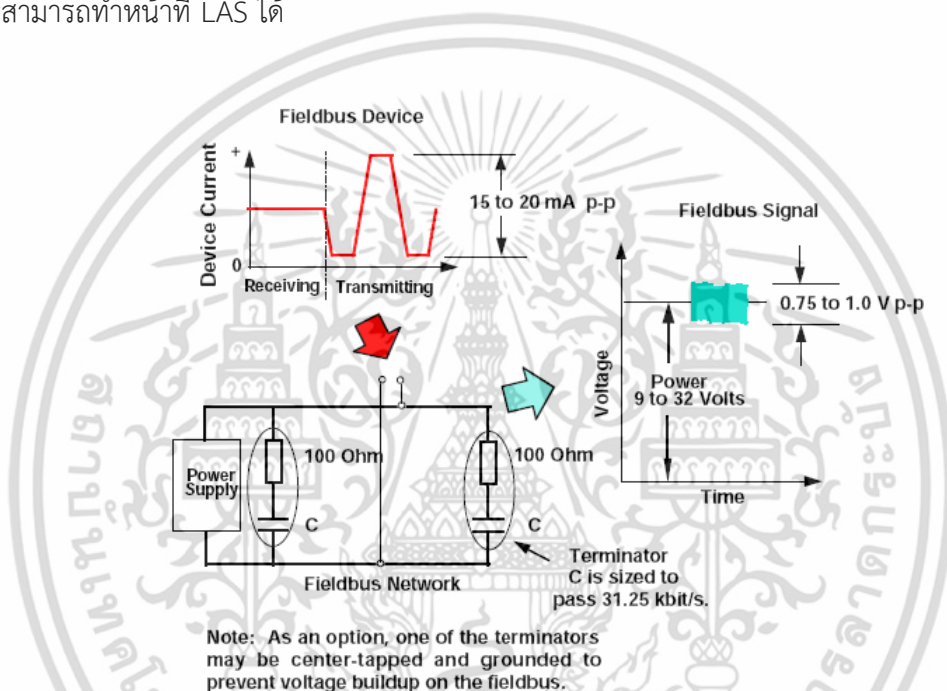
Physical Layer เป็นชั้นที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางกายภาพในการติดตั้ง การเดินสายของอุปกรณ์ในฟิลด์บัสเซกเมนต์ H1 รวมถึงรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ โดยข้อกำหนดในชั้นนี้ของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ถูกพัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน ISA S50.02 และ IEC 61158-2 ที่มีสัญญาณไฟฟ้า 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.3 [15] คือ ส่วนที่เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ตีซีในช่วง 9-32 Vdc สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้แก่อุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่เชื่อมต่อบนเซกเมนต์ H1 และส่วนที่เป็นสัญญาณแรงดัน/กระแสไฟฟ้าเอซีซึ่งมีการเข้ารหัสด้วยเทคนิค “Manchester Encoding” โดยมีค่าความถี่ 31.25 kbps ซึ่งเป็นส่วนข้อมูลที่รับ-ส่งบนเซกเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

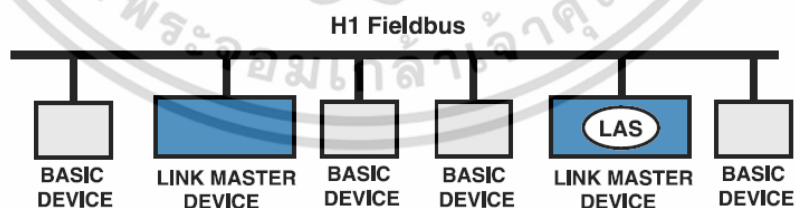
## 2.2.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer

Data Link Layer เป็นชั้นที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 อุปกรณ์ในลักษณะจุดต่อจุด (Point-to-Point Communication) ซึ่งมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า “LAS (Link Active Scheduler)” เป็นตัวควบคุมการสื่อสารข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเซกเมนต์ H1 โดยอุปกรณ์ระดับฟิลต์ใน Data Link Layer ของเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน (ดูรูปที่ 2.4 [15]) ดังนี้

- อุปกรณ์ประเภท Basic เป็นอุปกรณ์ระดับฟิลต์ H1 โดยทั่วไปที่ไม่สามารถทำหน้าที่ LAS ได้
- อุปกรณ์ประเภท Link Master เป็นอุปกรณ์ระดับฟิลต์ H1 ที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษให้สามารถทำหน้าที่ LAS ได้



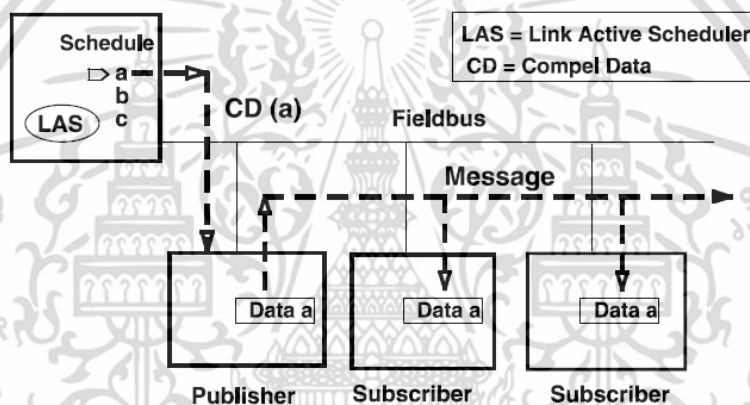
รูปที่ 2.3 สัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลบนเซกเมนต์ H1



รูปที่ 2.4 ประเภทของอุปกรณ์ระดับฟิลต์ในเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1

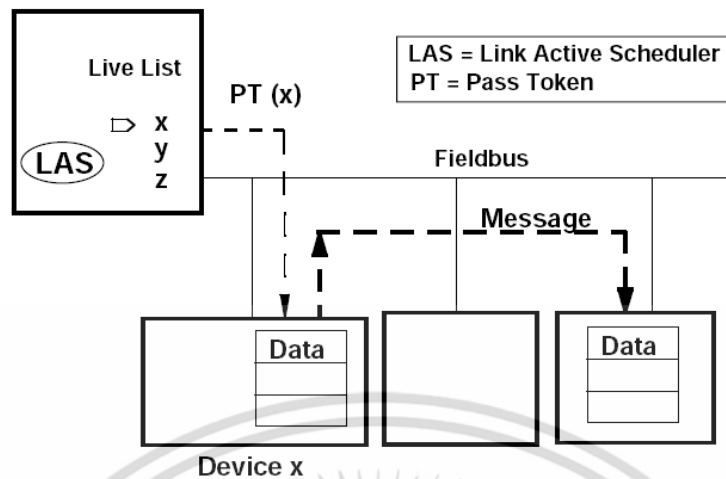
การสื่อสารข้อมูลในเซกเมนต์ H1 จะถูกควบคุมด้วย LAS โดยอุปกรณ์ที่อยู่ใน Live List เท่านั้นที่สามารถทำการรับ-ส่งข้อมูลได้ ถ้าพิจารณาในเรื่องกำหนดการเวลาในการรับ-ส่งข้อมูล สามารถแบ่งประเภทการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายฟิลด์บัส H1 ได้ 2 ประเภท คือ Scheduled Communication และ Unscheduled Communication ดังแสดงในรูปที่ 2.5 และ 2.6 ตามลำดับ [15] โดยที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Scheduled Communication** เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ถูกกำหนดเวลาไว้แน่นอนว่าจะมีการรับ-ส่งข้อมูลเกิดขึ้นเมื่อใด โดยการสื่อสารประเภทนี้ใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กัน เช่น ค่าตัวแปรกระบวนการที่ตรวจวัดได้โดยใช้ฟังก์ชันบล็อก Analog Input (AI) ที่อยู่ในทรานสมิตเตอร์ถูกส่งไปยังฟังก์ชันบล็อก PID ที่อยู่ในตัวควบคุมของระบบโฮสต์ (Host Controller) เป็นต้น ดังนั้นการที่ผู้ใช้งานดำเนินการสร้างรูปควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 จะเป็นการกำหนดตารางเวลาในการสื่อสารสำหรับ Scheduled Communication ด้วยนั้นหมายความว่า ตารางเวลาในการสื่อสาร (หรือที่เรียกว่า Macrocycle) จะมีความสัมพันธ์กับรูปแบบการควบคุมและการเลือกกำหนดใช้ฟังก์ชันบล็อกจากอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 จากรูปที่ 2.5 เมื่อถึงกำหนดเวลาที่อุปกรณ์ใดต้องมีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication แล้ว LAS จะส่งข้อมูลคำสั่งที่เรียกว่า “Compel Data (CD)” ไปยังอุปกรณ์ตัวนั้น (เช่น อุปกรณ์ a) จากนั้นอุปกรณ์ที่ได้รับคำสั่ง CD ซึ่งถูกเรียกว่า “Publisher” จะส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ถูกกำหนดไว้ให้รับข้อมูลนี้ โดยอุปกรณ์ที่ได้รับข้อมูลนี้จะถูกเรียกว่า “Subscriber”



รูปที่ 2.5 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication

**Unscheduled Communication** เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่ได้ถูกกำหนดเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลที่แน่นอน โดยการสื่อสารประเภทนี้ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ เช่น การส่งสัญญาณแจ้งเตือน (Alarm) จากตัวอุปกรณ์ไปยังระบบโฮสต์ หรือ การเปลี่ยนค่าเซตพอยต์ในการควบคุมโดยผู้ใช้งาน (หรือ Operator) เป็นต้น การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication จะเกิดขึ้นในเวลาที่ไม่มีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication โดยมี LAS เป็นผู้ควบคุมการสื่อสารซึ่งอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ทุกตัวที่อยู่ใน Live List จะผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันในการส่งข้อมูล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ LAS โดยทั่วไป LAS จะเรียงลำดับอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน Live List ตามค่าแอดเดรสที่กำหนดให้แก่อุปกรณ์นั้น ๆ ด้วยการเรียงจากน้อยไปหามาก (ดูรูปที่ 2.6) เช่น LAS จะส่งข้อมูลคำสั่งที่เรียกว่า “Pass Token (PT)” ให้แก่อุปกรณ์ x เมื่ออุปกรณ์ x ได้รับคำสั่ง PT จะทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการให้รับข้อมูล (ซึ่งอาจเป็นแค่อุปกรณ์ตัวเดียวหรืออุปกรณ์หลายตัวก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการส่ง) หลังจากที่อยู่อุปกรณ์ x เสร็จสิ้นการส่งข้อมูลแล้วจะส่งข้อมูลคำสั่ง “Return Token (RT)” มายัง LAS เมื่อ LAS พิจารณาเห็นว่ายังไม่ถึงกำหนดเวลาที่จะมีการสื่อสารแบบ Scheduled Communication และเหลือเวลาพอที่จะให้มีการสื่อสารแบบ Unscheduled Communication แล้ว LAS จะส่งคำสั่ง PT ไปยังอุปกรณ์ถัดไปใน Live List เช่น อุปกรณ์ y เป็นต้น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication

### ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ LAS

ในเซกเมนต์ของฟิวน์เดชันฟิลด์บัส H1 ต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ LAS เพื่อควบคุมการทำงาน และเลือกการสื่อสารในเซกเมนต์ อัลกอริทึม (Algorithm) ในการประมวลผลของ LAS แสดงดังรูปที่ 2.7 [15] โดยฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ LAS มีดังนี้

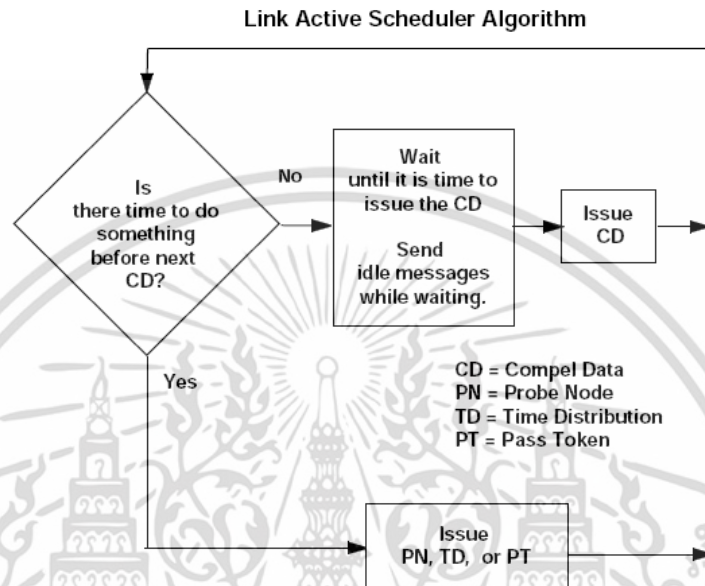
1. **CD Schedule** เป็นกำหนดการในการส่งข้อมูลคำสั่ง CD จาก LAS ไปยัง Publisher ซึ่งเป็นอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่ต้องการส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication โดย CD Schedule นี้ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับ Macrocycle ที่มีลักษณะการทำงานในรูปแบบซ้ำกันเป็นวงรอบแบบวนซ้ำ จากฟังก์ชันการทำงานของ LAS เมื่อถึงกำหนดเวลา CD Schedule แล้ว LAS จะส่งข้อมูลคำสั่ง CD ไปยังอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่จะทำหน้าที่ Publisher เสมอ

2. **Live List Maintenance** เป็นการรักษารายการอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่สามารถใช้เครือข่ายในการสื่อสารได้ โดย LAS จะทำหน้าที่ในการตรวจสอบ “Live List” ในช่วงแอดเดรส 20–247 ว่ามีการระบุค่าแอดเดรสในช่วงนี้สำหรับอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 หรือไม่ โดย LAS จะส่งข้อมูลคำสั่งที่เรียกว่า “Probe Node (PN)” ไปยังแต่ละแอดเดรส ถ้ามีอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ใช้ค่าแอดเดรสนั้นในการระบุตัวตน อุปกรณ์นั้นจะมีการส่งข้อมูลที่เรียกว่า “Probe Response (PR)” กลับมายัง LAS ทำให้ LAS ทราบว่าแอดเดรสนั้นถูกระบุใช้งานและอุปกรณ์ถูกนับรวมใน Live List แต่ถ้าแอดเดรสใดไม่มีการส่งคำสั่ง PR กลับมายัง LAS หลังจาก LAS ได้ทำการส่งคำสั่ง PT อย่างต่อเนื่องติดกัน 3 ครั้ง ค่าแอดเดรสนั้นจะไม่อยู่ใน Live List จากการทำงานของ LAS ในการตรวจเช็ค Live List นี้เอง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถต่ออุปกรณ์ใหม่เพิ่มเข้าไปในเซกเมนต์หรือปลดอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่แล้วออกจากเซกเมนต์ได้ในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ โดยที่ LAS จะมีอัปเดตข้อมูลของ Live List ตลอดเวลา

3. **Data Link Time Synchronization** เป็นวิธีการที่จะทำให้อุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ทุกตัวที่อยู่ใน Live List มีเวลาในการอ้างอิงเป็นฐานเวลาเดียวกันเพื่อให้การทำงานใน Data Link Layer มีประสิทธิภาพ โดย LAS จะมีการส่งข้อมูลคำสั่งที่เรียกว่า “Time Distribution (TD)” ไปยังอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ทุกตัวใน Live List เป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **Token Passing** เป็นการควบคุมให้อุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่อยู่ใน Live List แต่ละตัว มีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ **Unscheduled Communication** โดย LAS จะมีการส่งข้อมูลคำสั่ง **Pass Token (PT)** ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ละอุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์ใด ได้รับชุดคำสั่ง **PT** อุปกรณ์นั้นจะมีสิทธิ์ในการส่งข้อมูลบนเครือข่าย H1 ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชนกันของการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์หลายตัวที่เชื่อมต่อในเซกเมนต์ในเวลาเดียวกัน



รูปที่ 2.7 อัลกอริทึมในการประมวลผลของ LAS

### 2.2.3 ชั้นที่ 7 Application Layer

Application Layer ของเทคโนโลยีฟาร์เนดเซชันฟิลด์บัส H1 ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ FAS (Fieldbus Access Sublayer) และ FMS (Fieldbus Message Specification) โดยที่

**FAS** เป็นการกำหนดรูปแบบของ VCR (Visual Communication Relationship) ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ต้องการส่ง ซึ่งมีการระบุใน FMS และรูปแบบของการสื่อสารที่จะเกิดขึ้นใน Data Link Layer โดยที่รูปแบบของ VCR คล้ายกับรูปแบบของการเชื่อมต่อในเครือข่ายโทรศัพท์ เช่น การโทรศัพท์ระหว่างบุคคล 2 บุคคล หรือการโทรศัพท์ประชุม 3 สายที่มีรูปแบบการเชื่อมต่อเพื่อรับ-ส่งข้อมูลที่ต่างกัน ในทำนองเดียวกัน VCR ที่กำหนดใน FAS นี้ถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภทโดยแต่ละประเภทใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลที่ต่างกัันดังแสดงในรูปที่ 2.8 [15] คือ

1. **Client/Server VCR** ที่ใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการสั่งการของผู้ปฏิบัติการ (Operator Message) เช่น

- การเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Setpoint Change)
- การเปลี่ยนโหมดการทำงานของบล็อก (Block Mode Change)
- การปรับแต่งค่าตัวในตัวควบคุม (Tuning Change)
- การอัปโหลด-ดาวน์โหลดข้อมูลระหว่างระบบโฮสต์กับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ (Upload-Download)

- การจัดการสัญญาณแจ้งเตือน (Alarm Management)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การแสดงข้อมูลวินิจฉัยการทำงานของอุปกรณ์ระดับฟิลด์มาที่ระบบโฮสต์ (Remote Diagnostics) เป็นต้น

**FIELD BUS ACCESS SUBLAYER SERVICES**

Client/Server VCR Type	Report Distribution VCR Type	Publisher/Subscriber VCR Type
<p><b>Used for Operator Messages</b></p> <p>Setpoint changes Mode changes Tuning changes Upload/Download Alarm Management Access display views Remote diagnostics</p>	<p><b>Used for Event Notification and Trend Reports</b></p> <p>Send process alarms to operator consoles.  Send trend reports to data historians.</p>	<p><b>Used for Publishing Data</b></p> <p>Send transmitter PV to PID control block and operator console.</p>

**DATA LINK LAYER SERVICES**

รูปที่ 2.8 ประเภทของ VCR ที่กำหนดใน FAS

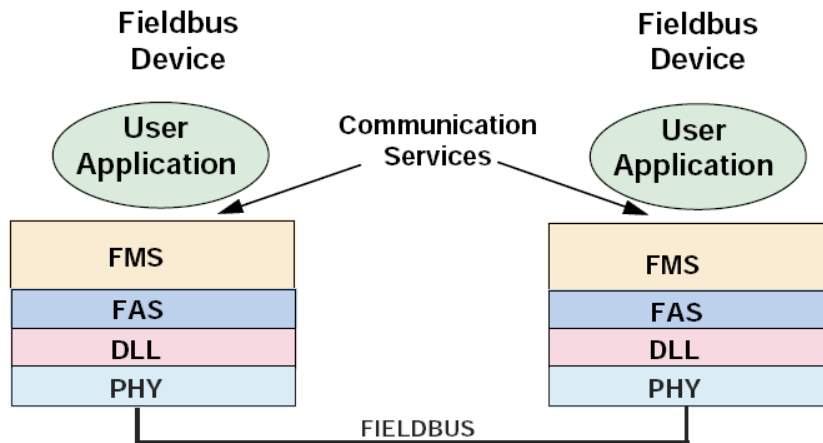
2. **Report Distribution VCR** ที่ใช้สำหรับการแจ้งเตือนเหตุการณ์ (Event Notification) และการรายงานข้อมูลแบบเทรนด์ (Trend Report) เช่น

- การส่งสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับฟิลด์ (Process Alarm) มายังส่วนติดต่อผู้ปฏิบัติการในห้องควบคุม (Operator Console)
- การส่งข้อมูลแบบเทรนด์มาจัดเก็บในฐานข้อมูล เพื่อเรียกดูย้อนหลังได้ (Data Historian)

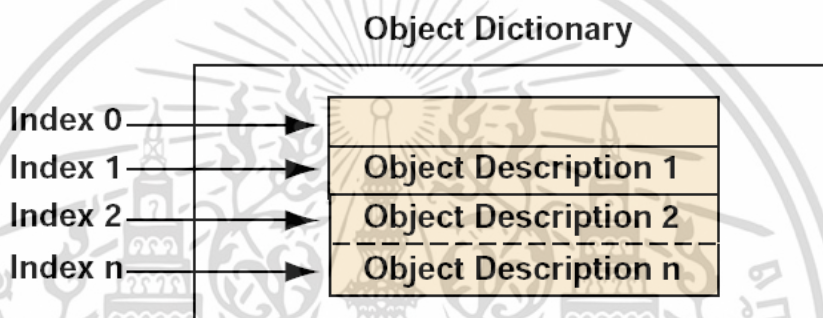
3. **Publisher/Subscriber VCR** ที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กันเช่น การส่งค่ากระบวนการ (PV) ด้วยค่าตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI ที่อยู่ในทรานสมิตเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่ากระบวนการไปเป็นค่าตัวแปร IN ของฟังก์ชันบล็อก PID ที่อยู่ในตัวควบคุมที่ระบบโฮสต์หรืออยู่ในอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์ เป็นต้น

FMS เป็นการกำหนดรายละเอียดของการให้บริการสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล (Communication Service) รูปแบบของข้อมูล (Message Format) และคุณสมบัติของโปรโตคอลที่ต้องการ เพื่อสร้างข้อความสำหรับ User Application แสดงดังรูปที่ 2.9 [15] โดยวิธีการรับ-ส่งข้อมูลบนบัส H1 เป็นวิธีการของโปรโตคอลแบบออบเจกต์ (Object Oriented Protocol) ข้อมูลต่าง ๆ ภายในอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 จะอยู่ในรูปแบบของออบเจกต์ ที่เรียกว่า “Object Description” และมีการนำเอา “Object Description” หลาย ๆ ตัวมารวบรวมเก็บไว้ด้วยกันเรียกโครงสร้างนี้ว่า “OD (Object Dictionary)” ดังแสดงในรูปที่ 2.10 [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง FMS และ Communication Services



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของ Object Dictionary

ตารางที่ 2.1 โครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิจี่ห้อ Rosemount 3144

Index Number	Object Description
1000	Resource Block
1100	Sensor Transducer Block
1200	LCD Transducer Block
1400	Analog Input Block
1500	Analog Input Block
1600	Analog Input Block
1700	PID Block
1800	PID Block
1900	Input Selector Block
2000	Signal Characterizer Block
2100	Arithmetic Block
2200	Signal Characterizer Block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ Rosemount 3144 [18] จะเห็นได้ว่าการใช้ Index Number ในการระบุข้อมูลของ Object Directory ต่าง ๆ เช่น Index Number หมายเลข 1400 และ 1500 สำหรับฟังก์ชันบล็อก AI บล็อกที่ 1 และบล็อกที่ 2 ที่อยู่ภายในทรานสมิตเตอร์ เป็นต้น

Communication Service ใน FMS สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2 [19] ตัวอย่างเช่น การอ่านค่าตัวแปร และการเขียนค่าตัวแปรใช้เซอร์วิส “Read” และ “Write” ตามลำดับ และการรายงานเหตุการณ์ใช้เซอร์วิส “Event Notification” เป็นต้น โดยทั่วไป เซอร์วิสต่าง ๆ กำหนดให้ใช้ VCR ประเภท Client/Sever ยกเว้นบางเซอร์วิสที่มีการกำหนดให้ใช้ VCR ประเภทอื่น

ตารางที่ 2.2 Communication Service ใน FMS ของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

Context Management Service	
Initiate	Establish communications
Abort	Release communications
Reject	Reject improper service
Status	Read a device status
UnsolicitedStatus	Send unsolicited status
Identify	Read vendor, type and version
Object Dictionary Services	
GetOD	Read an object dictionary (OD)
InitiatePutOD	Start an OD Load
PutOD	Load an OD into a device
TerminatePutOD	Stop an OD Load
Variable Access Services	
Read	Read a variable
Write	Write a variable
InformationReport	Send Data *
DefineVariableList	Define a Variable List
DeleteVariableList	Delete a Variable List
Event Services	
EventNotification	Report an event **
AcknowledgeEventNotification	Acknowledge an event
AlterEventConditionMonitoring	Disable / Enable event

หมายเหตุ \* สามารถใช้ VCR ประเภท Publisher / Subscriber หรือ Report Distribution

\*\* สามารถใช้ VCR ประเภท Report Distribution

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

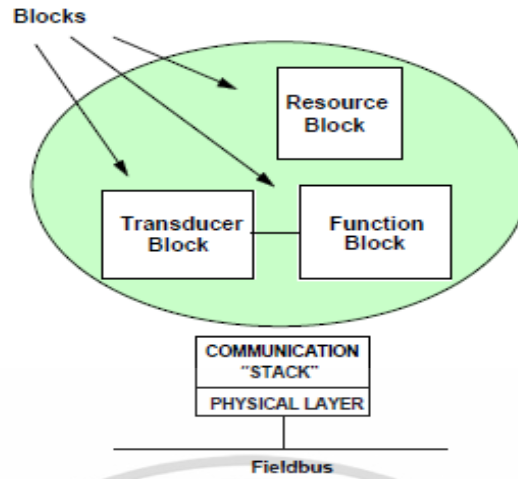
ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

Upload/Download Services	
RequestDomainUpload	Request Upload
InitiateUploadSequence	Open Upload
UploadSegment	Read Data from Device
TerminateUploadSequence	Stop Upload
RequestDomainDownload	Request Download
InitiateDownloadSequence	Open Download
DownloadSegment	Send Data to Device
TerminateDownloadSequence	Stop Download
GenericInitiateDownloadSequence	Open Download
GenericDownloadSegment	Send Data to Device
GenericTerminateDownload	Sequence Stop Download
Program Invocation Services	
CreateProgramInvocation	Create a program object
DeleteProgramInvocation	Delete a program object
Start	Start a program
Stop	Stop a program
Resume	Resume program execution
Reset	Reset the program
Kill	Remove the program

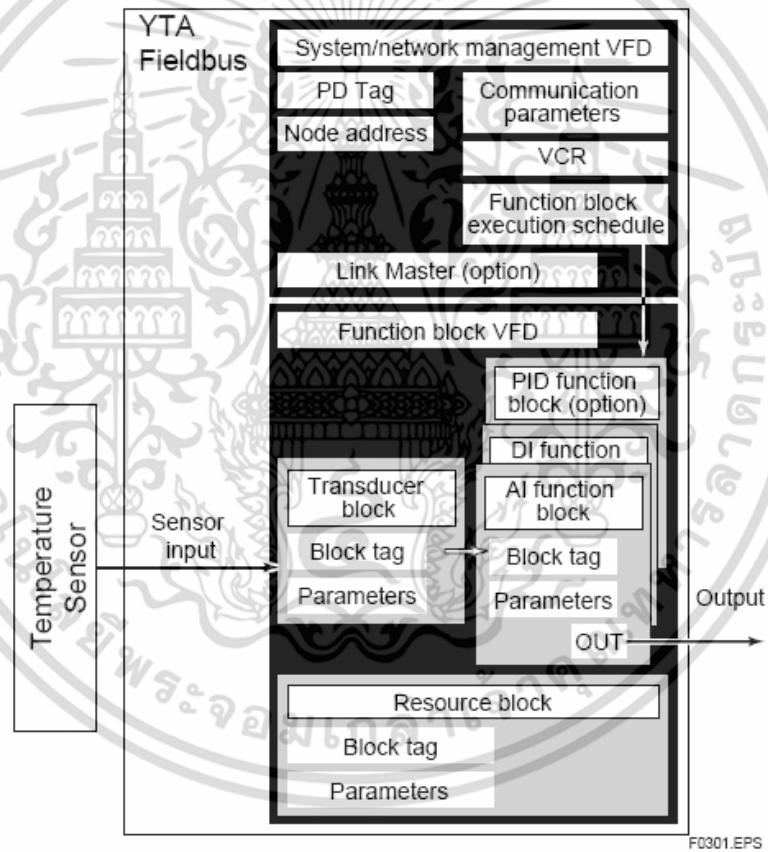
#### 2.2.4 User Application Layer

Fieldbus Foundation ได้กำหนดมาตรฐานของ User Application Layer โดยการใช้ฟิลด์บัสบล็อก (Fieldbus Blocks) เป็นตัวแทนของแอปพลิเคชันแต่ละชนิดซึ่งมีหน้าที่แตกต่างกันออกไป รูปที่ 2.11 [15] แสดงชนิดของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer ซึ่งประกอบด้วยรีซอร์สบล็อก (Resource Block) ทรานสดิวเซอร์บล็อก (Transducer Block) และฟังก์ชันบล็อก (Function Block) รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320 [20] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ในส่วนของฟังก์ชันบล็อก VFD (Visual Field Device) ประกอบไปด้วย ฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก DI และฟังก์ชันบล็อก PID เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ชนิดของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. รีซอร์สบล็อก

รีซอร์สบล็อกประกอบไปด้วยคุณลักษณะเฉพาะทางฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ฟิลด์บัสแต่ละตัว ในบล็อกนี้จะไม่มีส่วนแปรอินพุตหรือเอาต์พุต ชุดคำสั่งที่อยู่ภายในบล็อกจะเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบหรือการควบคุมการดำเนินการโดยทั่วไปในส่วนฮาร์ดแวร์ของตัวอุปกรณ์ การทำงานของชุดคำสั่งจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางกายภาพของตัวอุปกรณ์ซึ่งถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ในอุปกรณ์ฟิลด์บัสแต่ละตัวจะมีรีซอร์สบล็อกได้เพียงหนึ่งบล็อกเท่านั้น ซึ่งถ้ากรณีที่มีรีซอร์สบล็อกอยู่ในโหมด Out of Service ก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อบล็อกอื่น ๆ ที่อยู่ใน User Application Layer ด้วย ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ภายในรีซอร์สบล็อกแสดงดังรูปที่ 2.13 [20]

Relative Index	Index	Parameter Name	Factory Default	Write Mode	Explanation
0	1000	Block Header	TAG:"RS"	Block Tag = O/S	Information on this block such as Block Tag, DD Revision, Execution Time etc.
1	1001	ST_REV	-	-	The revision level of the static data associated with the resource block. The revision value is incremented each time a static parameter value in this block is changed.
2	1002	TAG_DESC	Null	Auto	The user description of the intended application of the block.
3	1003	STRATEGY	1	Auto	The strategy field can be used to identify grouping of blocks. This data is not checked or processed by the block.
4	1004	ALERT_KEY	1	Auto	The identification number of the plant unit. This information may be used in the host for sorting alarms, etc.
5	1005	MODE_BLK	Auto	Auto	The actual, target, permitted, and normal modes of the block.
6	1006	BLOCK_ERR	-	-	This parameter reflects the error status associated with the hardware or software components associated with a block. It is a bit string, so that multiple errors may be shown.
7	1007	RS_STATE	-	-	State of the resource block state machine.
8	1008	TEST_RW	Null	Auto	Read/write test parameter-used only for conformance testing and simulation.
9	1009	DD_RESOURCE	Null	-	String identifying the tag of the resource which contains the Device Description for this resource.
10	1010	MANUFAC_ID	Yokogawa Electric 0x00594543	-	Manufacturer identification number-used by an interface device to locate the DD file for the resource.
11	1011	DEV_TYPE	5	-	Manufacturer's model number associated with the resource-used by interface devices to locate the DD file for the resource.
12	1012	DEV_REV	2	-	Manufacturer revision number associated with the resource-used by an interface device to locate the DD file for the resource.
13	1013	DD_REV	1	-	Revision of the DD associated with the resource-used by an interface device to locate the DD file for the resource.

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายในรีซอร์สบล็อกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320

## 2. ทรานสดิวเซอร์บล็อก

ทรานสดิวเซอร์บล็อกจะติดต่อกับหน่วยอินพุตหรือเอาต์พุตภายในกระบวนการผ่านทางฟังก์ชันบล็อกโดยที่ทรานสดิวเซอร์บล็อกมีหน้าที่ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์และเขียนคำสั่งการทำงานส่งกลับไปยังอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งบล็อกนี้จะได้รับอนุญาตให้ทำงานได้บ่อยครั้งตามที่ต้องการเพื่อให้ได้รับค่ากระบวนการที่ดีที่สุดจากเซนเซอร์ และเพื่อให้มั่นใจว่าคำสั่งควบคุมที่ส่งออกไปมีความถูกต้องเหมาะสมโดยปราศจากการเพิ่มภาระงานให้กับฟังก์ชันบล็อก ซึ่งทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลเหล่านั้น ในทรานสดิวเซอร์บล็อกมีการแยกฟังก์ชันบล็อกออกจากลักษณะเฉพาะของอินพุตหรือเอาต์พุตที่ถูกกำหนดโดยผู้ผลิตแต่ละราย ซึ่งภายในทรานสดิวเซอร์บล็อกประกอบไปด้วยข้อมูลต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาทิเช่น ชนิดของเซนเซอร์ และวันที่ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัด เป็นต้น ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ภายในทรานสดิวเซอร์บล็อกแสดงดังรูปที่ 2.14 [20]

Relative Index	Index	Parameter Name	Default (factory setting)	Write	Description
0	2000	Block Header	Tag: "TB"	Block tag = O/S	Information about this block, including the block tag, DD revision, and execution time
1	2001	ST_REV	-	-	Incremented when a change is made to the parameter settings for the transducer block to indicate the revision level of the settings, and used to see whether or not there is a change in parameter settings.
2	2002	TAG_DESC	Blank	Auto	Universal parameter storing the description of the tag
3	2003	STRATEGY	0	Auto	Universal parameter used by an upper-level system to classify the function blocks
4	2004	ALERT_KEY	1	Auto	Universal parameter used as a key to identify the point from which an alert is issued; normally used by an upper-level system to select alerts to provide to a particular operator who covers a specific area of the plant
5	2005	MODE_BLK	Auto	Auto	Universal parameter that indicates the block operation conditions and is composed of the actual mode, target mode, permitted modes, and normal mode
6	2006	BLOCK_ERR	-	-	Indicates the error statuses related to the block itself. The errors applicable to the transducer block of the YTA320 include: - Amplifier failure - Abnormal ambient temperature - O/S mode of transducer block
7	2007	UPDATE_EVT	-	-	Shows the contents of an update event upon occurrence.
8	2008	BLOCK_ALM	-	-	Shows the contents of an alarm event upon occurrence.
9	2009	TRANSDUCER_DIRECTORY	-	-	Index to the text describing the transducer contained in the YTA320 transmitter
10	2010	TRANSDUCER_TYPE	102	-	Transmitter type. Set to "102" (standard dual temperature with calibration) for the YTA320.
11	2011	XD_ERROR	-	-	Stores the error prioritized at the highest level from among the errors that are currently occurring in the transducer block: 0 = No error 37 = Configuration error 45 = Terminal sensor failure 65 = Sensor 2 failure 75 = Sensor 1 failure 80 = Hardware error

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์บล็อกของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320

### 3. ฟังก์ชันบล็อก

ฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์ฟาว์เดชั่นฟิลด์บัสประกอบไปด้วยฟังก์ชันต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการควบคุมกระบวนการ เนื่องจากระบบแต่ละระบบมีความแตกต่างกัน ดังนั้นการผสมผสานและการกำหนดฟังก์ชันต่าง ๆ ในการทำงานจึงมีความแตกต่างกันด้วย Fieldbus Foundation จึงได้มีการออกแบบกลุ่มของฟังก์ชันบล็อกให้แต่ละบล็อกสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกัน ตัวอย่างฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ เช่น แอนะลอกอินพุต (AI) แอนะลอกเอาต์พุต (AO) และ พีไอดี (PID) ฟังก์ชันบล็อกมาตรฐาน (Standard Function Block) ประกอบด้วยโครงสร้างทั่วไปสำหรับการกำหนดฟังก์ชันบล็อกอินพุต เอาต์พุต ตัวแปรควบคุม เหตุการณ์ การแจ้งเตือน และโหมดการควบคุม ในรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในฟังก์ชันบล็อก AI และบล็อก PID ของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320 [20] ตามลำดับ ส่วนรูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในฟังก์ชันบล็อก AO ของทรานสมิตเตอร์แปลงสัญญาณรุ่น FI302 [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Relative Index	Index				Parameter Name	Factory Default	Write Mode	Explanation
	AI1	AI2	AI3	AI4				
0	4000	4100	4200	4300	Block Header	TAG:"AI1", "AI2", "AI3" or "AI4"	Block Tag = O/S	Information on this block such as Block Tag, DD Revision, Execution Time etc. The value for "Period of Execution" should be larger than "Execution Time."
1	4001	4101	4201	4301	ST_REV	-	-	The revision level of the static data associated with the function block. The revision value will be incremented each time a static parameter value in the block is changed.
2	4002	4102	4202	4302	TAG_DESC	(blank)	Auto	The user description of the intended application of the block.
3	4003	4103	4203	4303	STRATEGY	1	Auto	The strategy field can be used to identify grouping of blocks. This data is not checked or processed by the block.
4	4004	4104	4204	4304	ALERT_KEY	1	Auto	The identification number of the plant unit. This information may be used in the host for sorting alarms, etc.
5	4005	4105	4205	4305	MODE_BLK	AI1,AI2:Auto AI3,AI4:O/S	Auto	The actual, target, permitted, and normal modes of the block.
6	4006	4106	4206	4306	BLOCK_ERR	-	-	This parameter reflects the error status associated with the hardware or software components associated with a block. It is a bit string, so that multiple errors may be shown.
7	4007	4107	4207	4307	PV	-	-	Either the primary analog value for use in executing the function, or a process value associated with it. May also be calculated from the READBACK value of an AO block.
8	4008	4108	4208	4308	OUT	-	Value = Man	The primary analog value calculated as a result of executing the function.
9	4009	4109	4209	4309	SIMULATE	Disable	Auto	Allows the transducer analog input or output to the block to be manually supplied when simulate is enabled. When simulation is disabled, the simulate value and status track the actual value and status.
10	4010	4110	4210	4310	XD_SCALE	Specified at the time of order	O/S	The high and low scale values, engineering units code, and number of digits to the right of the decimal point used with the value obtained from the transducer for a specified channel. Refer to Table A1.5 for the unit available.

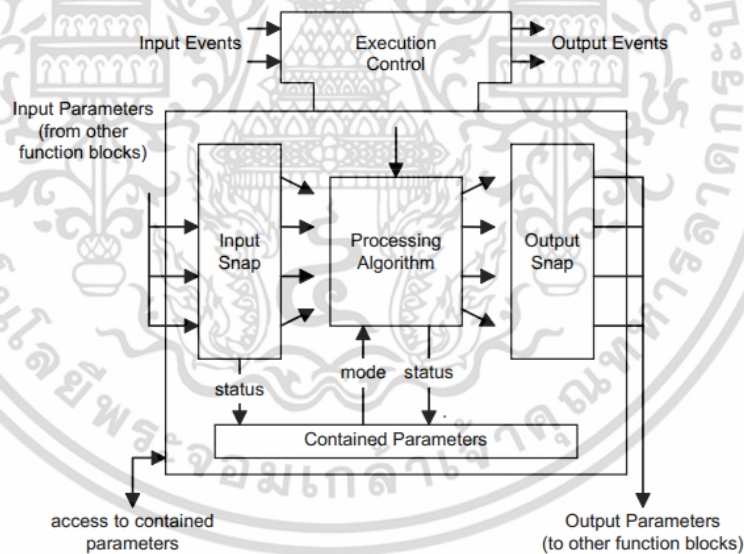
รูปที่ 2.15 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก AI ของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320

Index	Parameter Name	Default (factory setting)	Write	Valid Range	Description
0	Block Header	TAG: "PID"	Block Tag = O/S		Same as that for an AI block.
1	ST_REV		-		Same as that for an AI block.
2	TAG_DESC	(blank)			Same as that for an AI block.
3	STRATEGY	1			Same as that for an AI block.
4	ALERT_KEY	1		1 to 255	Same as that for an AI block.
5	MODE_BLK				
6	BLOCK_ERR		-		Same as that for an AI block.
7	PV		-		Measured value; the non-dimensional value that is converted from the input (IN) value based on the PV_SCALE values and filtered.
8	SP	0	AUTO	PV_SCALE ±10%	Setpoint
9	OUT		MAN		Output
10	PV_SCALE	100 0 1133 1	O/S		Upper and lower scale limit values used for scaling of the input (IN) value.
11	OUT_SCALE	100 0 1342 1	O/S		Upper and lower scale limit values used for scaling of the control output (OUT) value to the values in the engineering unit.

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก PID ของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Idx	Parameter	Data Type (length)	Valid Range/Options	Default Value	Units	Store/Mode	Description
1	ST_REV	Unsigned16		0	None	S/RO	
2	TAG_DESC	OctString(32)		Spaces	Na	S	
3	STRATEGY	Unsigned16		0	None	S	
4	ALERT_KEY	Unsigned8	1 to 255	0	None	S	
5	MODE_BLK	DS-69		O/S	Na	S	See Mode Parameter
6	BLOCK_ERR	Bitstring(2)			E	D/RO	
7	PV	DS-65			PV	D / RO	Process analog value.
8	SP	DS-65	PV_SCALE +/- 10%		PV	N / Auto	The analog set point. Can be set manually, automatically through the interface device or another field device.
9	OUT	DS-65	XD_SCALE		OUT	N / Man	The output value result to the transducer block.
10	SIMULATE	DS-82	1: Disable ; 2: Active are the Enable/Disable options.	Disable		D	Allows the readback value to be manually supplied when simulate is enabled. In this case, the simulate value and status will be the PV value.
11	PV_SCALE	DS-68		0-100%	PV	S / Man	The high and low scale values to the SP parameter.
12	XD_SCALE	DS-68	Depends on the device type. See the corresponding manual for details.	Depends on the Device type. See description for details.	XD	S / Man	The high and low scale values, to transducer for a specified channel. The Default value for each Smar device is showed below: FY302: 0 to 100 [%] FP302: 3 to 15 [psi] or 3 to 30 [psi] * FI302: 4 to 20 [mA] DFI302: 0 to 100 [%]

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในฟังก์ชันบล็อก AO ของทรานสมิตเตอร์รุ่น FI302



รูปที่ 2.18 โครงสร้างภายในและการดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก

รูปที่ 2.18 [22] แสดงโครงสร้างภายในการดำเนินการของบล็อก เมื่อการดำเนินการเริ่มต้นขึ้น ค่าตัวแปรอินพุตจากบล็อกอื่น ๆ จะถูก Snap โดยบล็อก ซึ่งขั้นตอนการ Snap อินพุตนี้เป็นไปเพื่อให้แน่ใจว่าค่าตัวแปรจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงระหว่างที่ฟังก์ชันบล็อกกำลังประมวลผลผลและดำเนินการ ค่าของตัวแปรที่เกิดการเปลี่ยนแปลงถัดมาจะไม่มีผลต่อค่าที่ถูก Snap และจะไม่ถูกนำมาใช้ในขณะที่ฟังก์ชันบล็อกกำลังดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

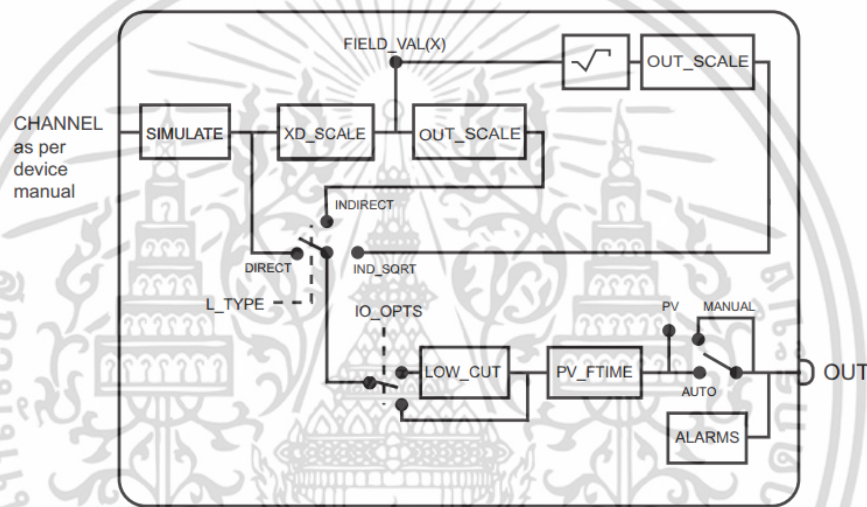
เมื่อค่าอินพุตถูก Snap ถูกดำเนินการโดยสมการต่าง ๆ ที่อยู่ภายในบล็อก เพื่อให้ได้ค่าเอาต์พุต การทำงานของสมการต่าง ๆ ถูกควบคุมโดยการกำหนดค่าตัวแปรที่บรรจุอยู่ในฟังก์ชันบล็อก ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะไม่ปรากฏให้เห็นในช่วงของตัวแปรอินพุตหรือเอาต์พุตปกติ อย่างไรก็ตามตัวแปรเหล่านี้สามารถถูกเข้าถึงและเปลี่ยนแปลงได้ตามที่ถูกระบุด้วยฟังก์ชันบล็อก โดยฟังก์ชันบล็อกสามารถเก็บข้อมูลของตัวมันได้เป็นระยะเวลาสั้น ๆ และมีหน่วยจัดเก็บสำหรับการตรวจสอบพฤติกรรมของบล็อกเอง

### 2.3 การสร้างรูปควบคุมพีเอ็ดี้โดยใช้แนวคิด CIF [23]-[27]

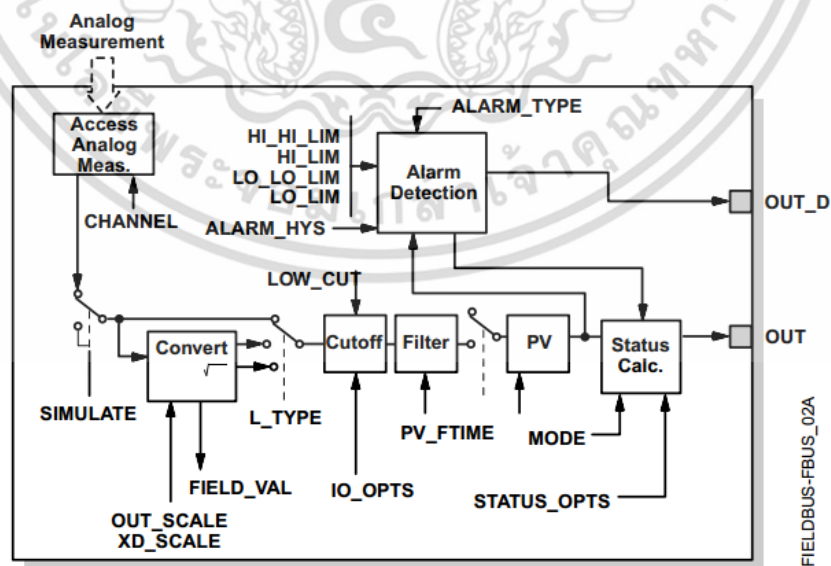
#### 2.3.1 ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุม

##### 1. ฟังก์ชันบล็อก AI

ฟังก์ชันบล็อก AI (Analog Input) เป็นบล็อกที่เกี่ยวข้องกับการวัดแบบต่อเนื่องของเครื่องมือวัด



(ก) บล็อกที่มีเฉพาะเอาต์พุต OUT



(ข) บล็อกที่มีเอาต์พุต OUT และ OUT\_D

รูปที่ 2.19 ตัวอย่างโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อก AI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีโครงสร้างภายในดังในรูปที่ 2.19 [23], [24] ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ซึ่งถูกเก็บข้อมูลไว้ในทรานสดิวเซอร์บล็อก จะถูกส่งต่อมาที่ฟังก์ชันบล็อก AI ผ่านตัวแปร CHANNEL ในกรณีที่เครื่องมือวัดมีเซนเซอร์ในการตรวจวัดค่าหลายตัว ผู้ใช้งานจำเป็นต้องมีการระบุหมายเลขของตัวแปร CHANNEL ให้ตรงกับค่าที่ต้องการใช้งาน สำหรับเครื่องมือวัดที่มีเพียงเซนเซอร์เดียวในการตรวจวัดค่า ผู้ผลิตเครื่องมือวัดมักกำหนดให้ค่าตัวแปร CHANNEL มีค่าเป็น 1 โดยค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องมือวัดจะถูกนำมาประมวลผลด้วยการแปลงค่าสัญญาณ (Converting) การกรองสัญญาณ (Filtering) และการตรวจสอบฟังก์ชันการแจ้งเตือน (Alarm Detection) รวมทั้งการตรวจสอบสถานะของ ตัวแปรเอาต์พุต OUT ในบางผู้ผลิตมีการเพิ่มค่าเอาต์พุตที่ไม่ต่อเนื่อง OUT\_D ดังรูปที่ 2.19 (ข) เพื่อใช้แสดงผลเมื่อเงื่อนไขของระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ มีการทำงาน โดยการตรวจสอบฟังก์ชันการแจ้งเตือนขึ้นอยู่กับค่าเอาต์พุต OUT และการกำหนดขอบเขตรวมทั้งเงื่อนไขของการแจ้งเตือน

ฟังก์ชันบล็อก AI รองรับโหมดการดำเนินการทั้งหมด 3 โหมดเข้าด้วยกัน ซึ่งกำหนดโดยตัวแปร MODE\_BLK ดังนี้

- 1) Manual (Man) ค่า OUT จะถูกกำหนดค่าโดยผู้ใช้งาน
- 2) Automatic (Auto) ค่า OUT เป็นผลมาจากค่าแอนะล็อกอินพุตที่ได้จากการวัดหรือค่าที่ได้จากการจำลองเมื่ออยู่ในโหมด Simulation
- 3) Out of Service (O/S หรือ OOS) บล็อกจะไม่มีกรดำเนินการ และค่า PV ไม่มีการอัปเดตและสถานะของ OUT ถูกกำหนดเป็น Bad : Out of Service เมื่อตัวแปร BLOCK\_ERR แสดงสถานะ Out of Service ในโหมดนี้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงการกำหนดค่าต่าง ๆ ของตัวแปรทั้งหมดที่ถูกกำหนดไว้ก่อนหน้านี้ได้ โหมดเป้าหมายของบล็อกอาจถูกจำกัดให้เลือกได้เพียงหนึ่งหรือมากกว่าภายในจำนวนโหมดที่รองรับ

ในการใช้งานของฟังก์ชันบล็อก AI ผู้ใช้งานจำเป็นต้องกำหนดตั้งค่าตัวแปรของบล็อกที่สำคัญ ดังนี้

- CHANNEL เป็นค่าตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดค่าที่ได้จากการตรวจวัดของเซนเซอร์ที่ถูกกำหนดไว้ในทรานสดิวเซอร์บล็อก ผู้ใช้งานควรเลือกกำหนดตั้งค่าตัวแปรนี้ก่อนทำการกำหนดตั้งค่าตัวแปร XD\_SCALE

- XD\_SCALE เป็นค่าตัวแปรที่ใช้กำหนดช่วงของค่าที่ได้จากการตรวจวัดของเซนเซอร์ซึ่งถูกส่งต่อมาจากรานสดิวเซอร์บล็อก โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดค่าที่ 0% (Minimum) และ 100% (Maximum) ตามความต้องการในการใช้งาน ดังนั้น XD\_SCALE เป็นการกำหนดช่วงของการวัดที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นช่วงของสัญญาณอินพุตของบล็อก AI นั่นเอง

- OUT\_SCALE เป็นค่าตัวแปรที่ใช้กำหนดช่วงของค่าเอาต์พุต OUT ของบล็อก AI โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดค่าที่ 0% (Minimum) และ 100% (Maximum) ตามความต้องการในการใช้งาน

- L\_TYPE (Linearization Type) เป็นค่าตัวแปรที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัด (Engineering Unit) ของ XD\_SCALE และ OUT\_SCALE โดยมีทางเลือกให้ผู้ใช้งาน 3 ทางเลือกดังนี้

\* Direct หน่วยการวัดของ XD\_SCALE และ OUT\_SCALE เป็นหน่วยเดียวกัน จะไม่มีการแปลงหน่วยเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* Indirect หน่วยการวัดของ XD\_SCALE และ OUT\_SCALE มีหน่วยที่แตกต่างกัน จะมีการแปลงหน่วยเกิดขึ้นเช่น กำหนดหน่วยการวัดของ XD\_SCALE เป็นองศาเซลเซียส แต่กำหนดให้ OUT\_SCALE เป็นเปอร์เซ็นต์ (%) เป็นต้น

\* Indirect Square Root หน่วยวัด XD\_SCALE และ OUT\_SCALE มีหน่วยที่แตกต่างกัน จะมีการแปลงหน่วยเกิดขึ้นโดยมีความสัมพันธ์ระหว่าง XD\_SCALE และ OUT\_SCALE ไม่เป็นเชิงเส้น เช่น การตรวจวัดอัตราการไหลของกระบวนการด้วยแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) มีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (เป็นฟังก์ชันรากที่สอง) เป็นต้น

## 2. ฟังก์ชันบล็อก PID

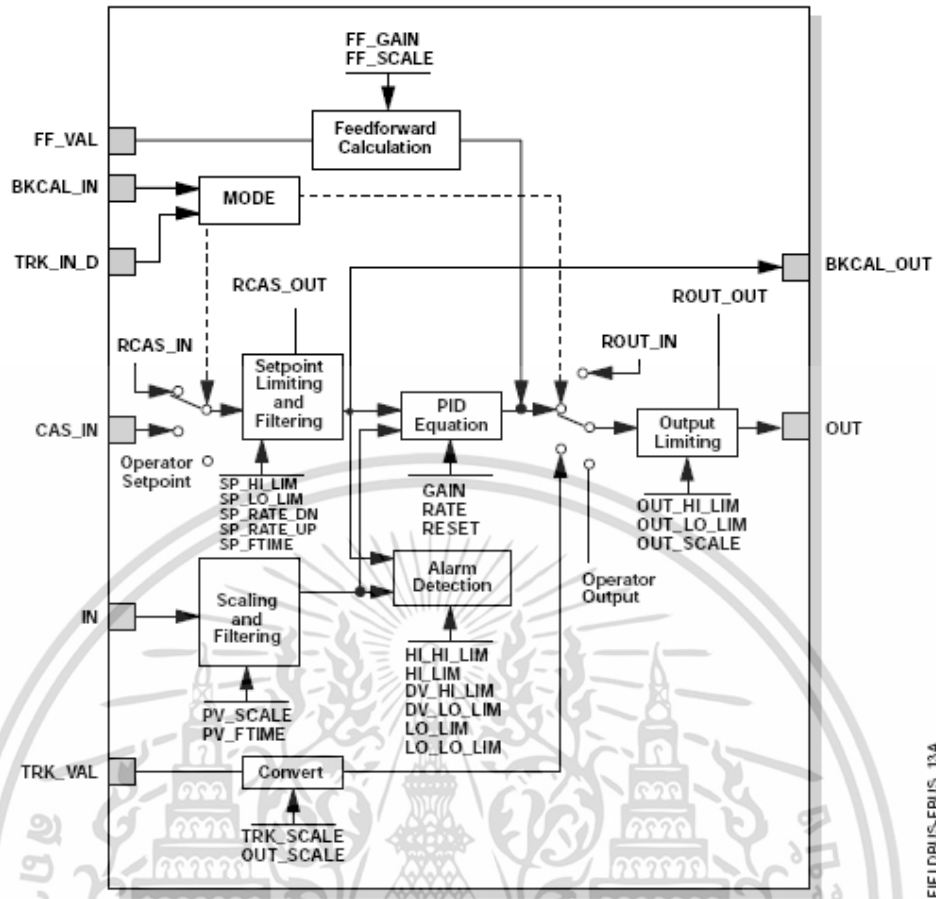
ฟังก์ชันบล็อก PID ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.20 [23], [24] เป็นฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการดำเนินการควบคุมกระบวนการ โดยที่สมการ PID (PID Equation) ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ ถ้าอ้างอิงตามมาตรฐาน ISA จะเขียนสมการ PID ได้ดังนี้

$$\text{Standard Out} = \text{GAIN} \times e \times \left( 1 + \frac{1}{T_r S + 1} + \frac{T_d S}{\alpha \times T_d S} + 1 \right) + F \quad (2.1)$$

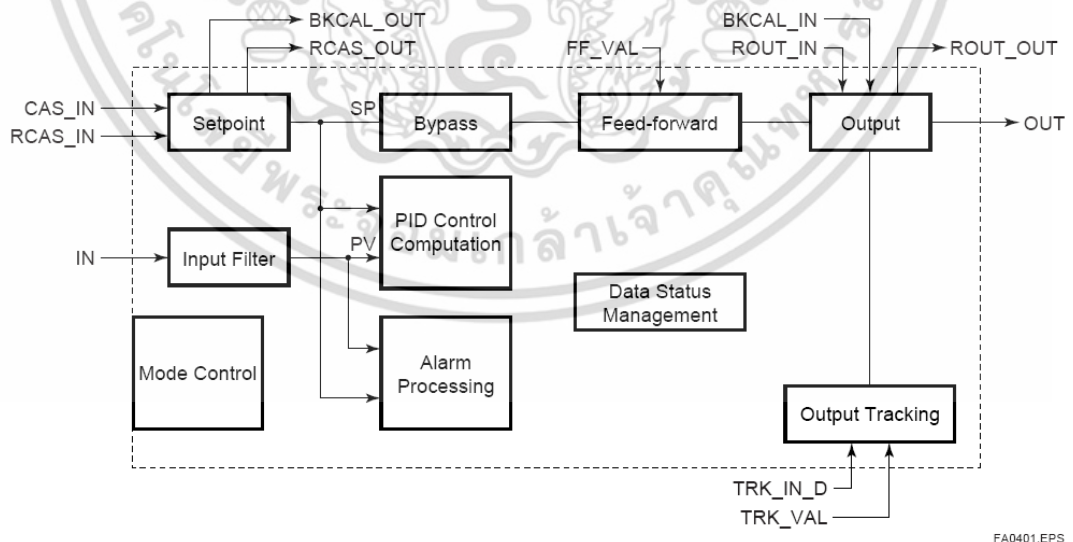
$$\text{Series Out} = \text{GAIN} \times e \times \left[ \left( 1 + \frac{1}{T_r S} \right) + \left( \frac{T_d S + 1}{\alpha + T_d S + 1} \right) \right] + F \quad (2.2)$$

เมื่อ	GAIN	คือ	ค่าอัตราขยายแบบ P
	$T_r$	คือ	ค่าอินทิกรัลหรือเวลาในการรีเซต
	S	คือ	การดำเนินการลาปลาซ
	$T_d$	คือ	ค่าอนุพันธ์หรือ Rate Time
	$\alpha$	คือ	ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.1
	F	คือ	รูปแบบการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed Forward Control)
	e	คือ	ค่าผิดพลาดระหว่างค่าตัวแปรกระบวนการกับค่าเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



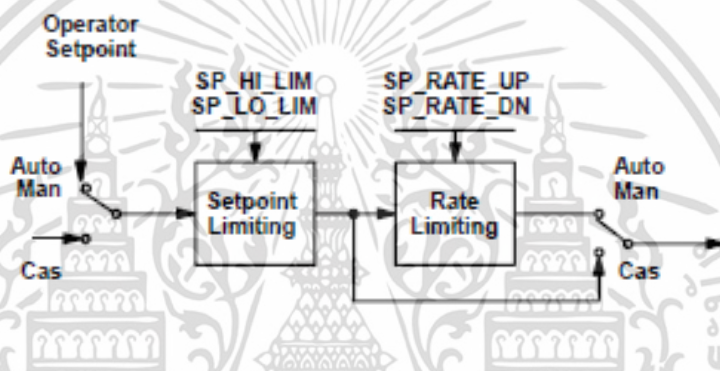
(ก) บล็อก PID ภายในอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ของบริษัท Emerson



(ข) บล็อก PID ภายในอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ของบริษัท Yokogawa  
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างโครงสร้างการฟังก์ชันบล็อก PID

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเป้าหมาย (Setpoint) หรือ SP ของฟังก์ชันบล็อก PID จะถูกกำหนดโดยโหมด ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตัวแปร SP\_HI\_LIM และ SP\_LO\_LIM เพื่อกำหนดขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของค่าเป้าหมายในโหมดคาสเคด (Cas) หรือรีโมทคาสเคด (RCas) ตามลำดับ โดยที่ค่า SP จะถูกปรับโดยฟังก์ชันบล็อกอื่นหรือโดยโฮสต์ และค่าเอาต์พุตจะถูกคำนวณโดยขึ้นอยู่กับค่า SP ในโหมดอัตโนมัติ (Auto) ซึ่งค่า SP นี้ถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานโดยตรงและค่าเอาต์พุตจะถูกคำนวณโดยขึ้นอยู่กับค่า SP เช่นเดียวกับในสองโหมดแรก ในโหมด Auto นี้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนขอบเขตและอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่า SP ด้วยตัวแปร SP\_RATE\_UP และ SP\_RATE\_DN ตามลำดับ ส่วนในโหมดการควบคุมด้วยมือ (Man) ค่าเอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยการป้อนค่าของผู้ใช้งานและเป็นอิสระจากค่า SP และในโหมดรีโมทเอาต์พุต (Rout) ค่าเอาต์พุตจะถูกป้อนมาจากโฮสต์และเป็นอิสระจากค่า SP เช่นเดียวกับในโหมด Manual หรือ Man รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างหลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP



รูปที่ 2.21 หลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP

นอกจากนี้ ฟังก์ชันบล็อก PID ควรมีการเลือกกำหนดรูปแบบของ Bumpless Transfer และ Setpoint Tracking ซึ่งเป็นกำหนดการตั้งค่าวิธีการในการ Tracking หรือการติดตามค่าเป้าหมายโดยการกำหนดค่าตัวเลือกในการควบคุม (CONTROL\_OPTS) ดังนี้

- 1) SP-PV Track in MAN ตัวเลือกนี้จะทำให้ค่าเป้าหมาย SP เปลี่ยนแปลงตามค่าตัวแปรกระบวนการ PV เมื่อโหมดเป้าหมาย (Target Mode) ของบล็อกถูกกำหนดเป็น Man
- 2) SP-PV Track in LO or IMAN ตัวเลือกนี้จะทำให้ค่าเป้าหมาย SP เปลี่ยนแปลงตามค่า ตัวแปรกระบวนการ PV เมื่อโหมดของบล็อกในขณะนั้นคือ Local Override (LO) หรือ Initialization Manual (IMan)

เมื่อหนึ่งในตัวเลือกทั้งสองนี้ถูกกำหนด ค่าเป้าหมายจะถูกกำหนดไปยังค่าตัวแปรกระบวนการในขณะที่มีการกำหนดโหมด ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกค่าที่อุปกรณ์ควบคุมหลักใช้สำหรับทำการ Tracking ได้ โดยการกำหนดให้ใช้ PV ในตัวเลือกการควบคุมแบบ BKCAL\_OUT ซึ่งค่า BKCAL\_OUT นี้จะติดตามค่า PV ส่วน BKCAL\_IN บนบล็อกควบคุมหลัก (Primary Controller) จะถูกเชื่อมต่อกับ BKCAL\_OUT บนฟังก์ชันบล็อก PID ที่เป็นบล็อกควบคุมรอง (Secondary Controller) ในการควบคุมแบบคาสเคดจะเพื่อทำให้ค่า OUT ของบล็อกสอดคล้องกับค่า BKCAL\_IN ดังนั้นการ Tracking ค่า PV จากบล็อกควบคุมรองไปยังการเชื่อมต่ออินพุตแบบคาสเคดของตัวมัน (CAS\_IN) ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ค่า PV ในตัวเลือก BKCAL\_OUT ไม่ถูกกำหนดแล้ว ค่า SP ในการทำงาน (SP\_WRK) จะถูกใช้สำหรับ BKCAL\_OUT

ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการควบคุมได้ก็ต่อเมื่อบล็อกอยู่ในโหมด Manual หรือ Out of Service เท่านั้น เมื่อโหมดการทำงานถูกเลือกให้เป็น Auto ค่าเป้าหมายจะคงสถานะสุดท้ายเอาไว้

ฟังก์ชันบล็อก PID รองรับโหมดการทำงานดังต่อไปนี้

- 1) Manual (Man) ในโหมดนี้ค่า OUT จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานเอง
- 2) Automatic (Auto) ในโหมดนี้ค่า SP จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานและค่าเอาต์พุตจะได้อาจมาจากการคำนวณตามสมการของบล็อก
- 3) Cascade (Cas) ในโหมดนี้ ค่า SP จะถูกคำนวณมาจากบล็อกอื่นและถูกส่งมายังฟังก์ชันบล็อก PID ผ่านทางการเชื่อมต่อไปยัง CAS\_IN
- 4) Remote Cascade (RCas) ในโหมดนี้ค่า SP จะถูกกำหนดโดยโฮสต์ซึ่งเขียนคำสั่งไปยังตัวแปรที่ชื่อว่า RCAS\_IN
- 5) Remote Output (Rout) ในโหมดนี้ค่าเอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยโฮสต์ซึ่งจะเขียนคำสั่งไปยังตัวแปรที่ชื่อว่า ROUT\_IN
- 6) Local Override (LO) ในโหมดนี้ฟังก์ชัน Tracking จะมีการทำงาน ค่าเอาต์พุตจะถูกกำหนดโดยตัวแปรที่ชื่อว่า TRK\_VAL และตัวแปรที่ชื่อว่า BLOCK\_ERR จะแสดงข้อความ Local Override
- 7) Initialization Manual (IMan) โหมดนี้แสดงถึงความไม่สมบูรณ์ของการส่งต่อข้อมูลของตัวแปรเอาต์พุต ในโหมดนี้ค่าเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามตัวแปร BKCAL\_IN
- 8) Out of Service (O/S หรือ OOS) ในโหมดนี้บล็อกไม่มีการดำเนินการใด ๆ สถานะของเอาต์พุตถูกกำหนดให้เป็น Bad: Out of Service และตัวแปรที่ชื่อว่า BLOCK\_ERR จะแสดงข้อความ Out of Service

ผู้ใช้สามารถกำหนดโหมดการทำงานทั้งในโหมด Man, Auto, Cas และ OOS ให้เป็น Permitted Mode เพื่ออนุญาตให้ผู้ใช้งานเลือกกำหนดให้ฟังก์ชันบล็อกทำงานได้

### 3. ฟังก์ชันบล็อก AO

ฟังก์ชันบล็อก AO (Analog Output) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.22 [25] เป็นบล็อกที่สำคัญของอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) จำพวกวาล์วควบคุม เพื่อใช้ปรับแต่งกระบวนการให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย SP โดยค่าเอาต์พุต OUT ของบล็อกจะถูกส่งไปยังทรานสดิวเซอร์ของอุปกรณ์ (ที่มีบล็อก AO อยู่ภายใน) ค่าตัวแปร CHANNEL ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์โดยทั่วไปมักมีค่าเริ่มต้นของ CHANNEL เท่ากับ 1

ฟังก์ชันบล็อก AO รองรับการทำงานของโหมดดังต่อไปนี้

- 1) Manual (Man) ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเอาต์พุต OUT ได้โดยตรงโดยไม่ขึ้นอยู่กับค่าอินพุตของบล็อกจากตัวแปร CAS\_IN โดยโหมดนี้ใช้เป็นโหมดเริ่มต้นเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ
- 2) Automatic (Auto) ค่า OUT เป็นผลมาจากเป้าหมายของการควบคุมกระบวนการซึ่งถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของค่า SP
- 3) Cascade (Cas) คุณสมบัติของค่า SP ถูกกำหนดโดยฟังก์ชันบล็อกอื่นผ่านทางการ

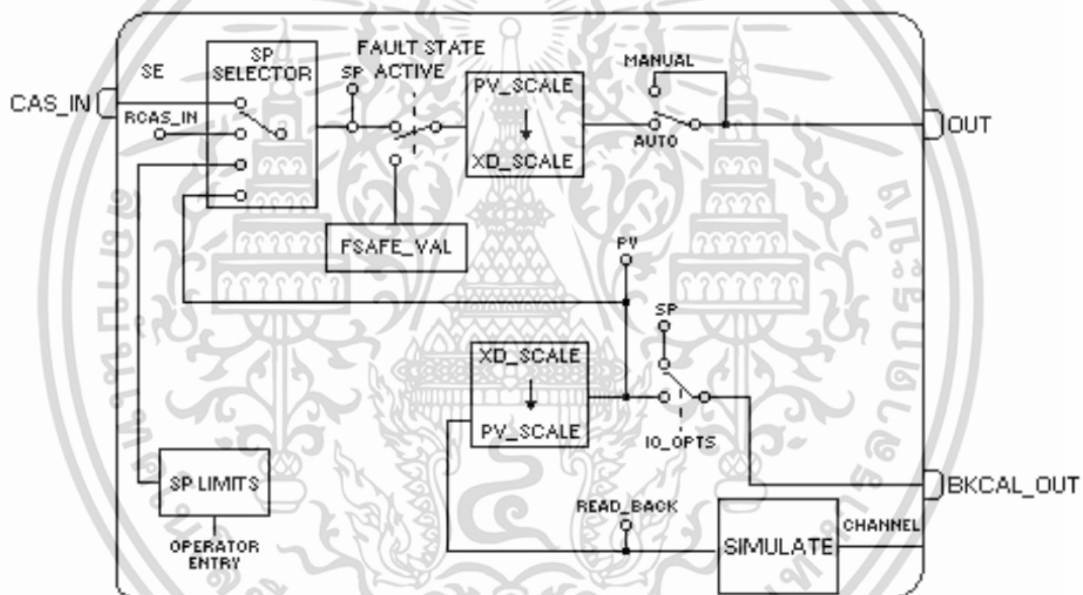
เชื่อมต่อมายังค่าตัวแปร CAS\_IN และค่า SP จะถูกใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของ OUT โดยอัตโนมัติ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) Remote Cascade (RCas) ค่า SP ของโหมตนี้จะกำหนดโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์ โดยการเขียนข้อมูลไปยังตัวแปร RCAS\_IN ค่า SP จะถูกใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของ OUT โดยอัตโนมัติ

5) Out of Service (OOS หรือ O/S) หมายถึงบล็อกไม่มีการดำเนินการ ค่าเอาต์พุต OUT จะคงค่าของการดำเนินการสุดท้ายเอาไว้ และสถานะของ OUT ถูกกำหนดให้เป็น Bad : Out of Service นอกจากนี้คุณสมบัติของ BLOCK\_ERR มีการแสดงข้อความ Out of Service

6) Initialization Manual (IMan) ฟังก์ชันนี้จะถูกแสดงเมื่อเส้นทางเชื่อมต่อไปยังเอาต์พุตไม่สามารถใช้งานได้จะถูกคงไว้ที่ค่าตำแหน่งสุดท้าย

7) Local Override (LO) เอาต์พุตของบล็อกนี้จะไม่ตอบสนองต่อค่าเอาต์พุต OUT เนื่องจาก รีเซอร์สบล็อกอยู่ในโหมต LO หรือมีการกระทำที่ผิดไปจากสถานการณ์ใช้งานปกติโดยโหมตเป้าหมายของบล็อก AO อาจถูกจำกัดให้เลือกได้เพียงหนึ่งหรือมากกว่าจากตัวเลือกดังนี้ Man, Auto, Cas, RCas หรือ OOS

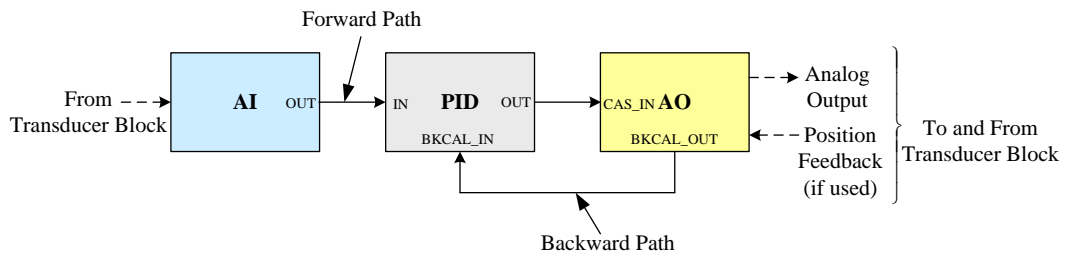


รูปที่ 2.22 ตัวอย่างโครงสร้างฟังก์ชันบล็อก AO ภายในอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ของบริษัท SMAR

### 2.3.2 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมและการดำเนินการ

การสร้างรูปควบคุมด้วยฟังก์ชันบล็อกในเทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัสเป็นการนำฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ มาเชื่อมต่อกันดังแสดงในรูปที่ 2.23 โดยมีการสร้างลิงค์ (Link) ในลักษณะ Forward Path จากค่าตัวแปรเอาต์พุต เช่น OUT ของบล็อกด้านหน้าไปยังค่าตัวแปรอินพุต เช่น IN หรือ CAS\_IN ของบล็อกที่อยู่ถัดไป หรืออาจมีการลิงค์ในลักษณะ Backward Path จากค่าตัวแปรเอาต์พุตแบบย้อนกลับเช่น BKCAL\_OUT ของบล็อกที่อยู่ด้านหลังไปยังค่าตัวแปรอินพุตที่สัมพันธ์กันเช่น BKCAL\_IN ของบล็อกที่อยู่ด้านหน้า

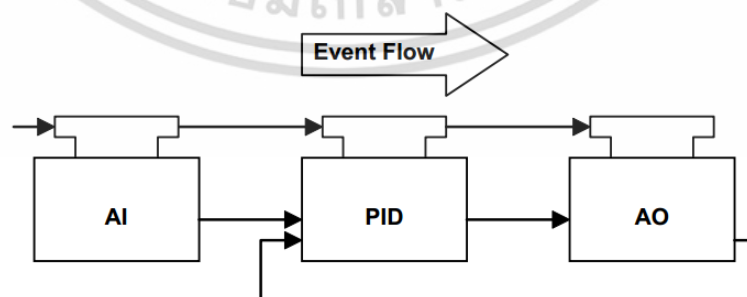
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมสำหรับลูปควบคุมพีไอดี

ในรูปที่ 2.23 แสดงฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม (Function Block Diagram) สำหรับลูปควบคุมพีไอดีซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก PID และฟังก์ชันบล็อก AO

ในกรณีโดยทั่วไป (Normal Operation) บล็อก AI และบล็อก PID ถูกกำหนดให้ทำงานในโหมด AUTO ส่วนบล็อก AO ถูกกำหนดให้ทำงานในโหมด CAS การดำเนินการฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.24 [22] ที่มีการเริ่มต้นจากการประมวลผลของบล็อก AI ก่อนเพื่อประมวลผลค่าตัวแปรกระบวนการ (Process Variable) หรือ PV โดยที่ค่าเอาต์พุตของบล็อก AI จะสัมพันธ์กับค่า PV ของกระบวนการที่ต้องการควบคุม จากส่วนเชื่อมต่อหรือลิงค์ระหว่างบล็อก AI ไปยังบล็อก PID ที่เป็น Forward Path ดังนั้นค่าอินพุต IN ของบล็อก PID จะมีค่าเท่ากับค่าเอาต์พุต OUT ของบล็อก AI จากนั้นบล็อก PID จะทำการประมวลผลตาม PID Equation โดยทำการเปรียบเทียบค่าตัวแปร IN กับค่าเป้าหมาย SP ที่กำหนดโดยผู้ใช้งาน เพื่อคำนวณหาค่าเอาต์พุตของบล็อก OUT จากนั้นบล็อก PID จะส่งค่า OUT ไปเป็นค่าอินพุตของบล็อก AO ผ่านตัวแปร CAS\_IN ตามลิงค์ที่เป็น Forward Path เมื่อบล็อก AO ได้รับค่าเอาต์พุตของบล็อก PID บล็อก AO จะประมวลผลตามอัลกอริทึมของบล็อก เพื่อคำนวณหาค่าเอาต์พุตของบล็อก OUT ให้สัมพันธ์กับค่าที่ได้รับจากตัวแปร CAS\_IN นอกจากนี้ยังมีการตรวจสอบการทำงานของบล็อก AO ว่าทำงานเป็นไปตามเอาต์พุตของบล็อก PID โดยมีการส่งค่า BKCAL\_OUT ของบล็อก AO ไปยังค่าตัวแปร BKCAL\_IN ในลักษณะที่เรียกว่า “Hand Shaking” ในกรณีที่มีความผิดพลาดเกิดขึ้นที่บล็อก AO แล้ว บล็อก PID จะมีการเปลี่ยนโหมดการทำงานจากโหมด Auto เป็นโหมด IMan โดยอัตโนมัติด้วยแนวคิด “Function Block Mode Interlock” เพื่อหยุดการประมวลผลของบล็อก PID ในโหมด Auto

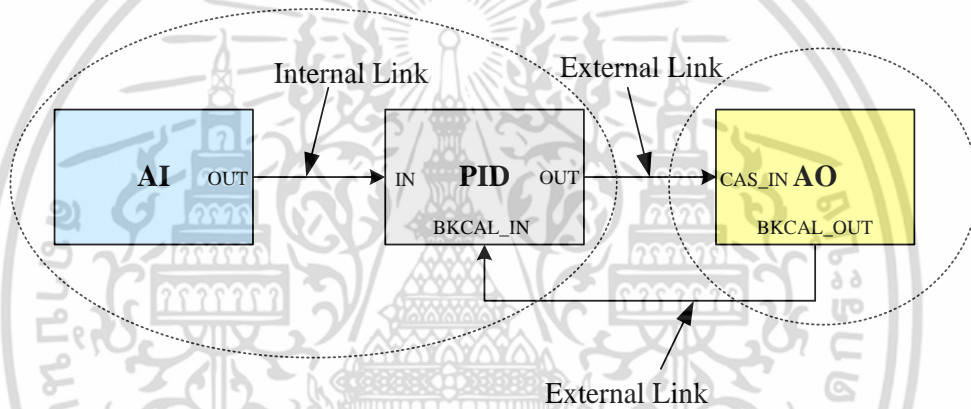


รูปที่ 2.24 การประมวลผลของฟังก์ชันบล็อกในลูปควบคุมพีไอดี

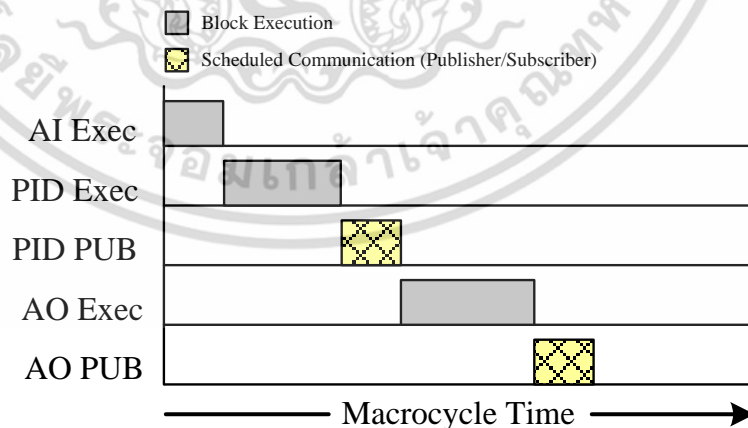
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 มาโครไซเคิลของรูปควบคุมด้วยแนวคิด CIF

ในการสร้างรูปควบคุมนอกเหนือไปจากการนำเอาฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ มาลิงค์ต่อกันแล้ว ผู้ใช้งานต้องเลือกกำหนดว่าฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในรูปควบคุม จะเป็นฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลต์ H1 ตัวใด โดยทั่วไปฟังก์ชันบล็อก AI จะเป็นบล็อกที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่ใช้เป็นเครื่องมือวัดจำพวกทรานสมิตเตอร์ต่าง ๆ และฟังก์ชันบล็อก AO จะเป็นบล็อกที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้ายจำพวกวาล์วควบคุม ส่วนฟังก์ชันบล็อก PID สำหรับรูปควบคุมพีไอดีดังรูปที่ 2.23 ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดด้วยแนวคิด CIF ได้ 2 ทางเลือกคือ การเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ภายในเครื่องมือวัดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ดังรูปที่ 2.25 หรือการเลือกฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO ดังแสดงในรูปที่ 2.26 เมื่อพิจารณาในแง่ของการประมวลผลของรูปควบคุมพีไอดี ทั้งสองทางเลือกนี้สามารถควบคุมกระบวนการได้ทั้งสองทางเลือก แต่เมื่อพิจารณามาโครไซเคิลที่แสดงถึงลำดับการทำงานของฟังก์ชันบล็อกที่ถูกใช้ในการควบคุมและการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ ดังแสดงใน



(ก) การเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์

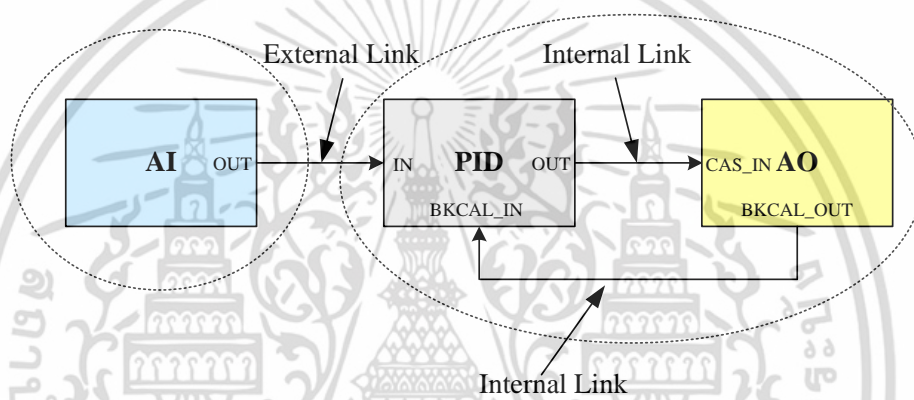


(ข) มาโครไซเคิล

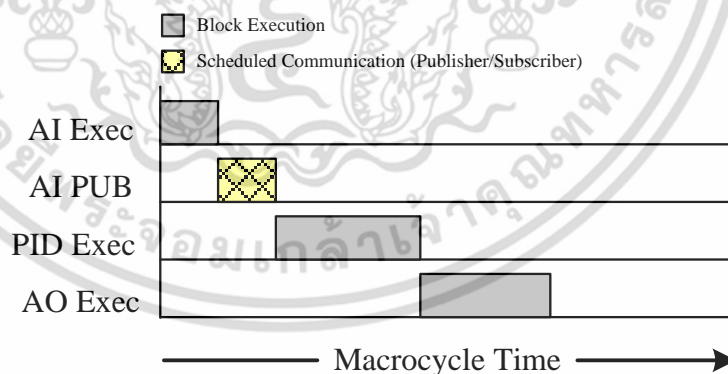
รูปที่ 2.25 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.25(ข) และ 2.26(ข) ในกรณีที่เลือกใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ดังรูปที่ 2.25 การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก AI และ PID จัดว่าเป็น “Internal Link” เนื่องจากทั้งสองบล็อกนี้อยู่ภายในอุปกรณ์เดียวกันไม่จำเป็นต้องใช้เครือข่ายในการสื่อสาร ส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก PID และ AO ทั้งในส่วนที่เป็น Forward Path และ Backward Path จัดว่าเป็น “External Link” เนื่องจากฟังก์ชันบล็อก PID และบล็อก AO ถูกกำหนดให้ใช้จากอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการรับ-ส่งข้อมูลจำเป็นต้องใช้เครือข่ายในการสื่อสาร โดยการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กันผ่าน External Link เป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication นั่นเอง ส่วนช่วงเวลาอื่นในที่เครือข่ายไม่ได้ถูกกำหนดไว้ให้ใช้สำหรับ Scheduled Communication แล้วการรับ-ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายจะเป็น Unscheduled Communication



(ก) การเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์



(ข) มาโครไซเคิล

รูปที่ 2.26 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO

ในทางตรงกันข้าม สำหรับกรณีที่เลือกใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO ดังรูปที่ 2.26(ก) การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก AI และ PID จัดว่าเป็น External Link ส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก PID และ AO จัดว่าเป็น Internal Link เมื่อเปรียบเทียบกับมาโครไซเคิลในรูปที่ 2.25(ข) และรูปที่ 2.26(ข) จะเห็นว่าในรูป 2.25(ข) และรูปที่ 2.26(ข) มีการการไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

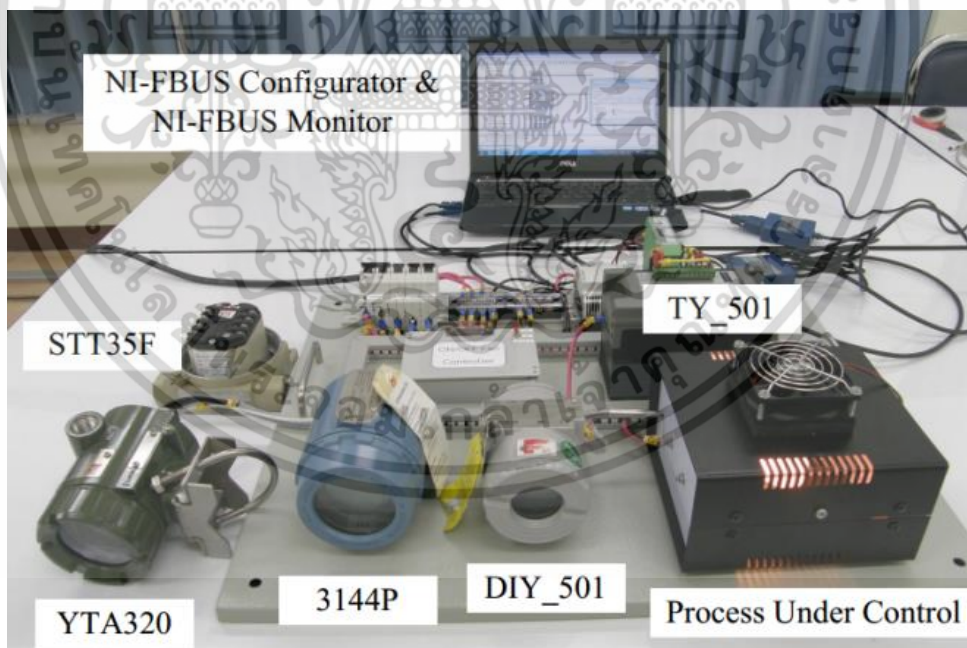
## การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของ สัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจ

### 3.1 กล่าวนำ

การแจ้งเตือนกระบวนการหรือ Process Alarm ที่เกิดขึ้นในรูปควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัส ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดตัวแปรในกลุ่มเซตของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อก AI ที่ถูกใช้ในรูปควบคุมได้ โดยเนื้อหาในบทนี้จะอธิบายถึงพลาเน็ตโมเดลในการควบคุมอุณหภูมิที่ถูกนำมาใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในประเด็นที่สนใจและรายละเอียดในการออกแบบการทดลอง รวมถึงผลการทดลองและอภิปรายผล

### 3.2 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา [14]

ในการศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจ ได้ใช้พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิดังแสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งมีรายละเอียดการติดตั้งอุปกรณ์ที่แสดงด้วยพีแอนด์ไอดีไอะแกรม (Piping and Instrument Diagram : P&ID) ดังรูปที่ 3.2 และในตารางที่ 3.1 สรุปชื่ออุปกรณ์ (Device Tag) ที่อ้างอิงในพีแอนด์ไอดีไอะแกรม



รูปที่ 3.1 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication จำนวน 1 ครั้งและ 2 ครั้งภายในช่วงเวลา 1 ไมโครไฮเคลิล ตามลำดับ (ซึ่งเท่ากับจำนวน External Link) ดังนั้นการเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์ที่ต่างกันมีผลต่อระยะเวลาและจำนวนครั้งในการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication ถ้ากำหนดให้ Network Load คือค่าอัตราส่วนระยะเวลาที่ใช้สำหรับ Scheduled Communication ต่อช่วงเวลา 1 ไมโครไฮเคลิลแล้ว ในทางปฏิบัตินิยมเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO เนื่องด้วยค่า Network Load น้อยกว่า [26]

## 2.4 ตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ [11],[13]

เซตของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของพาวเวอร์เดสทินัลด์บัสที่ใช้แสดงว่า ตัวแปรกระบวนการหรือ PV มีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ ประกอบด้วย

- Process Variable High-High (HI\_HI\*)
- Process Variable High (HI\*)
- Process Variable Low-Low (LO\_LO\*)
- Process Variable Low (LO\*)
- Deviation High (DV\_HI\*)
- Deviation Low (DV\_LO\*)

โดยสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการข้างต้นมักมีตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- Trip Limit Value (\*\_LIM) เป็นตัวแปรที่ใช้กำหนดขอบเขตของค่าตัวแปรกระบวนการในการสร้างเงื่อนไขของสัญญาณแจ้งเตือน
- Priority (\*\_PRI) เป็นตัวแปรที่ใช้กำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน
- Alarm Status (\*\_ALM) เป็นตัวแปรที่ใช้แสดงข้อความสถานะของสัญญาณแจ้งเตือน

โดยตัวแปรที่ใช้กำหนดขอบเขตของค่าตัวแปรกระบวนการในการสร้างเงื่อนไขของสัญญาณแจ้งเตือนมีการลงท้ายด้วย \*\_LIM ดังเช่น HI\_HI\_LIM เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI และ HI\_LIM เป็นตัวแปรกำหนดเงื่อนไขของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI เป็นต้น สำหรับตัวแปรที่ใช้กำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนมีการลงท้ายด้วย \*\_PRI ดังเช่น HI\_HI\_PRI และ HI\_PRI เป็นตัวแปรกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI และสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI ตามลำดับ ส่วนตัวแปรที่ใช้แสดงข้อความสถานะของสัญญาณแจ้งเตือนมีการลงท้ายด้วย \*\_ALM เช่น HI\_HI\_ALM และ HI\_ALM เป็นตัวแปรที่แสดงข้อความสถานะของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI และแบบ HI ตามลำดับ

ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการกำหนดเงื่อนไข (Trip Limit) ระดับความสำคัญ (Priority) และข้อความสถานะ (Status) สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3 ส่วนตารางที่ 2.4 เป็นการสรุปความสำคัญของตัวแปรและวิธีการเลือกกำหนดใช้งาน

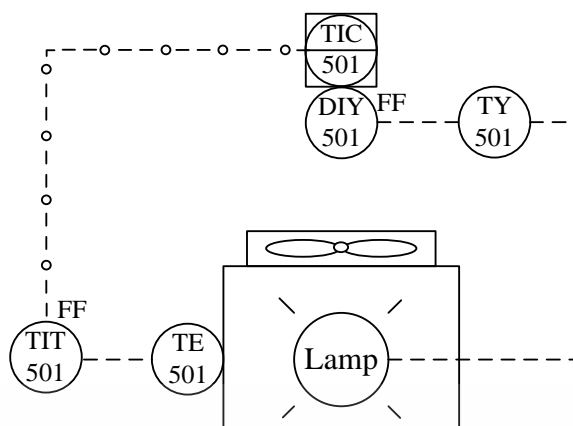
**ตารางที่ 2.3** ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการกำหนดเงื่อนไขระดับความสำคัญและข้อความสถานะ

Description	Trip Limit	Priority	Status
Process Variable High-High	HI_HI_LIM	HI_HI_PRI	HI_HI_ALM
Process Variable High	HI_LIM	HI_PRI	HI_ALM
Process Variable Low-Low	LO_LO_LIM	LO_LO_PRI	LO_LO_ALM
Process Variable Low	LO_LIM	LO_PRI	LO_ALM
Deviation High	DV_HI_LIM	DV_HI_PRI	DV_HI_ALM
Deviation Low	DV_LO_LIM	DV_LO_PRI	DV_LO_ALM

**ตารางที่ 2.4** ความสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ

Parameter Name	Function Block in	Used by/for
HI_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
HI_LIM	Blocks with HI_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
HI_PRI	Blocks with HI_PRI	Priority of HI_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.
HI_HI_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
HI_HI_LIM	Blocks with HI_HI_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
HI_HI_PRI	Blocks with HI_HI_PRI	Priority of HI_HI_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.
LO_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
LO_LIM	Blocks with LO_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
LO_PRI	Blocks with LO_PRI	Priority of LO_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.
LO_LO_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
LO_LO_LIM	Blocks with LO_LO_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
LO_LO_PRI	Blocks with LO_LO_PRI	Priority of LO_LO_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.
DV_HI_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
DV_HI_LIM	Blocks with DV_HI_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
DV_HI_PRI	Blocks with DV_HI_PRI	Priority of DV_HI_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.
DV_LO_ALM	Multiple Function Block	Process Alarm parameter for analog OUT or PV parameter depending on block
DV_LO_LIM	Blocks with DV_LO_LIM	Value that triggers alarm condition. Set by Process Engineer.
DV_LO_PRI	Blocks with DV_LO_PRI	Priority of DV_LO_ALM. Set by Process Engineer or Host Software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 พีแอนดีไอดีไออะแกรมของฟลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิในรูปที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ชื่ออุปกรณ์ที่อ้างอิงในพีแอนดีไอดีไออะแกรมในรูปที่ 3.2

Device Tag	Device Function	Model	Manufacturer
TIT_501	Temperature Transmitter	3144P	Rosemount
		YTA320	Yokogawa
		STT35F	Honeywell
DIY_501	Fieldbus-to-Current Converter	FI302	SMAR
TY_501	Current-to-Voltage Converter (Thyristor Power Regulator)	SCR-1A030	Sangi
SY_501	Digital-to-Analog Converter	UNO R3	Arduino

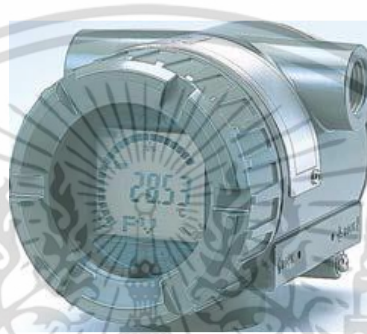
จากรูปที่ 3.2 กำหนดให้ TE (Temperature Element) แทนเซนเซอร์อุณหภูมิชนิดอาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector : RTD) ที่ใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิในระบบการ ซึ่งเกิดจากความร้อนของหลอดไฟ (Lamp) สำหรับทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่มีส่วนแสดงผลหรือ TIT (Temperature Indicator Transmitter) เช่น 3144P, YTA320 หรือ STT35F ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ถึง 3.5 ตามลำดับ ค่าอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้นี้ถูกส่งไปยังการควบคุม TIC (Temperature Indication Controller) เพื่อเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายหรือ Setpoint (SP) ของการควบคุม ค่าเอาต์พุตของตัวควบคุมถูกส่งไปยัง DIY (Fieldbus Indicator Converter) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลด์บัส H1 เป็นกระแส 4-2 mA รุ่น FI302 โดยที่ TY (Current-to-Voltage) แทนอุปกรณ์คงค่ากำลังไฟฟ้า (Thyristor Power Regulator) รุ่น SCR-IA030 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายในการสร้างสัญญาณแรงดันเอซี 45-220 VAC ในการปรับค่าแหล่งจ่ายให้แก่หลอดไฟ ดังนั้นค่าอุณหภูมิของระบบการที่เกิดจากความร้อนของหลอดไฟจะเปลี่ยนแปลงตามค่าแรงดันเอซีเอาต์พุตอุปกรณ์ TY

รูปที่ 3.7 แสดงแบบการติดตั้งอุปกรณ์ของฟลานต์โมเดลควบคุมอุณหภูมิ โดยรายละเอียดของหมายเลขที่ใช้ในการอ้างอิงอุปกรณ์ที่ติดตั้งสรุปได้ดังตารางที่ 3.2

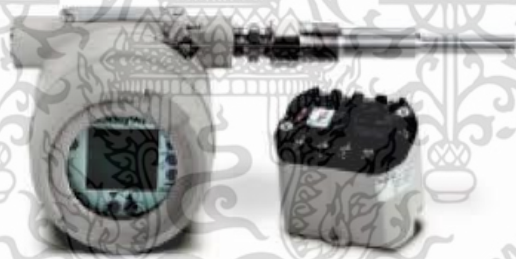
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น Rosemount 3144P ของบริษัท Emerson



รูปที่ 3.4 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น YTA320 ของบริษัท Yokogawa

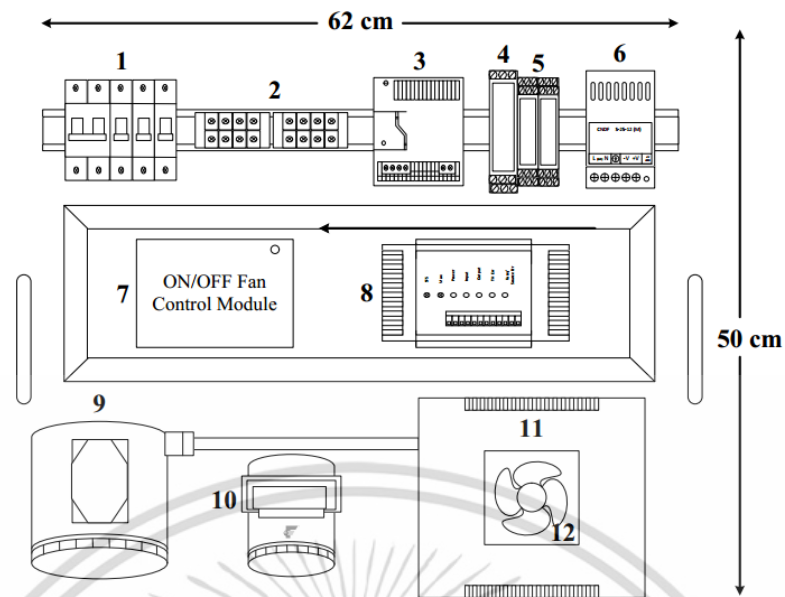


รูปที่ 3.5 ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้แสดงผลรุ่น STT35F ของบริษัท Honeywell



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลด์บัสเป็นกระแสรุ่น FI302 ของบริษัท SMAR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แบบการติดตั้งอุปกรณ์พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิ

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดหมายเลขที่ใช้อ้างอิงในแบบการติดตั้งอุปกรณ์ในรูปที่ 3.7

Number	Device
1	Circuit Breaker
2	Power Connector
3	24 Vdc Power Supply
4	Power Conditioner
5	Wiring Junction Box
6	12 Vdc Power Supply
7	ON/OFF Fan Control Module
8	Power Regulator (TY_501)
9	Temperature Transmitter (TIT_501)
10	FI302 Converter (DIY_501)
11	Process Under Control
12	12 Vdc Fan

ในตารางที่ 3.3 แสดงคุณลักษณะ (Feature) ที่สำคัญของอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ที่ใช้ในพลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิดังแสดงในรูปที่ 3.1 โดย Manufacture ID ของบริษัทผู้ผลิตแต่ละรายจะไม่ซ้ำกัน ทั้งนี้จะมี Fieldbus Foundation เป็นผู้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะที่สำคัญของอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 ที่ใช้ในพลาเน็ตโมเดล

Feature	3144P	YTA320	STT35F	FI302
Manufacture ID	001151 (Rosemount)	594543 (Yokogawa)	48574 (Honeywell)	000302 (SMAR)
H1 Profile	31PS 32L	31PS 32LT	31PS 32L	Basic Device 101
H1 Device Class	Link Master	Link Master	Link Master	Basic
Device Type	3144	0005	0101	0005
Device Revision	02	04	04	04
Capability Level	01	03	01	01
Physical Layer Type	111 113 511	111 113	111	113

ส่วน “H1 Profile Class” แสดงถึงฟังก์ชันการทำงานและลักษณะการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ในระดับชั้นต่ำที่อุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 นั้นรองรับ [28] ซึ่งมีความหมายดังนี้

**Class 31** เป็นอุปกรณ์ที่มี Function Block Application Process (FBAP) ในการทำงานเป็น Server และอาจจะมีหน้าที่อื่นอีกตามที่ระบุด้วยตัวอักษรดังนี้  
 P ทำหน้าที่เป็น Publisher ในการส่งข้อมูลฟังก์ชันบล็อก  
 S ทำหน้าที่เป็น Subscriber ในการรับข้อมูลฟังก์ชันบล็อกจาก Publisher  
 C ทำหน้าที่เป็น Client ในการร้องขอข้อมูลจาก Server

**Class 32** เป็นอุปกรณ์ที่รองรับฟังก์ชันการทำงาน Link Master และ/หรืออุปกรณ์รักษาเวลาของระบบ (System Time Keeper) ซึ่งมีการระบุตัวอักษรดังนี้  
 L ทำหน้าที่เป็น Link Master  
 T ทำหน้าที่เป็น System Time Publisher

**Class 33** เป็นอุปกรณ์ที่รองรับฟังก์ชัน Client ของ FMS

**Class 34** เป็นอุปกรณ์ที่รองรับฟังก์ชัน Client ของ System & Network Management

**Class 35** เป็นอุปกรณ์ที่รองรับฟังก์ชัน Bridge (ใช้ในการเชื่อมต่อเครือข่าย H1 และ HSE เข้าด้วยกัน)

นอกจากนี้ ชนิดของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 [29] ตามรูปแบบการติดตั้งใช้งาน (Physical Layer Type) ที่สามารถติดตั้งในพื้นที่อันตรายด้วยหลักการออกแบบเซกเมนต์ H1 ที่มีความปลอดภัย โดยการจำกัดค่ากำลัง (Power) ของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลรวมทั้งค่าแรงดันตกคร่อมตัวอุปกรณ์ดังที่เรียกว่า “Intrinsically Safety” หรือ IS ซึ่งมีโมเดลในการออกแบบ 2 โมเดลด้วยกันคือ Entity Model และ FISCO (Fieldbus Intrinsically Safety Concept) Model

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

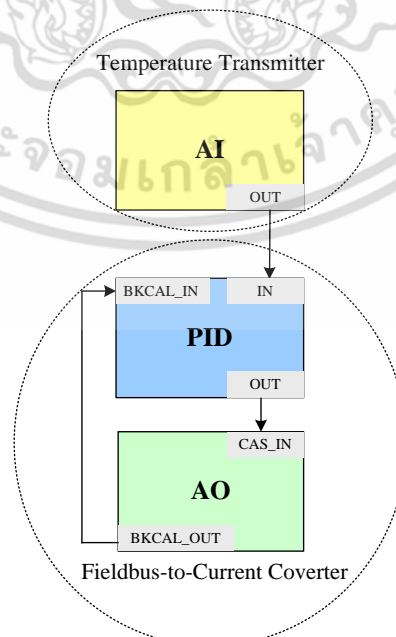
- Type 111 Standard-Power Signaling, Bus-Powered, Entity I.S.  
 Type 112 Standard-Power Signaling, Separate Powered, Entity I.S.  
 Type 113 Standard-Power Signaling, Bus-Powered, non I.S.  
 Type 114 Standard-Power Signaling, Separate Powered, Non I.S.  
 Type 121 Standard /Low-Power Signaling, Bus-Powered, Entity I.S.  
 Type 122 Standard /Low-Power Signaling, Separate Powered, Entity I.S.  
 Type 123 Standard /Low-Power Signaling, Bus-Powered, Non I.S.  
 Type 124 Standard /Low-Power Signaling, Separate Powered, Non I.S.  
 Type 511 Standard /Low-Power Signaling, Bus-Powered, FISCO I.S.  
 Type 512 Standard /Low-Power Signaling, Separate Powered, FISCO I.S.

### 3.3 การออกแบบการทดลอง

ในการศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการของฟังก์ชันบล็อกมีการกำหนดประเด็นที่สนใจดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน (ระดับที่ 1 ถึง ระดับที่ 15) และการแสดงข้อความของค่าเอาต์พุตในฟังก์ชันบล็อก AI ที่ใช้ในการตรวจวัดตัวแปรกระบวนการ
2. ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน และความถี่ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนบนเครือข่ายเซกเมนต์ H1

ในการศึกษาได้ใช้พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิดังแสดงในรูปที่ 3.1 เพื่อจำลองสถานะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนในการควบคุมอุณหภูมิด้วยลูปควบคุมพีไอดี โดยใช้ฟังก์ชันบล็อกซึ่งถูกสร้างขึ้นด้วยแนวคิด CIF ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ซึ่งมีการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ของพลาเน็ตโมเดลดังแสดงในตารางที่ 3.4 โดยมีการเลือกกำหนด 3 กรณีด้วยกันจากการใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิจากผู้ผลิตสำหรับการทดลอง เพื่อให้ได้ผลการศึกษิตตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้



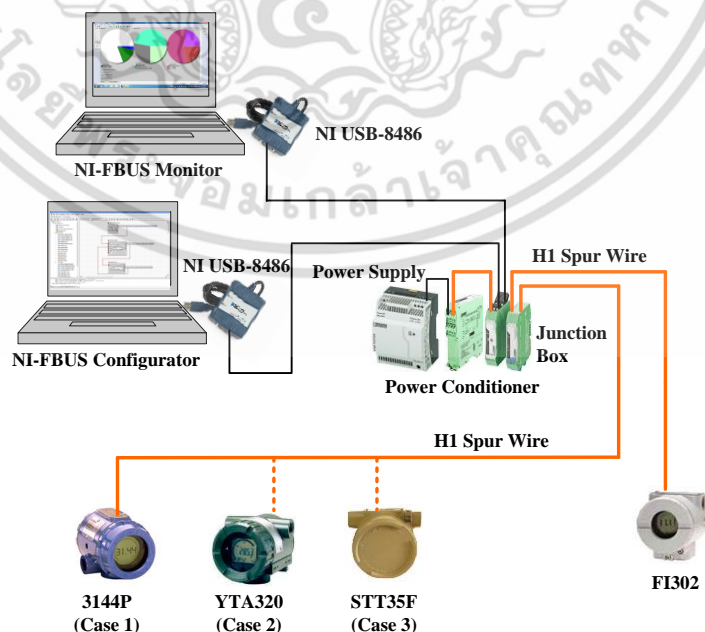
รูปที่ 3.8 ฟังก์ชันบล็อกโตะแกรมสำหรับลูปควบคุมพีไอดีที่เลือกใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเข้าเป็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 การกำหนดการฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์สำหรับลูปควบคุมพีไอดีในรูปแบบที่ 3.8

Case	Function Block	Device Model	Block Execution Time
1	AI	3144P	60 ms
	PID	FI302	67 ms
	AO	FI302	50 ms
2	AI	YTA320	50 ms
	PID	FI302	67 ms
	AO	FI302	50 ms
3	AI	STT35F	23 ms
	PID	FI302	67 ms
	AO	FI302	50 ms

จากตารางที่ 3.4 ในกรณีที่ 1 เป็นการใช้อุปกรณ์ตัวควบคุมอัตโนมัติรุ่น Rosemount 3144P ของบริษัท Emerson ในการตรวจวัดอุณหภูมิของกระบวนการที่ควบคุม (Process Under Control) จึงมีการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก AI ที่อยู่ในทรานสมิตเตอร์รุ่น Rosemount 3144P ส่วนฟังก์ชันบล็อกการควบคุม PID และฟังก์ชันบล็อก AO เลือกกำหนดจากฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ในอุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลต์บัสเป็นกระแส เพื่อให้มีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication เพียง 1 ครั้งต่อช่วงเวลา 1 ไมโครวินาที ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อที่ 2.3.3 ส่วนการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อกในกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 มีการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID และ AO เช่นเดียวกับกรณีที่ 1 เพียงแต่มีการเปลี่ยนการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก AI โดยเลือกใช้จากทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 ของบริษัท Yokogawa และทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F ของบริษัท Honeywell สำหรับกรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 3.9 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเซกเมนต์ H1 สำหรับพลาเน็ตโมเดูลการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

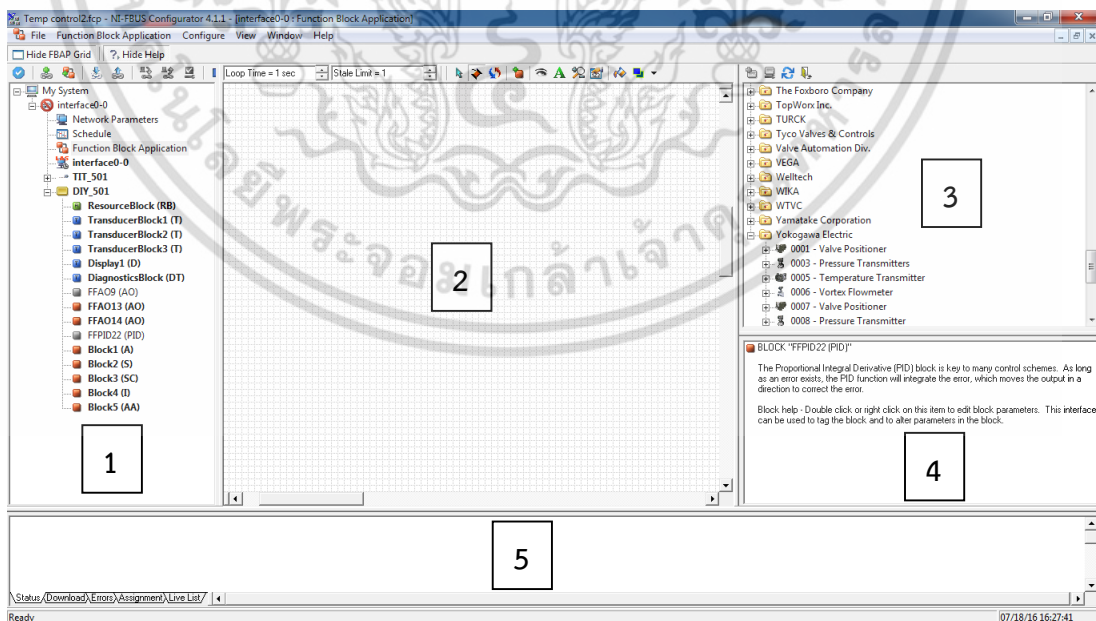
รูปที่ 3.9 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ในเซกเมนต์ H1 สำหรับพลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาในประเด็นที่สนใจ โดยมีการใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator ในการสร้างรูปควบคุมและกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ในฟังก์ชันบล็อก และใช้ ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor สำหรับการบันทึกการรับ-ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายของเซกเมนต์ H1 ในขณะที่เกิดการแจ้งเตือนกระบวนการ

### 3.3.1 การใช้ NI-FBUS Configurator ในการสร้างรูปควบคุมพีไอดี [30]

รูปที่ 3.10 แสดงหน้าต่างของซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator เวอร์ชัน 4.1.1 โดยมีส่วนย่อยทั้งหมด 5 ส่วนด้วยกัน ดังนี้

- ส่วนที่ 1 Configuration Tree เป็นส่วนที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่กำหนดในโปรแกรม
- ส่วนที่ 2 Function Block Application เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างฟังก์ชันบล็อกโดยะแกรมของรูปควบคุมที่ต้องการ
- ส่วนที่ 3 Device Type Tree เป็นส่วนที่แสดงชนิดของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของพาว์เดชั่นฟิลด์บัส H1 ที่สามารถเลือกใช้ในโปรแกรม
- ส่วนที่ 4 Help Window เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน
- ส่วนที่ 5 Status Window เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลสถานะหรือสภาวะการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม ดังนี้

- 1) Status Tab เป็นการแสดงสภาวะการทำงานของโปรแกรมที่มีผลต่อเซกเมนต์ฟิลด์บัส H1
- 2) Download Tab เป็นการแสดงสภาวะการดาวน์โหลดข้อมูลที่ใช้กำหนดในโปรแกรมไปยังเซกเมนต์ฟิลด์บัส H1



รูปที่ 3.10 หน้าต่างของซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator ในการสร้างรูปควบคุมและ

กำหนดค่าตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Error Tab เป็นการแสดงความผิดพลาดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นความผิดพลาดที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสที่ต่อในเซกเมนต์ H1 และความผิดพลาดในการกำหนดตั้งค่า (Configuration) ตัวแปรรวมไปถึงการเตือน (Warning) จากการใช้งานโปรแกรม

4) Assignment Tab เป็นการแสดงข้อมูลสถานะสำหรับขั้นตอนการกำหนดตั้งค่าในช่วงเวลาที่ระบบมีการทำงาน (Online)

5) Device Live List Tab เป็นการแสดงรายการอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่อยู่ใน Live List โดยมีการแสดง Device Tag และ Device ID รวมทั้ง Device Address

ขั้นตอนหลักในการสร้างรูปควบคุมพีเอตีสําหรับการศึกษาในประเด็นที่สนใจด้วยซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator แบบ Online Configuration สามารถสรุปได้ดังนี้

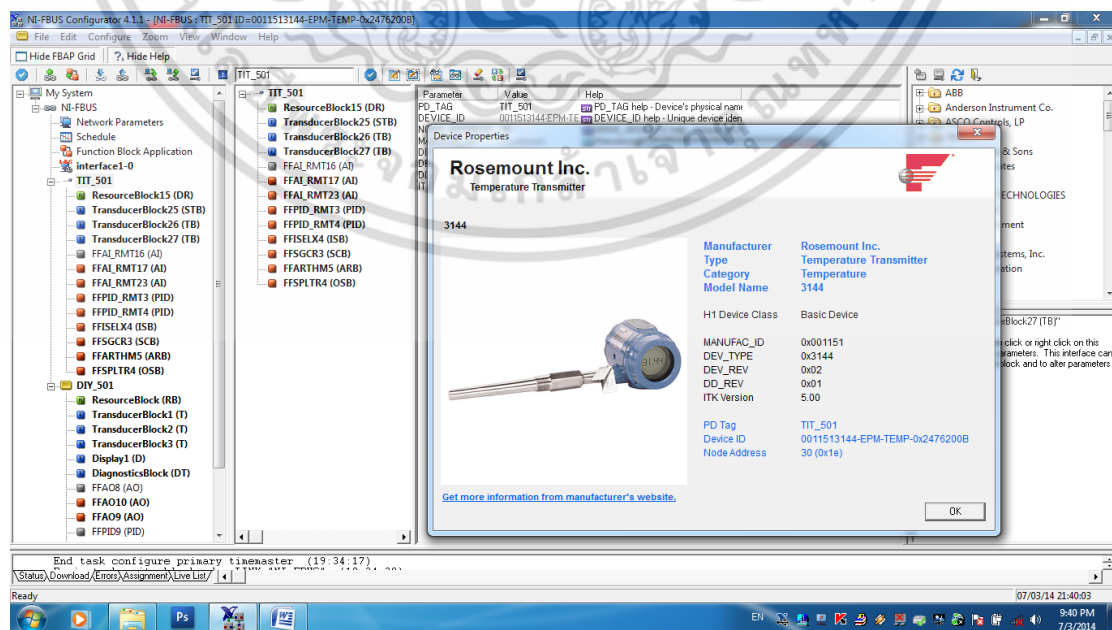
1. ทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.9 พร้อมทั้งจ่ายไฟให้แก่พลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิ

2. เปลี่ยนสถานะของระบบไปเป็น Link Online โดยคลิกคำสั่ง Take Online ที่ทูลบาร์ของโปรแกรม

3. ทำการกำหนดค่าแอดเดรสให้แก่อุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสที่เชื่อมต่อในเซกเมนต์ H1 (Device Address) โดยเลือกกำหนดค่าได้ระหว่าง 20 ถึง 247

4. ทำการกำหนดชื่ออุปกรณ์ (Device Tag) หรือชื่อบล็อก (Block Tag) ให้แก่ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิและอุปกรณ์แปลงสัญญาณฟิลด์บัสเป็นกระแสดังตัวอย่างในรูปที่ 3.11 ที่กำหนดชื่ออุปกรณ์ TIT\_501 สำหรับทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น Rosemount 3144P

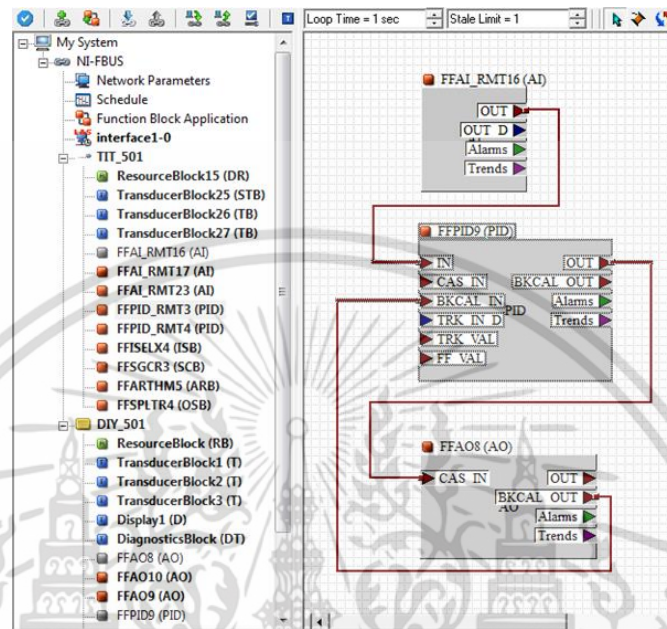
5. สร้างรูปควบคุมพีเอตีสําหรับโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.4 ในการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อกจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ใน Configuration Tree แล้วทำการลิงค์เพื่อเชื่อมโยงข้อมูลอินพุต-เอาต์พุตระหว่างฟังก์ชันบล็อกดังตัวอย่างในรูปที่ 3.12 ที่มีการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก AI จากอุปกรณ์ TIT\_501 และการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID และ AO จากอุปกรณ์ DIY\_501



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างการกำหนดชื่ออุปกรณ์ TIT\_501 สำหรับทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น 3144P

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการกำหนดค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก PID และฟังก์ชันบล็อก AO โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.5-3.7 ตามลำดับ เพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการที่เกิดจากความร้อนของหลอดไฟ โดยกำหนดช่วงอุณหภูมิที่ทำการควบคุมระหว่าง 40°C ถึง 60°C ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการสร้างรูปควบคุมพีไอดีจากการใช้ฟังก์ชันบล็อกจาก TIT\_501 และ DIY\_501

ตารางที่ 3.5 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI ที่กำหนดในการใช้งาน TIT\_501

Parameter	Value
CHANNEL	1
XD_SCALE	
EU_100	60
EU_0	40
UNITS_INDEX	°C
DECIMAL	2
OUT_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
MODE_BLK_TARGET	Auto
L-TYPE	Indirect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

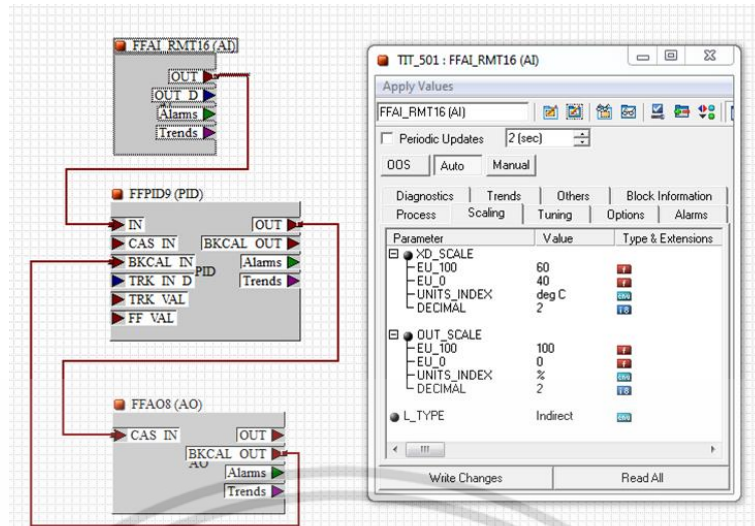
ตารางที่ 3.6 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID ที่กำหนดในการใช้งาน DIY\_501

Parameter	Value
PV_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
OUT_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
TUNING	
GAIN	1.43
RESET	11.5 sec
RATE	5.6 sec
MODE_BLK_TARGET	Auto
MODE_BLK_NORMAL	Auto

ตารางที่ 3.7 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO ที่กำหนดในการใช้งาน DIY\_501

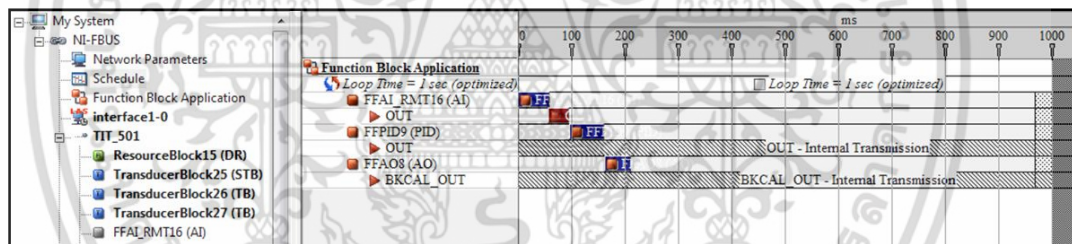
Parameter	Value
CHANNAL	1
PV_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
XD_SCALE	
EU_100	20
EU_0	4
UNITS_INDEX	mA
DECIMAL	2
MODE_BLK_TARGET	Cascade
MODE_BLK_NORMAL	Cascade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการกำหนดค่าตัวแปรในฟังก์ชันบล็อก AI ภายในอุปกรณ์ TIT\_501

7. ตรวจสอบมาโครไซเคิลที่โปรแกรมสร้างขึ้น โดยคลิก Schedule ในส่วน Configuration Tree จะได้มาโครไซเคิลของเซกเมนต์ H1 ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ที่สัมพันธ์กับรูปควบคุมพีไอดีที่สร้างขึ้นในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างแสดงมาโครไซเคิลของรูปควบคุมในรูปที่ 3.12 ที่สร้างขึ้นด้วย NI-FBUS Configurator

ตารางที่ 3.8 สรุปมาโครไซเคิลของเซกเมนต์ H1 ที่ใช้ในพลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิสำหรับการเลือกใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิ (TIT\_501) จากต่างผู้ผลิตทั้ง 3 กรณี

ตารางที่ 3.8 มาโครไซเคิลของเซกเมนต์ H1 ที่ใช้ในพลานต์โมเดลทั้ง 3 กรณี

Case	TIT_501	Calculated Mocrycle	Time for Scheduled Communication	Actual LAS Macrocycle	% Network Load
1	3144P	207 ms	30 ms	1000 ms	14.493%
2	YTA320	197 ms	30 ms	1000 ms	15.228%
3	STT35F	170 ms	30 ms	1000 ms	17.647%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.8 โดยที่ Calculated Macrocycle คำนวณได้จากผลรวมค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก (Block Execution Time) ของบล็อก AI บล็อก PID และบล็อก AO ดังสรุปในตารางที่ 3.4 และค่าเวลา 30 ms ซึ่งเป็นเวลาในการสื่อสารแบบ Scheduled Communication โดยการ์ด NI USB-8468 ซึ่งทำหน้าที่เป็น LAS ดังตัวอย่างเช่น

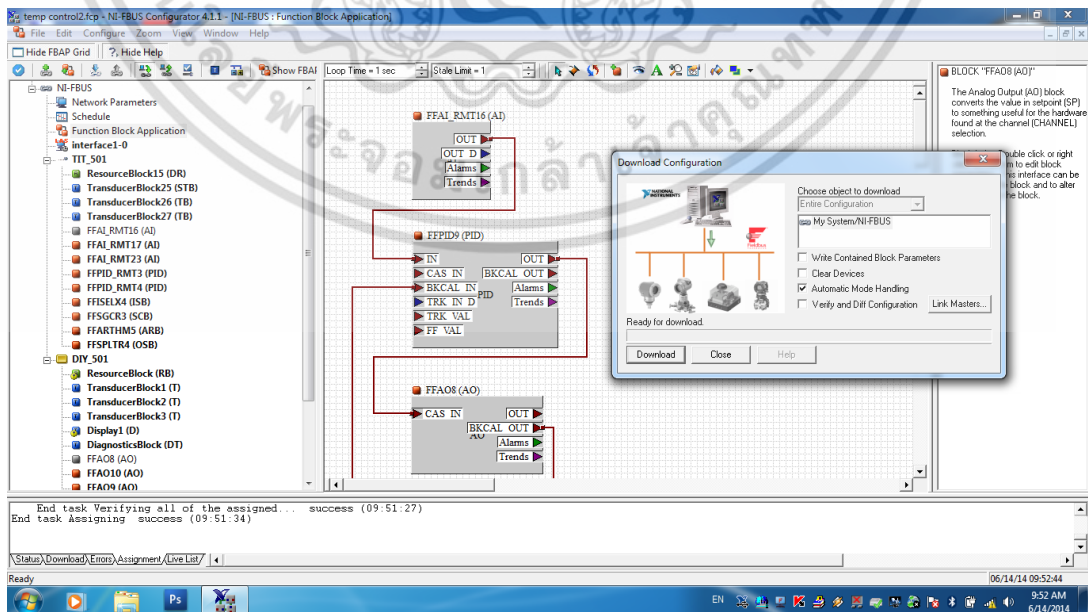
$$\begin{aligned} \text{Calculated Macrocycle (Case 1)} &= \text{AI Time} + 30 \text{ ms} + \text{PID Time} + \text{AO Time} \\ &= (60 + 30 + 67 + 50) \text{ ms} \\ &= 207 \text{ ms} \end{aligned}$$

ค่า % Network Load คำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบ Scheduled Communication ต่อช่วงเวลา 1 มาโครไซเคิลที่ได้จากการคำนวณ (Calculated Macrocycle) ดังตัวอย่างเช่น

$$\% \text{ Network Load (Case 1)} = \frac{30 \text{ ms}}{207 \text{ ms}} \times 100 \% = 14.493 \%$$

ค่าเริ่มต้น (Default) ของมาโครไซเคิลที่ผู้ผลิตซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator กำหนดใช้สำหรับการ์ด NI USB-8486 ในการทำหน้าที่ LAS มีค่าเท่ากับ 1 sec หรือ 1,000 ในกรณีที่ค่า Calculated Macrocycle มีค่าน้อยกว่าค่าเริ่มต้น (1,000 ms) จะได้ค่ามาโครไซเคิลจริงที่อุปกรณ์ LAS ใช้ (Actual LAS Macrocycle) มีค่าเท่ากับค่าเริ่มต้น 1,000 ms

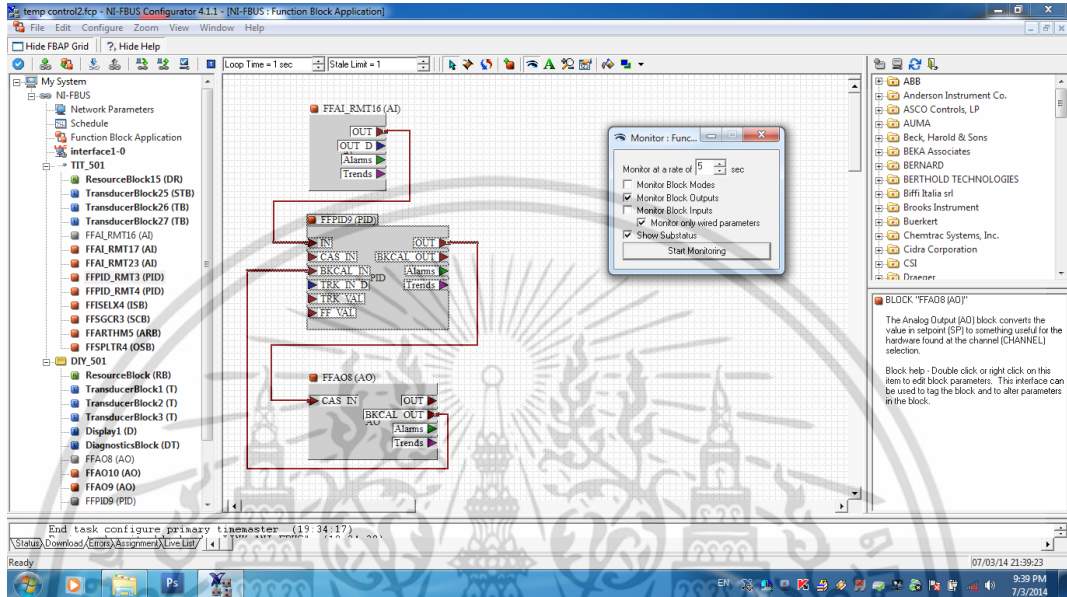
8. ทำการดาวน์โหลดข้อมูลในการสร้างลูปควบคุมรวมทั้งค่าตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ ที่ใช้ในลูปควบคุม จากโปรแกรมลงในอุปกรณ์ระดับฟิลด์ของฟิลด์ของเซกเมนต์ H1 ตัวแสดงในรูปที่ 3.15 ด้วยการคลิกคำสั่ง Configura > Download Configuration ที่ Tool Bar ของโปรแกรม



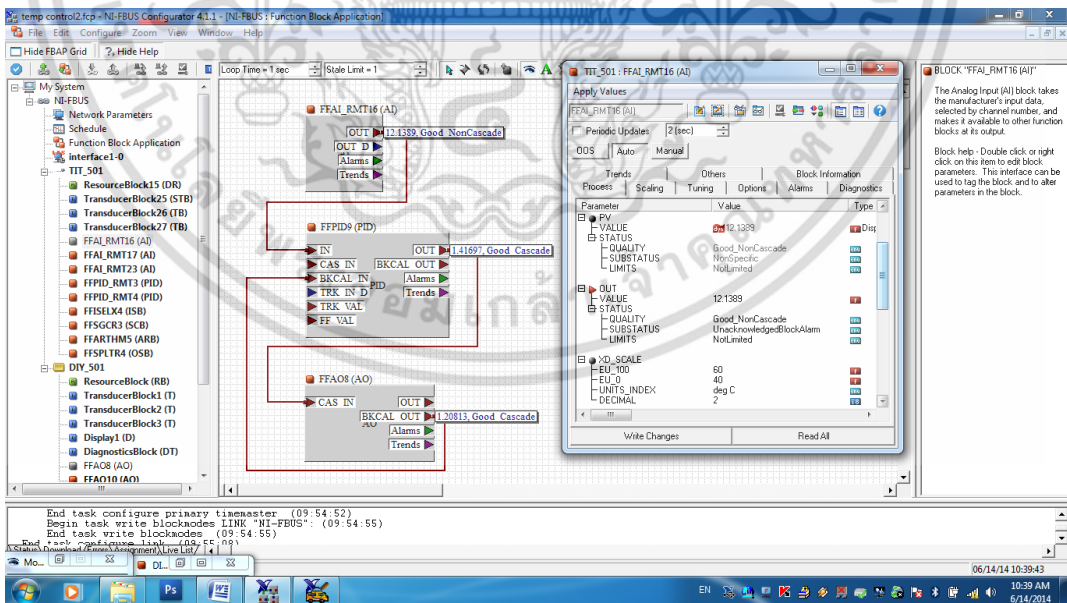
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมในขั้นตอนการดาวน์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. เมื่อต้องการแสดงผลการทำงานของระบบใน Online Mode คลิกคำสั่ง Configure > Monitor จะปรากฏหน้าต่าง แล้วคลิก Start Monitoring ดังแสดงในรูปที่ 3.16 โดยมีตัวเลือกในการแสดงผลให้ผู้ใช้ได้เลือก เช่น Monitor Block Modes หรือ Monitor Block Outputs เป็นต้น ส่วนรูปที่ 3.17 แสดงตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงผลการทำงานของระบบใน Online Mode



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างหน้าต่างคำสั่ง Start Monitoring

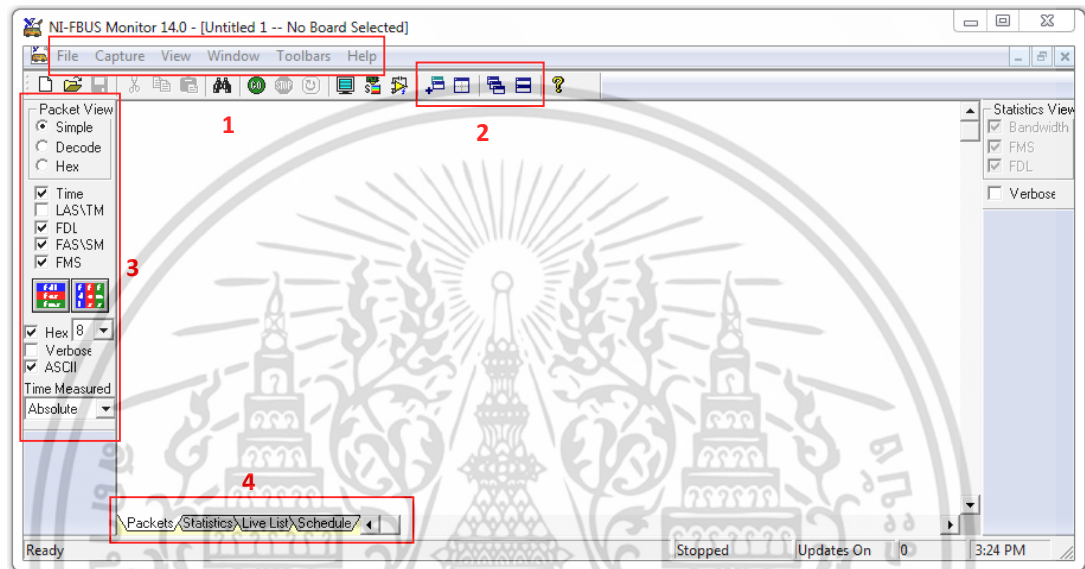


รูปที่ 3.17 ตัวอย่างหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงผลการทำงานใน Online Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 การใช้ NI-FBUS Monitor ในการบันทึกการรับ-ส่งข้อมูลบนเครือข่ายเซกเมนต์ H1 [31]

ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor สามารถนำมาใช้เพื่อการตรวจสอบ การแก้จุดบกพร่องและการวิเคราะห์กลุ่มข้อมูล (Data Packet) ในการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายเซกเมนต์ H1 นอกจากนี้ซอฟต์แวร์นี้สามารถบันทึกข้อมูลในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์ พร้อมทั้งมีการบันทึกเวลา (Time Stamp) และแสดงผลในหน้าต่างของโปรแกรมแบบเวลาจริงได้ รูปที่ 3.18 แสดงหน้าต่าง (Main Window) ของ NI-FBUS Monitor โดยมีส่วนประกอบหลักดังนี้



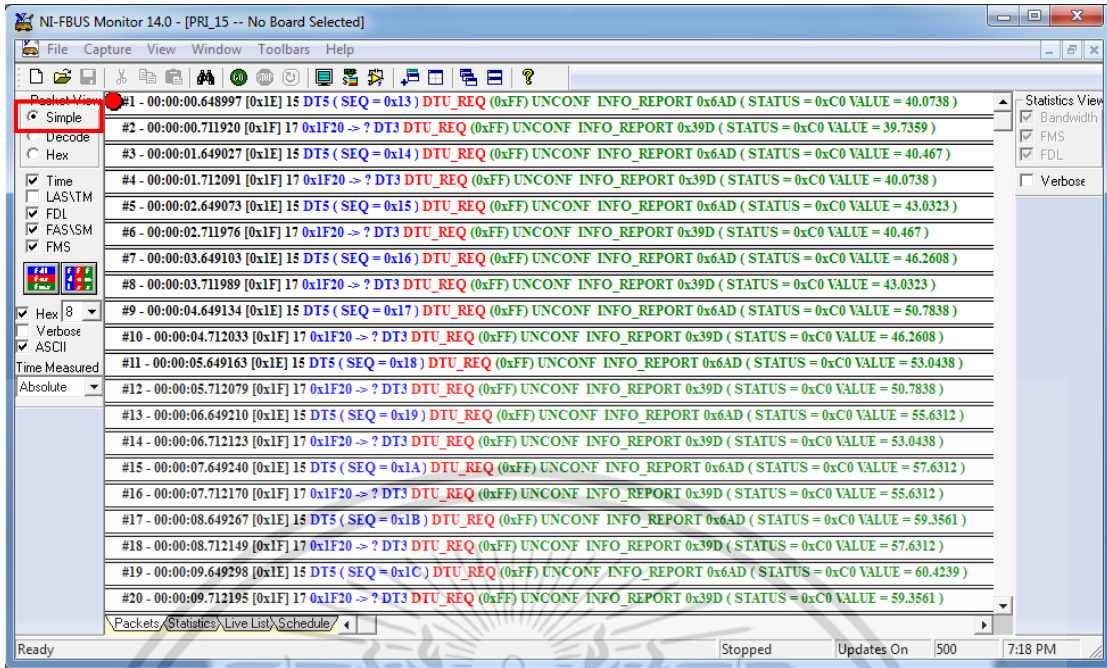
รูปที่ 3.18 หน้าต่างหลักของ NI-FBUS Monitor

ส่วนที่ 1 : Main Menu Bar เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถเลือกใช้ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของโปรแกรม

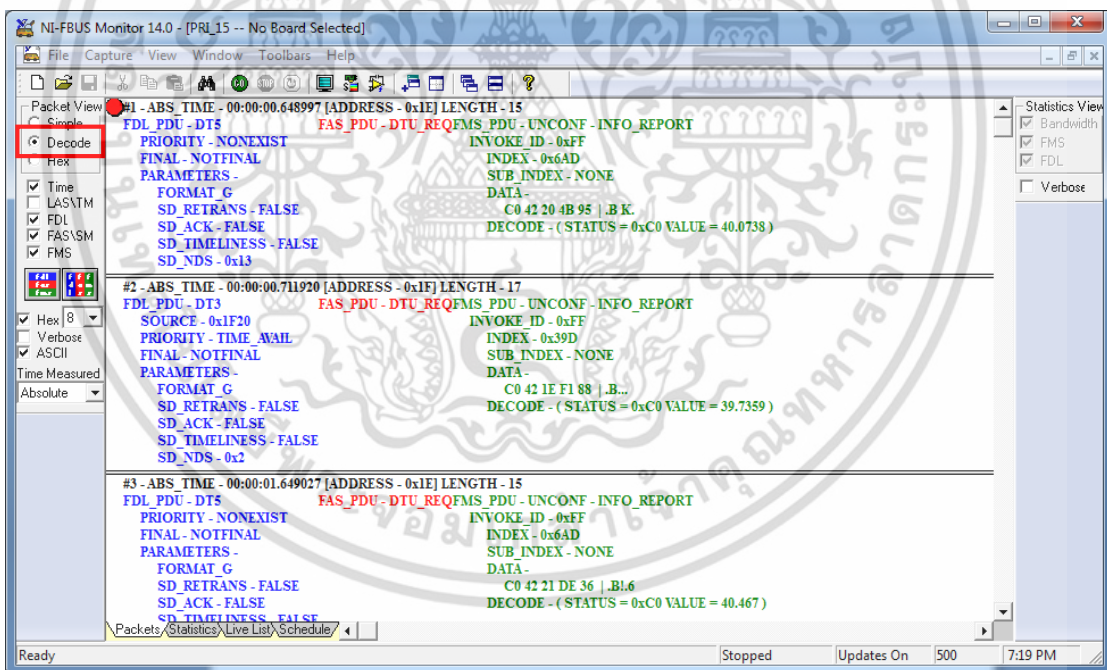
ส่วนที่ 2 : Multiple Document Interface เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถแบ่งแยกหน้าต่างในการแสดงผลเป็นแบบหลายหน้าต่าง เพื่อแสดงข้อมูลที่ต่างกันในเวลาเดียวกันได้โดยมีการเรียกหน้าต่างย่อยว่า “Filter Window”

ส่วนที่ 3 : Packet View Toolbar เป็นส่วนที่ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบข้อมูลที่แสดงผล โดยมี 3 ทางเลือกคือ แบบ Simple แบบ Decode และแบบ Heximal ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.19 ถึง 3.21 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

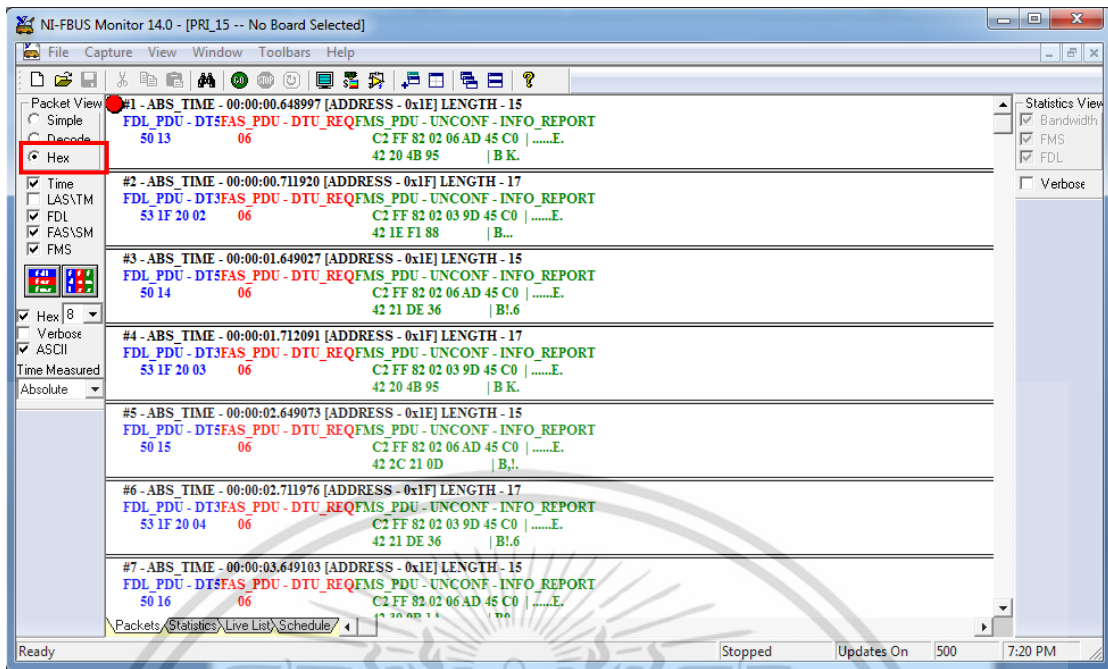


รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแบบ Simple ของ NI-FBUS Monitor



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแบบ Decode ของ NI-FBUS Monitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลแบบ Heximal ของ NI-FBUS Monitor

โดยที่การแสดงผลข้อมูลที่โปรแกรมบันทึกได้ทั้ง 3 ทางเลือกมีรูปแบบของส่วนหัวของกลุ่มข้อมูล (Header) ที่เหมือนกันคือ

(\*/#) PACKET\_NUMBER-TIME (HH : MM : SS . US) LENGTH-SIZE

โดยที่ \* แสดงถึง การหายไปของกลุ่มข้อมูลที่อยู่ก่อนหน้ากลุ่มข้อมูลนี้

# แสดงถึง การบันทึกกลุ่มข้อมูลนี้โดยโปรแกรมที่ทำได้ถูกต้อง

HH : MM : SS . US แสดงถึงรูปแบบของเวลากลุ่มที่ข้อมูลถูกบันทึกโดยโปรแกรม ซึ่งหมายถึง Hours : Minutes : Seconds . Microseconds

ในส่วน Time Measured มีรูปแบบของการแสดงเวลา ที่ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดได้ 6 ทางเลือก ดังนี้

- Absolute เป็นการแสดงเวลาแบบสัมบูรณ์ที่เริ่มนับเวลาจากการเริ่มต้น (Start) ในการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม โดยการคลิกคำสั่ง Capture > Start Capture ในส่วน Standard Tool Bar ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.22

- Idle มีการแสดงช่วงเวลา Idle ระหว่างกลุ่มข้อมูลดังตัวอย่างในรูปที่ 3.23

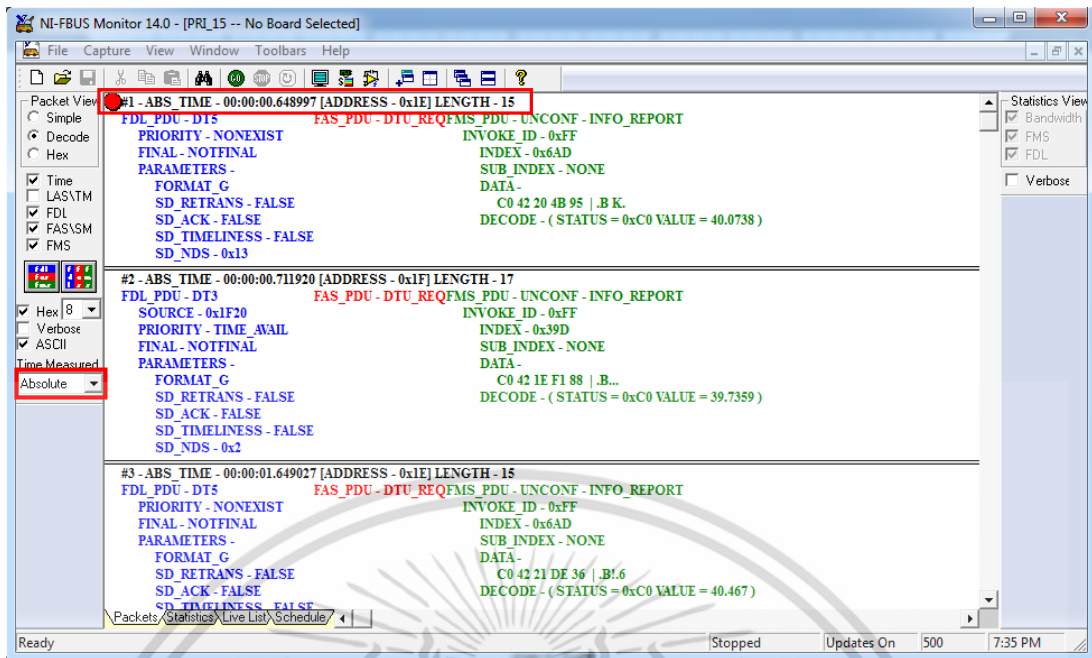
- From Start การแสดงเวลาโดยเริ่มนับเวลาจากการเริ่มต้นบันทึกกลุ่มข้อมูลในแต่ละกลุ่มดังตัวอย่างในรูปที่ 3.24

- From End มีการแสดงเวลา โดยเริ่มนับเวลาจากจุดสิ้นสุดการบันทึกข้อมูลในแต่ละกลุ่มดังตัวอย่างในรูปที่ 3.25

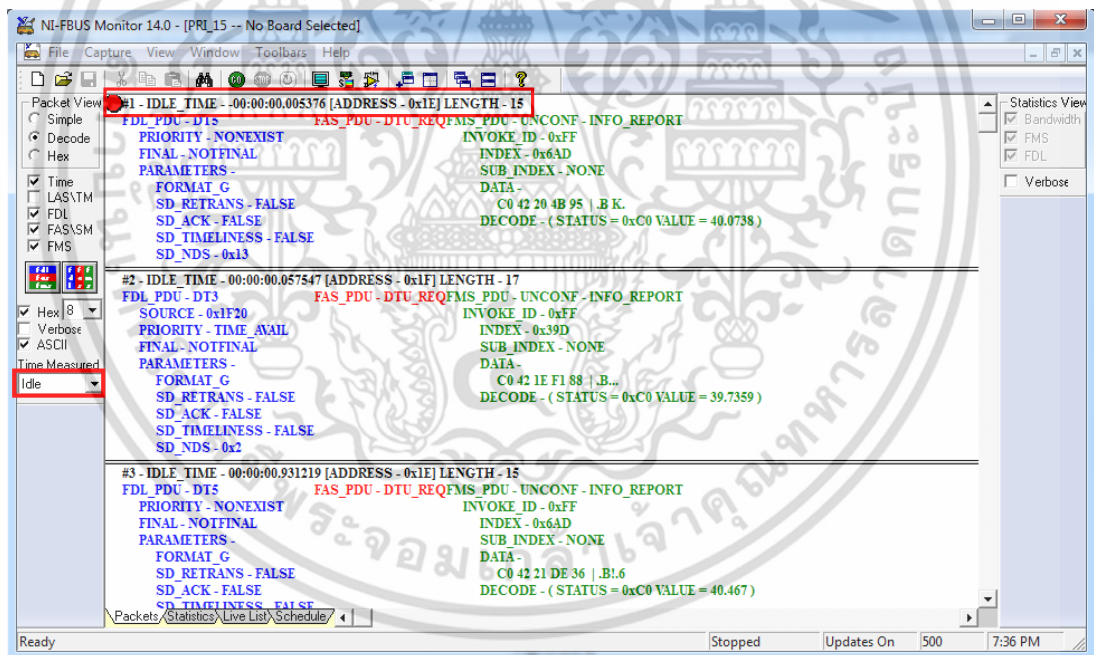
- Transmission มีการแสดงเวลาที่ใช้ในการส่งกลุ่มข้อมูลนั้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.26

- PC Time มีการแสดงที่สัมพันธ์กับค่าเวลาที่ผู้ใช้กำหนดในส่วน NI-FBUS Monitor Utility ดังในรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

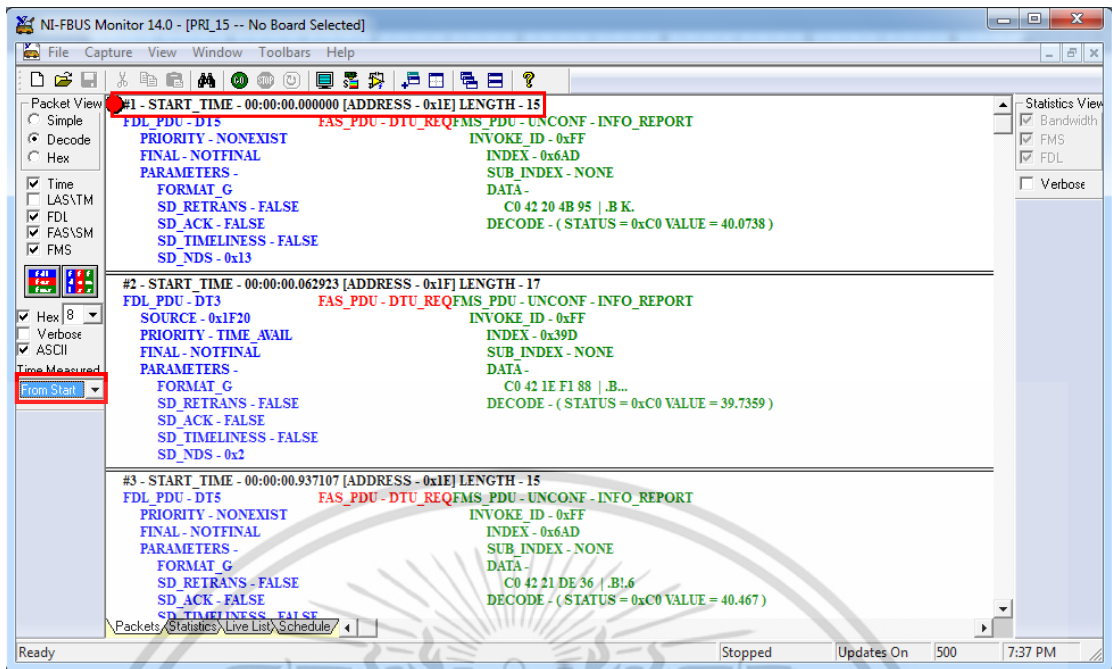


รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Absolute

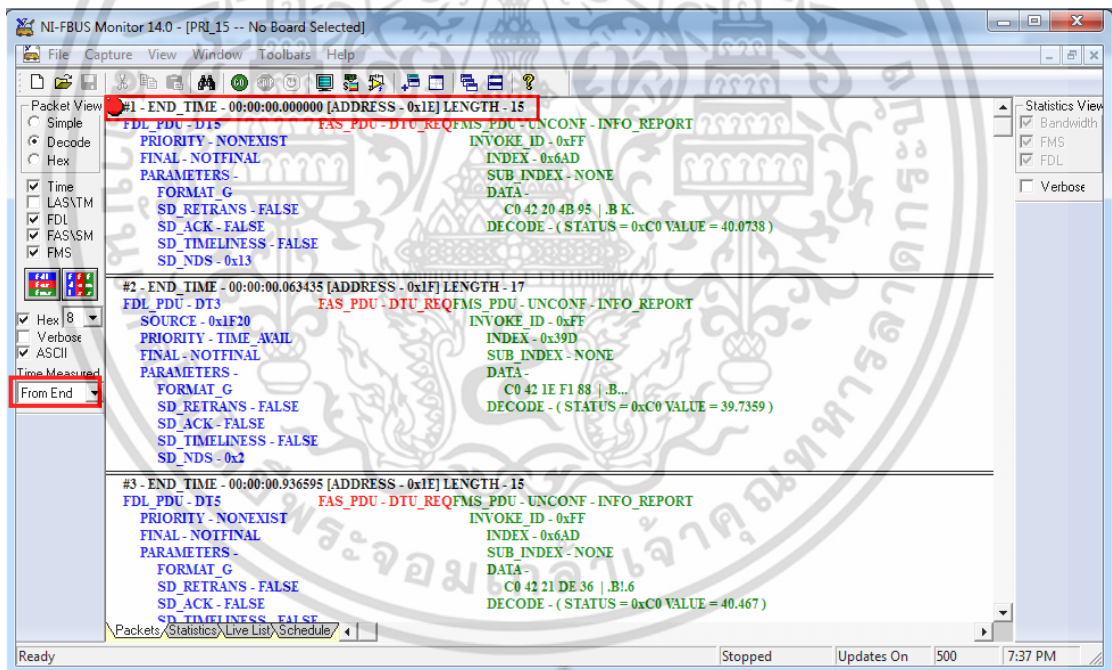


รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Idle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

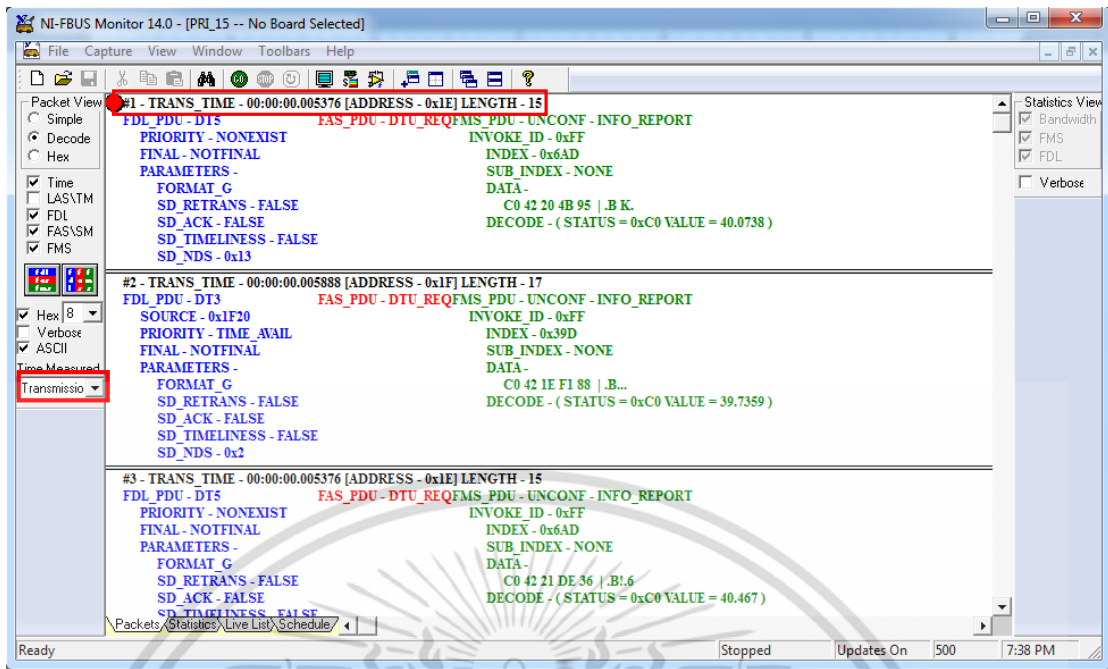


รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ From Start

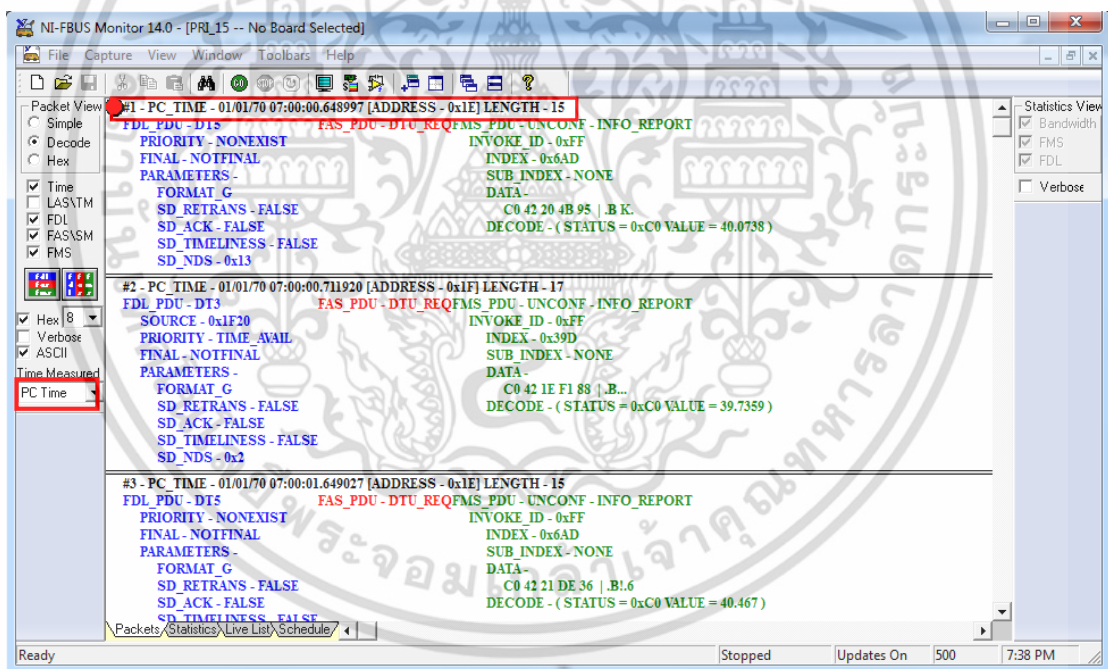


รูปที่ 3.25 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ From End

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ Transmission

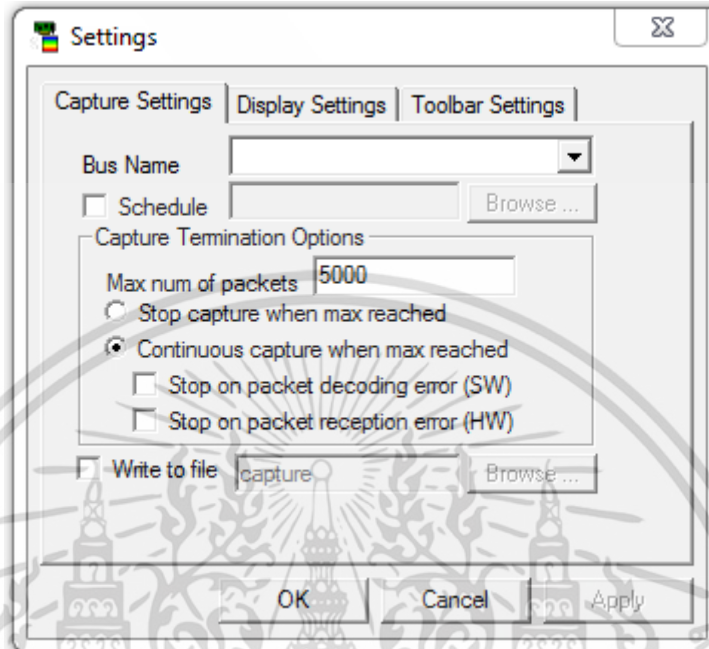


รูปที่ 3.27 ตัวอย่างการแสดงผลเวลาที่กลุ่มข้อมูลถูกบันทึกด้วยโปรแกรมแบบ PC Time

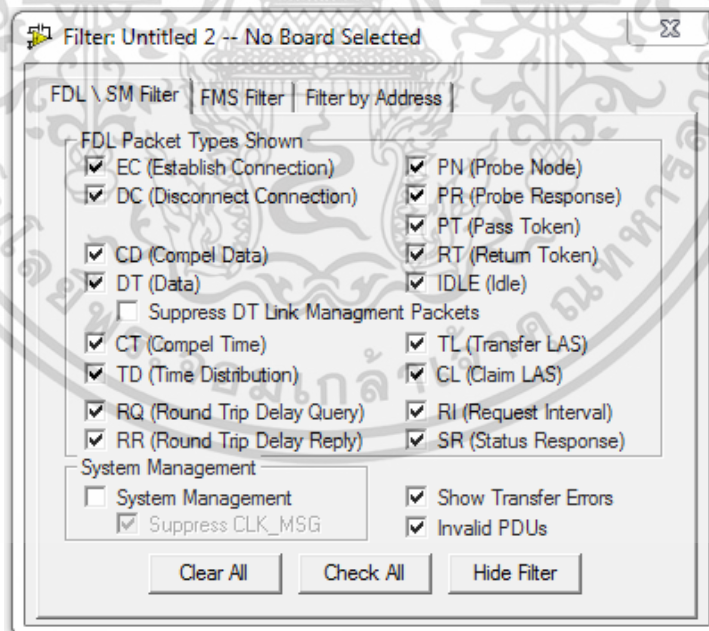
ส่วนที่ 4 เป็นส่วนที่ผู้ใช้เลือกกำหนดชนิดของข้อมูลที่จะแสดงผลในหน้าต่างของโปรแกรม โดยมี 4 ทางเลือก คือ การแสดงกลุ่มข้อมูล (Packets) การแสดงเชิงสถิติ (Statistics) การแสดงอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่มีสิทธิ์ในการรับ-ส่งข้อมูลบนเครือข่าย (Live List) และการแสดงกำหนดการทำงานและการรับ-ส่งข้อมูล (Schedule)

รูปที่ 3.28 แสดงหน้าต่างในส่วน Setting ของโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เลือกกำหนดรูปแบบการทำงานของโปรแกรม โดยมีการเลือกกำหนดใน 3 หมวดด้วยกันคือ หมวด Capture Settings หมวด Display Settings และหมวด Toolbar Settings ในส่วนบันทึกกลุ่มข้อมูล ผู้ใช้สามารถคลิกเอกสารนี้เพื่อดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวเลือกการตั้งค่าต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถคลิกที่ลิงก์ด้านล่างนี้เพื่อดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวเลือกการตั้งค่าต่างๆ ทั้งนี้หากผู้ใช้ต้องการแก้ไขการตั้งค่าใดๆ ก็ตาม ผู้ใช้จำเป็นต้องรีสตาร์ทโปรแกรมทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรอง (Filter) ชนิดของกลุ่มข้อมูลที่ต้องการได้ โดยมีรูปแบบคัดกรองอยู่ 3 ประเภทคือ การคัดกรองแบบ FPL\SM Filter แบบ FMS Filter และแบบ Filter by Address ดังแสดงในรูปที่ 3.29 ถึงรูปที่ 3.31 ตามลำดับ

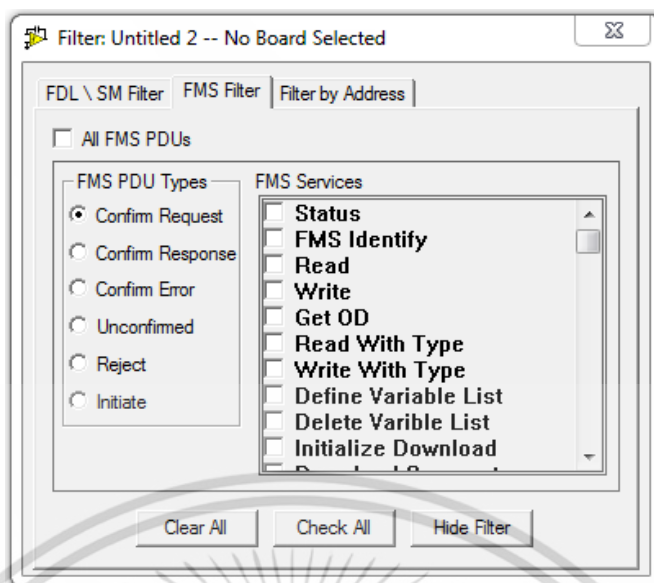


รูปที่ 3.28 หน้าต่างในส่วน Setting ของโปรแกรม NI-FBUS Monitor

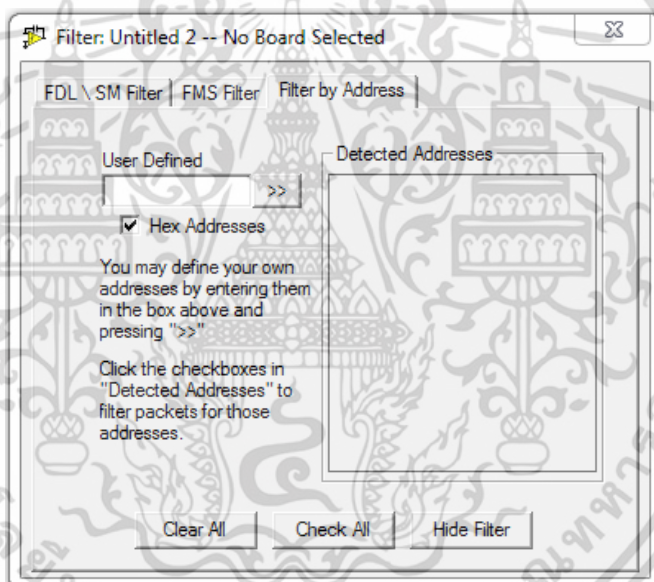


รูปที่ 3.29 หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ FPL\SM Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ FMS Filter



รูปที่ 3.31 หน้าต่างในส่วนการคัดกรองข้อมูลเพื่อบันทึกแบบ Filter by Address

### 3.3.3 การจำลองสถานะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ

ในการจำลองสถานะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีของพลานต์ โมเดลการควบคุมอุณหภูมิในช่วง 40°C ถึง 60°C ได้กำหนดเงื่อนไขของสัญญาณแจ้งเตือน (Trip Limit Value) สำหรับการแจ้งเตือนแบบ High-High (HI\_HI) แบบ High (HI) แบบ Low (LO) และแบบ Low-Low (LO\_LO) ดังแสดงในตารางที่ 3.9 โดยจำลองสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนด้วยการกำหนดค่าเป้าหมายหรือ Setpoint (SP) ของการควบคุมอุณหภูมิให้มีค่ามากกว่า (สำหรับกรณีสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI และ HI) หรือมีค่าน้อยกว่า (สำหรับกรณีสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO และแบบ LO\_LO) ค่า Trip Limit ดังสรุปในตารางที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 การกำหนดเงื่อนไขในการจำลองสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนกระบวนการ

Alarm	Trip Limit		Setpoint of Control	
HI_HI	80%	56 °C	88%	57.6 °C
HI	60%	52 °C	68%	53.6 °C
LO	40%	48 °C	32%	46.4 °C
LO_LO	20%	44 °C	12%	42.4 °C

ตารางที่ 3.10 การเกิดสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนกระบวนการจากตารางที่ 3.9

Alarm	Causes of Occurrence	Priority Level
HI_HI	Occurs when the PV increases above 56 °C	HI_HI_PRI
HI	Occurs when the PV increases above 52 °C	HI_PRI
LO	Occurs when the PV decreases below 48 °C	LO_PRI
LO_LO	Occurs when the PV decreases below 44 °C	LO_LO_PRI

จากตารางที่ 3.9 และ 3.10 การจำลองสถานะที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนมีรายละเอียดดังนี้

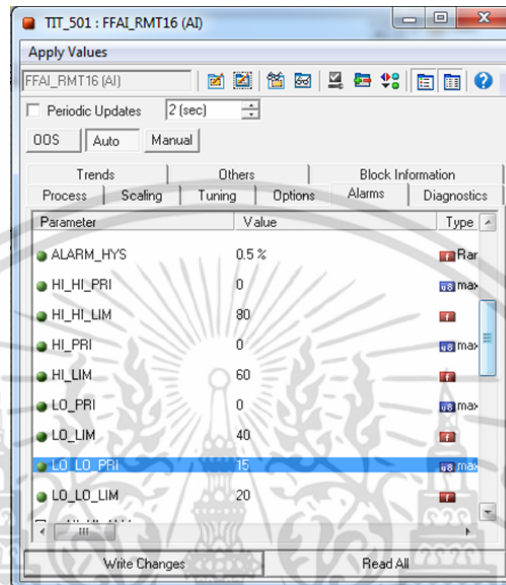
- HI\_HI : กำหนดค่า Trip Limit ที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ 80% หรือที่อุณหภูมิ 56°C และกำหนดค่า Setpoint ให้สูงกว่าค่า Trip Limit ที่ 88% หรือที่อุณหภูมิ 57.6°C เพื่อทำให้เกิดการแจ้งเตือนตามระดับความสำคัญที่กำหนดด้วยตัวแปร HI\_HI\_PRI
- HI : กำหนดค่า Trip Limit ที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ 60% หรือที่อุณหภูมิ 52°C และกำหนดค่า Setpoint ให้สูงกว่าค่า Trip Limit ที่ 68% หรือที่อุณหภูมิ 53.6°C เพื่อทำให้เกิดการแจ้งเตือนตามระดับความสำคัญที่กำหนดด้วยตัวแปร HI\_PRI
- LO : กำหนดค่า Trip Limit ที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ 40% หรือที่อุณหภูมิ 48°C และกำหนดค่า Setpoint ให้ต่ำกว่าค่า Trip Limit ที่ 32% หรือที่อุณหภูมิ 46.4°C เพื่อทำให้เกิดการแจ้งเตือนตามระดับความสำคัญที่กำหนดด้วยตัวแปร LO\_PRI
- LO\_LO : กำหนดค่า Trip Limit ที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ 20% หรือที่อุณหภูมิ 44°C และกำหนดค่า Setpoint ให้ต่ำกว่าค่า Trip Limit ที่ 12% หรือที่อุณหภูมิ 42.4°C เพื่อทำให้เกิดการแจ้งเตือนตามระดับความสำคัญที่กำหนดด้วยตัวแปร LO\_LO\_PRI

### 3.3.4 การทดลองเพื่อศึกษาประเด็นที่สนใจ

ในการทดลองเพื่อศึกษาประเด็นที่สนใจได้แบ่งการทดลองเป็น 3 กรณีด้วยกัน โดยการทดลองสำหรับทุกกรณีมีขั้นตอนการทดลองที่เหมือนกัน ต่างกันที่เปลี่ยนทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ใช้ในการตรวจวัดค่าตัวแปรกระบวนการ ขั้นตอนการทดลองในแต่ละกรณีสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

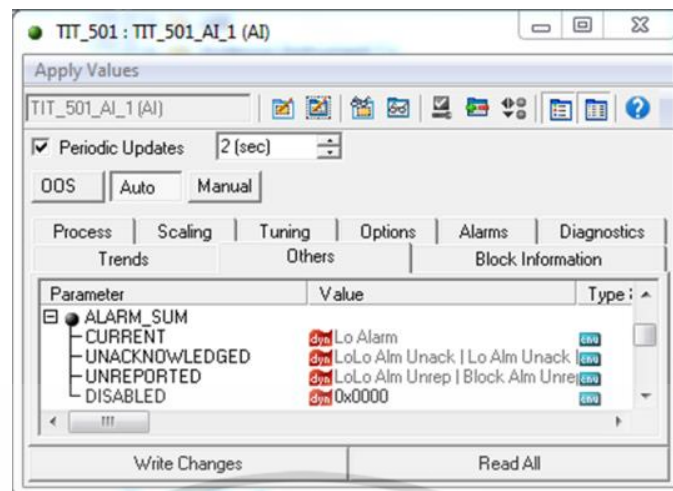
1. ทำการติดตั้งทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิที่ต้องการใช้ในพลานต์โมเดล
2. ทำการสร้างรูปควบคุมพีไอดีโดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator ดังที่ได้อธิบายไว้ในหัวข้อที่ 3.3.1
3. ทำการกำหนดค่าตัวแปร \* \_LIM (Trip Limit) ซึ่งเป็นเงื่อนไขในการแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก AI โดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.9 เช่น HI\_HI\_LIM = 80 และ HI\_LIM = 60 ดังแสดงในรูปที่ 3.32



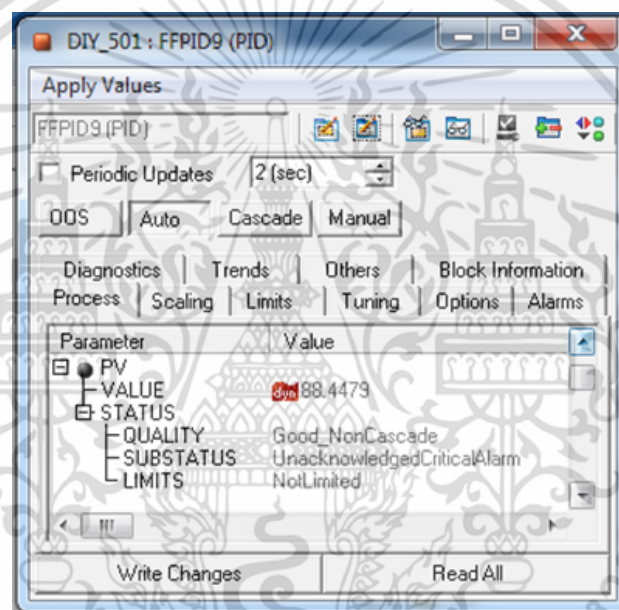
รูปที่ 3.32 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก AI ในส่วนการตั้งค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือน

4. ทำการเลือกกำหนดสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการที่สนใจในการทดลอง โดยเลือกที่ละประเภทจากการแจ้งเตือนแบบ HI\_HI แบบ HI แบบ LO และแบบ LO\_LO
5. ทำการกำหนดค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจ โดยเลือกกำหนดที่ระดับจากระดับที่ 1, 2, 3, ....., 14 หรือ 15 ส่วนค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนอื่น ๆ ให้กำหนดที่ค่าระดับ 0
6. ทำการกำหนดค่าเป้าหมาย หรือ Setpoint ของการควบคุมอุณหภูมิเพื่อทำให้เกิดสถานะที่มีการแจ้งเตือนโดยใช้ข้อมูลจากตารางที่ 3.9
7. สังเกตและจดบันทึกค่าตัวแปรย่อย Current ของตัวแปร ALARM\_SUM ในฟังก์ชันบล็อก AI และข้อมูลสถานะที่ค่าตัวแปรย่อย STATUS ของตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID (ซึ่งได้ผลเช่นเดียวกับค่าตัวแปร OUT ในฟังก์ชันบล็อก AI แต่เพื่อสะดวกในการบันทึกผลการทดลองที่สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในฟังก์ชันบล็อก AI และ PID ในเวลาเดียวกันได้) ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.33 และ 3.34 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก AI ในส่วนเซตตัวแปร ALARM\_SUM



รูปที่ 3.34 ตัวอย่างหน้าต่างบล็อก PID ในส่วนเซตตัวแปร PV

8. ทำการบันทึกข้อมูลที่รับ-ส่งบนเครือข่ายในช่วงระหว่างที่มีการแจ้งเตือนกระบวนการโดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor ด้วยการคัดกรองข้อมูลที่ต้องการบันทึกแบบ FPL\SM Filter ด้วยการ ใช้ FMS Services แบบ Information Report ดังแสดงในรูปที่ 3.35

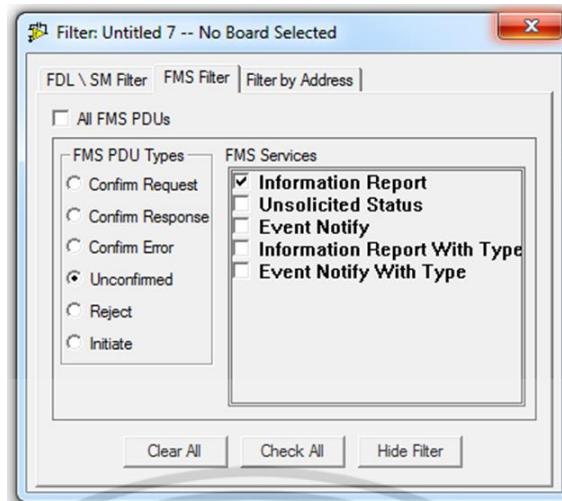
9. ทำการกำหนดค่า Setpoint ของการควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าเท่ากับ 50°C เพื่อให้ค่าอุณหภูมิของกระบวนการอยู่ในสภาวะปกติที่ไม่มีการแจ้งเตือน

10. รอกการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการให้ค่าตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID มีค่าใกล้เคียงกับค่าเป้าหมาย

11. ทำซ้ำการทดลองในขั้นตอนที่ 5 - ขั้นตอนที่ 10 โดยเปลี่ยนค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน

12. ทำซ้ำการทดลองในขั้นตอนที่ 4 โดยเปลี่ยนสัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจในการทดลอง จนครบทุกเงื่อนไขที่ต้องการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 การเลือกกำหนดชนิดของเซอร์วิสใน FMS สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือน

### 3.4 ผลการทดลองและอภิปรายผล

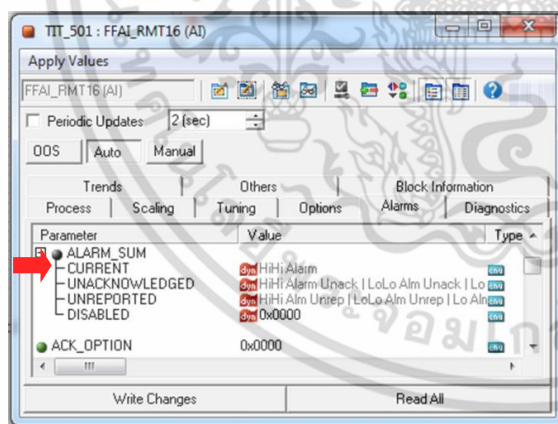
#### 3.4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการและการแสดงข้อความสถานะ

**กรณีที่ 1** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น Rosemount 3144P ในการตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับ ลูบควบคุมพีไอดีดังรูปที่ 3.8 เมื่อทำการเลือกกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน (Priority Level) และการแสดงข้อความสถานะ (Status Information) ของตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID ดังสรุปในตารางที่ 3.11 จะเห็นได้ว่า การแสดงข้อความสถานะมี 2 แบบคือ “Block Alarm” และ “Critical Alarm” สำหรับการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนด้วยค่าระดับ 1-7 และค่าระดับ 8-15 ตามลำดับ ในรูปที่ 3.36 ถึงรูปที่ 3.39 แสดงตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับที่ 15 สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการแบบ HI\_HI แบบ HI แบบ LO และแบบ LO\_LO ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในการแจ้งเตือนกระบวนการทั้ง 4 แบบ มีการแสดงข้อความสถานะหรือ SUB\_STAUS ของตัวแปร PV เหมือนกันคือ “Critical Alarm” เมื่อมีการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับเดียวกัน (เช่น Priority Level = 15)

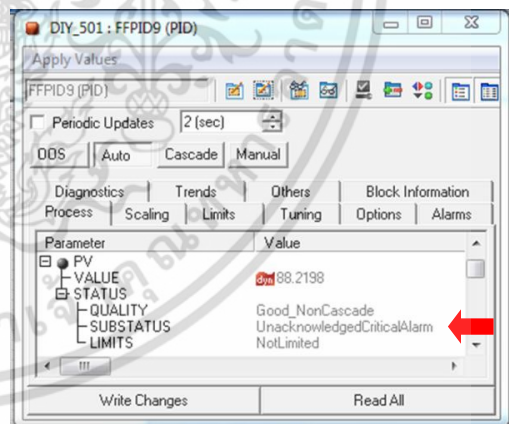
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Status Information for Process Alarm			
	HI_HI	HI	LO	LO_LO
1	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
2	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
3	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
4	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
5	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
6	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
7	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
8	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
9	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
10	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
11	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
12	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
13	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
14	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
15	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm



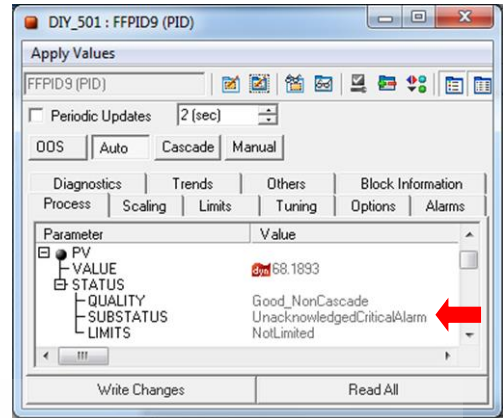
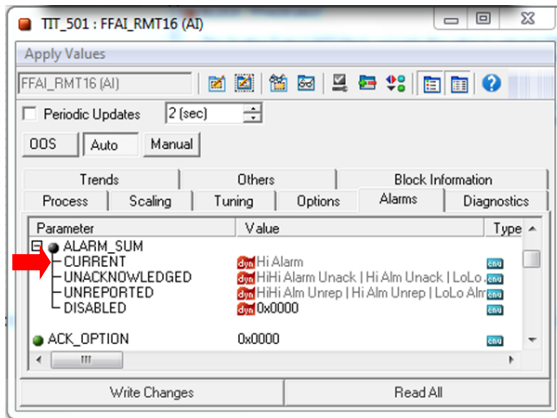
(ก) ตัวแปร ALARM\_SUM ในบล็อก AI



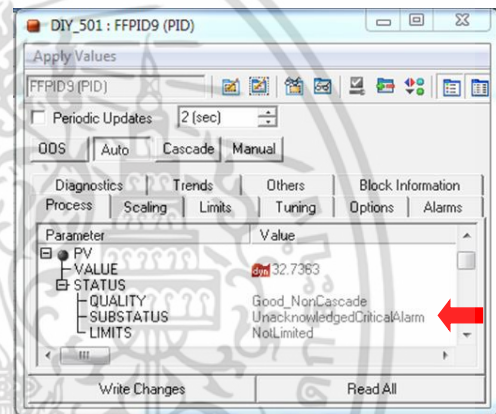
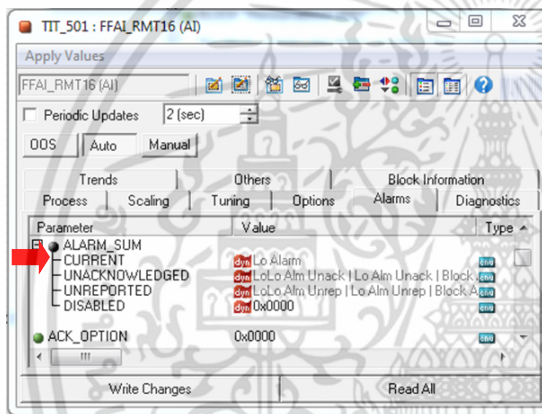
(ข) ตัวแปร PV ในบล็อก PID

รูปที่ 3.36 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน HI\_HI

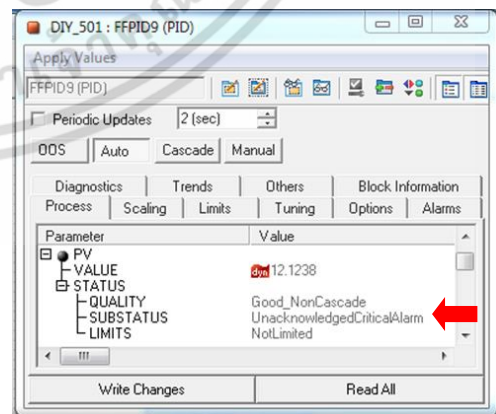
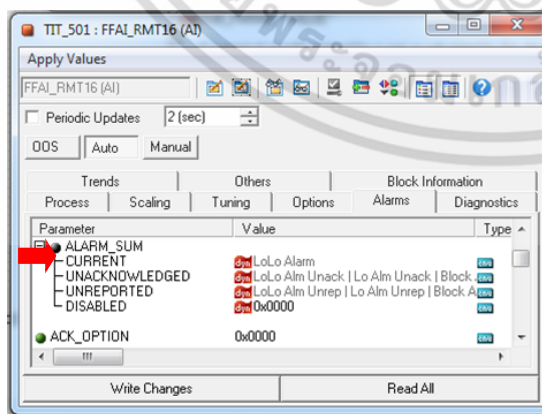
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ตัวแปร ALARM\_SUM ในบล็อก AI (ข) ตัวแปร PV ในบล็อก PID  
รูปที่ 3.37 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน HI



(ก) ตัวแปร ALARM\_SUM ในบล็อก AI (ข) ตัวแปร PV ในบล็อก PID  
รูปที่ 3.38 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO



(ก) ตัวแปร ALARM\_SUM ในบล็อก AI (ข) ตัวแปร PV ในบล็อก PID  
รูปที่ 3.39 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

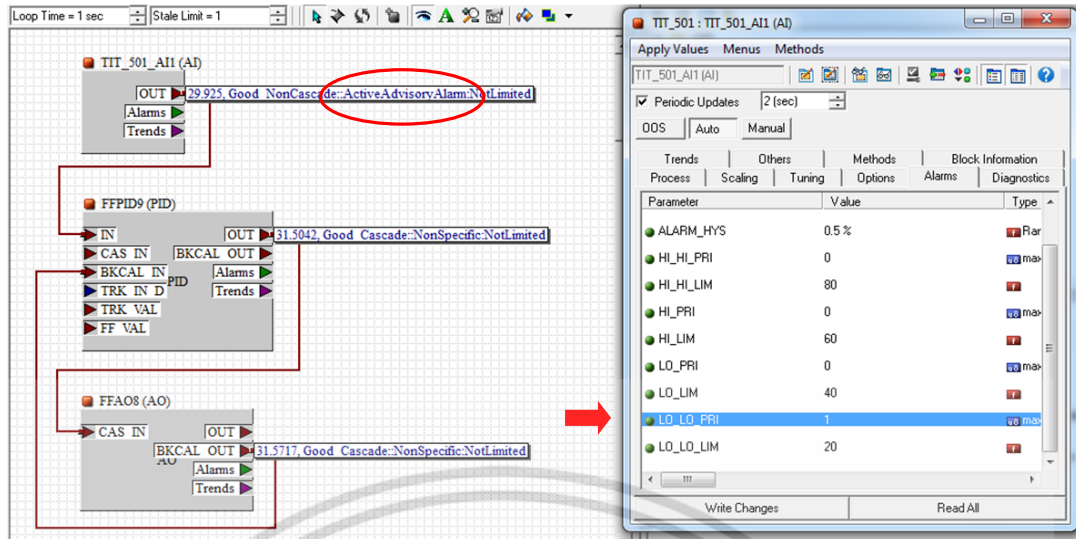
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กรณีที่ 2** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น YTA320 ของบริษัท Yokogawa ในการตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับลูปควบคุมพีไอติดตั้งรูปที่ 3.8 เมื่อทำการเลือกกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการจะความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน (Priority Level) และการแสดงข้อความสถานะ (Status Information) ของตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID ดังสรุปในตารางที่ 3.12 จะเห็นได้ว่าการแสดงข้อความสถานะมี 2 แบบคือ "Advisory Alarm" และ "Critical Alarm" สำหรับการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนด้วยค่าระดับ 1, 3-7 และระดับ 8-15 ตามลำดับ ในรูปที่ 3.40 ถึง 3.43 แสดงตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับที่ 1 ระดับที่ 2 ระดับที่ 7 และระดับที่ 15 สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการแบบ LO\_LO ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการแสดงข้อความสถานะหรือ Status Information ของตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI ด้วย "Advisory Alarm" และ "Critical Alarm" สำหรับระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับที่ 1, 7 และที่ระดับ 15 ตามลำดับ ส่วนระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับที่ 2 ผู้ใช้ไม่สามารถเลือกได้สำหรับทรานสมิตเตอร์ YTA320 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 3.12

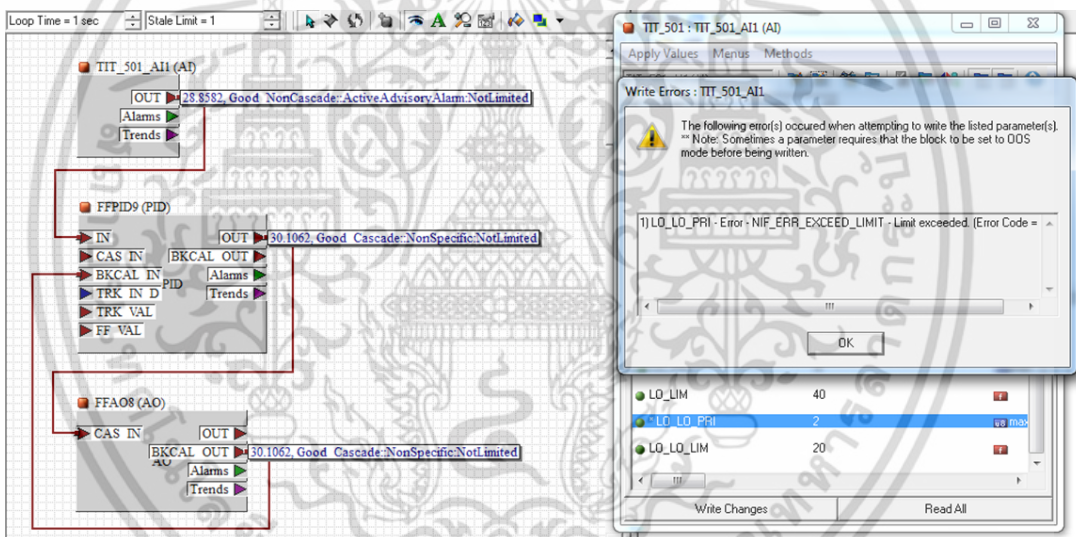
**ตารางที่ 3.12** ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

Priority Level	Status Information for Process Alarm			
	HI_HI	HI	LO	LO_LO
1	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
2	N/A	N/A	N/A	N/A
3	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
4	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
5	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
6	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
7	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
8	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
9	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
10	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
11	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
12	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
13	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
14	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
15	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

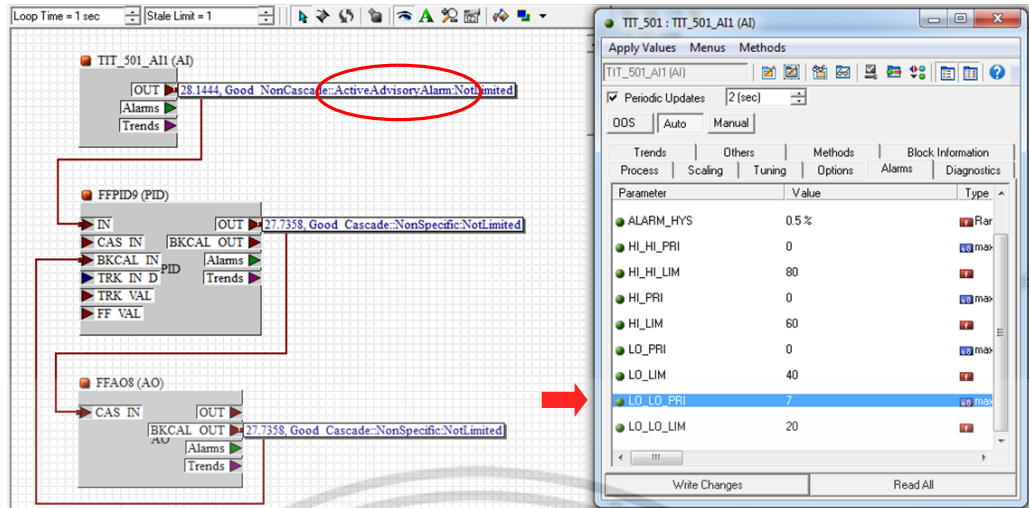


รูปที่ 3.40 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 1 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

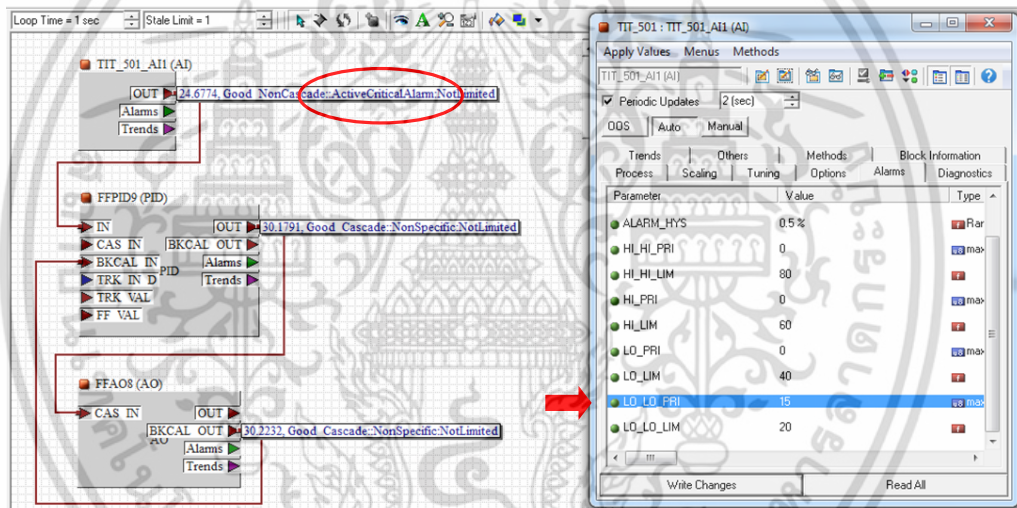


รูปที่ 3.41 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 2 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 7 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO



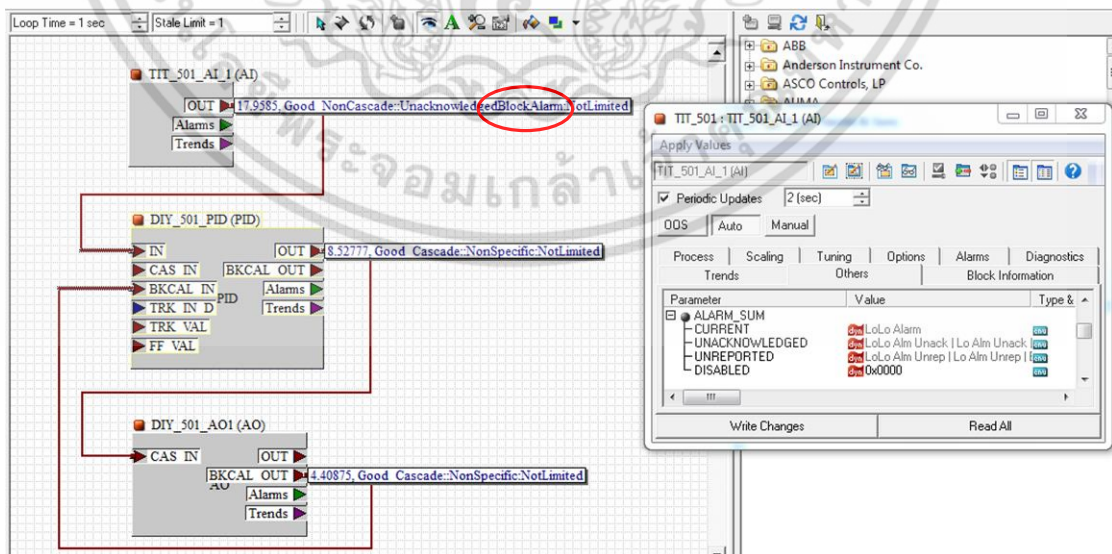
รูปที่ 3.43 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

**กรณีที่ 3** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิรุ่น STT35F ของบริษัท Honeywell ในการตรวจวัดอุณหภูมิสำหรับควบคุมพีไอติดตั้งรูปที่ 3.8 เมื่อทำการเลือกกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการจะได้รับความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน (Priority Level) และการแสดงข้อความสถานะ (Status Information) ของตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID ดังสรุปในตารางที่ 3.13 จะเห็นได้ว่าการแสดงข้อความสถานะมี 3 แบบด้วยกันคือ สถานะ “Block Alarm” สถานะ “Advisory Alarm” และสถานะ “Critical Alarm” สำหรับกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนค่าระดับ 1-2 ค่าระดับ 3-7 และค่าระดับ 8-15 ตามลำดับ ในรูปที่ 3.44 ถึงรูปที่ 3.46 แสดงตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการกำหนดระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในระดับที่ 2 ระดับที่ 7 และระดับที่ 15 สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการแบบ LO\_LO ตามลำดับ จะเห็นว่ามี การแสดงข้อความสถานะของตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI ด้วยสถานะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่าการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“Block Alarm” สถานะ “Advisory Alarm” และสถานะ “Critical Alarm” ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองที่สรุปในตารางที่ 3.13

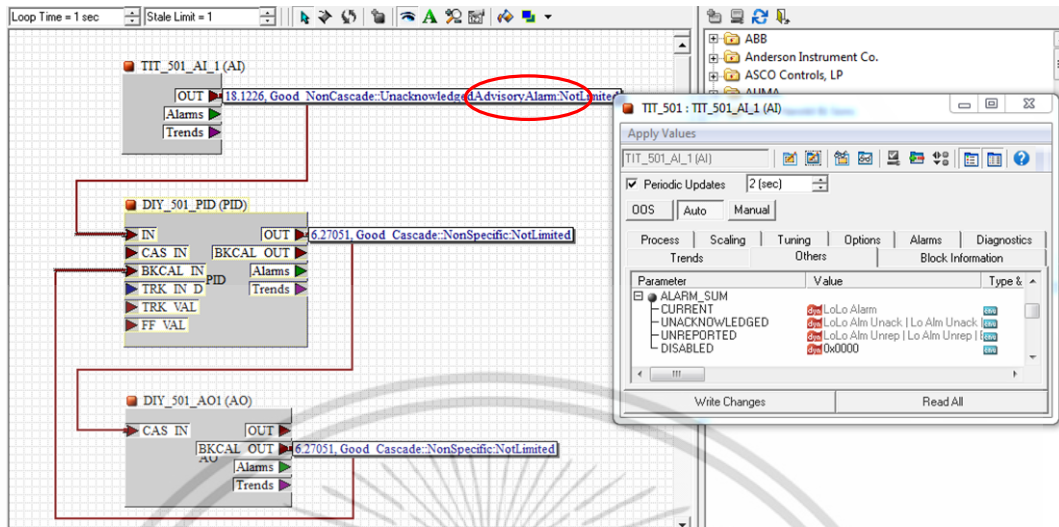
ตารางที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Priority Alarm และ Status Information สำหรับการแจ้งเตือนกระบวนการจากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Status Information for Process Alarm			
	HI_HI	HI	LO	LO_LO
1	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
2	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm	Block Alarm
3	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
4	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
5	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
6	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
7	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm	Advisory Alarm
8	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
9	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
10	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
11	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
12	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
13	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
14	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm
15	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm	Critical Alarm

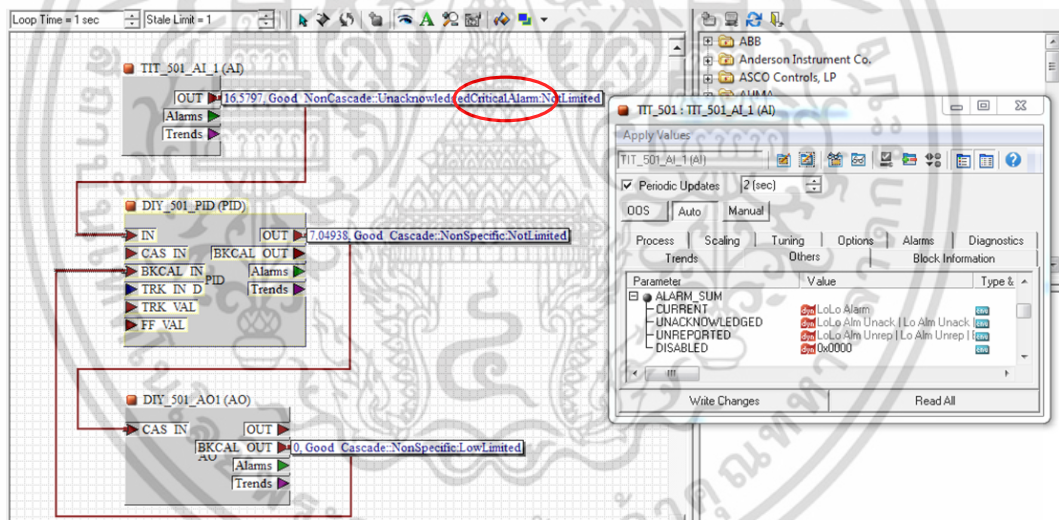


รูปที่ 3.44 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 2 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 7 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO



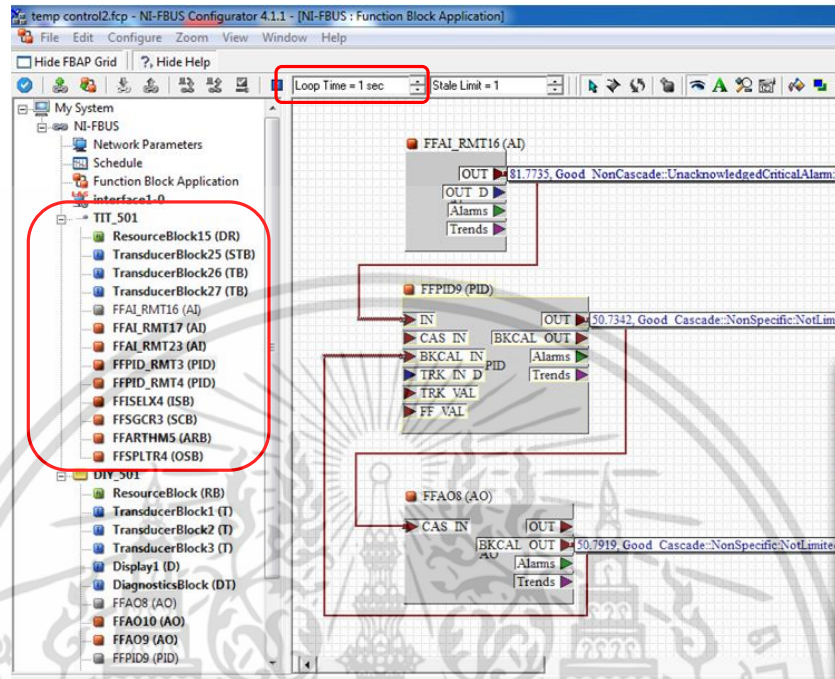
รูปที่ 3.46 ตัวอย่างผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F เมื่อกำหนด Priority Level = 15 สำหรับการแจ้งเตือน LO\_LO

### 3.4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและความถี่ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนบนเครือข่าย H1

**กรณีที่ 1** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิรุ่น Rosemount 3144P ของบริษัท Emerson ในการตรวจวัดอุณหภูมิ สำหรับควบคุมพีไอดีที่มีมาโครไซเคิล (หรือ Loop Time) ดังแสดงในรูปที่ 3.47 เมื่อเกิดสถานะที่มีการแจ้งเตือนได้ทำการบันทึกข้อมูล (Data Packet) ของสัญญาณแจ้งเตือน กระบวนการบนเครือข่ายเซกเมนต์ H1 โดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor ในรูปที่ 3.48 แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการที่บันทึกได้จากการกำหนดเวลาในการบันทึก

แบบ Absolute Time ในหน่วยวินาที, ไมโครวินาที (Seconds, Microseconds) และมีการแสดงกลุ่มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งผ่านระบบการแจ้งเตือนเพื่อใช้ในการแจ้งเตือน เมื่ออยู่ในสถานะแจ้งเตือนนี้หากไม่ทำการแก้ไขทันที ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลแบบ Decode ตารางที่ 3.14 ถึง 3.17 แสดงค่าเวลาแบบ Absolute Time ที่บันทึกได้สำหรับการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกต ซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI แบบ HI แบบ LO และแบบ LO\_LO ตามลำดับ

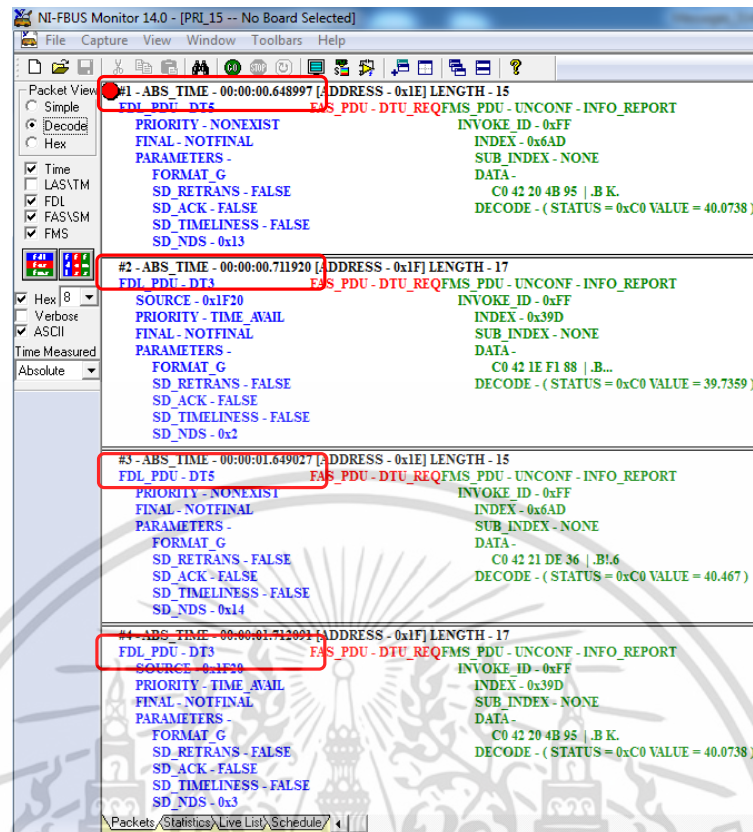


รูปที่ 3.47 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ 3144P ตารางที่ 3.14 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.442730	0.505631	1.442759	1.505675	2.442790
2	0.555927	0.618792	1.555941	1.618806	2.556003
3	0.381054	0.444012	1.381084	1.444022	2.381113
4	0.018977	0.952146	1.014999	1.952146	2.015012
5	0.137513	0.200405	1.137527	1.200515	2.201037
6	0.338972	0.402002	1.339002	1.402015	2.339063
7	0.522538	0.586084	1.522597	1.585456	2.522595
8	0.280366	0.343525	1.280427	1.343328	2.280458
9	0.774012	0.836943	1.774011	1.837026	2.837063
10	0.078424	0.141303	1.078451	1.141353	2.078527
11	0.945763	1.008829	1.945761	2.008746	2.945839
12	0.756134	0.819252	1.756132	1.819745	2.756162
13	0.043770	0.980917	1.043816	1.980948	2.043834
14	0.615419	0.678198	1.615196	1.678209	2.615224
15	0.648997	0.711920	1.649073	1.712091	2.649073

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเฉพาะภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้ผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.48 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากใช้ 3144P

ตารางที่ 3.15 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.357226	0.420080	1.357224	1.420126	2.357269
2	0.767790	0.830723	1.767819	1.830707	2.767849
3	0.370912	0.433724	1.370849	1.433723	2.370912
4	0.708719	0.711695	1.708749	1.711645	2.711721
5	0.396508	0.459468	1.396554	1.459453	2.396584
6	0.857589	0.900500	1.857620	1.920610	2.857649
7	0.629146	0.692156	1.629175	1.692203	2.629206
8	0.096139	0.159046	1.096183	1.159095	2.096213
9	0.184929	0.247965	1.184958	1.247978	2.184988
10	0.644063	0.706924	1.644146	1.707160	2.644151
11	0.488022	0.550916	1.488052	1.550959	2.488081
12	0.757738	0.820641	1.757800	1.820687	2.757830
13	0.230382	0.293272	1.230412	1.293420	2.230441
14	0.075817	1.012855	1.075709	2.012853	3.075752
15	0.708745	0.771086	1.708792	1.772460	2.708853

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.16 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.077477	0.140367	1.077506	1.140416	2.077550
2	0.388646	0.451637	1.388673	1.451589	2.388719
3	0.488865	0.551805	1.488909	1.551946	2.488941
4	0.703215	0.766816	0.703261	1.766289	2.703290
5	0.261508	0.324426	1.261536	1.324441	2.261566
6	0.290821	0.353708	1.290852	1.352839	2.290882
7	0.356311	0.419206	1.356355	1.419252	2.356385
8	0.175772	0.238683	1.175866	1.238761	2.175863
9	0.362566	0.425459	1.362613	1.425504	2.362641
10	0.419437	0.482438	1.419467	1.482418	2.419569
11	0.224786	0.278722	1.224827	1.278727	2.224858
12	0.369694	0.432696	1.369738	1.432645	2.369767
13	0.443241	0.506109	1.443240	1.506156	2.443267
14	0.719753	0.782678	0.719816	1.782690	2.719845
15	0.452455	0.516083	1.452513	1.515391	2.452513

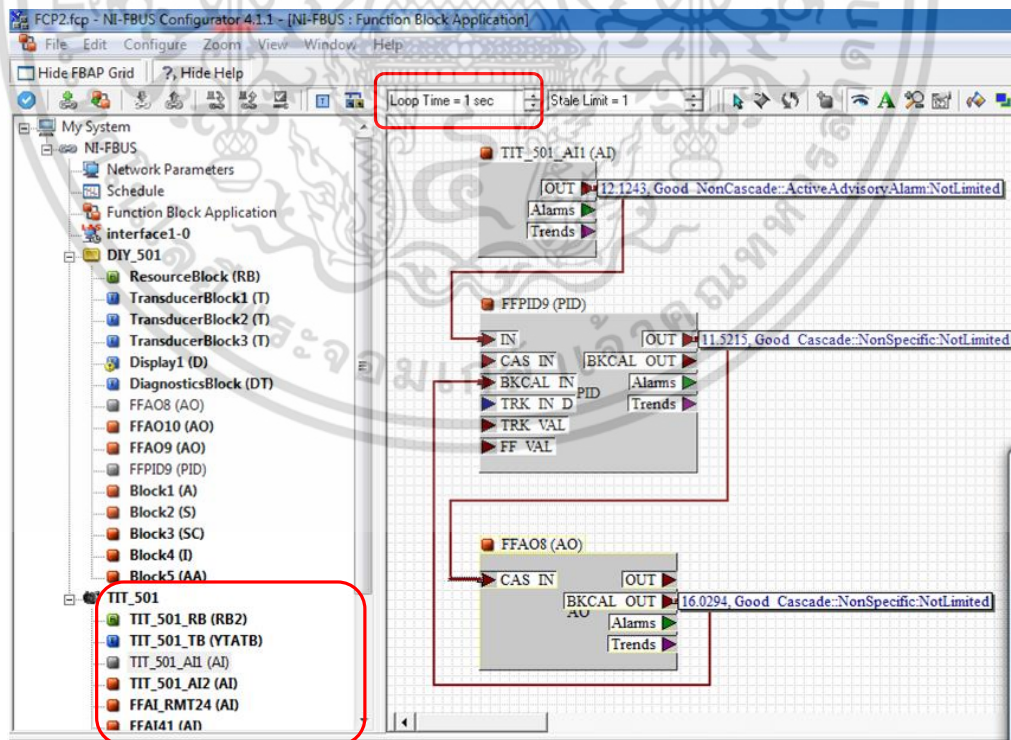
ตารางที่ 3.17 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO\_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.219336	0.282375	1.219366	1.282265	2.219396
2	0.150717	0.213600	1.150780	1.213667	2.150777
3	0.126954	0.189474	1.126559	1.189553	2.126573
4	0.887997	0.946845	1.887992	1.946985	2.887033
5	0.815902	0.878868	1.815931	1.878852	2.815978
6	0.640288	0.703164	1.640317	1.703303	2.640380
7	0.700508	0.763563	1.700583	1.763550	2.700536
8	0.341962	0.404841	1.341927	1.404824	2.342019
9	0.514199	0.577161	1.514208	1.577209	2.514280
10	0.516954	0.579828	1.516983	1.579843	2.516981
11	0.731951	0.794967	1.732045	1.794917	2.732044
12	0.224933	0.287950	1.224963	1.287967	2.225026
13	0.747845	0.810786	1.747878	1.810832	2.747956
14	0.397433	0.460306	1.397511	1.460354	2.397542
15	0.579980	0.643117	1.580042	1.643003	2.580071

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.14 จะเห็นได้ว่า จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P ในการตรวจวัดอุณหภูมิของ ลูบควบคุมพีไอดีที่มีการประมวลด้วยมาโครไซเคิลหรือ Loop Time เท่ากับ 1 วินาที (หรือ 1,000 ms) เมื่อเกิดสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการแล้วจะมีการส่งข้อมูลการแจ้งเตือน 2 ครั้งใน 1 ช่วงเวลา มาโครไซเคิลตัวอย่างเช่น จากการกำหนดความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน Priority Level = 1 การส่งข้อมูลแพ็คเกจ #1 แพ็คเกจ #3 และแพ็คเกจ #5 มีความต่างของเวลาประมาณ 1 วินาที (0.442730 ไมโครวินาที, 1.442759 ไมโครวินาที, 2.442790 ไมโครวินาที ตามลำดับ) และการส่ง กลุ่มข้อมูลแพ็คเกจ #1 และแพ็คเกจ #2 น้อยกว่า 1 วินาที เป็นต้น นอกจากนี้ การกำหนดค่าระดับ ความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนไม่มีผลต่อจำนวนครั้งหรือความถี่ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนใน ช่วงเวลา 1 มาโครไซเคิล ในทำนองเดียวกัน ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.15 ถึง 3.17 มีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 3.14

**กรณีที่ 2** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิรุ่น YTA320 ในการตรวจวัดอุณหภูมิ สำหรับ ลูบควบคุมพีไอดีที่มีมาโครไซเคิล (หรือ Loop Time) ดังแสดงในรูปที่ 3.49 เมื่อเกิดสภาวะที่มีการ แจ้งเตือนได้ทำการบันทึกข้อมูล (Data Packet) ของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการบนเครือข่าย เซกเมนต์ H1 โดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor ในรูปที่ 3.50 แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลของ สัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการที่บันทึกได้จากการกำหนดเวลาในการบันทึกแบบ Absolute Time ในหน่วยวินาที.ไมโครวินาที (Seconds. Microseconds) และมีการแสดงกลุ่มข้อมูลแบบ Decode ตารางที่ 3.18 ถึง 3.21 แสดงค่าเวลาแบบ Absolute Time ที่บันทึกได้สำหรับการส่งกลุ่มข้อมูล จำนวน 5 แพ็คเกจ ซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI แบบ HI แบบ LO และแบบ LO\_LO ตามลำดับ

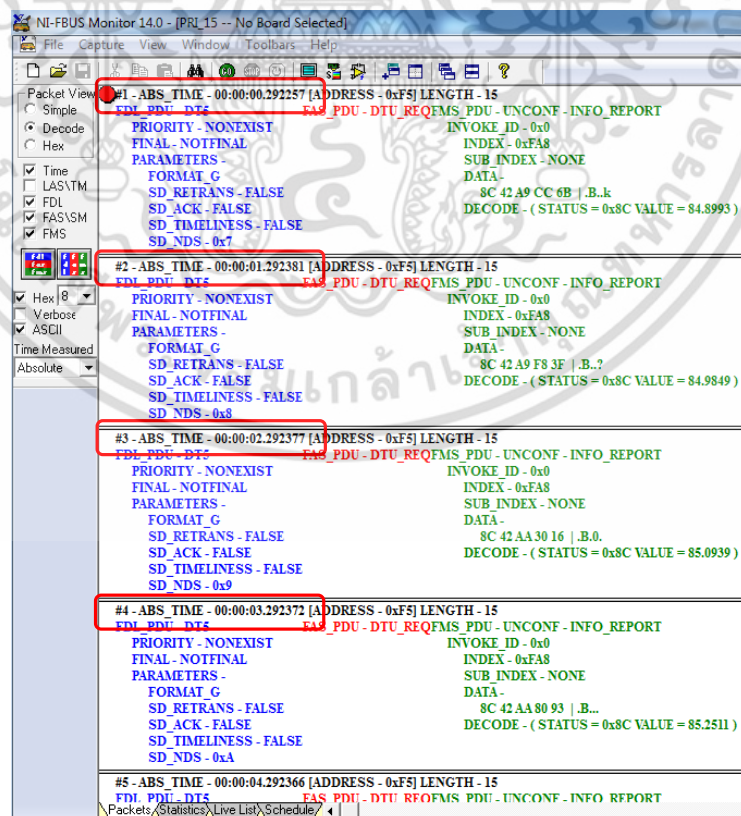


รูปที่ 3.49 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ YTA320

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.18 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.993497	1.993623	2.993622	3.993615	4.993611
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	0.224045	1.224038	2.224037	3.224151	4.24153
4	0.195409	1.195408	2.195533	3.195531	4.195657
5	0.201407	1.201405	2.201401	3.201526	4.201524
6	0.907103	1.907102	2.907227	3.907226	4.907224
7	0.562597	1.562593	2.562589	3.562715	4.562713
8	0.867031	1.867029	2.867028	3.867151	4.867149
9	0.565355	1.565351	2.565476	3.565474	4.565471
10	0.564097	1.564095	2.564149	3.564149	4.564208
11	0.582719	1.582714	2.582713	3.582709	4.582839
12	0.168474	1.168469	2.168462	3.168591	4.168588
13	0.049411	1.049410	2.049405	3.049399	4.049528
14	0.040544	1.040669	2.040667	3.040664	4.040659
15	0.292257	1.292381	2.292377	3.292372	4.292366



รูปที่ 3.50 หน้าต่างของ NI-FBUS Monitor ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการใช้ YTA320 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.19 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.180933	1.181059	2.181054	3.181181	4.181177
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	0.930908	1.930907	2.930903	3.930899	4.931025
4	0.260255	1.260253	2.260249	3.260247	4.260372
5	0.947134	1.947130	2.947130	3.947123	4.947251
6	0.633443	1.633441	2.633563	3.633563	4.633559
7	0.705375	1.705373	2.705370	3.705495	4.705493
8	0.253957	1.253950	2.254068	3.254066	4.254065
9	0.659229	1.659226	2.659226	3.659349	4.659347
10	0.007779	1.007902	2.007899	3.007899	4.007897
11	0.168739	1.168863	2.168861	3.168859	4.168985
12	0.996375	1.996373	2.996370	3.996368	4.996365
13	0.191813	1.191809	2.191807	3.191803	4.191929
14	0.046841	1.046839	2.046964	3.046963	4.046960
15	0.336911	1.336908	2.336907	3.336905	4.337031

ตารางที่ 3.20 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.266139	1.266135	2.266134	3.266257	4.266255
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	0.491313	1.491309	2.491306	3.491302	4.491425
4	0.250556	1.250552	2.250549	3.250547	4.250671
5	0.640876	1.640872	2.640995	3.640993	4.640989
6	0.673102	1.673099	2.673226	3.673219	4.673344
7	0.624696	1.624688	2.624684	3.624684	4.684803
8	0.312068	1.312063	2.312185	3.312181	4.312180
9	0.461280	1.461278	2.461272	3.461397	4.461396
10	0.980137	1.980134	2.980130	3.980255	4.980249
11	0.251231	1.251227	2.251224	3.251221	4.251345
12	0.874696	1.874688	2.874809	3.874807	4.874806
13	0.343038	1.343036	2.343030	3.343157	4.343153
14	0.440031	1.440027	2.440025	3.440022	4.440147
15	0.058197	1.058196	2.058196	3.058318	4.058315

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.21 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO\_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

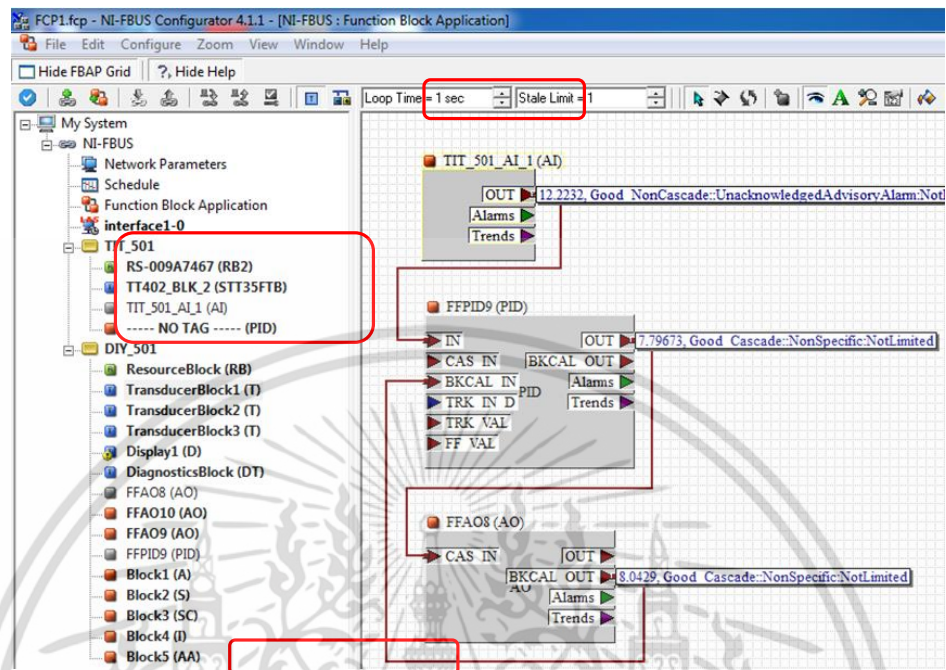
Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.560586	1.560710	2.560710	3.560705	4.560701
2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	0.522281	1.522279	2.522403	3.522399	4.522397
4	0.634454	1.634420	2.634544	3.634541	4.634537
5	0.061481	1.061603	2.061601	3.061597	4.061594
6	0.272151	1.272147	2.272144	3.272267	4.272265
7	0.777781	1.777778	2.777772	3.777896	4.777893
8	0.539955	1.539950	2.539947	3.540071	4.540068
9	0.349219	1.349214	2.349338	3.349334	4.349331
10	0.827337	1.827373	2.827368	3.827493	4.827492
11	0.377047	1.377174	2.377169	3.377163	4.377288
12	0.099995	1.099992	2.100113	3.100109	4.100107
13	0.363353	1.363347	2.363347	3.363343	4.363465
14	0.585241	1.585238	2.585235	3.585359	4.585355
15	0.983720	1.983711	2.983707	3.983834	4.983831

จากตารางที่ 3.18 จะเห็นได้ว่า จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320 ในการตรวจวัดอุณหภูมิของ ลูบควบคุมพีไอดีที่มีการประมวลด้วยไมโครไซเคิลจะมีหรือ Loop Time เท่ากับ 1 วินาที เมื่อเกิด สัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการแล้วจะมีการส่งข้อมูลการแจ้งเตือน 1 ครั้งใน 1 ช่วงเวลาไมโครไซเคิล ตัวอย่างเช่น จากการกำหนดความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน Priority Level = 1 การส่งข้อมูล แพ็คเกต #1 ถึงแพ็คเกต #5 มีความต่างของเวลาประมาณ 1 วินาที (0.993497 ไมโครวินาที, 1.993623 ไมโครวินาที, 2.993622 ไมโครวินาที, 3.993615 ไมโครวินาที และ 4.993611 ไมโครวินาที ตามลำดับ) เป็นต้น นอกจากนี้ การกำหนดค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน ไม่มีผลต่อจำนวนครั้งหรือความถี่ในการส่งข้อมูลการแจ้งเตือนในช่วงเวลา 1 ไมโครไซเคิล ในทำนองเดียวกัน ผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.19 ถึง 3.21 มีความสอดคล้องกับ ผลการทดลองที่ได้จากตารางที่ 3.18

**กรณีที่ 3** จากการใช้ทรานสมิตเตอร์วัดอุณหภูมิรุ่น STT35F 3144P ในการตรวจวัดอุณหภูมิ สำหรับ ลูบควบคุมพีไอดีที่มีไมโครไซเคิล (หรือ Loop Time) เท่ากับ 1 sec ดังแสดงในรูปที่ 3.51 เมื่อเกิด สภาวะที่มีการแจ้งเตือนได้ทำการบันทึกข้อมูล (Data Packet) ของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ บนเครือข่ายเซกเมนต์ H1 โดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Monitor ในรูปที่ 3.52 แสดงตัวอย่างกลุ่ม ข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการที่บันทึกได้จากการกำหนดเวลาในการบันทึกแบบ Absolute Time ในหน่วยวินาที.ไมโครวินาที (Seconds. Microseconds) และมีการแสดงกลุ่ม ข้อมูลแบบ Decode ตารางที่ 3.22 ถึง 3.25 แสดงค่าเวลาแบบ Absolute Time ที่บันทึกได้สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกต ซึ่งเป็นกลุ่มข้อมูลของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI แบบ HI แบบ LO และแบบ LO\_LO ตามลำดับ

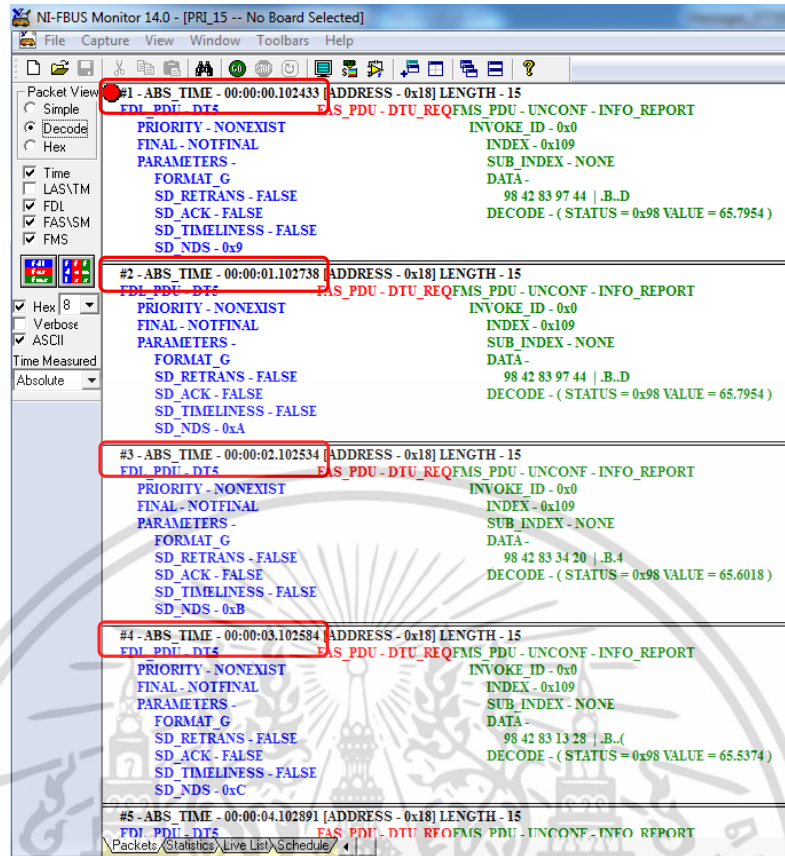


รูปที่ 3.51 หน้าต่างของ NI-FBUS Configurator ใน Online Mode จากการใช้ STT35F

ตารางที่ 3.22 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเกตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI\_HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.106448	1.106370	2.106419	3.106472	4.106522
2	0.830126	1.830177	2.830355	3.830227	4.830330
3	0.781781	1.781825	2.781749	3.781927	4.781849
4	0.583422	1.583345	2.583267	3.583319	4.583370
5	0.349786	1.349710	2.349759	3.349809	4.349863
6	0.924218	1.924280	2.924322	3.924280	4.924321
7	0.614510	1.614536	2.614587	3.614639	4.614687
8	0.244451	1.244331	2.244384	3.244436	4.244614
9	0.388327	1.388373	2.388425	3.388399	4.388399
10	0.061196	1.061243	2.061295	3.061217	4.061399
11	0.212823	1.212873	2.213054	3.212976	4.213026
12	0.988536	1.988586	2.988765	3.988687	4.988740
13	0.151359	1.151412	2.151462	3.151513	4.151563
14	0.664489	1.664409	2.664460	3.664510	4.664561
15	0.996912	1.996834	2.996884	3.996935	4.996985

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.52 หน้าต่างของ NI-FBUS Monitor ที่แสดงตัวอย่างกลุ่มข้อมูลที่ได้จากการใช้ STT35F ตารางที่ 3.23 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ้คเกิดของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ HI จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.783563	1.783618	2.783409	3.783717	4.783511
2	0.813503	1.813556	2.813605	3.813658	4.813575
3	0.609566	1.609363	2.609284	3.609385	4.609385
4	0.974263	1.974198	2.974281	3.974322	4.974338
5	0.303453	1.303503	2.303554	3.303478	4.303527
6	0.550201	1.550253	2.550304	3.550228	4.550534
7	0.148414	1.148714	2.148513	3.148566	4.148618
8	0.526384	1.526433	2.526483	3.526536	4.526586
9	0.296726	1.296776	2.296827	3.296134	4.296930
10	0.973122	1.973427	2.973224	3.973274	4.973323
11	0.993141	1.993448	2.993243	3.993165	4.993345
12	0.350896	1.350204	2.350997	3.351048	4.352099
13	0.860540	1.860591	2.860513	3.860566	4.860566
14	0.469159	1.469210	2.469261	3.469311	4.469363
15	0.102433	1.102738	2.102534	3.102584	4.102891

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนสำหรับงานวิจัยที่ออกตีพิมพ์ใน วารสารวิชาการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.24 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.993397	1.993194	2.993243	3.993295	4.993602
2	0.160123	1.160172	2.160480	3.160274	4.160581
3	0.280081	1.280003	2.280056	3.280363	4.280413
4	0.306451	1.306756	2.306552	3.306730	4.306526
5	0.748908	1.748960	2.749009	3.749061	4.748983
6	0.893975	1.894024	2.893949	3.894001	4.894045
7	0.700313	1.700622	2.700288	3.700337	4.700389
8	0.694703	1.694744	2.694794	3.695099	4.694896
9	0.248511	1.248561	2.248485	3.248536	4.248587
10	0.135459	1.135509	2.135559	3.135609	4.135917
11	0.697446	1.697497	2.697548	3.697599	4.697649
12	0.635960	1.635011	2.635933	3.635113	4.635036
13	0.641089	1.641141	2.641448	3.641243	4.641294
14	0.482311	1.482490	2.482286	3.482336	4.482387
15	0.764924	1.764977	2.764026	3.764951	4.764384

ตารางที่ 3.25 ค่าเวลาในการส่งกลุ่มข้อมูลจำนวน 5 แพ็คเก็ตของสัญญาณแจ้งเตือนแบบ LO\_LO จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Time Measured in Absolute (Seconds.Microseconds)				
	Packet Number #1	Packet Number #2	Packet Number #3	Packet Number #4	Packet Number #5
1	0.880613	1.880663	2.880715	3.880765	4.880816
2	0.390215	1.390265	2.390317	3.390368	4.390417
3	0.826681	1.862985	2.863036	3.863831	4.863882
4	0.608647	1.608647	2.608444	3.608366	4.608544
5	0.364324	1.364369	2.364421	3.364344	4.364394
6	0.555962	1.556013	2.556066	3.556116	4.556217
7	0.541534	1.541586	2.541508	3.541559	4.541866
8	0.465169	1.465094	2.465144	3.465451	4.465247
9	0.740313	1.740365	2.740415	3.740465	4.740517
10	0.738113	1.738292	2.738344	3.738137	4.738191
11	0.050614	1.050663	2.050713	3.051019	4.050816
12	0.923017	1.923196	2.923120	3.923425	4.923222
13	0.173368	1.173288	2.173339	3.173391	4.173441
14	0.617479	1.617527	2.617580	3.617630	4.617554
15	0.661183	1.661233	2.661158	3.661463	4.661259

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.22 จะเห็นได้ว่า จากการใช้ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F ในการตรวจวัดอุณหภูมิของ ลูบควบคุมพีไอดีที่มีการประมวลด้วยมาโครไซเคิลจะมีหรือ Loop Time เท่ากับ 1 วินาที เมื่อเกิด สัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการจะมีการส่งข้อมูลการแจ้งเตือน 1 ครั้งใน 1 ช่วงเวลามาโครไซเคิล ตัวอย่างเช่น จากการกำหนดความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน Priority Level = 1 การส่งข้อมูล แพ็คเกต #1 ถึงแพ็คเกต #5 มีความต่างของเวลาประมาณ 1 วินาที (0.106497 ไมโครวินาที, 1.106370 ไมโครวินาที, 2.106419 ไมโครวินาที, 3.106472 ไมโครวินาที และ 4.106522 ไมโครวินาที ตามลำดับ) เป็นต้น นอกจากนี้ การกำหนดค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน ไม่มีผลต่อจำนวนครั้งหรือความถี่ในการส่งข้อมูล การแจ้งเตือนในช่วง 1 ไมโครไซเคิล ในทำนอง เดียวกันผลการทดลองที่ได้ดังแสดงในตารางที่ 3.23 ถึง 3.25 มีความสอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้ จากตารางที่ 3.22



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 4.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองดังที่ได้อธิบายในหัวข้อ 3.4.1 และ 3.4.2 เพื่อศึกษาระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาวนด์เซ็นฟิลต์บัสในประเด็นที่สนใจได้แก่

- ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการและการแสดงข้อความสถานะของค่าตัวแปร OUT ในฟังก์ชันบล็อก AI (หรือค่าตัวแปร PV ในฟังก์ชันบล็อก PID)
- ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการและจำนวนครั้ง (หรือความถี่) ในการส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนบนเครือข่าย

สามารถสรุปผลที่ได้จากการทดลอง ดังนี้

1. การแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการของทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิทั้ง 3 รุ่นที่ได้นำมาใช้ในการตรวจวัดค่าอุณหภูมิของฟลานต์โมเดลการควบคุมอุณหภูมิ มีความสัมพันธ์กับค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนดังแสดงในตารางที่ 4.1 ถึง ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P

Priority Level	Status Information
1-7	Block Alarm
8-15	Critical Alarm

ตารางที่ 4.2 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานสมิตเตอร์รุ่น YTA320

Priority Level	Status Information
1, 3-7	Advisory Alarm
8-15	Critical Alarm

ตารางที่ 4.3 การแสดงสถานะสัญญาณการแจ้งเตือนของทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F

Priority Level	Status Information
1-2	Block Alarm
3-7	Advisory Alarm
8-15	Critical Alarm

จากการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญและการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการของทรานสมิตเตอร์ทั้ง 3 รุ่นเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีการแบ่งค่าระดับความสำคัญเป็นกลุ่มสำหรับการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือน และค่าระดับความสำคัญในกลุ่มเดียวกันจะมีการแสดงข้อความสถานะด้วยข้อความเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องของจำนวนกลุ่มของค่าระดับความสำคัญ และข้อความที่แสดง โดยที่ การแสดงข้อความสถานะของทรานสมิตเตอร์รุ่น 3144P และ YTA320 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

คือค่าระดับความสำคัญที่ 1 ถึง 7 และค่าระดับความสำคัญที่ 8 ถึง 15 ส่วนการแสดงข้อความของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานสมิตเตอร์รุ่น STT35F แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ค่าระดับความสำคัญ 1-2 ค่าระดับความสำคัญ 3-7 และค่าระดับความสำคัญ 8-15 และข้อความที่แสดงการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับค่าระดับความสำคัญ 8-15 ของทรานสมิตเตอร์ทั้ง 3 รุ่นเหมือนกัน คือ ใช้ข้อความ “Critical Alarm”

จากผลการทดลองที่ได้ สามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกับการแสดงข้อความสถานะในฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ดังแสดงในตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.4** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

Priority Level	Status Information
0	No indication
1	No notification
2	Low – Fixed
3-7	Block alarms/Advisory alarms
8-15	Critical alarms

2. จำนวนครั้งหรือความถี่ในการส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการของทรานสมิตเตอร์ทั้ง 3 รุ่นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.5 ซึ่งจะเห็นได้ว่า จำนวนครั้งหรือความถี่ในการส่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ ไม่ขึ้นอยู่กับค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน และไม่ขึ้นอยู่กับประเภทของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการไม่ว่าจะเป็น แบบ HI HI แบบ HI แบบ LO หรือแบบ LO LO แต่จำนวนครั้งในการส่ง มีความแตกต่างกันบ้าง ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

**ตารางที่ 4.5** เวลาที่ใช้ในการแสดงข้อความ

Manufacturer	Model	Data Transmission per 1 Macrocycle			
		HI_HI	HI	LO	LO_LO
Emerson	Rosemount 3144P	2	2	2	2
Yokogawa	YTA320	1	1	1	1
Honeywell	STT35F	1	1	1	1

#### 4.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ

ขอบเขตในการทำวิจัยของวิทยานิพนธ์นี้จำกัดอยู่ที่การแสดงผลข้อความสถานะและจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลเพื่อแจ้งเตือนกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้ซอฟต์แวร์ NI-FBUS Configurator และการ์ด NI USB 8486 เป็นเครื่องมือในการกำหนดตั้งค่าและอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ LAS สำหรับฟิลด์บัสเซกเมนต์ H1 ตามลำดับ ดังนั้น การใช้ระบบโฮสต์ ดีซีเอสในการกำหนดตั้งค่าและควบคุมการทำงานของฟิลด์บัสเซกเมนต์ H1 รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างการแจ้งเตือนกระบวนการตามค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อกและการจัดการการแจ้งเตือนของระบบโฮสต์ดีซีเอสเป็นอีกประเด็นที่น่าสนใจสนการศึกษาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] G.K. Mc Millan, **Essentials of Modern Measurements and Final Control Elements in the Process Industry : A Guide to Design, Configuration, Installation and Maintenance**, ISA, USA, 2010.
- [2] รศ.ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์. (2553), **ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม (Industrial Automation)**, มิน เซอร์วิส ซัพพลาย, (พิมพ์ครั้งที่ 1), กรุงเทพฯ.
- [3] D. Caro, **Automation Network Selection**, ISA, USA, 2004.
- [4] T. Thepmanee, A. Julsereewong, P. Julsereewong, and C. Jetanacheawchankit, “**Replacement of Existing Analog with Digital Fieldbus : A case Study of Raw Cane Sugar Production**”, ICIC Express Letters, Vol.7, no.3 (B), pp. 1157-1162, 2013.
- [5] www.fieldbus.org.
- [6] I. Verhappen and A. Pereira, **Foundation Fieldbus**, ISA, 2009.
- [7] A. Julsereewong, P. Julsereewong, and T. Dejsiriphant, “**Study on Field Control Locations for Foundation Fieldbus-Based on Cascade Control Loop**”, SICE Annual Conference, pp.1706-1711, 2012.
- [8] A. Julsereewong, P. Julsereewong, and P. Harntujit, “**Foundation Fieldbus Segment Scheduling for Fast Loop Controls**”, ICIC Express Letter, Vol. 7, no. 4, pp. 1201-1207, 2013.
- [9] S. Kummool, A. Julsereewong, P. Julsereewong, and N. Mekkrjai, “ **Using Fieldbus Physical Layer Diagnostics in Maintenance Practice**”, ICIC Express Letters, Vol.7, no 4, pp.1215-1220, 2013.
- [10] Fieldbus Foundation, **System Engineering Guidelines**, 2010.
- [11] J. Berge, **Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance**, ISA, 2004.
- [12] B. R. Hollifield and E. Habibi, **Alarm Management : Seven Effective Methods for Optimum Performance**, ISA, 2007.
- [13] Fieldbus Foundation, **FOUNDATION™ Application Note: A Practical Guide to Fieldbus Alarm**, 2012.
- [14] นายปรเมธ เตชุปกรณ์, นางสาวกัจจิรา อิมพริ้ง, นายภัทรชนน มะลิแก้ว, “**พลาเน็ตโมเดลการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส**”, ปรินญาณิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [15] Fieldbus Foundation, **Technical Overview**, 2003.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [16] วรทัศน์ สาสนัส, “การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส : กรณีศึกษาการปรับเปลี่ยนทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ที่เหมือนและต่างกัน”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558.
- [17] ปิยพร หารจตุจิต, “การจัดตารางเวลาในการสื่อสารของฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเซกเมนต์เพื่อการควบคุมที่รวดเร็ว”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [18] Rosemount Inc., Rosemount® 3144P Temperature Transmitter, 2015.
- [19] Fieldbus Foundation, Foundation Specification : Fieldbus Message Specification, 2008.
- [20] Yokogawa, User’s Manual, YTA Series Temperature Transmitter Fieldbus Communication, 2013.
- [21] SMAR, Operation & Maintenance Instructions Manual FI302, 2013
- [22] Fieldbus Foundation, Foundation Specification : Function Block Application Process Part1, 2012.
- [23] Rosemount Inc., Foundation Fieldbus Blocks, 2000.
- [24] Endress+Hauser, Guideline Foundation Fieldbus Blocks, 2010.
- [25] SMAR, Library a Function Blocks Instruction Manual, 2010.
- [26] จิภัทร เดชศิริพันธ์, “การศึกษาตำแหน่งการควบคุมระดับฟิลด์สำหรับลูควบคุมแบบคาสเคดโดยใช้ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2557.
- [27] Yokogawa, User’s Manual IM01E20F02-01E, 2016.
- [28] Fieldbus Foundation, Foundation™ Specification : Communication Profile, 2001.
- [29] Fieldbus Foundation, 31.25 kbit/s intrinsically Safe System, 2004.
- [30] National Instrument, Foundation™ Specification : NI-FBUS Configurator User Manual, 2011.
- [31] National Instrument, Foundation™ Specification : NI-FBUS Monitor User Manual, 2011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก

### บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติในวิทยานิพนธ์นี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- [1] Jaturong Klinhuan, Wandee Petchmaneelumka, Amphawan Julsereewong, “Priority Parameters of Process Alarms for FONUDATION Fieldbus PID Loop : A Case study of Temperature Control in the field Devices”, SICE Annual Conference 2014, September 9-12,2014, Hokkaido University, Sapporo, Japan, pp 1419-1423



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

since 1961

**SICE**®

# SICE ANNUAL CONFERENCE 2014 Final Program & Abstracts

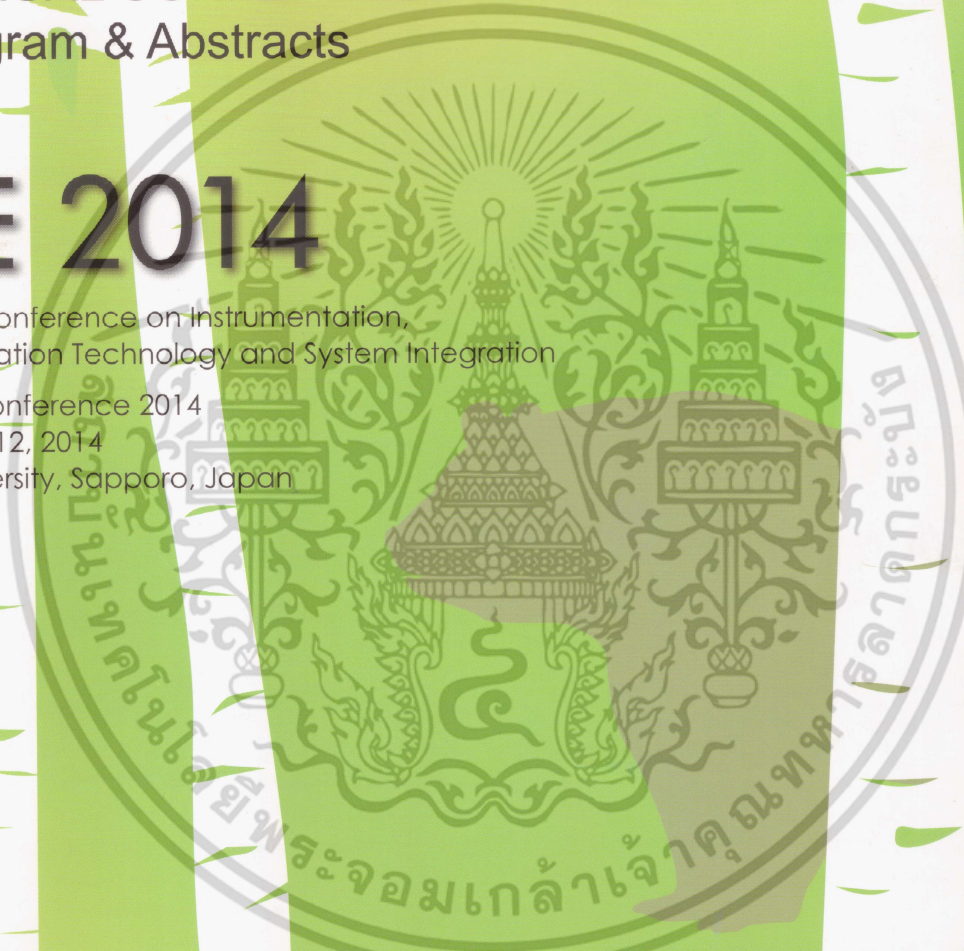
# SICE 2014

International Conference on Instrumentation,  
Control, Information Technology and System Integration

SICE Annual Conference 2014

September 9 - 12, 2014

Hokkaido University, Sapporo, Japan



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ลงในโปรยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



北海道大学  
HOKKAIDO UNIVERSITY



11:20-11:35.	FrAT7.5
<i>A Design Method of Delta-Sigma Data Conversion System with Pre-Filter</i>	
Okajima, Hiroshi	Kumamoto Univ.
Honda, Maho	Kumamoto Univ.
Yoshino, Rei	Kumamoto Univ.
Matsunaga, Nobutomo	Kumamoto Univ.

<b>FrAT8</b>	<b>C213</b>
<b>Manufacturing Systems (Regular Session)</b>	
Chair: Fujii, Nobutada	Kobe Univ.
Co-Chair: Fujiwara, Masatoshi	Azbil Corp.

10:20-10:35	FrAT8.1
<i>A Study on Accepting and Ordering Plans for Global Supply Chain</i>	
Kaihara, Toshiya	Kobe Univ.
Fujii, Nobutada	Kobe Univ.
Nonaka, Tomomi	Kobe Univ.
Suginouchi, Shota	Kobe Univ.
Yoshida, Satoshi	Toshiba Corp.
Koga, Yasutaka	Toshiba Corp.

10:35-10:50	FrAT8.2
<i>A Study on Operator Allocation Method Considering the Process of Skill Proficiency in Cell Manufacturing Systems</i>	
Haraguchi, Harumi	Kobe Univ.
Kaihara, Toshiya	Kobe Univ.
Fujii, Nobutada	Kobe Univ.
Nonaka, Tomomi	Kobe Univ.

10:50-11:05	FrAT8.3
<i>A Challenge for Failure-Free Production of Industrial Control Valves</i>	
Kawachi, Jyun	The Univ. of Tokyo
Fujiwara, Masatoshi	Azbil Corp.
Hosaka, Hiroshi	The Univ. of Tokyo

11:05-11:20	FrAT8.4
<i>Transparency and Water-Resistance Enhancement of AR Coating for the Cover Glass in the Solar Cell Module</i>	
Lan, Wen-Lin	National Chiao Tung Univ.
Hsu, Cheng-Chih	Yuan Ze Univ.
Chu, Kuan-Ho	Yuan Ze Univ.

11:20-11:35	FrAT8.5
<i>Priority Parameters of Process Alarms for FOUNDATION Fieldbus PID Loop: A Case Study of Temperature Control in the Field Devices</i>	
Klinhuan, Jaturong	King Mongkut's Inst. of Tech. Ladkrabang
Petchmaneelumka, Wandee	King Mongkut's Inst. of Tech. Ladkrabang
Julsereewong, Amphawan	King Mongkut's Inst. of Tech. Ladkrabang

<b>FrAT9</b>	<b>C214</b>
<b>Guidance and Flight Control (Regular Session)</b>	
Chair: Hidaka, Koichi	Tokyo Denki Univ.
Co-Chair: Fukui, Yoshiro	Ritsumeikan Univ.

10:20-10:35	FrAT9.1
<i>Discontinuous Adaptive Control of Attitude of Rigid Body by Using Minimum Projection Method</i>	
Hatayama, Takashi	Tokyo Univ. of Science
Nakamura, Hisakazu	Tokyo Univ. of Science

10:35-10:50	FrAT9.2
<i>Visual-Based Vehicle Guidance Control with Line Detection</i>	
Lee, Hou-Tsan	Takming Univ. of Science and Tech.
Guan, Jhe-Yu	Takming Univ. of Science and Tech.
Chen, Wei-Liang	Takming Univ. of Science and Tech.

10:50-11:05	FrAT9.3
<i>Dynamical Obstacle Avoidance Control Via Minimum Projection Method Toward a Compact Set</i>	
Fukui, Yoshiro	Ritsumeikan Univ.

11:05-11:20	FrAT9.4
<i>Investigation of the Automatic Vehicle Control Based on Driver Model</i>	
Hidaka, Koichi	Tokyo Denki Univ.
Ishizuka, Yuya	Isuzu Motors Co.Ltd.

11:20-11:35	FrAT9.5
<i>Ship Deck Landing of a Quadrotor Using the Invariant Ellipsoid Technique</i>	
Tan, Chun Kiat	Nanyang Tech. Univ.
Wang, Jianliang	Nanyang Tech. Univ.

11:35-11:50	FrAT9.6
<i>Fast Vision-Based Localization for a Mars Airplane</i>	
Arai, Kentaro	Keio Univ.
Takamura, Hidemasa	Keio Univ.
Inoue, Hiroka	Keio Univ.
Ono, Masahiro	Keio Univ.
Adachi, Shuichi	Keio Univ.

<b>FrAT10</b>	<b>C309</b>
<b>Biological and Physiological Engineering (Regular Session)</b>	
Chair: Tsai, Chia-Hung Dylan	Osaka Univ.
Co-Chair: Suzuki, Arata	Wakayama Univ.

10:20-10:35	FrAT10.1
<i>Shape Analysis of Sleep EEG Using Morphological Filter</i>	
Uezono, Ryunosuke	Kyushu Inst. of Tech.
Inoue, Katsuhiro	Kyushu Inst. of Tech.
Maeda, Makoto	Kyushu Inst. of Tech.

10:35-10:50	FrAT10.2
<i>A New Approach to Estimate ECG Signal Source Using Voltage Divider Technology</i>	
Yoshiwaki, Masahiro	Ritsumeikan Univ.
Murai, Akito	Ritsumeikan Univ.
Sakaue, Yusuke	Ritsumeikan Univ.
Makikawa, Masaaki	Ritsumeikan Univ.

10:50-11:05	FrAT10.3
<i>Blood Pressure Estimation Using Single Photoplethysmogram</i>	
Tsuji, Yoshiki	Wakayama Univ.
Suzuki, Arata	Wakayama Univ.

11:05-11:20	FrAT10.4
<i>Nonlinear Dynamic Simulation Model of Blood Pressure Variation Induced by Acceleration and Deceleration of Ambulances</i>	
Ono, Takahiko	Hiroshima City Univ.

11:20-11:35	FrAT10.5
<i>Evaluating RBC Deformability in a Microchannel under Mannitol Adenine Phosphate</i>	
Tsai, Chia-Hung Dylan	Osaka Univ.
Kaneko, Makoto	Osaka Univ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของนักศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Priority Parameters of Process Alarms for FOUNDATION Fieldbus PID Loop: A Case Study of Temperature Control in the Field Devices

Jaturong Klinhuan, Wandee Petchmaneelumka<sup>†</sup> and Amphawan Julsereewong

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520  
(Tel : +66-2-329-8348; E-mail: kpwandee@kmitl.ac.th)

**Abstract:** This paper focuses on priority parameters of process alarms occurred in a PID control loop implemented by using FOUNDATION™ Fieldbus technology. A major consideration is reporting information of alarm status parameters when configuring alarm priority parameters of an analog input (AI) function block with different levels. Alarm status reporting of the AI block of a temperature PID loop with control in the field strategy is described as an illustrative case study. Experimental results obtained from configurations of four process alarms, high-high (HI\_HI), high (HI), low (LO), and low-low (LO\_LO) of three temperature transmitters from different manufacturers are included. A guideline for configuring alarm priority parameters when building process control using FOUNDATION™ Fieldbus can be achieved.

**Keywords:** FOUNDATION™ Fieldbus, PID loop, process alarm, fieldbus alarm level, alarm priority.

### 1. INTRODUCTION

Since the advent of digital communication technology, several fieldbus networks for intelligence field devices have been developed. These fieldbuses have varying features and level of capability, and they are specially designed to serve particular segments of the automation industry. The purpose has been to link smart field instruments to each other and to higher level host systems when using fieldbus systems in process plants [1]. Process automation networks demand tight time synchronization between each node of the network. FOUNDATION™ Fieldbus (hereafter abbreviated as FF) is one of the fieldbuses approved by the IEC 61158 standard suitable for process industry. FF is more than an all-digital, serial, bidirectional communication system. The FF specifications also include the definition of function blocks that make it possible to distribute the control strategy into field devices without participation of the host system except for initialization and supervision [2]. There is freedom in where the control blocks can be assigned to run in the controller of distributed control system (DCS) or in the field device during control loop configuration. Process alarm limits also can be configured to be detected in the function blocks of field devices, provided that the integrated DCS host supports the acceptance of the associated alarm reported by the field devices. Most points in the DCS have several possible alarms just waiting the engineer to configure and activate. With no consistent guidelines to follow, massive over-configuring of DCS alarms is common. A poorly functioning alarm system is frequently referred as a contributing factor to the seriousness of upsets, incidents, and major accidents [3].

This paper aims to present a practical guideline for configuring the priority parameters to detect possible process alarms of PID control loop using FF technology. In order to test the alarm status reporting according to the priority level configured from an analog input (AI) function block of the FF-based PID control loop for four types of process alarms (HI\_HI, HI, LO, and LO\_LO),

a plant model of field-based temperature control was employed for our experiments. The FF HI segment installed in the plant model was configured and operated by using the NI-FBUS Configurator. Three temperature transmitters from different vendors were experimentally tested; Rosemount 3144P from Emerson Process Management (EPM), YTA320 from Yokogawa, and STT35F from Honeywell. Additionally, notifications of FF process alarms were observed by using the NI-FBUS Monitor to confirm reporting information. Experimental results can be used as the application guideline for configuring the AI block alarm priority parameters when implementing the PID control loop.

### 2. FF-BASED PID CONTROL LOOP

A FF-based control loop is created by utilizing a group of function blocks connected by links [4]. A basic PID loop is configured from three standard function blocks as shown in Fig. 1. The AI function block obtains its input from the transducer block, which contains sensor information. The AI block filters and scales its input; performs any required calculations; and passes the calculated value to its output. The OUT parameter of the AI block is linked to the IN parameter of the PID block. At the same time, the PID block receives an operator-entered set point. After calculating the proper output, the PID block sends the OUT parameter value to the CAS\_IN parameter of the analog output (AO) block where the actuating device is adjusted. The AO block in turn sends the back calculation (BKCAL\_OUT) parameter to the BKCAL\_IN parameter of the PID block to let it know that the actuating device has successfully reached the state commanded by the output of the PID block. The AI block must be assigned in a measuring device, and the AO must be located in an actuating device. The PID function block can be selected to locate in the measuring device, the actuating device, or in the DCS controller. A placement of the PID block has an implication on repetitious scheduling referred as segment macrocycle [5].

A piping and instrumentation diagram (P&ID) and a

<sup>†</sup> Wandee Petchmaneelumka is the presenter of this paper.

hardware installation drawing of the FF-based temperature control plant model used in our study are depicted in Fig. 2 and Fig. 3, respectively. Table 1 summarizes device details of Fig. 3. The temperature generated by the lamp heat in the range of 40-60 °C is defined as a controlled variable. A temperature transmitter (TIT\_501) is connected to measure a process variable. A FI302 converter (DIY\_501) is attached to convert the FF H1 signal into 4-20 mA current. The SCR-1A030 power regulator (TY\_501) functions as a

Table 1 Details of devices installed in Fig. 3.

Number	Device
1	Circuit breaker
2	Power connector
3	24 Vdc power supply
4	Power conditioner
5	Wiring junction box
6	12 Vdc power supply
7	ON/OFF fan control module
8	Power regulator (TY_501)
9	Temperature transmitter (TIT_501)
10	FI302 converter (DIY_501)
11	Process under control
12	12 Vdc fan

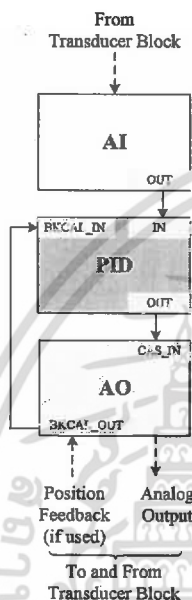


Fig.1 FF-based PID loop created by function blocks.

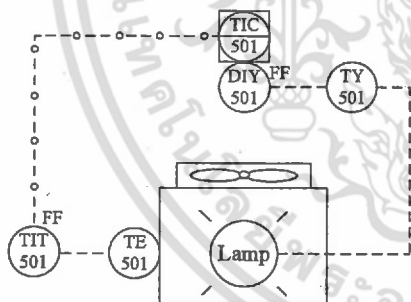


Fig.2 P&ID of the temperature control plant model.

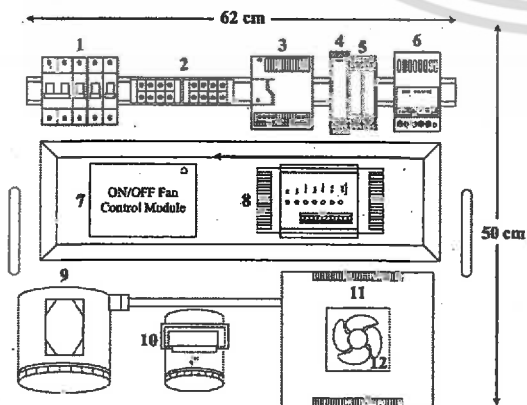


Fig.3 Drawing of the temperature control plant model.

final control element to adjust input of a 100W lamp in the range of 45-200 Vac. Based on the function block diagram for PID loop of Fig. 1, the AI block is executed in the temperature transmitter TIT\_501, while the PID and AO blocks are assigned to the converter DIY\_501.

### 3. STUDIED FF PROCESS ALARMS

FF alarms and events are collectively called 'alerts'. From the FF alarm terminology explanation [6], "an alert is the message transaction that indicates an alarm has occurred or cleared, or an event has taken place".

Fig. 4 shows the system used in experiments for our case study. Three temperature transmitters from different manufacturers were experimentally tested. Their major specifications are summarized in Table 2. The H1 segment installed in the plant model was configured and operated by employing the NI-FBUS Configurator as displayed in Fig. 5. Additionally, the information reports were observed by using the NI-FBUS Monitor as shown in Fig. 6 to verify reporting information.

For FF-based PID loop, the measured/controlled value can potentially be accessed from a number of devices. In the case of PID block located in the actuating device, the host should access the process variable (PV) and alarms from the transmitter directly [7]. Usually, the process alarm indicates that the PV has exceeded a certain threshold. Interested process alarm parameters of our case study are the process variable

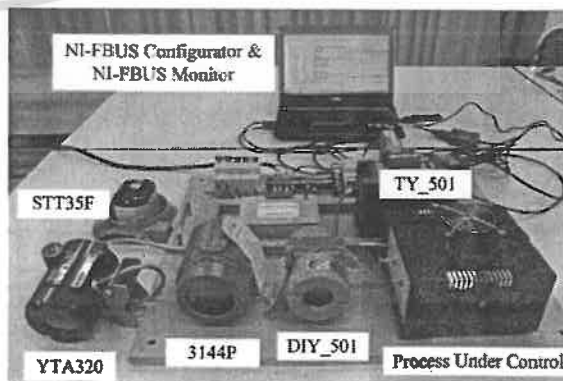
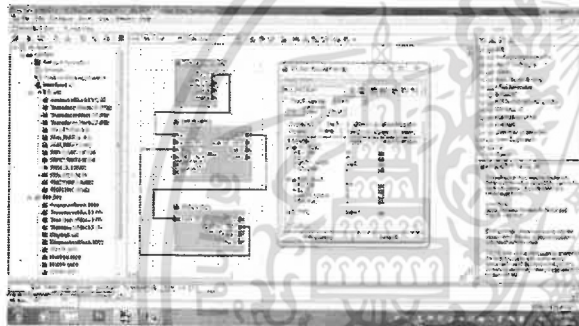


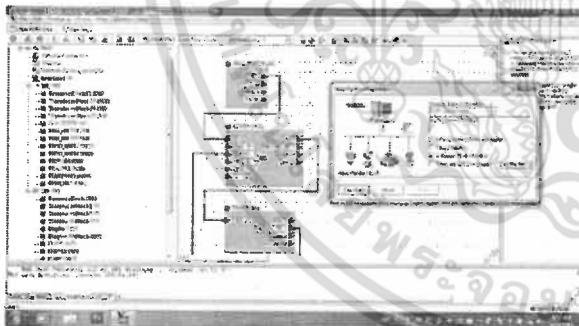
Fig.4 System used in experiments for our case study.

Table 2 Details of three temperature transmitters used.

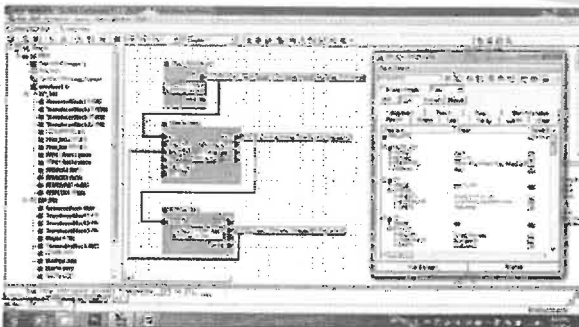
<b>3144P</b>	
Manufacturer ID	001151 (Rosemount, EPM)
Device Type	3144
Device Revision	02
Capability Level	01
H1 Profile Class	31PS, 32L
<b>YTA320</b>	
Manufacturer ID	594543 (Yokogawa)
Device Type	0005
Device Revision	04
Capability Level	03
H1 Profile Class	31PS, 32LT
<b>STT35F</b>	
Manufacturer ID	48574C (Honeywell)
Device Type	0101
Device Revision	04
Capability Level	01
H1 Profile Class	31PS, 32L



(a) To configure the PID control loop.



(b) To download the H1 segment.



(c) To monitor and operate the segment in online mode

Fig.5 Screenshots of the NI-FBUS Configurator.



(a) To set the type of interested FF messages.



(b) Example of captured information reports.

Fig.6 Screenshots of the NI-FBUS Monitor.

Table 3 Standard process alarm parameter names.

Alarm	Trip Limit	Priority	Status
HI HI	HI HI LIM	HI HI PRI	HI_HI_ALM
HI	HI LIM	HI PRI	HI_ALM
LO	LO LIM	LO PRI	LO_ALM
LO LO	LO LO LIM	LO LO PRI	LO_LO_ALM

high-high (HI\_HI), process variable high (HI), process variable low (LO), and process variable low-low (LO\_LO). These parameters are in the AI function block for use to configure the alarms and check the alarm status. Most alarms have three associated parameters as given in Table 3. The trip limit parameters have names ending with \_LIM for setting the process alarms. The priority parameters have names ending with \_PRI for configuring the alarm priority with 15 levels. The read-only parameter names ending with \_ALM contain the following status information for the latest occurring or clearing of the alarm:

- If the alarm has been acknowledged.
- If the alarm is still active and if it has been reported to the host.
- Date and time stamp of occurrence or clear of the alarm.
- Type of alarm.
- Actual value that tripped or cleared the alarm.

To enable the time stamping of alerts in FF field instruments, each device has a built-in clock that is regularly synchronized by a time master, which is usually in the host. In addition, an alarm summary (ALARM\_SUM) parameter in most FF blocks has a structure that summarizes all of the alarms for the block showing which are active, which ones are reported, and which ones are acknowledged. From the temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Table 4 Conditions used for our experiments.

Alarm	Trip Limit		Set Point of Control	
HI_HI	80%	56 °C	88%	57.6 °C
HI	60%	52 °C	68%	53.6 °C
LO	40%	48 °C	32%	46.4 °C
LO_LO	20%	44 °C	12%	42.4 °C

Table 5 Causes of occurrence alarms from Table 4.

Alarm	Causes of Occurrence	Priority Level
HI_HI	Occurs when the PV increases above 56 °C	HI_HI_PRI
HI	Occurs when the PV increases above 52 °C	HI_PRI
LO	Occurs when the PV decreases below 48 °C	LO_PRI
LO_LO	Occurs when the PV decreases below 44 °C	LO_LO_PRI

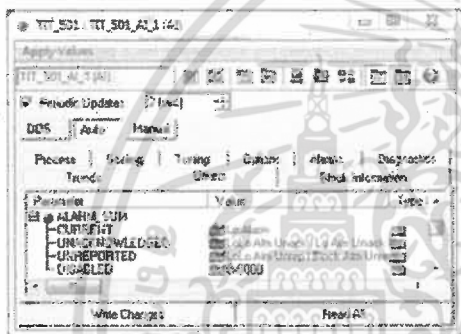


Fig.7 Example of the ALARM\_SUM of the AI block.

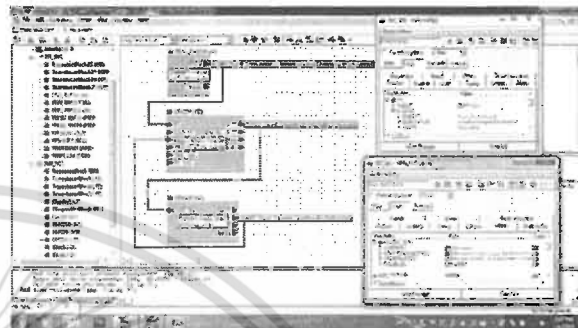


Fig.8 Example of the PV of the PID function block.

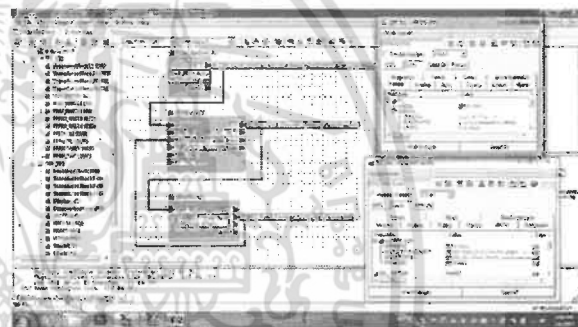
control plant model of Fig. 4, the conditions used for experiments for process alarm occurrences are given in Table 4. The set point values of temperature control loop are chosen to force the PV to be over (or under) the values of trip limit parameters to activate the process alarms as summarized in Table 5. For HI\_HI, HI, LO, and LO\_LO alarms, each priority level between 1 and 15 was used for configuration to investigate the status information for the latest occurrence of the ALARM\_SUM parameter of the AI block and the PV parameter of the PID block (similar with the OUT parameter of the AI block) as illustrated in Figs. 7-8, respectively.

#### 4. RESULTS AND DISCUSSION

Figs. 9(a)-9(d) show the experimental results obtained from the NI-FBUS Configurator, which are the screenshots to display the PID control loop by using the 3144P transmitter in online mode, when configuring the priority level = 15 for HI\_HI, HI, LO, and LO\_LO process alarms, respectively.



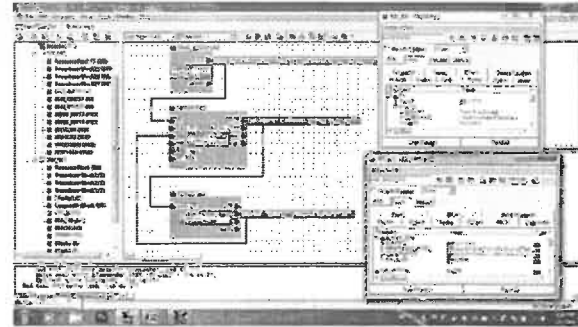
(a) For HI\_HI process alarm.



(b) For HI process alarm.



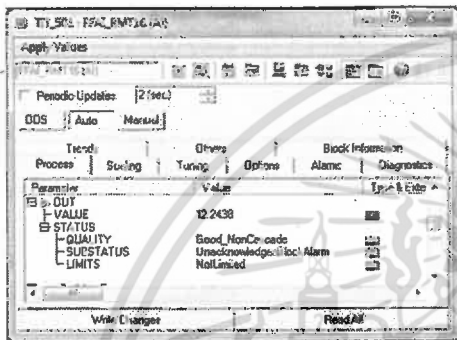
(c) For LO process alarm.



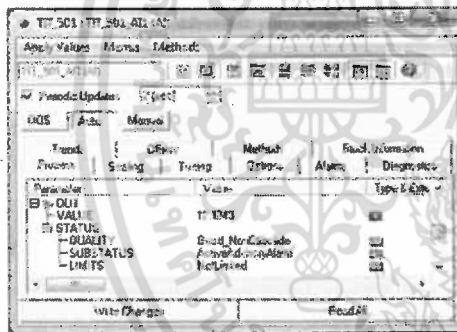
(d) For LO\_LO process alarm.

Fig.9 Results obtained from setting priority level = 15.

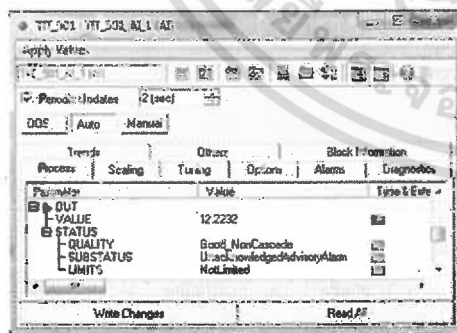
From experimental results as illustrated in Fig. 9, we found that the read-only status information obtained from HI\_HI, HI\_LO, and LO\_LO alarms by configuring the same priority level are similar. Figs. 10(a)-10(c) display the screenshots of the NI-FBUS Configurator for showing the OUT parameter of the AI blocks for LO\_LO alarm with the priority level = 7 when using the temperature transmitters 3144P, YTA320, and STT35F, respectively. Tables 6-8 give the status information of process alarms occurred in the AI blocks of the temperature transmitters 3144P, YTA320, and STT35F, respectively, where the priority level = 2 cannot be set for the YTA320.



(a) Using the transmitter 3144P.



(b) Using the transmitter YTA320.



(c) Using the transmitter STT35F.

Fig.10 Results obtained from setting priority level = 7.

Table 6 Status information of FF process alarms according to priority level of 3144P transmitter.

Priority Level	Status Information
1-7	Block alarms
8-15	Critical alarms

Table 7 Status information of FF process alarms according to priority level of YTA320 transmitter.

Priority Level	Status Information
1, 3-7	Advisory alarms
8-15	Critical alarms

Table 8 Status information of FF process alarms according to priority level of STT35F transmitter.

Priority Level	Status Information
1-2	Block alarms
3-7	Advisory alarms
8-15	Critical alarms

Table 9 FF process alarm levels.

Priority Level	Status Information
0	No indication
1	No notification
2	Low – Fixed
3-7	Block alarms/Advisory alarms
8-15	Critical alarms

From experimental results and user's manuals of the transmitters used, the practical guideline for configuring the alarm priority parameters of the AI function blocks when implementing the FF-based PID control loops can be summarized in Table 9. It should be noted that it is a good idea to use the same priority levels throughout the system for consistency.

## 5. CONCLUSION

The software guideline for configuring the priority parameters to detect possible process alarms of the FF-based PID control loop has been presented. The alarm status reporting according to the priority level configured from the AI function blocks for four process alarms has been described. Experimental results obtained from testing three temperature transmitters from different vendors can be applied to develop a good FF system alarm strategy for industrial processes.

## REFERENCES

- [1] J. Berge, *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*, ISA, 2004.
- [2] I. Verhappen and A. Pereira, *Foundation Fieldbus*, ISA, 2009.
- [3] B. R. Hollifield and E. Habibi, *Alarm Management: Seven Effective Methods for Optimum Performance*, ISA, 2007.
- [4] H. L. Wade, *Basic and Advanced Regulatory Control: System Design and Application*, ISA, 2004.
- [5] A. Julsereewong, P. Julsereewong, and P. Harntujit, "Foundation Fieldbus Segment Scheduling for Fast Loop Controls", *ICIC Express Letter*, Vol. 7, No. 4, pp. 1201-1207, 2013.
- [6] Fieldbus Foundation, *FOUNDATION™ Application Note: A Practical Guide to Fieldbus Alarm*, 2012.
- [7] Fieldbus Foundation, *System Engineering Guidelines*, 2010.

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายจตุรงค์ กลิ่นหวล
วัน-เดือน-ปีเกิด	วันที่ 5 ตุลาคม 2525
ที่อยู่	131/3 ม.10 ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม โทร. 089-066-5529
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2549 และในปีการศึกษา 2556 ได้เข้าศึกษาต่อระดับ ปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้