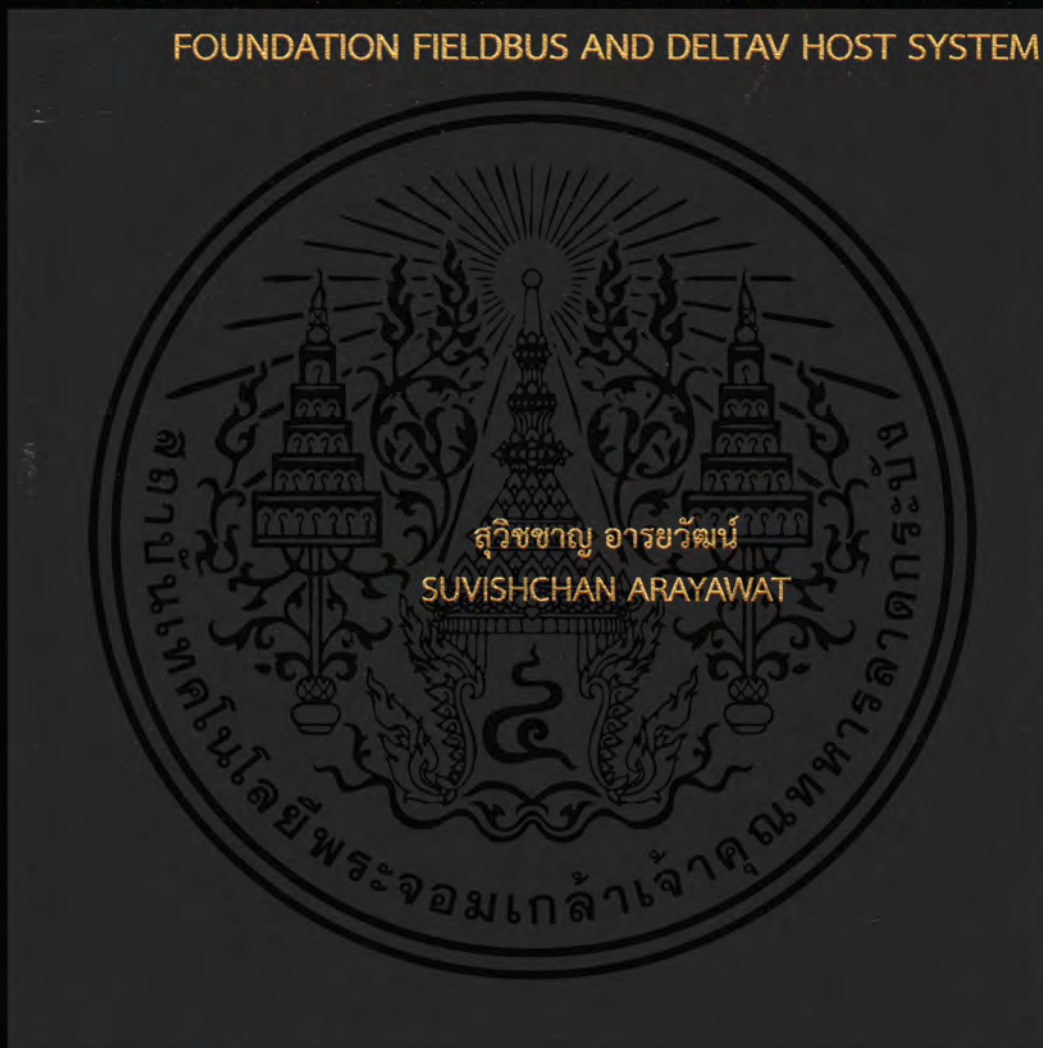


การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีโดยใช้
ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสและระบบโฮสต์ DeltaV

STUDY ON PROCESS ALARMING IN PID CONTROL LOOP USING
FOUNDATION FIELDBUS AND DELTAV HOST SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560

KMITL-2017-EN-M-257-129

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีโดยใช้ฟาวนด์เชนฟิลด์บัสและระบบโฮสต์ DeltaV

STUDY ON PROCESS ALARMING IN PID CONTROL LOOP USING
FOUNDATION FIELDBUS AND DELTAV HOST SYSTEM



สุวิษชาญ อารยวัฒน์
SUVISHCHAN ARAYAWAT

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **148823**
รับเดือนปี **23 พ.ค. 2566**

๐๐๒๖๖๙๓๐

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2560
KMITL-2017-EN-M-257-129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON PROCESS ALARMING IN PID CONTROL LOOP USING
FOUNDATION FIELDBUS AND DELTAV HOST SYSTEM



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
2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีโดยใช้ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส และระบบโฮสต์ DeltaV

Thesis Title Study on Process Alarming in PID Control Loop using Foundation Fieldbus and DeltaV Host System

นักศึกษา นายสุวิชาญ อารยวัฒน์

รหัสประจำตัว 55611704

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-257-129

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.จิระศักดิ์	ชาญวุฒิชัยธรรม	
รศ.ดร.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
รศ.ดร.พิทยา	ปานนิล	
ผศ.ดร.ธีรวัฒน์	เทพมณี	
รศ.ดร.อัมพวัน	จุลเสรีวงศ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2560 เวลา 11.00-13.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้อง HM-301

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และดัดแปลงข้อมูลของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2560

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีโดยใช้ ฟาวน์เดชันฟิลด์บัสและระบบโฮสต์ DeltaV
นักศึกษา	นายสุวิษชาญ อารยวัฒน์
รหัสประจำตัว	55611704
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้มุ่งศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูปควบคุมพีไอดีบนพื้นฐานฟาวน์เดชันฟิลด์บัส และทำงานด้วยระบบโฮสต์ DeltaV ซึ่งมีประเด็นที่สนใจ คือ ผลกระทบของการกำหนดค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนของฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการสร้างลูปควบคุมและค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนของระบบโฮสต์ DeltaV ที่แตกต่างกันต่อรูปแบบการแสดงผลการแจ้งเตือนและการรับรู้การแจ้งเตือนในส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำซึ่งมีการติดตั้งอุปกรณ์ระดับฟิลด์ FF H1 เป็นกรณีศึกษาสำหรับการสร้างลูปควบคุมพีไอดีตามรูปแบบของ ‘การควบคุมในระดับฟิลด์’ ผลการทดลองที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการแจ้งเตือนและการแสดงผลการแจ้งเตือนสามารถนำไปใช้เป็นแนวปฏิบัติในการกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือนสำหรับลูปควบคุมที่ใช้ FF ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Study on Process Alarming in PID Control Loop Using Foundation Fieldbus and DeltaV Host System
Student	Mr. Suvishchan Arayawat
Student ID.	55611704
Degree	Master of Engineering
Program	Automation Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Amphawan Julsereewong

Abstract

This thesis focuses on the process alarming in proportional-integral-derivative (PID) control loop based on Foundation Fieldbus (FF) and operated by the DeltaV host system. The aim of this thesis is to study how different configuration options of alarm priority levels of FF function blocks used for creating the control loop and alarm priority levels of the DeltaV host system affect the alarm display and acknowledgement on the graphic user interface. A water-level control process implemented with FF H1 field devices is used as a case study for implementing the PID loop with 'Control in the Field' (CIF) scheme. Experimental results demonstrating relations between alarm configuration and alarm notification of the studied system can be the practical guideline for configuring the alarm conditions for FF control loops.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.อัมพันธ์จูลเสริญวงศ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้าตลอดจนให้การดูแลและความช่วยเหลือจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม หลักสูตรวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และหัวหน้างานที่คอยให้ความช่วยเหลือในหน้าที่การงานและคำปรึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นไปอย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา และมารดาที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุน ข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

สุวิษชาญ อารยวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	2
1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์.....	3
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	3
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 เทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัส H1.....	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 โมเดลการสื่อสารของฟาวนด์ชันฟิลด์บัส H1	5
2.2.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer	7
2.2.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer	9
2.2.3 ชั้นที่ 7 Application Layer	13
2.2.4 User Application Layer	17
2.3 ฟังก์ชันบล็อกหลักที่ใช้ในการสร้างลูบพีไอดี.....	24
2.3.1 ฟังก์ชันบล็อก AI.....	25
2.3.2 ฟังก์ชันบล็อก PID.....	27
2.3.3 ฟังก์ชันบล็อก AO	32
2.4 การสร้างลูบควบคุมพีไอดีในรูปแบบ CIF.....	35
2.5 ตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ.....	38
บทที่ 3 การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในลูบควบคุมพีไอดีที่สนใจ.....	42
3.1 กล่าวนำ	42
3.2 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมระดับน้ำในถังที่ใช้ในการศึกษา.....	42
3.3 ระบบไฮสแต DeltaV	46
3.3.1 ขั้นตอนการสร้างลูบควบคุม	46
3.3.2 การแจ้งเตือนในระบบไฮสแต DeltaV	47
3.3.3 การกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือน.....	52
3.3.4 การแจ้งเตือนในโมดูลการควบคุมโดยใช้เงื่อนไขของฟังก์ชันบล็อก.....	56
3.4 การออกแบบการทดลอง.....	57
3.5 ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	72
4.1 สรุปผลวิจัย	72
4.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก.....	77
ประวัติผู้เขียน.....	78



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความยาวของสายย่อย	9
2.2 ชนิดของสายและความยาวสูงสุด	9
2.3 ประเภทของ VCR ที่กำหนดใน FAS	13
2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์ รุ่น ADMAG AXF.....	15
2.5 Communication Service ใน FMS ของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	15
2.6 ฟังก์ชันบล็อกมาตรฐานของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	22
2.7 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI	26
2.8 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID	31
2.9 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO	34
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการกำหนด.....	39
2.11 ความสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ	39
2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและการแสดงข้อความ สถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	41
3.1 อุปกรณ์ฟิลด์บัสH1 ที่ติดตั้งในพลานต์โมเดลในรูปที่ 3.1	43
3.2 ตำแหน่งเปิด-ปิดของวาล์วโยกมือในรูปที่ 3.2.....	44
3.3 การกำหนดใช้งานฟังก์ชันบล็อกสำหรับโมดูลควบคุมในรูปที่ 3.9	47
3.4 ระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนระบบไฮสแต DeltaV.....	49
3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการแจ้งเตือนและค่าตัวแปรของการแจ้งเตือน.....	49
3.6 ประเภทของการแจ้งเตือนทั้งหมด 19 ประเภทในระบบไฮสแต DeltaV.....	50
3.7 ตัวอย่างการแจ้งเตือนมาตรฐานในฟังก์ชันบล็อกของ DeltaV.....	52
3.8 รายละเอียดของปุ่มคำสั่งที่ปรากฏบน Alarm Banner	55
3.9 การใช้สีในการแสดงการแจ้งเตือนของระบบไฮสแต DeltaV	56
3.10 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI1 ที่กำหนดในการใช้งาน LIT_201.....	59
3.11 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID1 ที่กำหนดในการใช้งาน LCV_201.....	59
3.12 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO1 ที่กำหนดในการใช้งาน LCV_201	60
3.13 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI2 ที่กำหนดในการใช้งาน FIT_201.....	60
3.14 เงื่อนไขการทดลองทั้งหมด 16 กรณี	60
3.15 ผลการทดลองทั้งหมด 16 กรณี	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างของเครือข่าย FF	6
2.2 โมเดลการสื่อสารของ FF H1 เทียบกับโมเดล OSI	6
2.3 โครงสร้างและขนาดของข้อมูลในแต่ละชั้นของโมเดลการสื่อสารของ FF H1	6
2.4 รูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าใน Physical Layer ของ FF H1	7
2.5 การเข้ารหัสด้วยเทคนิคแมนเชสเตอร์แบบ Biphase-L	7
2.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์บนเซกเมนต์ FF H1 ด้วยโทโพโลยีแบบทรี	8
2.7 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication	11
2.8 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication	11
2.9 อัลกอริทึมในการประมวลผลของ LAS	11
2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง FMS และ Communication Services	15
2.11 โครงสร้างของ Object Dictionary	15
2.12 ชนิดของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer	17
2.13 โครงสร้างของ User Application Layer ที่แสดงในลักษณะ Device Description	18
2.14 โครงสร้างภายในและการดำเนินการของบล็อก	18
2.15 ตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF	19
2.16 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายในรีซีอ์บล็อกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF	20
2.17 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์บล็อกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF	21
2.18 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดิวเซอร์บล็อกของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F	21
2.19 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในบล็อก AI ของทรานสมิตเตอร์รุ่น ST3000 FF S900	23
2.20 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในบล็อก PID ของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F	24
2.21 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในบล็อก AO ของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F	24
2.22 ลำดับการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อกในรูปควบคุมพีไอดี	25
2.23 ตัวอย่างโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อก AI	25
2.24 ตัวอย่างโครงสร้างการฟังก์ชันบล็อก PID	28
2.25 หลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP	28
2.26 ตัวอย่างโครงสร้างฟังก์ชันบล็อก AO	33
2.27 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมสำหรับรูปควบคุมพีไอดี	35
2.28 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI	36
2.29 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO	37
3.1 พลานต์โมเดลการควบคุมระดับระดับน้ำในถังที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	42
3.2 ทรานสมิตเตอร์วัดระดับรุ่น ST3000 FF S900 ของบริษัท Yamatake (Azbil)	42
3.3 อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดอัตราการไหลรุ่น ADMAG AXF ของบริษัท Yokogawa	43
3.4 วาล์วควบคุมรุ่น DVC6000F ของบริษัท Emerson	43
3.5 แบบพีแอนต์ไอดีของพลานต์โมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา	44

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 แบบพีแอนดไอดีที่แสดงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับรูปควบคุมที่ใช้ในกรณีศึกษา	45
3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 เข้าระบบโฮสต์ DeltaV ที่ใช้ในกรณีศึกษา	45
3.8 หน้าต่างของ DeltaV Control Studio	46
3.9 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมที่สร้างขึ้นในโมดูลควบคุมของระบบโฮสต์ DeltaV	46
3.10 หน้าต่างในการกำหนดตั้งค่าคุณสมบัติของประเภทของการแจ้งเตือน	51
3.11 หน้าต่างการเข้าถึงของ Assign Alarm โดยคลิกขวาที่ฟังก์ชันบล็อกใน Control Studio.....	53
3.12 หน้าต่างสำหรับการกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานในฟังก์ชันบล็อก	53
3.13 Alarm Banner สำหรับการแสดงสัญญาณเตือนในระบบ DeltaV.....	55
3.14 Alarm Module Faceplate	56
3.15 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก Al.....	57
3.16 โมดูลควบคุมที่สร้างขึ้นในการทดลองสำหรับกรณีศึกษา	58
3.17 เซกเมนต์มาโครไซเคิลสำหรับโมดูลการควบคุมในรูปที่ 3.16	61
3.18 ตัวอย่างการกำหนดระดับความสำคัญของการแจ้งเตือน	61
3.19 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 0.....	63
3.20 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 0	63
3.21 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 0.....	64
3.22 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 0	64
3.23 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 0.....	65
3.24 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 0	65
3.25 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 0.....	66
3.26 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 0	66
3.27 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 15.....	67
3.28 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 15	67
3.29 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 15.....	68
3.30 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 15	68
3.31 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 15.....	69
3.32 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory, HI_PRI = 15.....	69
3.33 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 15.....	70
3.34 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 15	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์เข้ากับระบบควบคุมแบบกระจายส่วนหรือดีซีเอส (Distributed Control System : DCS) ในการควบคุมกระบวนการอุตสาหกรรมแบบดั้งเดิมใช้สัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 mA โดยมีโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Module) ของดีซีเอส ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (หรือแปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นสัญญาณแอนะล็อก) และมีโมดูลตัวควบคุม (Control Module) ทำหน้าที่รักษาค่าตัวแปรกระบวนการ (Process Variable) ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดของการควบคุม (Set Point) เนื่องจากการส่งสัญญาณระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์และตัวควบคุมด้วยสัญญาณกระแส 4-20 mA มีข้อจำกัดหลายประการ อาทิเช่น ด้านค่าใช้จ่ายในส่วนของลวดสายและติดตั้ง (Wiring and Installation Cost) [1]-[2] ด้านความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ [3] และด้านปริมาณข้อมูลของกระบวนการที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา (Troubleshooting) และความปลอดภัยของระบบ [4] ดังนั้นการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารแบบดิจิทัลฟิลด์บัส (Digital Fieldbus) ตามมาตรฐาน IEC 61158 จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยลดข้อจำกัดของการส่งสัญญาณมาตรฐานแบบ 4-20 mA สำหรับการควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรมได้ [5]

ฟาวนด์ชันฟิลด์บัส (Foundation Fieldbus) หรือ FF [6] เป็นเทคโนโลยีดิจิทัลฟิลด์บัสหนึ่งในมาตรฐาน IEC 61158 ที่มีการออกแบบและพัฒนาเพื่อใช้ในกลุ่มอุตสาหกรรมกระบวนการ (Process Industry) เช่น อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมน้ำมันและแก๊ส และอุตสาหกรรมกระดาษและเยื่อกระดาษ เป็นต้น

ฟาวนด์ชันฟิลด์บัสประกอบไปด้วย FF H1 ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายในระดับฟิลด์ (Field – Level Network) ที่มีความเร็วในการสื่อสาร 31.25 kbps และ HSE (High Speed Ethernet) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายในระดับการควบคุม (Control – Level Network) ของระบบโฮสต์ (Host System) ที่มีความเร็ว 100 Mbps

อุปกรณ์ระดับฟิลด์ (Field Device) เช่น ทรานสมิตเตอร์ และวาล์วควบคุมที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี FF H1 เป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันการทำงานที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ระดับฟิลด์แบบแอนะล็อก 4-20 mA [7] เช่น ฟังก์ชันการวินิจฉัยความผิดปกติของตัวอุปกรณ์ (Self-Device Diagnostic) ฟังก์ชันการตรวจสอบความใช้ได้ของค่าตัวแปรที่ตรวจวัดได้ (Measurement Validation) และฟังก์ชันการควบคุมพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative : PID) เป็นต้น นอกจากนี้ อุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่สร้างขึ้นด้วยเทคโนโลยี FF H1 ยังมีการเข้าถึงข้อมูลภายในอุปกรณ์ในรูปแบบที่เรียกว่า “ฟังก์ชันบล็อก” (Function Block) [8] ซึ่งประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์จำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งที่เกี่ยวข้องกับค่าอินพุต/เอาต์พุตของบล็อก (Input/Output Value) ข้อความสถานะของค่าอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Status Information) โหมดการทำงานของบล็อก (Block Mode) และการแจ้งเตือนกระบวนการ (Process Alarm)

จากการติดตามของผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการของเทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัส พบว่า มีการนำเสนอผลการศึกษาดูแลระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ (Alarm Priority Level) ในฟังก์ชันบล็อก [9]-[10] ซึ่งได้มีการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือน (0-15 ระดับ) และการแสดงข้อความสถานะและจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลเพื่อแจ้งเตือนความผิดปกติที่เกิดขึ้นในฟังก์ชันบล็อก แต่ผลการศึกษาดังกล่าวไม่ครอบคลุมถึงการแจ้งเตือนกระบวนการในระบบโฮสต์ดีซีเอส เนื่องจากระบบโฮสต์ดีซีเอสยุคใหม่มีความสามารถในการจัดการการแจ้งเตือน โดยวิศวกรผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดระดับความสำคัญ วิธีการแจ้งเตือน และการแสดงผลการแจ้งเตือนแก่ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างการแจ้งเตือนกระบวนการตามค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อกและการจัดการการแจ้งเตือนของระบบโฮสต์ดีซีเอส จึงเป็นประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจในการศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการใช้เทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัสสำหรับการควบคุมกระบวนการที่คำนึงถึงระดับความสำคัญและรูปแบบการแจ้งเตือนกระบวนการ

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส และค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่สร้างด้วย FF H1 เพื่อสร้างความเข้าใจและใช้เป็นแนวทางในการเลือกกำหนดรูปแบบการแสดงผล (Alarm Display Pattern) และการรับรู้ของการแจ้งเตือน (Alarm Acknowledgement) แก่ผู้ปฏิบัติงาน สำหรับควบคุมกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีฟาวนด์ชันฟิลด์บัส โดยมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

1. เพื่อศึกษาสถานะการแจ้งเตือน (Alarm Act) ในฟังก์ชันบล็อกที่เกิดขึ้นจากการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส (Host Alarm Priority) และในฟังก์ชันบล็อก (Function Block Alarm Priority) ของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่แตกต่างกัน
2. เพื่อศึกษารูปแบบการแสดงผลการแจ้งเตือนและการรับรู้การแจ้งเตือนที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส และในฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์

การสร้างรูปควบคุมด้วยเทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัสทำได้โดยใช้เครื่องมือในการกำหนดค่า (Configuration Tool) เพื่อเลือกฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้อง เช่น ฟังก์ชันบล็อกแอนะล็อกอินพุต (Analog Input: AI) ฟังก์ชันบล็อก PID และฟังก์ชันบล็อกแอนะล็อกเอาต์พุต (Analog Output: AO) นำมาเชื่อมต่อกันในรูปแบบที่เรียกว่า “ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม” (Function Block Diagram) แล้วทำการเลือกกำหนดว่าจะใช้ฟังก์ชันบล็อกที่ต้องการนั้นจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ตัวใดที่ติดตั้งในเซกเมนต์ FF H1 หลังจากนั้น จึงทำการเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในฟังก์ชันบล็อก

ในการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID สามารถเลือกใช้จากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ได้ตามรูปแบบของ “การควบคุมระดับฟิลด์” (Control in the Field: CIF) ซึ่งเป็นคุณลักษณะพิเศษของเทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส [11] จากการศึกษาการเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID พบว่า ควรเลือกใช้จากวาล์วควบคุม (Control Valve) เพื่อการควบคุมกระบวนการที่รวดเร็วและการจัดตารางเวลาการสื่อสารของเซกเมนต์ (Segment Macrocycle) ที่มีภาระของเครือข่าย (Network Load) ในส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกต่างอุปกรณ์น้อยที่สุด [12]-[15] ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกการสร้างรูปควบคุมพีไอดีในรูปแบบ CIF เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการที่สนใจ

1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ในการทดลองเพื่อทำการศึกษาในประเด็นที่สนใจตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในวิทยานิพนธ์นี้ เลือกใช้พลานต์โมเดลการควบคุมระดับน้ำในถัง (Tank Process Plant Model) ด้วยพีไอดีโดยใช้ระบบโฮสต์ DeltaV เป็นกรณีศึกษา โดยพลานต์โมเดลที่เลือกใช้นี้มีการติดตั้งทรานสมิตเตอร์ในการวัดระดับน้ำในถัง (Level Transmitter) รุ่น ST3000 FF S900 [16] ทรานสมิตเตอร์ในการวัดอัตราการไหล (Flow Transmitter) รุ่น ADMAG AXF [17] และวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F [18] ซึ่งเป็นอุปกรณ์ระดับฟิลด์ FF H1 ส่วนระบบโฮสต์ DeltaV [19] ใช้ในการสร้างรูปควบคุม การทดสอบระบบ (Commissioning) และการทดลองการควบคุมพลานต์โมเดล เพื่อทำการบันทึกการแจ้งเตือนเมื่อจำลองสภาวะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือน โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สนใจในเงื่อนไขต่าง ๆ

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 บทด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 บทนำ เป็นการกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ แนวคิดของวิทยานิพนธ์ ขอบเขตวิทยานิพนธ์ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึง โมเดลการศึกษาของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1 ชั้นที่ 1 Physical Layer ชั้นที่ 2 Data Link Layer ชั้นที่ 7 Application Layer User Layer ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีไอดี ฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก AO ฟังก์ชันบล็อก PID การสร้างรูปควบคุมพีไอดีในรูปแบบ CIF และตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ

บทที่ 3 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมระดับน้ำในถังที่ใช้ในการศึกษา ระบบโฮสต์ DeltaV ขั้นตอนการสร้างรูปควบคุม การแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV การกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือน การแจ้งเตือนในโมดูลการควบคุมโดยใช้เงื่อนไขของฟังก์ชันบล็อก การออกแบบการทดลองและผลการทดลอง และอภิปราย

บทที่ 4 เป็นบทสุดท้ายโดยมีการกล่าวถึงสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนภาคผนวก เป็นการแสดงถึงบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่อง (Proceeding) ของการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ SII 2014



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1

2.1 กล่าวนำ

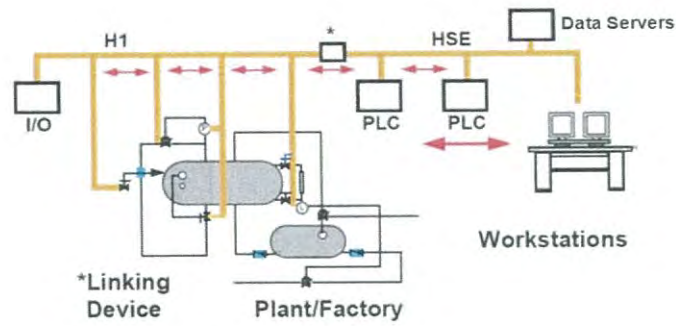
ในบทนี้เป็นการแนะนำเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 (หรือ FF H1) โดยอธิบายถึงโมเดลการสื่อสารของ FF H1 ที่อ้างอิงกับโมเดล OSI (Open System Interconnecting Model) ขององค์กรที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization) และรายละเอียดโดยย่อของฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ FF H1 ที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุมพีไอดี รวมถึงการสร้างรูปควบคุมพีไอดีในรูปแบบ CIF และตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนกระบวนการ

2.2 โมเดลการสื่อสารของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 [6], [10], [20]-[26]

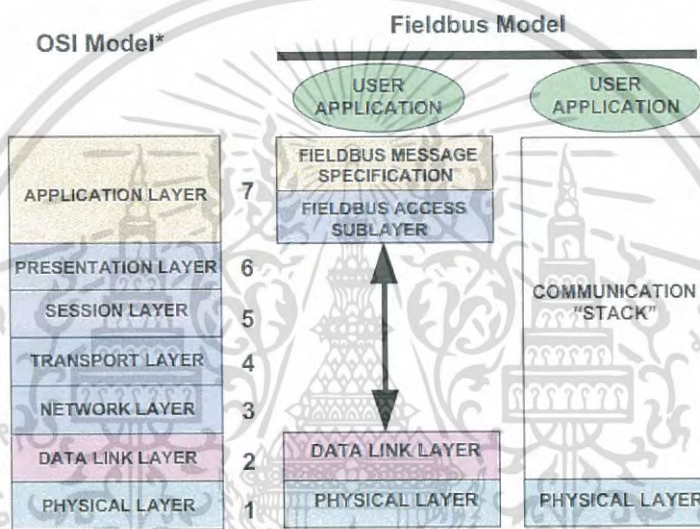
FF H1 เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารแบบอนุกรมสำหรับเครือข่ายการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ระดับฟิลด์ในพลานต์ (Plant) เช่น ทรานสมิตเตอร์ วาล์วควบคุม หรืออุปกรณ์ I/O เข้ากับระบบโฮสต์ในห้องควบคุม (Control Room) ที่มีเวิร์คสเตชัน (Workstation) เซิร์ฟเวอร์เก็บข้อมูล (Data Server) หรือตัวควบคุมต่าง ๆ บนเครือข่าย FF HSE ผ่านอุปกรณ์ประเภท “Linking Device” หรือ “Bridge” ดังแสดงในรูปที่ 2.1 [20] โดยส่วนย่อยของเครือข่าย FF H1 จะเรียกว่า “เซกเมนต์” (Segment) ที่ถูกออกแบบให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในระดับฟิลด์ในระยะไกลได้ และสามารถติดตั้งใช้งานในพื้นที่อันตรายที่มีความเสี่ยงในการเกิดระเบิดลุกไหม้ (Hazardous Area) ได้ตามมาตรฐาน ISA S50.02 และ IEC 61158-2 [6]

รูปที่ 2.2 [20] แสดงโมเดลการสื่อสารของ FF H1 เทียบกับโมเดลอ้างอิง OSI โดยที่ FF H1 มีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับชั้นที่ 1 (Physical Layer) ชั้นที่ 2 (Data Link Layer) และชั้นที่ 7 (Application Layer) เมื่ออ้างอิงกับโมเดล OSI ส่วนชั้น User Application เป็นข้อกำหนดพิเศษของ FF H1 ที่พัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน IEC 61804 ด้วยแนวคิดในการจัดเก็บข้อมูลภายในหน่วยความจำของอุปกรณ์ในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อก [6] ส่วนรูปที่ 2.3 [20] แสดงโครงสร้างและขนาดของข้อมูลในแต่ละชั้นสำหรับการรวมข้อมูลเข้ากับโปรโตคอล (Encapsulation) เริ่มต้นจาก User Layer ไล่เรียงลงมาจนถึง Physical Layer สำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูล (Sender) หรือในทางตรงกันข้าม สำหรับการถอดข้อมูลออกจากโปรโตคอล (Decapsulation) ซึ่งเริ่มต้นจาก Physical Layer สำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นผู้รับข้อมูล (Receiver)

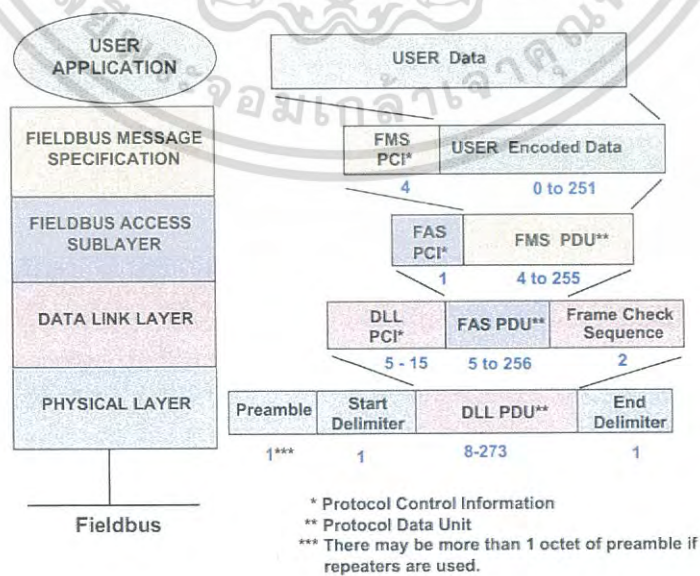
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครือข่าย FF [20]



รูปที่ 2.2 โมเดลการสื่อสารของ FF H1 เทียบกับโมเดล OSI [20]

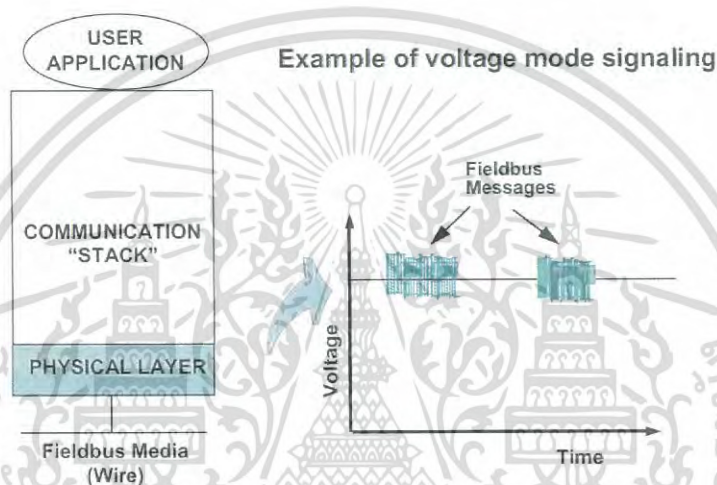


เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.3 โครงสร้างและขนาดของข้อมูลในแต่ละชั้นของโมเดลการสื่อสารของ FF H1 [20] การนำคำ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

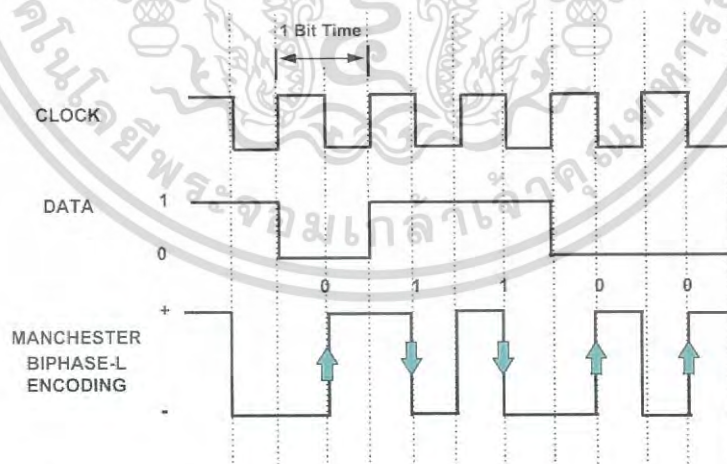
รายละเอียดการทำงานของแต่ละชั้นตามโมเดลการสื่อสารของ FF H1 อธิบายโดยย่อ [10],[20] [22] ได้ดังนี้

2.2.1 ชั้นที่ 1 Physical Layer

Physical Layer เป็นชั้นที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางกายภาพของ FF H1 ในส่วนของการ ออกแบบเซกเมนต์ การติดตั้งและการเดินสายของอุปกรณ์ รวมถึงรูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าที่ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่มีสัญญาณไฟฟ้า 2 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 2.4 [20] คือ ส่วนที่เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ซีใน ช่วง 9-32 Vdc สำหรับเป็นไฟเลี้ยงให้แก่อุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่เชื่อมต่อบน

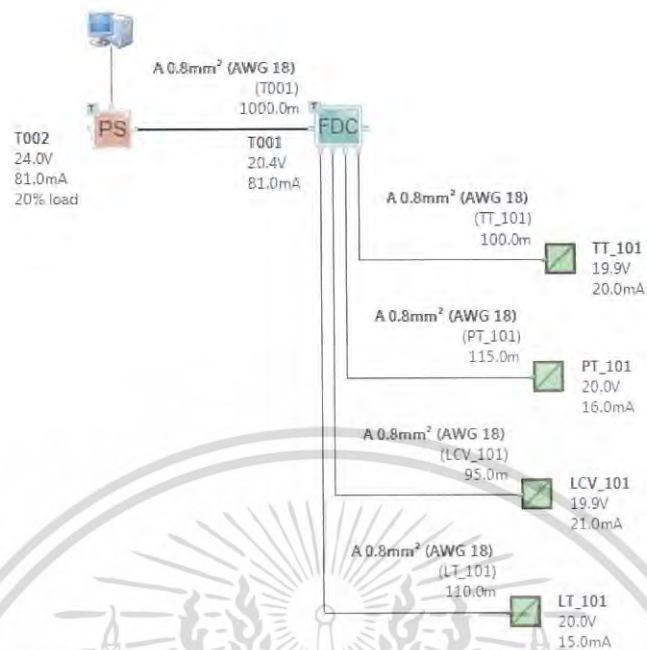


รูปที่ 2.4 รูปแบบของสัญญาณไฟฟ้าใน Physical Layer ของ FF H1 [20]



รูปที่ 2.5 การเข้ารหัสด้วยเทคนิคแมนเชสเตอร์แบบ Biphase-L [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์บนเซกเมนต์ FF H1 ด้วยทอพอโลยีแบบทรี

เซกเมนต์ FF H1 และส่วนที่เป็นสัญญาณแรงดัน/กระแสไฟฟ้าเอซีซึ่งเป็นส่วนข้อมูลที่ได้รับบนเซกเมนต์ (Fieldbus Message) ที่มีการเข้ารหัสด้วยเทคนิคแมนเชสเตอร์แบบ Biphas-L (Manchester Biphas-L Encoding) ด้วยความเร็ว 31.25 kbps ดังแสดงในรูปที่ 2.5 [20]

สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ในเซกเมนต์ FF H1 โดยทั่วไปมีรูปแบบการเชื่อมต่อหรือทอพอโลยีแบบทรี (Tree Topology) ดังแสดงในรูปที่ 2.6 โดยมีสายไฟแกนหลักในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างแหล่งจ่ายไฟของเซกเมนต์ (Power Supply: PS) และอุปกรณ์ในการติดตั้งและเดินสาย (Field Device Coupler: FDC หรือ Junction Box: JB) ซึ่งเรียกว่า “สายหลัก” (Trunk) ส่วนสายไฟที่ใช้ต่อแยกจาก FDC ไปยังตัวอุปกรณ์เครื่องม้อวัดหรือวาล์วควบคุม ถูกเรียกว่า “สายย่อย” (Spur) นอกจากนี้ ยังมีการติดตั้งเทอร์มินเนเตอร์ (Terminator: T) จำนวน 2 ตัว โดยแต่ละตัวจะติดตั้งในส่วนปลายสุดของสายหลัก ซึ่งมักมีการติดตั้งที่แหล่งจ่ายไฟของเซกเมนต์และที่อุปกรณ์ FDC หรือ JB

ตารางที่ 2.1 แสดงถึงความยาวของ Spur ที่สามารถใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ระดับฟิลด์ได้ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อรวมใน Junction Box เดียวกัน ส่วนตารางที่ 2.2 แสดงชนิดของสายไฟและความยาวสูงสุด (ต่อเซกเมนต์) สำหรับกรณีที่ไม่ใช้เครื่องทวนสัญญาณ (Repeater) โดยความยาวสูงสุดนั้นนับรวมกับความยาวของ Spur ทั้งหมดด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าใช้สาย Type A จะมีความยาวของสายไฟรวมทั้งหมดในเซกเมนต์ FF H1 ได้สูงสุด 1,900 เมตร เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ความยาวของสายย่อย

Total Devices	1 Device per Spur	2 Devices per Spur	3 Devices per Spur	4 Devices per Spur
25-32	1 m	1 m	1 m	1 m
19-24	30 m	1 m	1 m	1 m
15-18	60 m	30 m	1 m	1 m
13-14	90 m	60 m	30 m	1 m
1-12	120 m	90 m	60 m	30 m

ตารางที่ 2.2 ชนิดของสายและความยาวสูงสุด

Cable Type	Cable Description	Size	Max Length
Type A	Shielded, twisted pair	#18 AWG (0.8 mm ²)	1900 m (6232 ft.)
Type B	Muti-twisted-pair with shield	#22 AWG (0.32 mm ²)	1200 m (3936 ft.)
Type C	Muti-twisted-pair without shield	#26 AWG (0.13 mm ²)	400 m (1312 ft.)
Type D	Muti-core, without twisted pairs and having an overall shield	#16 AWG (1.25 mm ²)	2000 m (656 ft.)

2.2.2 ชั้นที่ 2 Data Link Layer

Data Link Layer เป็นชั้นที่เกี่ยวข้องกับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว ที่มีการสื่อสารแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point Communication) โดยอุปกรณ์ระดับฟิสิคัลใน Data Link Layer ของ FF H1 ถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน ดังนี้

- อุปกรณ์ประเภท Basic จัดเป็นอุปกรณ์ระดับฟิสิคัล H1 โดยทั่วไป ที่ไม่สามารถทำหน้าที่ LAS ได้
- อุปกรณ์ประเภท Link Master จัดเป็นอุปกรณ์ระดับฟิสิคัล H1 ที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษให้สามารถทำหน้าที่ LAS ได้

โดยที่ LAS (Link Active Scheduler) คือ อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการควบคุมการสื่อสารข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเซกเมนต์ FF H1 ซึ่งโดยทั่วไป อุปกรณ์จำพวก Link Device (หรือ Interface Card ของระบบโฮสต์ดีซีเอส) ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่าง FF H1 และ FF HSE จะทำหน้าที่ LAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารข้อมูลในเซกเมนต์ H1 จะถูกควบคุมด้วย LAS โดยอุปกรณ์ที่อยู่ใน Live List เท่านั้นที่สามารถทำการรับ-ส่งข้อมูลได้ ถ้าพิจารณาในเรื่องกำหนดเวลาในการรับ-ส่งข้อมูล สามารถแบ่งประเภทการสื่อสารข้อมูลบนเครือข่ายฟิลด์บัส H1 ได้ 2 ประเภท คือ Scheduled Communication และ Unscheduled Communication โดยที่

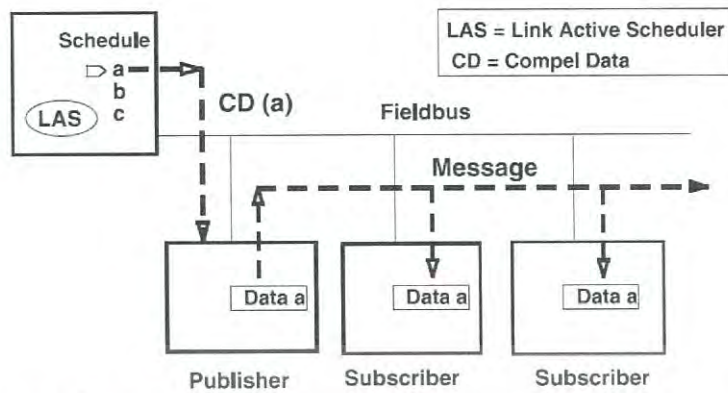
Scheduled Communication (ดูรูปที่ 2.7 [20]) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ถูกกำหนดเวลาไว้แน่นอนว่าจะมีการรับ-ส่งข้อมูลเกิดขึ้นเมื่อใด ซึ่งจะถูกกำหนดในขั้นตอนการสร้างลูบควบคุม โดยการสื่อสารประเภทนี้ใช้สำหรับการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กัน เช่น ค่าตัวแปรกระบวนการที่ตรวจวัดได้โดยใช้ฟังก์ชันบล็อก Analog Input (AI) ที่อยู่ภายในทรานสมิตเตอร์ถูกส่งไปยังฟังก์ชันบล็อก PID ที่อยู่ภายในวาล์วควบคุม เป็นต้น โดยตารางเวลาในการสื่อสารของเซกเมนต์ (Segment Macrocycle) จะมีความสัมพันธ์กับการเลือกกำหนดใช้ฟังก์ชันบล็อกจากอุปกรณ์ฟิลด์บัส FF H1 และรูปแบบการควบคุม

จากรูปที่ 2.7 เมื่อถึงกำหนดเวลาที่อุปกรณ์ใดต้องมีการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication แล้ว LAS จะส่งข้อมูลคำสั่งที่เรียกว่า “Compel Data (CD)” ไปยังอุปกรณ์ตัวนั้น (เช่น อุปกรณ์ a) จากนั้นอุปกรณ์ที่ได้รับคำสั่ง CD ซึ่งถูกเรียกว่า “Publisher” จะส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ถูกกำหนดไว้ให้รับข้อมูลนี้ โดยอุปกรณ์ที่ได้รับข้อมูลนี้จะถูกเรียกว่า “Subscriber”

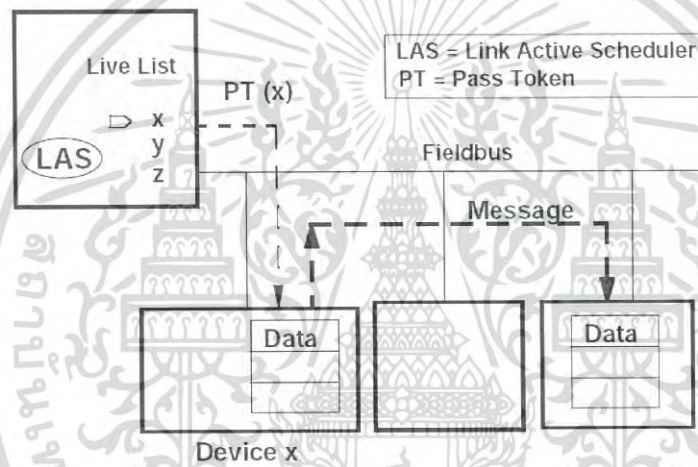
Unscheduled Communication (ดูรูปที่ 2.8 [20]) เป็นการสื่อสารข้อมูลที่ไม่มีการกำหนดเวลาในการรับ-ส่งข้อมูลที่แน่นอน โดยการสื่อสารประเภทนี้ขึ้นอยู่กับสถานะของกระบวนการหรือการสั่งการโดยผู้ปฏิบัติงาน (Operator) ดังเช่น ในกรณีที่มีความผิดปกติของกระบวนการ อาจมีกำหนดตั้งค่าให้ทรานสมิตเตอร์มีการส่งสัญญาณแจ้งเตือน (Process Alarm) จากตัวอุปกรณ์ไปยังระบบโฮสต์ หรือการเปลี่ยนค่าเซตพอยต์ในการควบคุมกระบวนการโดยผู้ปฏิบัติงาน เป็นต้น

จากรูปที่ 2.8 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication ถูกควบคุมด้วย LAS โดยที่ LAS มีการจัดสรรช่วงเวลาให้อุปกรณ์ FF H1 ทุกตัวที่อยู่ใน Live List สามารถทำหน้าที่เป็นผู้ส่งข้อมูลได้ที่ละตัว เพื่อไม่ให้เกิดการส่งข้อมูลชนกัน โดยทั่วไป LAS มักเรียงลำดับอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน Live List ตามค่าแอดเดรสของอุปกรณ์นั้น ๆ ด้วยการเรียงจากน้อยไปหามาก เช่น LAS จะส่งคำสั่งที่เรียกว่า “Pass Token” (PT) ให้แก่อุปกรณ์ x เมื่ออุปกรณ์ x ได้รับคำสั่ง PT จะทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ต้องการให้รับข้อมูล (ซึ่งอาจเป็นแค่อุปกรณ์ตัวเดียวหรืออุปกรณ์หลายตัวก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ต้องการส่ง) หลังจากให้อุปกรณ์ x เสร็จสิ้นการส่งข้อมูลแล้ว จะส่งคำสั่ง “Return Token” (RT) มายัง LAS เมื่อ LAS พิจารณาเห็นว่ายังไม่ถึงกำหนดเวลาของ Scheduled Communication และมีช่วงเวลามากพอสำหรับ Unscheduled Communication แล้ว LAS จะส่งคำสั่ง PT ไปยังอุปกรณ์ถัดไปใน Live List เช่น อุปกรณ์ y เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

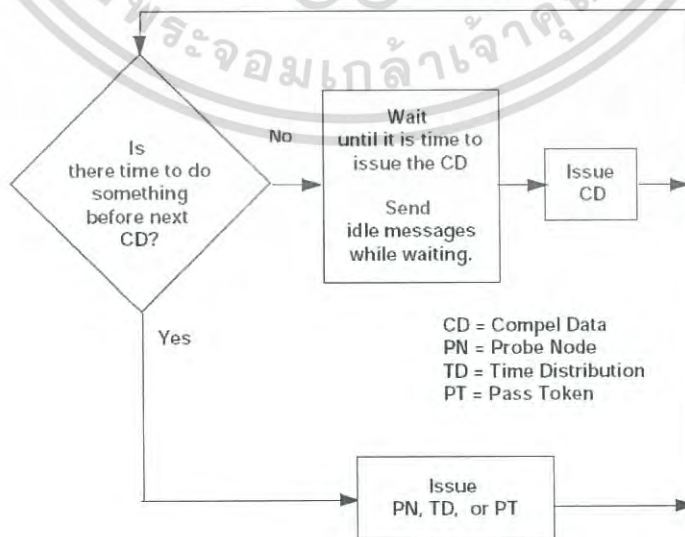


รูปที่ 2.7 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication [20]



รูปที่ 2.8 การรับ-ส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication [20]

Link Active Scheduler Algorithm



รูปที่ 2.9 อัลกอริทึมในการประมาณผลของ LAS [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ LAS ในเซกเมนต์ของ FF H1 ต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ LAS เพื่อควบคุมการทำงานและกำหนดรูปแบบของการสื่อสารในเซกเมนต์ด้วยอัลกอริทึม (Algorithm) ในการประมวลผลดังแสดงในรูปที่ 2.9 [20] โดยฟังก์ชันการทำงานของ LAS สามารถสรุปโดยย่อได้ ดังนี้

1. **CD Schedule** เป็นกำหนดการในการส่งคำสั่ง CD จาก LAS ไปยัง Publisher ซึ่งเป็นอุปกรณ์ระดับฟิลต์ FF H1 ที่ต้องการส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication โดย CD Schedule นี้ถูกกำหนดให้สอดคล้องกับ Segment Macrocycle ที่ถูกสร้างขึ้นหลังขั้นตอนการกำหนดรูปแบบการควบคุมของเซกเมนต์โดย Configuration Tool ซึ่งมีลักษณะการทำงานในรูปแบบซ้ำกันเป็นวงรอบแบบวนซ้ำ จากฟังก์ชันการทำงานของ LAS เมื่อถึงกำหนดเวลาของ CD Schedule แล้ว LAS จะส่งข้อมูลคำสั่ง CD ไปยังอุปกรณ์ FF H1 ที่จะทำหน้าที่ Publisher เสมอ

2. **Live List Maintenance** เป็นการรักษารายการอุปกรณ์ FF H1 ที่สามารถใช้เครือข่ายของเซกเมนต์ในการสื่อสารได้ โดย LAS มีหน้าที่ในการตรวจสอบ “Live List” ในช่วงแอดเดรส 20-247 ว่ามีการระบุค่าแอดเดรสในช่วงนี้สำหรับอุปกรณ์ FF H1 ที่ติดตั้งในเซกเมนต์หรือไม่ โดย LAS มีการส่งคำสั่งที่เรียกว่า “Probe Node” (PN) ไปยังแต่ละแอดเดรส ถ้ามีอุปกรณ์ FF H1 ใช้ค่าแอดเดรสนั้นในการระบุตัวตน อุปกรณ์นั้นจะมีการส่งข้อมูลที่เรียกว่า “Probe Response” (PR) กลับมายัง LAS ทำให้ LAS ทราบว่าแอดเดรสนั้นถูกระบุใช้งานและอุปกรณ์นั้นจะถูกนับรวมใน Live List แต่ถ้าแอดเดรสใดไม่มีการส่งคำสั่ง PR กลับมายัง LAS หลังจาก LAS ได้ทำการส่งคำสั่ง PT อย่างต่อเนื่องติดกัน 3 ครั้ง ค่าแอดเดรสนั้นจะไม่อยู่ใน Live List จากการทำงานของ LAS ในการตรวจเช็ค Live List นี้เอง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถต่ออุปกรณ์ใหม่เพิ่มเข้าไปในเซกเมนต์หรือถอดอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่แล้วออกจากเซกเมนต์ได้ในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ โดยที่ LAS จะมีการปรับ Live List ให้เป็นปัจจุบันตลอดเวลา

3. **Data Link Time Synchronization** เป็นวิธีการที่ทำให้อุปกรณ์ FF H1 ทุกตัวที่อยู่ใน Live List มีเวลาในการอ้างอิงสัญญาณนาฬิกา (Clock) เป็นฐานเวลาเดียวกัน เพื่อความถูกต้องในการเข้ารหัส/ถอดรหัสแบบแมนเชสเตอร์ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานใน Data Link Layer โดย LAS จะมีการส่งคำสั่งที่เรียกว่า “Time Distribution” (TD) ไปยังอุปกรณ์ FF H1 ทุกตัวใน Live List อย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาที่ LAS ได้รับคำสั่ง PT สำหรับ LAS เอง

4. **Token Passing** เป็นการควบคุมให้อุปกรณ์ FF H1 ที่อยู่ใน Live List แต่ละตัว มีการรับส่งข้อมูลแบบ Unscheduled Communication โดย LAS จะมีการส่งข้อมูลคำสั่ง Pass Token (PT) ไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ทีละอุปกรณ์ เมื่ออุปกรณ์ใด ได้รับชุดคำสั่ง PT อุปกรณ์นั้นจะมีสิทธิ์ในการส่งข้อมูลบนเครือข่าย H1 ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชนกันของการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์หลายตัวที่เชื่อมต่อในเซกเมนต์ในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ชั้นที่ 7 Application Layer

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

FAS เป็นการกำหนดรูปแบบของ Visual Communication Relationship (VCR) 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-ส่งข้อมูลที่ต่างกันดังสรุปในตารางที่ 2.3 [20] คือ

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

- การเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Setpoint Change)
- การเปลี่ยนโหมดการทำงานของบล็อก (Block Mode Change)
- การปรับแต่งค่าตัวในตัวควบคุม (Tuning Change)

ตารางที่ 2.3 ประเภทของ VCR ที่กำหนดใน FAS [20]

VCR Type	Description	Message Examples
Client/Server	Used for Operator Message	Setpoint Changes
		Mode Changes
		Tuning Changes
		Upload/Download
		Alarm Management
		Access Display Views
Report Distribution	Used for Event Notification and Trend Reports	Sending Process Alarms to Operator Consoles
		Sending Trend Reports to Data Historians
Publisher/Subscriber	Used for Publishing Data	Sending Transmitter PV to PID Function Block Located in Another Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอัปโหลด-ดาวน์โหลดข้อมูลระหว่างระบบโฮสต์กับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ (Upload-Download)
- การจัดการสัญญาณแจ้งเตือน (Alarm Management)
- การแสดงข้อมูลวินิจฉัยการทำงานของอุปกรณ์ระดับฟิลด์มาที่ระบบโฮสต์ (Remote Diagnostics) เป็นต้น

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

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

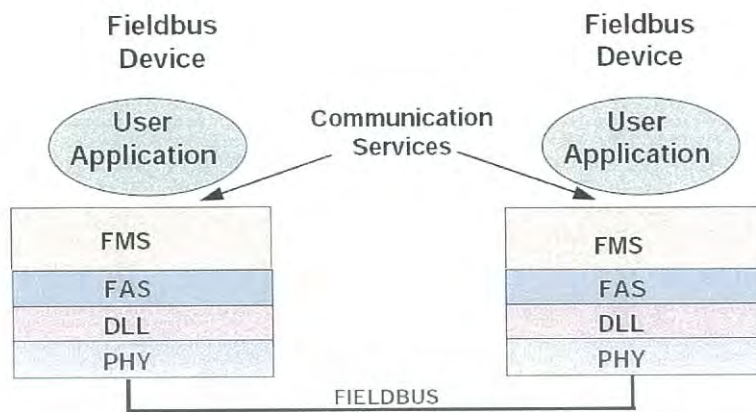
3. Publisher/Subscriber VCR ที่ใช้สำหรับการส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กัน เช่น การส่งค่ากระบวนการ (PV) ด้วยค่าตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI ที่อยู่ภายในทรานสมิตเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่ากระบวนการไปเป็นค่าตัวแปร IN ของฟังก์ชันบล็อก PID ที่อยู่ในตัวควบคุมที่ระบบโฮสต์หรืออยู่ในอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์ เป็นต้น

FMS เป็นการกำหนดรายละเอียดของการให้บริการสำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูล (Communication Service) รูปแบบของข้อมูล (Message Format) และคุณสมบัติของโปรโตคอลที่ต้องการ เพื่อสร้างข้อความสำหรับ User Application ดังแสดงในรูปที่ 2.10 [20] โดยวิธีการรับ-ส่งข้อมูลบนเครือข่ายในเซกเมนต์เป็นวิธีการโปรโตคอลแบบออบเจกต์ (Object Oriented Protocol) โดยมีการแทนข้อมูลต่าง ๆ ภายในหน่วยความจำของอุปกรณ์ FF H1 ในรูปแบบของออบเจกต์ที่เรียกว่า “Object Description” และมีการนำเอา “Object Description” หลาย ๆ ตัวมารวบรวมเก็บไว้ด้วยกัน และเรียกโครงสร้างนี้ว่า “OD (Object Dictionary)” ดังรูปที่ 2.11 [20]

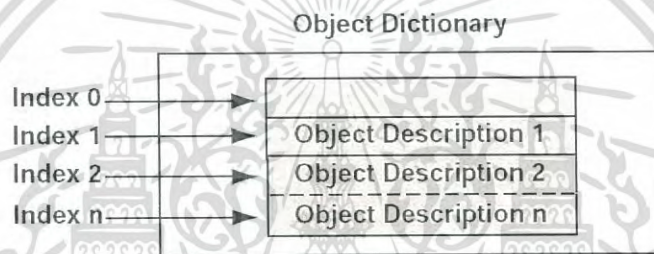
ตารางที่ 2.4 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์ รุ่น ADMAG AXF [17] จะเห็นได้ว่า มีการใช้ Index Number ในการระบุข้อมูลของ Object Directory ต่าง ๆ เช่น Index Number หมายเลข 1000 และ 2000 สำหรับรีซอร์สบล็อก (Resource Block) และทรานสดิวเซอร์บล็อก (Transducer Block) ที่อยู่ภายในทรานสมิตเตอร์ เป็นต้น

Communication Service ใน FMS สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.5 [24] ตัวอย่างเช่น การอ่านค่าตัวแปร และการเขียนค่าตัวแปรใช้เซอร์วิส “Read” และ “Write” ตามลำดับ และการรายงานเหตุการณ์ใช้เซอร์วิส “Event Notification” เป็นต้น โดยทั่วไป เซอร์วิสต่าง ๆ กำหนดให้ใช้ VCR ประเภท Client/Server ยกเว้นบางเซอร์วิสที่มีการกำหนดให้ใช้ VCR ประเภทอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่าง FMS และ Communication Services [20]



รูปที่ 2.11 โครงสร้างของ Object Dictionary[20]

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างโครงสร้างของ Object Dictionary ในทรานสมิตเตอร์ รุ่น ADMAG AXF [17]

Index Number	Object Description
1000	Resource Block
2000	Transducer Block
4000	Analog Input Block
6000	Digital Input Block

ตารางที่ 2.5 Communication Service ใน FMS ของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส [24]

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

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
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

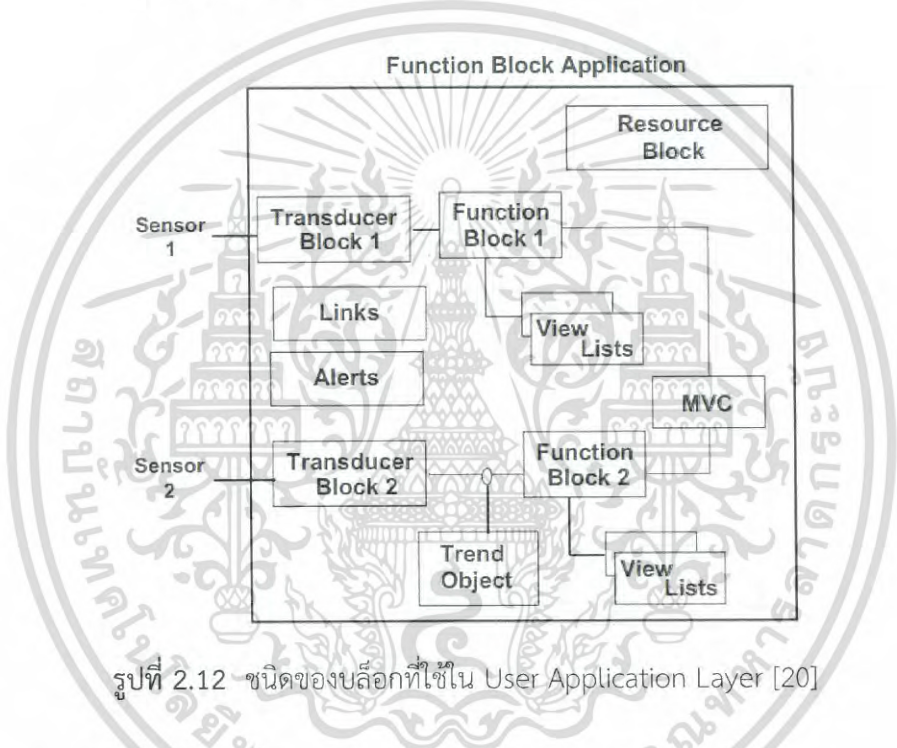
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

Program Invocation Services	
Stop	Stop a program
Resume	Resume program execution
Reset	Reset the program
Kill	Remove the program

หมายเหตุ * สามารถใช้ VCR ประเภท Publisher / Subscriber หรือ Report Distribution

** สามารถใช้ VCR ประเภท Report Distribution



รูปที่ 2.12 ชนิดของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer [20]

2.2.4 User Application Layer

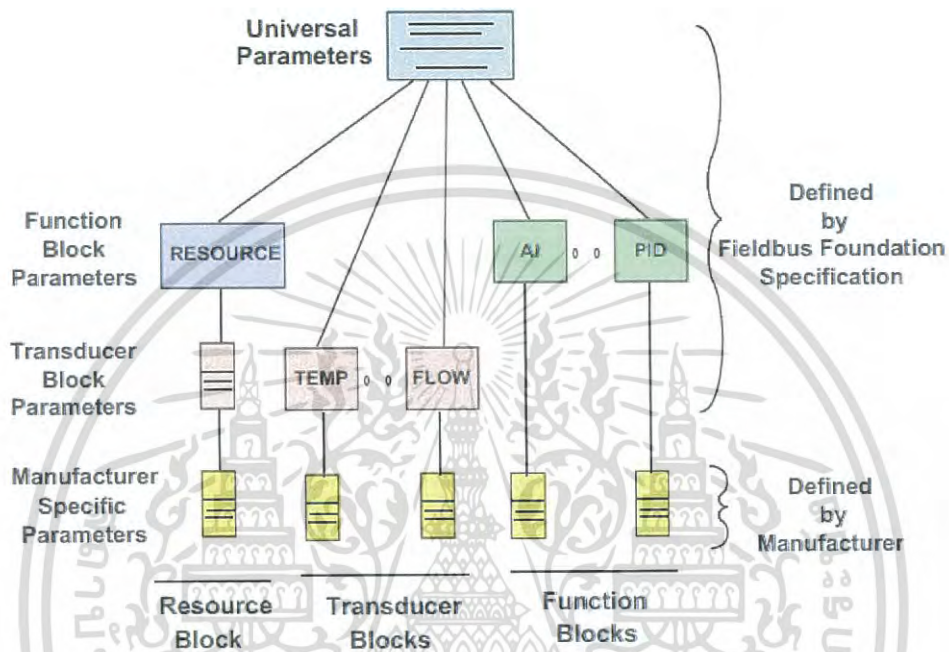
Fieldbus Foundation ได้กำหนดรูปแบบของ User Application Layer ด้วยฟิลด์บัสบล็อก แอปพลิเคชัน (Fieldbus Block Application) ในการแทนข้อมูลและฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ FF H1 แต่ละชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.12 [20] โดยบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer ประกอบไปด้วย รีซอร์สบล็อก (Resource Block) ทรานสดิวเซอร์บล็อก (Transducer Block) และฟังก์ชันบล็อก (Function Block)

ทั้งนี้ทาง Fieldbus Foundation ได้มีการกำหนดมาตรฐานของบล็อกต่าง ๆ ในฟิลด์บัสบล็อก แอปพลิเคชันในแง่ของโครงสร้างและขั้นตอนของการประมวลผลของบล็อก รวมทั้งชื่อและความหมายของตัวแปรยกเว้นวิธีการประมวลผล (หรืออัลกอริทึมของบล็อก) ที่ทาง Fieldbus Foundation ไม่ได้กำหนด ซึ่งในส่วนอัลกอริทึมนี้จะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตอุปกรณ์จะเป็นผู้กำหนด ทั้งนี้เพื่อ

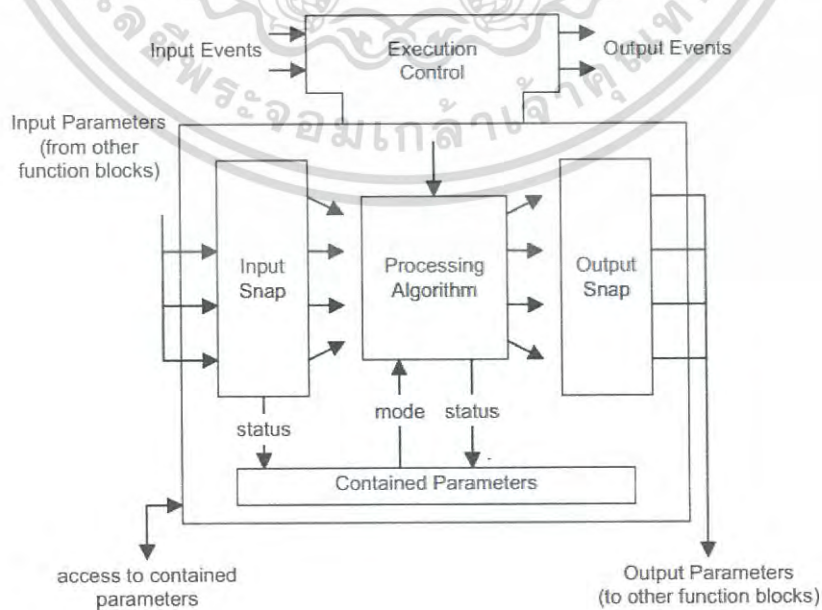
เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของหอสมุดกลางพระจอมเกล้าลาดกระบัง เมื่อผู้ใดนำเอกสารไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แข่งขันในทางธุรกิจของผู้ผลิตแต่ละราย นอกจากนี้ ผู้ผลิตอุปกรณ์สามารถเพิ่มตัวแปรพิเศษได้ตามความต้องการ (Manufacturer Specific Parameter) ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยทั่วไป ผู้ผลิตมักจะมีการพัฒนาและผลิตตัวอุปกรณ์ให้มีความสามารถในการตรวจวินิจฉัยสภาพการทำงาน/ความพร้อมในการทำงานของตัวอุปกรณ์เอง (Device Diagnostic)



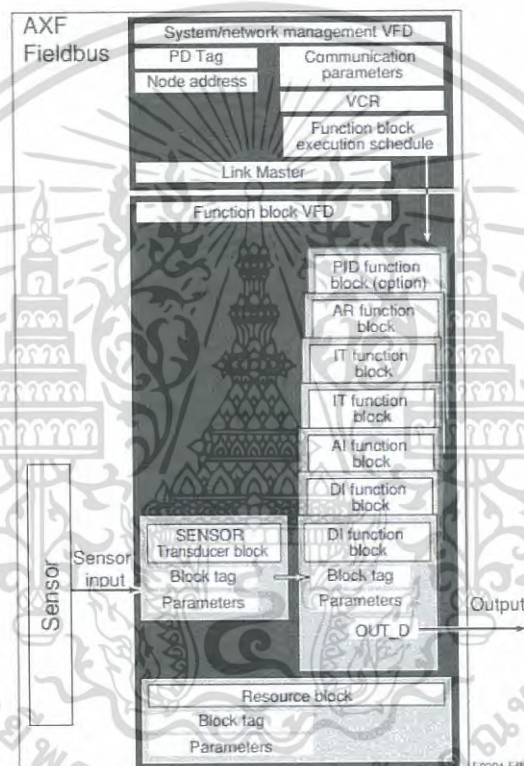
รูปที่ 2.13 โครงสร้างของ User Application Layer ที่แสดงในลักษณะ Device Description [20]



รูปที่ 2.14 โครงสร้างภายในและการดำเนินการของบล็อก [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดำเนินการของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและพลังงานทดแทน โดยผู้ดูแลระบบขอสงวนสิทธิ์ในนโยบายด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.14 แสดงโครงสร้างภายในและการดำเนินการของบล็อกที่กำหนดโดย Fieldbus Foundation [25] เมื่อการดำเนินการเริ่มต้นขึ้น ค่าตัวแปรอินพุตที่ได้รับมาจากบล็อกอื่น ๆ จะถูกเก็บรวบรวม (Snap) โดยบล็อก ซึ่งขั้นตอนการ Snap อินพุตนี้เป็นไปเพื่อให้แน่ใจว่าค่าตัวแปรอินพุตจะไม่มี การเปลี่ยนแปลงระหว่างที่มีการประมวลผลตามอัลกอริทึมและสร้างค่าตัวแปรเอาต์พุตของบล็อก ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงถัดมาของค่าตัวแปรอินพุตจะไม่มีผลต่อค่าที่ถูก Snap แล้ว และค่าที่เปลี่ยนแปลงไปนี้จะไม่ถูกนำมาใช้ในขณะที่ยังบล็อกกำลังดำเนินการประมวลผลอยู่



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF [17]

ในรูปที่ 2.15 เป็นการแสดงตัวอย่างโครงสร้างเชิงลอจิกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF [17] ในส่วน VFD (Visual Field Device) ของอุปกรณ์ ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ System/Network Management VFD ที่เกี่ยวข้องกับการระบุตัวตนของอุปกรณ์ และ Function Block VFD ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของอุปกรณ์ ดังเช่น ฟังก์ชันบล็อก PID ฟังก์ชันบล็อก AI และฟังก์ชันบล็อก DI เป็นต้น

รายละเอียดโดยย่อของบล็อกที่ใช้ใน User Application Layer สามารถอธิบายได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รีซอร์สบล็อก

ในอุปกรณ์ FF H1 แต่ละตัวจะมีรีซอร์สบล็อกเพียงแค่นี้บล็อกรุ่นนั้น โดยรีซอร์สบล็อกเป็นบล็อกของกลุ่มข้อมูลและตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะเฉพาะทางฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ FF H1 แต่ละตัว แต่ในบล็อกนี้จะไม่มีการอินพุตหรือเอาต์พุตของบล็อก และชุดคำสั่งที่อยู่ภายในบล็อกจะเป็นชุดคำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบหรือการควบคุมการดำเนินการโดยทั่วไปในส่วนฮาร์ดแวร์ของตัวอุปกรณ์ โดยอัลกอริทึมในการประมวลผลของชุดคำสั่งนี้ ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางกายภาพของตัวอุปกรณ์ซึ่งถูกกำหนดโดยบริษัทผู้ผลิต ในกรณีที่รีซอร์สบล็อกมีการประมวลผลในโหมดการดำเนินการ Out of Service (OOS หรือ O/S) จะส่งผลกระทบต่อโหมดการดำเนินการของบล็อกอื่น ๆ ของอุปกรณ์นั้นด้วย ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ภายในรีซอร์สบล็อกแสดงดังรูปที่ 2.16 [17]

2. ทรานสดิวเซอร์บล็อก

ทรานสดิวเซอร์บล็อกเป็นบล็อกที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ (Sensor) หรือแอคทูเอเตอร์ (Actuator) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ระดับฟิลด์ FF H1 ถ้าอุปกรณ์นั้นทำหน้าที่เป็นเครื่องมือวัด (หรือทรานสมิตเตอร์) ข้อมูลและตัวแปรในทรานสดิวเซอร์บล็อกจะเกี่ยวข้องกับชนิดของเซนเซอร์และการแสดงข้อมูลที่ได้จากการวัดที่ส่วนแสดงผลของตัวอุปกรณ์ (Device Indicator) แต่ถ้าอุปกรณ์นั้นทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) จำพวกวาล์วควบคุม ข้อมูลและตัวแปรในทรานสดิวเซอร์บล็อกจะเกี่ยวข้องกับชนิดและรูปแบบการเปิด-ปิดของวาล์วควบคุม นอกจากนี้ในทรานสดิวเซอร์บล็อกยังมีข้อมูลการสอบเทียบ (Calibration) ของตัวอุปกรณ์อีกด้วย ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ภายในทรานสดิวเซอร์บล็อกแสดงดังรูปที่ 2.17 [17] และรูปที่ 2.18 [18]

Relative Index	Index	Parameter Name	Factory Default	Write Mode	Explanation
0	1000	Block Header	TAG="RS"	O/S	Information on this block such as Block Tag, DD Revision, Execution Time etc.
1	1001	ST_REV	0	-	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	Spaces	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 alarm, etc.
5	1005	MODE_BLK	Auto	Auto	The actual, target, permitted, and normal modes of the block.
6	1006	BLOCK_ERR	0	-	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	0	Auto	Read/write test parameter-used only for conformance testing and simulation.
9	1009	DD_RESOURCE	Spaces	-	String identifying the tag of the resource which contains the Device Description for this resource.
10	1010	MANUFAC_ID	0x594543	-	Manufacturer identification number-used by an interface device to locate the DD for the resource.
11	1011	DEV_TYPE	0x000b	-	Manufacturer's model number associated with the resource-used by interface devices to locate the DD file for the resource.
12	1012	DEV_REV	1	-	Manufacturer revision number associated with the resource-used by an interface device to locate the DD file for the resource.

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายในรีซอร์สบล็อกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13	2013	PRIMARY_VALUE_TYPE	101:Volumetric flow	O/S	The type of measurement represented by the primary value. Followings are available for the AXF: 100: mass flow, 101: volumetric flow, 102: average mass flow, 103: average volumetric flow
14	2014	PRIMARY_VALUE	-		Indicates the flow rate.
15	2015	PRIMARY_VALUE_RANGE			Indicates the flow range. These values are converted the value of SENSOR_RANGE by the unit of XD_SCALE and the data of LINE_SIZE.
16	2016	CAL_POINT_HI	2	O/S	The highest calibrated value. To set within the range of SENSOR_RANGE.
17	2017	CAL_POINT_LO	0	O/S	The lowest calibrated value. To set within the range of SENSOR_RANGE.
18	2018	CAL_MIN_SPAN	0.1		The minimum calibration span value allowed.
19	2019	CAL_UNIT	1061:m/s	O/S	The engineering unit for the calibrated values. Refer to Table in 5.4.1 for the units available.
20	2020	SENSOR_TYPE	102	O/S	Indicates the sensor type, which is "Electromagnetic" for the AXF.
21	2021	SENSOR_RANGE			The high and low range limit values, engineering units code and the number of digits to the right of the decimal point for the sensor.
22	2022	SENSOR_SN	Spaces		Serial number.
23	2023	SENSOR_CAL_METHOD	101: Static weigh	O/S	The method of the last sensor calibration. 100=volumetric 101=static weigh 102=dynamic weigh 255=other
24	2024	SENSOR_CAL_LOC	Yokogawa	O/S	Sets/indicates the location of the last sensor calibration.
25	2025	SENSOR_CAL_DATE	0, 0, 0, 0, 0, 0	O/S	Sets/indicates the date of the last sensor calibration.
26	2026	SENSOR_CAL_WHO	Yokogawa	O/S	Sets/indicates the name of the person responsible for the last sensor calibration.

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดีวเซอร์บล็อกของทรานสมิตเตอร์รุ่น ADMAG AXF [17]

Label PARAMETER_NAME	Index Number	RO / RW	Mode	Range	Initial Value	Protect Category	Description
FINAL_POSITION_VALUE	17						Data Type: DS-85 In Travel Control: Valve travel in %, decharacterized to correlate with Setpoint (FINAL_VALUE [13]). In Pressure Control: Implied valve travel as a % of pressure range, decharacterized to correlate with Setpoint (FINAL_VALUE [13]). Controls AI channel 3.
Travel Status (Decharacterized) STATUS	17.1	RO	N/A		N/A	N/A	
Travel (Decharacterized) VALUE	17.2	RO	N/A	-25 to 125%		N/A	
Travel Proportional Gain SERVO_GAIN	18	RW	MAN OOS	>= 0	4.4	SETUP	Data Type: Float Travel Control Only. Gain of servo.
Travel Integral Gain SERVO_RESET	19	RW	MAN OOS	>= 0, = 0 causes wind down	9.4	SETUP	Data Type: Float Travel Control Only. If set to 0, will cause integrator to wind down.
Travel Velocity Gain SERVO_RATE	20	RW	MAN OOS	>= 0	3.0	SETUP	Data Type: Float Travel Control Only. Rate of servo.
Actuator Fail Action ACT_FAIL_ACTION	21	RW	MAN OOS	0=Uninitialized 1=Self Closing 2=Self Opening	1= Self Closing	SETUP	Data Type: Enum (UInt8) Action performed by actuator in the event of air pressure.
Actuator Manufacturer ACT_MAN_ID	22	RW	ALL		0x5100	SETUP	Data Type: UInt32 The actuator manufacturer identification number.
Actuator Model Number ACT_MODEL_NUM	23	RW	ALL		Null	SETUP	Data Type: Visible String Model number of actuator.
Actuator Serial Number ACT_SN	24	RW	ALL		Null	SETUP	Data Type: Visible String Serial number of actuator.
Valve Manufacturer VALVE_MAN_ID	25	RW	ALL		0x5100	SETUP	Data Type: UInt32 The valve manufacturer identification number.
Valve Model Number VALVE_MODEL_NUM	26	RW	ALL		Null	SETUP	Data Type: Visible String The valve model number.

รูปที่ 2.18 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในทรานสดีวเซอร์บล็อกของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F [18]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ฟังก์ชันบล็อก

ฟังก์ชันบล็อกเป็นบล็อกที่เกี่ยวข้องกับฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ โดยทาง Fieldbus Foundation ได้มีการกำหนดฟังก์ชันบล็อกมาตรฐาน (Standard Function Block) ที่จำเป็นในการควบคุมกระบวนการ (Process Control) รวมทั้งการเฝ้าสังเกตกระบวนการ (Process Monitoring) จำนวน 10 บล็อก ดังสรุปในตารางที่ 2.6 [26] โดยฟังก์ชันบล็อกแต่ละบล็อกประกอบด้วยโครงสร้างทั่วไปสำหรับการกำหนดบล็อกอินพุต เอาต์พุต ตัวแปรควบคุม เหตุการณ์ การแจ้งเตือน และโหมดการควบคุม ในรูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในฟังก์ชันบล็อก AI ของทรานสมิตเตอร์รุ่น ST3000 FF S900 [16] ส่วนรูปที่ 2.20 และรูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในฟังก์ชันบล็อก AO และบล็อก PID ของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F ตามลำดับ [18]

ตารางที่ 2.6 ฟังก์ชันบล็อกมาตรฐานของฟาวนด์ชันฟิลด์บัส [26]

Part-2 Block	Standard Block	Description
AI	Analog Input Block	The block takes the manufacturer's input data, selected by channel number, and makes it available to other function blocks as its output.
DI	Discrete Input Block	The block takes the manufacturer's discrete input data, selected by channel number, and makes it available to other function blocks as its output.
ML	Manual Loader Block	The block has an output whose value is not set by the block algorithm. Its output may set by the operator in Manual (Man) mode, or a computer in Remote-Output (ROut) mode.
BG	Bias/Gain Station Block	The block is intended to allow several unit controllers, such as boiler masters, to be set by one controller output, such as a plant master. It may used for biased external feedforward control.
	Bias/Gain Station Block	The block is intended to allow several unit controllers, such as boiler masters, to be set by one controller output, such as a plant master. It may used for biased external feedforward control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

Part-2 Block	Standard Block	Description
CS	Control Selector Block	The block is intended to select one of two or three control signals in a manner determined by SEL_TYPE, when the block is in Automatic (Auto) mode.
PD	P, PD Controller Block	The block is exactly like the PID block, with the exception of having a BIAS instead of a Reset term.
PID	PID, PI, I Controller Block	The block is key to many control schemes and is used almost universally, with the exception of PD, which is used when the process itself does the integration.
RA	Ratio Station Block	The block setpoint (SP) is the ratio of its output to its input.
AO	Analog Output Block	The block converts the value in SP to something useful for the hardware found at the 'Channel' selection.
DO	Discrete Output Block	The block converts the value in SP_D to something useful for the hardware found at the 'CHANNEL' selection.

Index	Parameter (FF standard parameter)	Description	Sub-parameter
13	IO_OPTS	A set of lags to select or activate various I/O options.	---
14	STATUS_OPTS	Defines optional features for the OUT parameter status.	---
15	CHANNEL	The number of the logical hardware channel that is currently connected to the AI FB.	---
16	L_TYPE	Defines calculation type for the value passed from transducer block.	
17	LOW_CUT	Low limit value used in input processing to eliminate noise near zero for flow sensor.	
18	PV_FTIME	Time constant of a single exponential filter for the PV.	
19	FIELD_VAL	The raw value in percent of XD_SCALE before L_TYPE, LOW_CUT and PV_FTIME calculation.	Status Value
20	UPDATE_EVT	An alert generated by the AI FB to report any changes in its static data. The alert contains its acknowledged status, time stamp, a new static revision number, and a relative index of an updated static data.	Unacknowledged Update State Time Stamp Static Revision Relative Index

เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.19 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในบล็อก AI ของทรานส์มิเตอร์รุ่น ST3000 FF-S900 [16] การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Label PARAMETER_NAME	Index Number	RO / RW	Block Mode	Range	Initial Value	Description
Gain GAIN	23		ALL	greater than 0	1	Data Type: Float The proportional gain value.
Reset RESET	24		ALL	Positive	+ INF	Data Type: Float The integral action time constant. Seconds per repeat
Balance Time BAL_TIME	25		ALL	Positive	0	Data Type: Float The specified time, in seconds, for the internal working value of bias to return to the operator set bias. Also used to specify the time constant at which the integral term will move to obtain balance when the output is limited and the mode is AUTO, CAS, or RCAS.
Rate RATE	26		ALL	Positive	0	Data Type: Float The derivative action time constant, in seconds.
Back Calculation Input BKCAL_IN	27		ALL	Status	BAD: NC: const	Data Type: DS-65 The analog input value and status from another block's BKCAL_OUT output that is used for backward output tracking for bumpless transfer and to pass limit status.
Output High Limit OUT_HI_LIM	28		ALL	OUT_SCALE +/- 10%	100	Data Type: Float Limits the maximum output value for modes other than manual.
Output Low Limit OUT_LO_LIM	29		ALL	OUT_SCALE +/- 10%	0	Data Type: Float Limits the minimum output value for modes other than manual.
Back Calculation Hysteresis BKCAL_HYS	30		ALL	0 to 50%	0.50%	Data Type: Float The amount the output value must change away from its output limit before limit status is turned off.

รูปที่ 2.20 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในบล็อก PID ของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F [18]

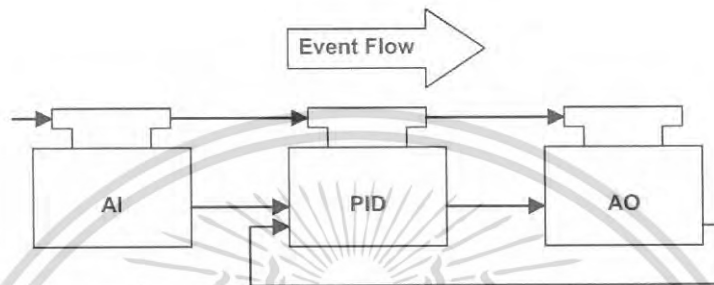
Label PARAMETER_NAME	Index Number	RO / RW	Block Mode	Range	Initial Value	Description
Setpoint Rate Down SP_RATE_DN	18		ALL	Positive, 0 disables rate limiting PV units	+INF	Data Type: Float Ramp rate for downward set point changes. When the ramp rate is set to zero, the set point is used immediately.
Setpoint Rate Up SP_RATE_UP	19		ALL	Positive, 0 disables rate limiting PV units	+INF	Data Type: Float Ramp rate for upward set point changes. When the ramp rate is set to zero, the setpoint is used immediately.
Setpoint High Limit SP_HI_LIM	20		ALL	PV Scale +/- 10%	100	Data Type: Float The highest set point value allowed. SP_HI_LIM must be greater than SP_LO_LIM.
Setpoint Low Limit SP_LO_LIM	21		ALL	PV Scale +/- 10%	0	Data Type: Float The lowest set point value allowed. SP_LO_LIM must be less than SP_HI_LIM.
AO Channel CHANNEL	22		OOS	1=Setpoint	1=Setpoint	Data Type: Unsigned16 Defines which transducer parameter receives the AO output. Select Setpoint to control valve position.
Fault State Time FSTATE_TIME	23		ALL	Positive, seconds	0	Data Type: Float Time from failure detection to reaction if failure still exists.
Fault State Value FSTATE_VAL	24		ALL	PV Scale +/- 10%	0	Data Type: Float Preset value to use if I/O_OPTS Fault State to Value or Use Fault State Value on Restart is set.
Back Calculation Output BKCAL_OUT	25	RO	N/A	Status Limits Value	Dynamic	Data Type: DS-65 The value and status required by the BKCAL_IN input of another block to prevent reset windup and to provide bumpless transfer to closed loop control.

รูปที่ 2.21 ตัวอย่างข้อมูลบางส่วนที่อยู่ในบล็อก AO ของวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F [18]

2.3 ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการสร้างลูปควบคุมพีไอดี [16]-[18], [20]-[28]

การสร้างลูปควบคุมพีไอดีด้วยเทคโนโลยี FF H1 ใช้ฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก PID และฟังก์ชันบล็อก AO มาเชื่อมต่อกัน โดยลำดับการประมวลผล (Event Flow) เพื่อควบคุมกระบวนการ จะเริ่มต้นจากบล็อก AI บล็อก PID และบล็อก AO ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.22 [25] โดยค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

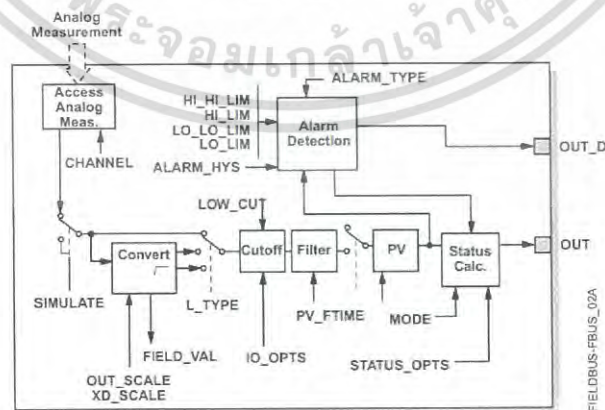
เอาต์พุตของบล็อก AI (ค่าตัวแปรกระบวนการที่เซนเซอร์ของเครื่องมือวัดตรวจวัดได้) จะเป็นค่าอินพุตของบล็อกควบคุม PID (ค่าตัวแปรกระบวนการหรือ PV ของตัวควบคุม) โดยค่าเอาต์พุตที่ได้จากการประมวลผลของบล็อกควบคุม PID จะนำไปสั่งการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายด้วยบล็อก AO นอกจากนี้ บล็อก AO จะมีการแจ้งข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมสุดท้ายกลับไปยังบล็อก PID เพื่อให้บล็อก PID ทำการตรวจสอบในลักษณะ 'Hand Shaking' ได้



รูปที่ 2.22 ลำดับการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อกในลูควบคุมพีไอดี [25]

2.3.1 ฟังก์ชันบล็อก AI

ฟังก์ชันบล็อก AI ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.23 [26]-[27] เป็นบล็อกหลักในอุปกรณ์ระดับฟิลด์จำพวกเครื่องมือวัดหรือทรานสมิตเตอร์ ค่าเอาต์พุต (OUT) ของบล็อกมีหน่วยทางวิศวกรรม (Engineering Unit) ส่วนค่าเอาต์พุตที่ไม่ต่อเนื่อง (OUT_D) นิยมใช้เป็นเงื่อนไขของระบบแจ้งเตือนต่าง ๆ นอกจากนี้ เครื่องมือวัดจากผู้ผลิตบางรายมีความสามารถวัดค่าได้หลายตัวแปร (Multivariable Measurement) จึงต้องมีการกำหนดเลือกที่มาของข้อมูลว่ามาจากผลการตรวจวัด



(ก) บล็อกที่มีเอาต์พุต OUT และ OUT_D [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

พารามิเตอร์	ค่าที่เลือกได้	ความหมาย
L_TYPE	Direct	เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ในการแปลงค่าจาก XD_SCALE เป็น OUT_SCALE ด้วยหน่วยวิศวกรรม (Engineering Unit: EU) หน่วยเดียว
	Indirect	เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ในการแปลงค่าจาก XD_SCALE เป็น OUT_SCALE ด้วยหน่วย EU ที่แตกต่างกัน
	Indirect_SQR	เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ในการแปลงค่าจาก XD_SCALE เป็น OUT_SCALE ด้วยหน่วย EU ที่แตกต่างกันโดยตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI มีความสัมพันธ์กันในรูปแบบของค่ารากกำลังสอง (Square Root)
MODE	OOS (Out of Service)	เป็นการกำหนดให้ฟังก์ชันบล็อกหยุดการทำงาน
	MAN (Manual)	เป็นโหมดการทำงานที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AI ได้ โดยไม่มีการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก
	AUTO (Automatic)	เป็นโหมดการทำงานที่ค่าตัวแปร OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก

2.3.2 ฟังก์ชันบล็อก PID

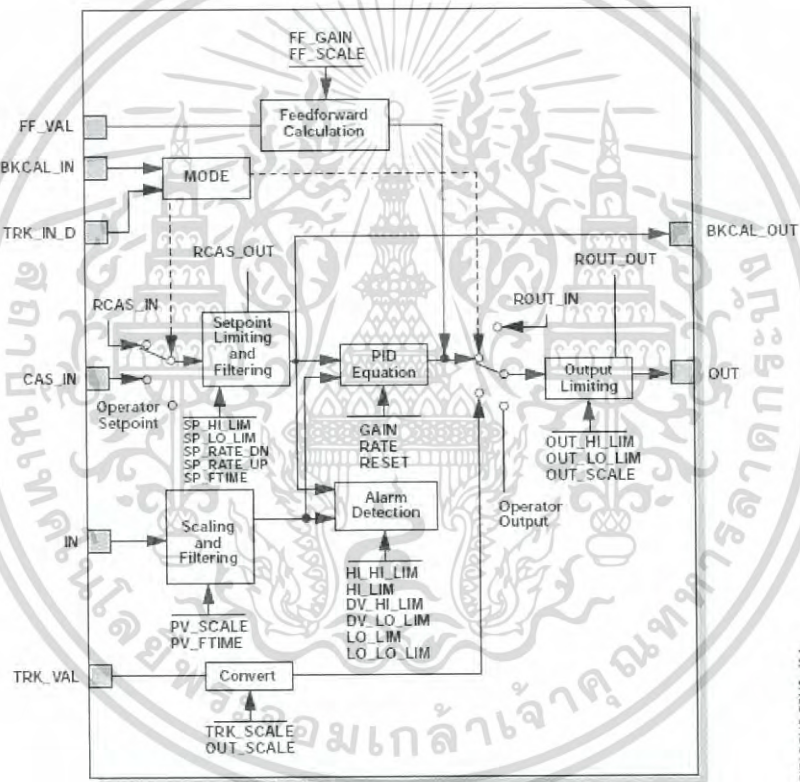
ฟังก์ชันบล็อก PID ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.24 [26]-[27] เป็นฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการดำเนินการควบคุมกระบวนการ โดยที่สมการ PID (PID Equation) ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์ ถ้าอ้างอิงตามมาตรฐาน ISA จะเขียนสมการ PID ได้ดังนี้

$$\text{Standard Out} = GAIN \times e \times \left(1 + \frac{1}{\tau_r s + 1} + \frac{\tau_d s}{\alpha \times \tau_d s + 1} \right) + F \quad (2.1)$$

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

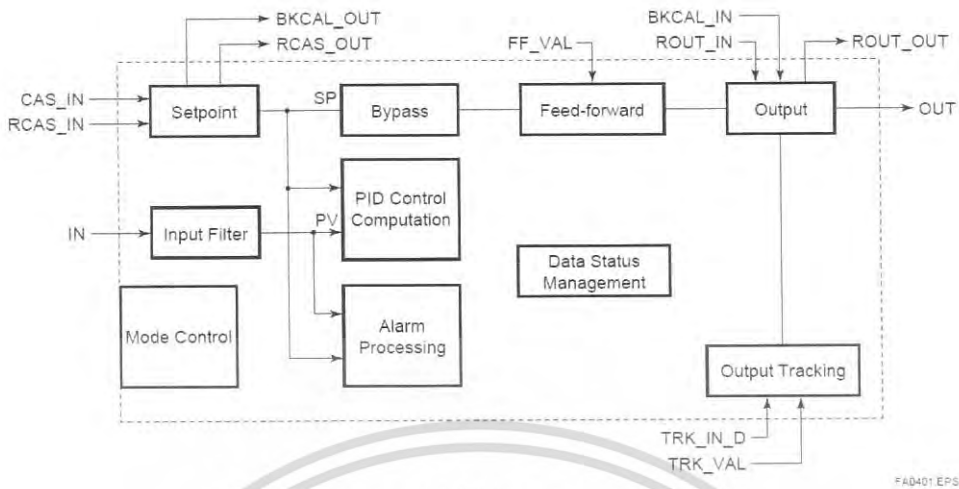
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ GAIN คือ ค่าอัตราขยายแบบ P
- T_r คือ ค่าอินทิกรัลหรือเวลาในการรีเซต
- S คือ การดำเนินการลาปลาซ
- T_d คือ ค่าอนุพันธ์หรือ Rate Time
- α คือ ค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 0.1
- F คือ รูปแบบการควบคุมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward Control)
- e คือ ค่าผิดพลาดระหว่างค่าตัวแปรกระบวนการกับค่าเป้าหมาย



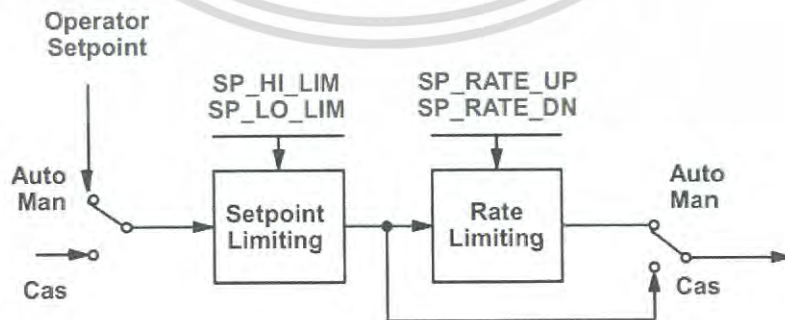
(ก) บล็อก PID ภายในอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ของบริษัท Emerson

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) บล็อก PID ภายในอุปกรณ์ฟิลต์บัส H1 ของบริษัท Yokogawa
 รูปที่ 2.24 ตัวอย่างโครงสร้างการฟังก์ชันบล็อก PID

ค่าเป้าหมาย (Setpoint) หรือ SP ของฟังก์ชันบล็อก PID จะถูกกำหนดโดยโหมด ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตัวแปร SP_HI_LIM และ SP_LO_LIM เพื่อกำหนดขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของค่าเป้าหมายในโหมดคาสเคด (Cas) หรือรีโมทคาสเคด (RCas) ตามลำดับ โดยที่ค่า SP จะถูกปรับโดยฟังก์ชันบล็อกอื่นหรือโดยไฮสแต็บ 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) ค่าเอาต์พุตจะถูกป้อนมาจากไฮสแต็บและเป็นอิสระจากค่า SP เช่นเดียวกับในโหมด Manual หรือ Man รูปที่ 2.25 แสดงตัวอย่างหลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP



รูปที่ 2.25 หลักการของการเลือกและกำหนดขอบเขตของค่า SP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ค่าเป้าหมายจะถูกกำหนดไปยังค่าตัวแปรกระบวนการ ในขณะที่มีการกำหนดโหมด 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) ถ้าการใช้ค่า PV ในตัวเลือก BKCAL_OUT ไม่ถูกกำหนดแล้ว ค่า SP ในการทำงาน (SP_WRK) จะถูกใช้สำหรับ BKCAL_OUT

ผู้ใช้งานสามารถเลือกรูปแบบการควบคุมได้ก็ต่อเมื่อบล็อกอยู่ในโหมด Manual หรือ Out of Service เท่านั้น เมื่อโหมดการทำงานถูกเลือกให้เป็น Auto ค่าเป้าหมายจะคงสถานะสุดท้ายเอาไว้

ฟังก์ชันบล็อก PID รองรับโหมดการทำงานดังต่อไปนี้

1) Manual (Man) ในโหมดนี้ค่า OUT จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานเอง
2) Automatic (Auto) ในโหมดนี้ค่า SP จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานและค่าเอาต์พุตจะได้มาจากการคำนวณตามสมการของบล็อก

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID

ตัวแปร	ค่าที่เลือกได้	ความหมาย
PV_SCALE	เลือกให้สัมพันธ์กับ OUT_SCALE ของฟังก์ชันบล็อก AI ที่ใช้ร่วมกับฟังก์ชันบล็อก PID นี้	เป็นการกำหนดช่วงหรือสเกลของค่า PV โดยค่า PV นี้ จะมีความสัมพันธ์กับค่าตัวแปรที่ป้อนเข้าที่พอร์ต IN ของฟังก์ชันบล็อก PID
OUT_SCALE	ตามความต้องการในการใช้งาน	เป็นการกำหนดช่วงหรือสเกลของค่า OUT ของฟังก์ชันบล็อก PID
GAIN	ตามความต้องการในการใช้งานแต่ค่า Gain จะเท่ากับศูนย์ไม่ได้	เป็นค่าสำหรับ Proportional Gain ของสมการ PID
RESET	ตามความต้องการในการใช้งานโดยเลือกกำหนดในหน่วยวินาที	เป็นค่าเวลาคงตัวสำหรับฟังก์ชันอินทิเกรต (Integral Action Time Constant) ของสมการ PID
RATE	ตามความต้องการในการใช้งานโดยเลือกกำหนดในหน่วยวินาที	เป็นค่าเวลาคงตัวฟังก์ชันอนุพันธ์ (Derivation Action Time Constant) ของสมการ PID
MODE	MAN (Manual)	ในโหมดการทำงานนี้ ผู้ใช้สามารถกำหนดค่า OUT ของฟังก์ชันบล็อกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.8 (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าที่เลือกได้	ความหมาย
MODE	AUTO (Automatic)	ในโหมดการทำงานนี้ค่า OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก PID โดยค่าตัวแปร SP ได้จากการกำหนดของผู้ใช้งาน
	CAS (Cascade)	ในโหมดการทำงานนี้ค่า OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก โดยค่า SP ได้จากค่าตัวแปรที่ป้อนเข้าที่พอร์ต CAS_IN ของฟังก์ชันบล็อก PID
	RCAS (Remote Output)	ในโหมดการทำงานนี้ค่า OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก โดยค่า SP ได้จากค่าตัวแปรที่ป้อนเข้าที่พอร์ต RCAS_IN ของฟังก์ชันบล็อก PID

2.3.3 ฟังก์ชันบล็อก AO

ฟังก์ชันบล็อก AO (Analog Output) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.26 [27] เป็นบล็อกที่สำคัญของอุปกรณ์แอกทูเอเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) จำพวกวาล์วควบคุม เพื่อใช้ปรับแต่งกระบวนการให้เข้าใกล้ค่าเป้าหมาย SP โดยค่าเอาต์พุต OUT ของบล็อกจะถูกส่งไปยังทรานสดิวเซอร์ของอุปกรณ์ (ที่มีบล็อก AO อยู่ภายใน) ค่าตัวแปร CHANNEL ซึ่งบริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์โดยทั่วไปมักมีค่าเริ่มต้นของ CHANNEL เท่ากับ 1

ฟังก์ชันบล็อก AO รองรับการกำหนดของโหมดดังต่อไปนี้

1) Manual (Man) ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเอาต์พุต OUT ได้โดยตรงโดยไม่ขึ้นอยู่กับค่าอินพุตของบล็อกจากตัวแปร CAS_IN โดยโหมดนี้ใช้เป็นโหมดเริ่มต้นเมื่อมีการซ่อมบำรุงหรือแก้ไขปัญหาต่าง ๆ

2) Automatic (Auto) ค่า OUT เป็นผลมาจากเป้าหมายของการควบคุมกระบวนการซึ่งถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของค่า SP

3) Cascade (Cas) คุณสมบัติของค่า SP ถูกกำหนดโดยฟังก์ชันบล็อกอื่นผ่านทาง การเชื่อมต่อมายังค่าตัวแปร CAS_IN และค่า SP จะถูกใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของ OUT โดยอัตโนมัติ

4) Remote Cascade (RCas) ค่า SP ของโหมดนี้จะกำหนดโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นโฮสต์ 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

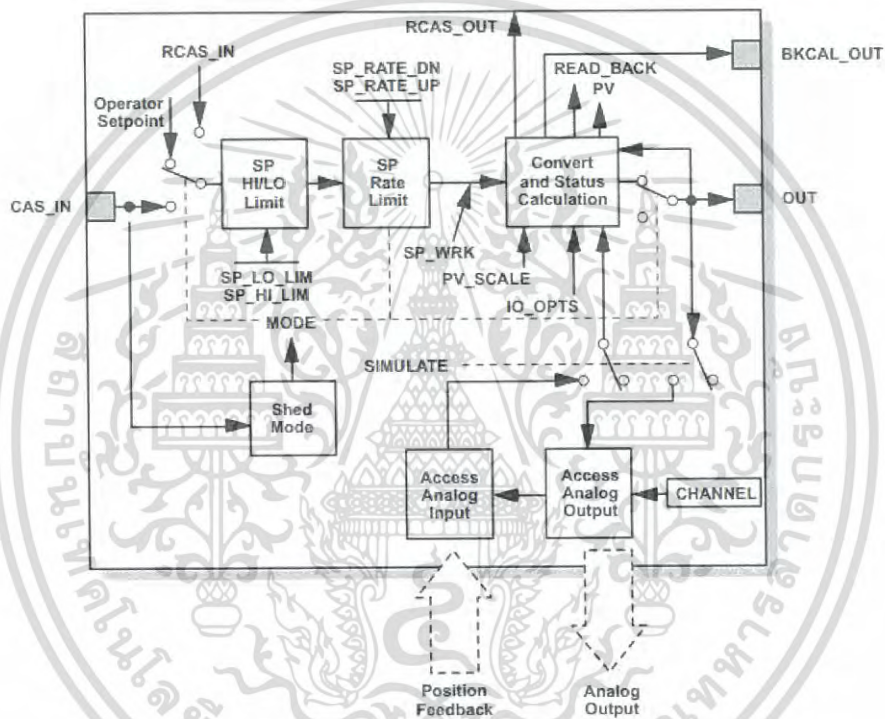
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ก่อนนี้ หากมีข้อสงสัยหรือข้อผิดพลาดประการใด กรุณาแจ้งไปยังฝ่ายเทคนิคของ บริษัท ออโตเมติกส์ จำกัด (มหาชน) หรือติดต่อฝ่ายขายของบริษัท ออโตเมติกส์ จำกัด (มหาชน) ได้ที่ โทร. 02-010-1111 หรือ อีเมล: sales@otm.co.th

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) Initialization Manual (IMan) ฟังก์ชันนี้จะถูกแสดงเมื่อเส้นทางเชื่อมต่อไปยังเอาต์พุตไม่สามารถใช้งานได้จะถูกคงไว้ที่ค่าตำแหน่งสุดท้าย

7) Local Override (LO) เอาต์พุตของบล็อกนี้จะไม่ตอบสนองต่อค่าเอาต์พุต OUT เนื่องจากรีเซอร์สบล็อกอยู่ในโหมด LO หรือมีการกระทำที่ผิดไปจากสถานการณ์ใช้งานปกติโดยโหมดเป้าหมายของบล็อก AO อาจถูกจำกัดให้เลือกได้เพียงหนึ่งหรือมากกว่าจากตัวเลือกดังนี้ Man, Auto, Cas, RCas หรือ OOS

ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.9



รูปที่ 2.26 ตัวอย่างโครงสร้างฟังก์ชันบล็อก AO [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ค่าตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO

ตัวแปร	ค่าที่เลือกได้	ความหมาย
CHANNEL	ควรศึกษาจากคู่มือการใช้งานโดยทั่วไปจะมีค่าเริ่มต้นเป็น 1	เป็นการกำหนดสัญญาณเอาต์พุตที่ไปสั่งการให้อุปกรณ์ทำงาน
PV_SCALE	ควรศึกษาจากคู่มือการใช้งานของอุปกรณ์	เป็นช่วงเวลา หรือ สเกลของค่า PV โดยค่า PV ถูกใช้ในการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก AO ซึ่งค่า PV นี้ได้จากการแปลงค่าของตัวแปร READ_BACK เพื่อแสดงค่าตำแหน่งของตัวแอกทูเอเตอร์
OUT_SCALE	ตามความต้องการในการใช้งาน	ช่วง หรือ สเกลของสัญญาณ OUT ของฟังก์ชันบล็อก AO
MODE	MAN (Manual)	เป็นโหมดการทำงานที่ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าตัวแปร OUT ของฟังก์ชันบล็อก AO ได้ โดยไม่มีการประมวลผลของบล็อก
	AUTO (Automatic)	เป็นโหมดการทำงานที่ค่าตัวแปร OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก โดยมีค่าที่ถูกกำหนดไว้ใน SP เป็นค่าเป้าหมายในการประมวลผล
	CAS (Cascade)	เป็นโหมดการทำงานที่ค่าตัวแปร OUT ได้จากการประมวลผลของฟังก์ชันบล็อก โดยมีค่าตัวแปรที่ป้อนเข้ามาที่พอร์ต CAS_IN เป็นค่าเป้าหมายหรือ SP ของการประมวลผล

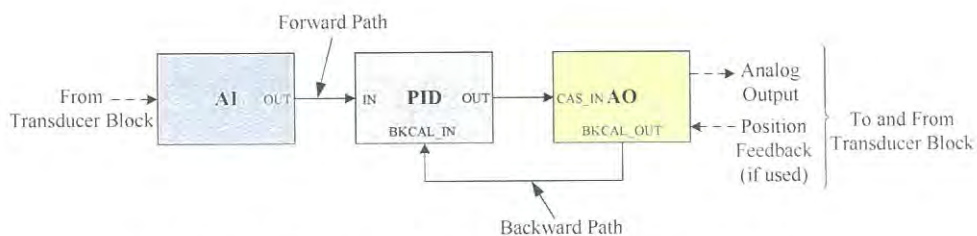
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

ตัวแปร	ค่าที่เลือกได้	ความหมาย
MODE	RCAS (Remote Cascade)	เป็นโหมดการทำงานที่ค่าตัวแปร OUT ได้จากการประมวลของฟังก์ชันบล็อก โดยมีค่าตัวแปรที่ส่งจากโฮสต์ป้อนเข้ามาที่พอร์ต RCAS_IN เป็นค่าเป้าหมายหรือ SP ของการประมวลผล
	OOS (Out of Service)	เป็นการกำหนดให้ฟังก์ชันบล็อกหยุดทำงาน
	IMAN (Initialization Manual)	มีปัญหาในการส่งข้อมูลสำหรับค่า OUT เพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ทำงาน โดยค่า OUT จะถูกคงค่าเอาไว้ที่ค่าสุดท้ายก่อนที่จะมีปัญหาเกิดขึ้น
	LO (Local Override)	ค่าเอาต์พุตของบล็อกไม่ตอบสนองตามค่าตัวแปร OUT เนื่องจากโหมดการทำงานของรีเซอร์สบล็อกเป็นโหมด LO หรืออยู่ในสถานะที่มีความผิดปกติ (Fault State Action)

2.4 การสร้างลูปควบคุมพีเอ็ดอีในรูปแบบ CIF

การสร้างลูปควบคุมด้วยฟังก์ชันบล็อกของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเป็นการนำฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ มาเชื่อมต่อกันโดยมีการสร้างลิงค์ในลักษณะ Forward Path จากค่าตัวแปรเอาต์พุต เช่น OUT ของบล็อกด้านหน้าไปยังค่าพารามิเตอร์ เช่น IN หรือ CAS_IN ของบล็อกถัดไป หรืออาจมีการลิงค์ในลักษณะ Backward Path จากค่าตัวแปรเอาต์พุตแบบย้อนกลับเช่น BKCAL_OUT ของบล็อกที่อยู่ด้านหลังไปยังค่าตัวแปรอินพุตที่สัมพันธ์กันเช่น BKCAL_IN ของบล็อกที่อยู่ด้านหน้า

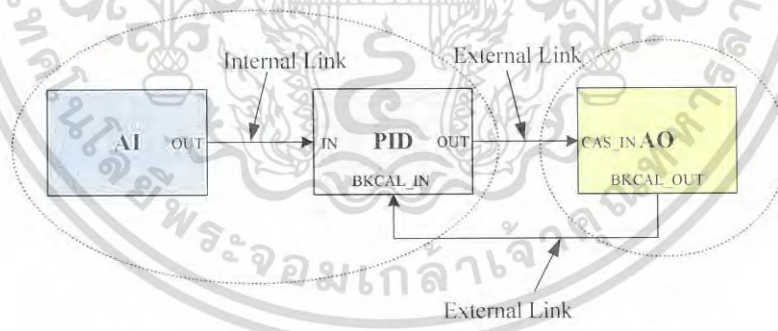


รูปที่ 2.27 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมสำหรับลูปควบคุมพีเอ็ดอี

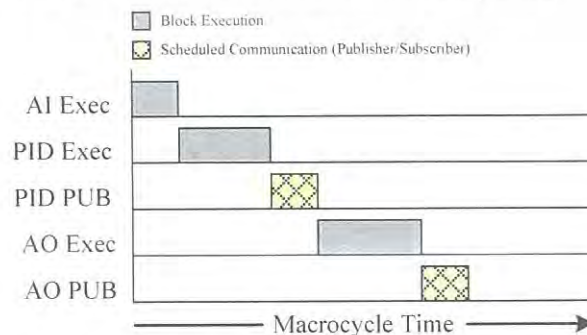
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.27 แสดงวงจรของฟังก์ชันบล็อกสำหรับควบคุมพีไอดีเมื่อบล็อกของ AI ได้รับค่าจากการวัดก็จะประมวลผลแล้วส่งค่าตัวแปรจาก OUT ไปที่ตัวแปร CAS_IN ของบล็อก PID หลังจากบล็อก PID ก็จะทำการคำนวณหาค่า PV จาก PID Equation แล้วส่งข้อมูลจากค่าตัวแปร OUT ของบล็อก PID ไปยังค่าตัวแปร CAS_IN ของบล็อก AO ซึ่งบล็อก AO ก็จะดำเนินการแล้วส่งข้อมูลกลับไปหาบล็อก PID ผ่านค่าตัวแปร BRCAL_OUT ของบล็อก AO ไปยังตัวแปร BRCAL_IN ของบล็อก PID จนกว่าจะได้ค่า PV ที่ใกล้เคียงกับค่า SP ตามต้องการ

ในการสร้างลูควบคุมนอกเหนือไปจากการนำเอาฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ มาลิงค์ต่อกันแล้วผู้ใช้งานต้องเลือกกำหนดว่าฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในลูควบคุม จะเป็นฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลต์ H1 ตัวใด โดยทั่วไปฟังก์ชันบล็อก AI จะเป็นบล็อกที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่ใช้เป็นเครื่องมือวัดจำพวกทรานสมิตเตอร์ต่าง ๆ และฟังก์ชันบล็อก AO จะเป็นบล็อกที่อยู่ภายในตัวอุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่ใช้เป็นอุปกรณ์แอคทูเอเตอร์หรืออุปกรณ์ควบคุมตัวสุดท้ายจำพวกวาล์วควบคุม ส่วนฟังก์ชันบล็อก PID สำหรับลูควบคุมพีไอดีดังรูปที่ 2.27 ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดด้วยแนวคิด CIF ได้ 2 ทางเลือกคือ การเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ภายในเครื่องมือวัดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ดังรูปที่ 2.28 หรือการเลือกฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์แอคทูเอเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO ดังแสดงในรูปที่ 2.29 เมื่อพิจารณาในแง่ของการประมวลผลของลูควบคุมพีไอดี ทั้งสองทางเลือกนี้สามารถควบคุมกระบวนการได้ทั้งสองทางเลือก แต่เมื่อพิจารณามาโครไซเคิลที่แสดงถึงลำดับการทำงานของฟังก์ชันบล็อกที่ถูกใช้ในการควบคุมและการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ ดังแสดงใน



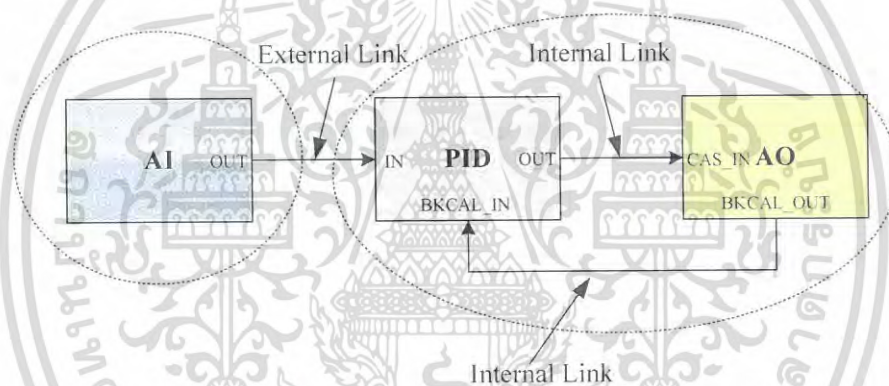
(ก) การเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์



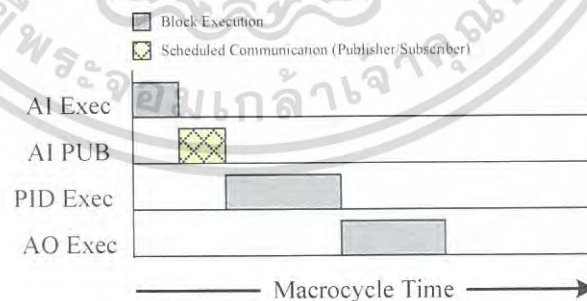
(ข) มาโครไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 2.28 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ประโยชน์ด้านการคำนวณที่ต่ำกว่า ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกกำหนดด้วยแนวคิด CIF ได้ 2 ทางเลือกคือ การเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ภายในเครื่องมือวัดซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ดังรูปที่ 2.28 หรือการเลือกฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์แอคทูเอเตอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO ดังแสดงในรูปที่ 2.29 เมื่อพิจารณาในแง่ของการประมวลผลของลูควบคุมพีไอดี ทั้งสองทางเลือกนี้สามารถควบคุมกระบวนการได้ทั้งสองทางเลือก แต่เมื่อพิจารณามาโครไซเคิลที่แสดงถึงลำดับการทำงานของฟังก์ชันบล็อกที่ถูกใช้ในการควบคุมและการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ ดังแสดงใน

รูปที่ 2.28(ข) และ 2.29(ข) ในกรณีที่ใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AI ดังรูปที่ 2.28 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 ถูกกำหนดให้ใช้จากอุปกรณ์ที่ต่างกัน ดังนั้นการรับ-ส่งข้อมูลจำเป็นต้องใช้เครือข่ายในการสื่อสาร โดยการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อกที่อยู่ต่างอุปกรณ์กันผ่าน External Link เป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Scheduled Communication นั่นเอง ส่วนช่วงเวลาอื่นในเครือข่ายไม่ได้ถูกกำหนดไว้ให้ใช้สำหรับ Scheduled Communication แล้วการรับ-ส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นบนเครือข่ายจะเป็น Unscheduled Communication



(ก) การเลือกกำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ภายในอุปกรณ์



(ข) มาโครไซเคิล

รูปที่ 2.29 การใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO

ในทางตรงกันข้าม สำหรับกรณีที่ใช้ฟังก์ชันบล็อก PID ของอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันบล็อก AO ดังรูปที่ 2.29(ก) การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก AI และ PID จัดว่าเป็น External Link ส่วนการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างฟังก์ชันบล็อก PID และ AO จัดว่าเป็น Internal Link เมื่อเปรียบเทียบมาโครไซเคิลในรูปที่ 2.28(ข) และรูปที่ 2.29(ข) จะเห็นว่าในรูป 2.28(ข) และรูปที่ 2.29(ข) มีการถูกรอกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไวดำเนินการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

2.5 ตัวแปรในฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ [5], [29]

เซตของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาว์เดชั่นฟิลด์บัสที่ใช้แสดงว่า 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

2.10 ส่วนตารางที่ 2.11 เป็นการสรุปความสำคัญของตัวแปรและวิธีการเลือกกำหนดใช้งาน และเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

ตารางที่ 2.10 ความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการกำหนดเงื่อนไขระดับความสำคัญและข้อความสถานะ[5]

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 2.11 ความสำคัญของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการ [29]

Parameter Name	Block Found 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,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 (ต่อ)

Parameter Name	Block Found in	Used by/for
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 ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนและการแสดงข้อความสถานะในการแจ้งเตือนกระบวนการสำหรับฟังก์ชันบล็อกฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

Priority Level	Status Information	Priority Description
0	No indication	The priority of an alarm condition changes to 0 after the condition that caused the alarm is corrected.
1	No notification	An alarm condition with a priority of 1 is recognized by the system, but is not reported to the operator.
2	Low – Fixed	An alarm condition with a priority of 2 is reported to the operator, but does not require operator attention (such as diagnostics and system alerts).
3-7	Block alarms/Advisory alarms	Alarm conditions of priority 3 to 7 are advisory alarms of increasing priority.
8-15	Critical alarms	Alarm conditions of priority 8 to 15 are critical alarms of increasing priority.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

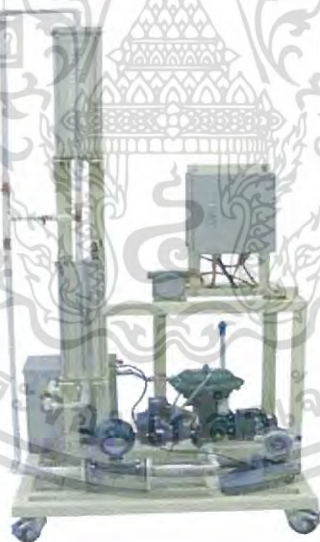
การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในรูปควบคุมพีไอดีที่สนใจ

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการ ศึกษาของ พลาเน็ตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ระบบโฮสต์ DeltaV ขั้นตอนการสร้างรูปควบคุม การแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV การกำหนดค่าการแจ้งเตือน การแจ้งเตือนในโมดูลการควบคุมโดยใช้เงื่อนไขของฟังก์ชันบล็อก การออกแบบการทดลอง และผลการทดลองและอภิปรายผล

3.2 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมระดับน้ำในถังที่ใช้ในกรณีศึกษา

รูปที่ 3.1 แสดงพลาเน็ตโมเดล การควบคุมระดับ น้ำในถังที่ใช้ในกรณีศึกษา โดยมีการติดตั้ง อุปกรณ์ฟลัดบัค H1 คือ ทรานสมิตเตอร์วัดระดับน้ำ (LIT_201) รุ่น ST3000 FF S900 [16] ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหล (FIT_201) รุ่น ADMAG AXF [17] และวาล์วควบคุมรุ่น DCV6000F (LCV_201) [18] ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ถึง 3.4 ตามลำดับ ซึ่งมีรายละเอียดของอุปกรณ์ และแบบพีไอดี (Piping & Instrumentation Diagram: P&ID) ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.5 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 พลาเน็ตโมเดลการควบคุมระดับน้ำในถังที่ใช้ในกรณีศึกษา



รูปที่ 3.2 ทรานสมิตเตอร์วัดระดับรุ่น ST3000 FF S900 ของบริษัท Yamatake (Azbil)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดอัตราการไหลรุ่น ADMAG AXF ของบริษัท Yokogawa



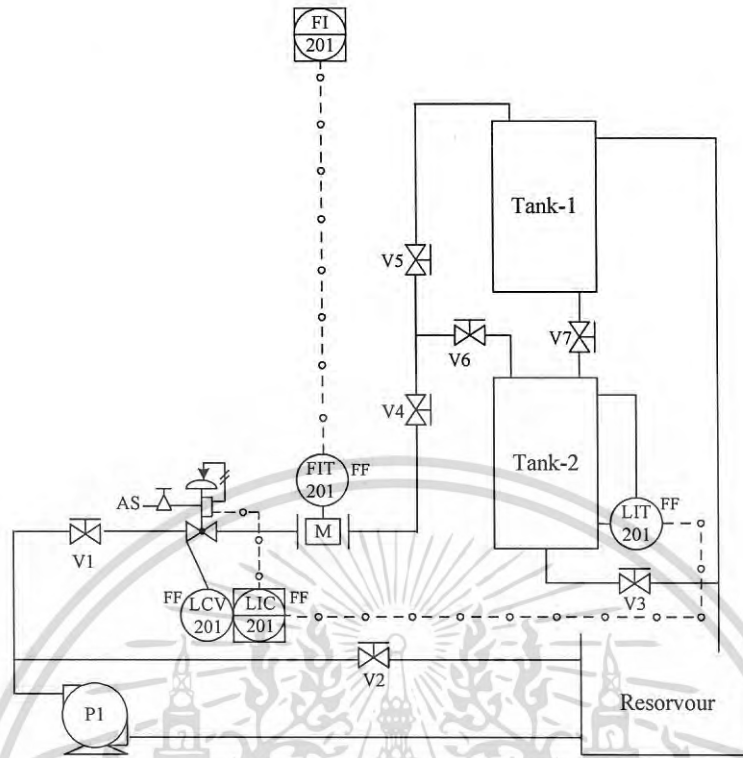
รูปที่ 3.4 วาล์วควบคุมรุ่น DVC6000F ของบริษัท Emerson

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่ติดตั้งในพลานต์โมเดลในรูปที่ 3.1

PD-Tag	LCV_201	FIT_201	LIT_201
Vendor	Emerson	Yokogawa	Yamatake (Azbil)
Model	DVC6000F	ADMAG AXF	ST3000 FF S900
Revision	1	1	1
AI Count	1	1	2
AI Time	25 ms	30 ms	75 ms
AO Count	1	N/A	N/A
AO Time	25 ms	N/A	N/A
PID Count	1	1	1
PID Time	30 ms	50 ms	125 ms

จากตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่ติดตั้งในพลานต์โมเดลในรูปที่ 3.1 ในส่วนของผู้ผลิต (Vendor) รุ่นของอุปกรณ์ (Model) รุ่นในการปรับปรุง (Revision) จำนวนบัส AI ภายในอุปกรณ์ (AI Count) ค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของบัส AI (AI Time) จำนวนบัส AO ภายในอุปกรณ์ (AO Count) ค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของบัส AO (AO Time) จำนวนบัส PID ภายในอุปกรณ์ (PID Count) และค่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของบัส PID (PID Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แบบพีแอนด์ไอของพลาเน็ตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

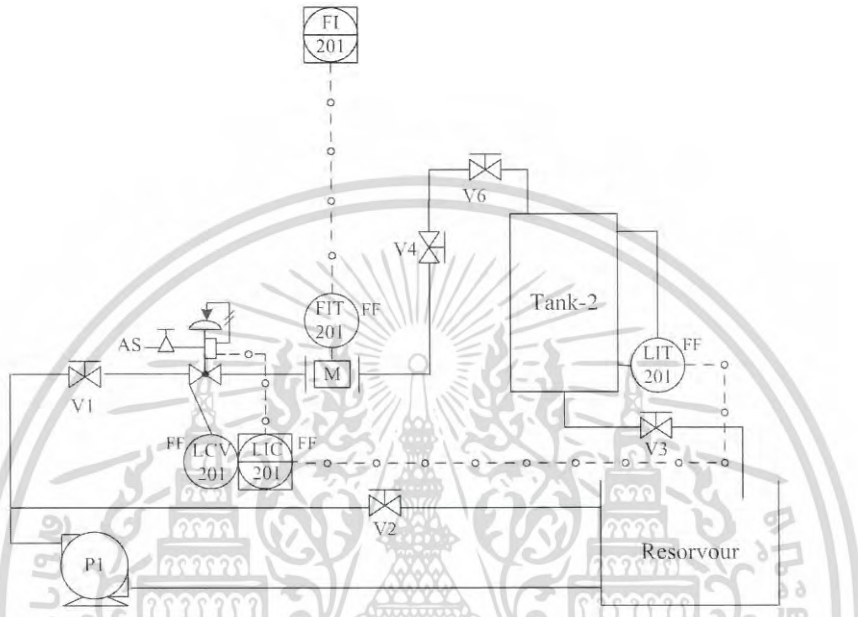
ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งเปิด-ปิดของวาล์วโยกมือในรูปที่ 3.2

วาล์วโยกมือ (Manual Valve)	ตำแหน่ง
V1	เปิด
V2	เปิด
V3	เปิด
V4	เปิด
V5	ปิด
V6	เปิด
V7	ปิด (ในสถานะปกติ)/ เปิด (ในการจำลองให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือน High)

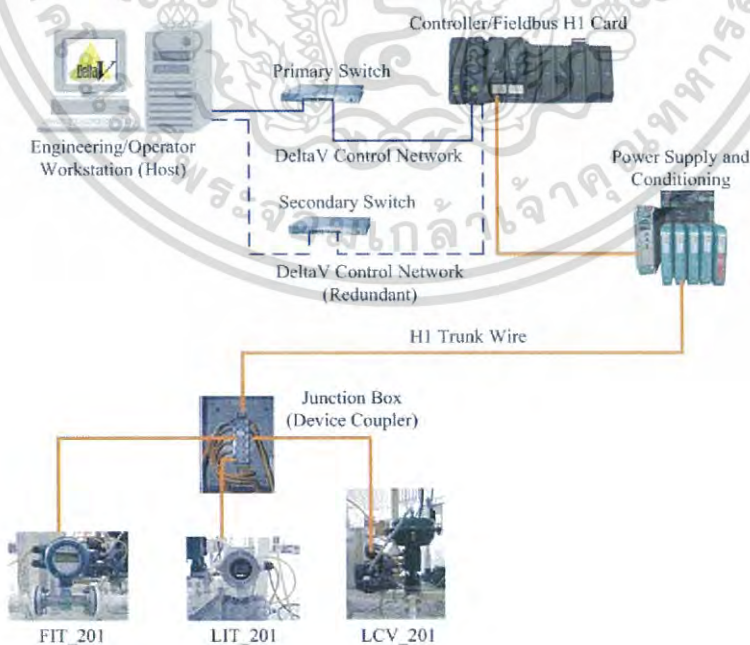
จากแบบพีแอนด์ไอในรูปที่ 3.5 และการกำหนดตำแหน่งเปิด-ปิดของวาล์วโยกมือ (Manual Valve) ดังสรุปในตารางที่ 3.2 พบว่า การควบคุมระดับน้ำในถังเป็นการควบคุมระดับน้ำใน Tank-2 โดยผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าระดับของเหลวใน Tank-2 ที่ต้องการได้ (Setpoint) และค่าระดับน้ำในกระบวนการจริง (Process Variable) จะตรวจวัดได้โดยทรานสมิตเตอร์วัดระดับ LIT_201 ค่าระดับน้ำในถังที่ต้องการนี้จะถูกนำไปประมวลผลโดยเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากทรานสมิตเตอร์วัดระดับ LIT_201 ด้วยตัวควบคุม LIC_201 เพื่อสร้างสัญญาณเอาต์พุตในการกำหนดเปิด-ปิดของวาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม LCV_201 ทำให้อัตราการไหลของน้ำที่ไหลเข้า Tank-2 มีการเปลี่ยนแปลง โดยค่าอัตราการไหลของน้ำนี้สามารถตรวจวัดได้โดยทรานสมิตเตอร์ FIT_201 เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในการสร้างลูปควบคุมด้วยพีไอดี สามารถติดตั้งในส่วน Tank-1 ออกเพื่อแสดงเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับลูปควบคุมที่ใช้ในกรณีศึกษา ดังแสดงรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แบบพีแอนด์ไอดีที่แสดงเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับลูปควบคุมที่ใช้ในกรณีศึกษา



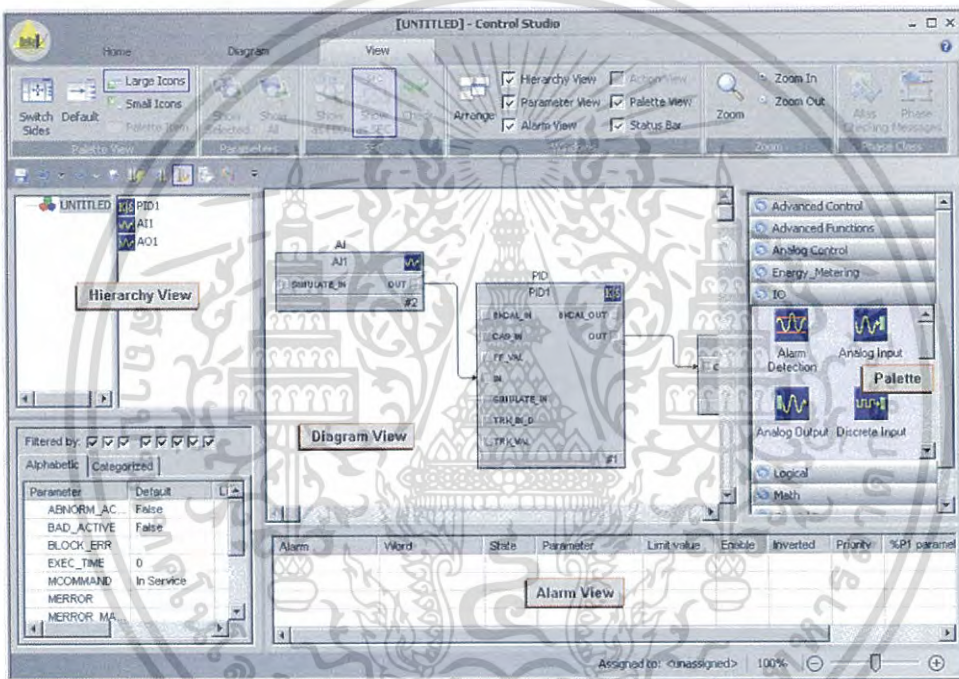
รูปที่ 3.7 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 เข้าสู่ระบบโฮสต์ DeltaV ที่ใช้ในกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

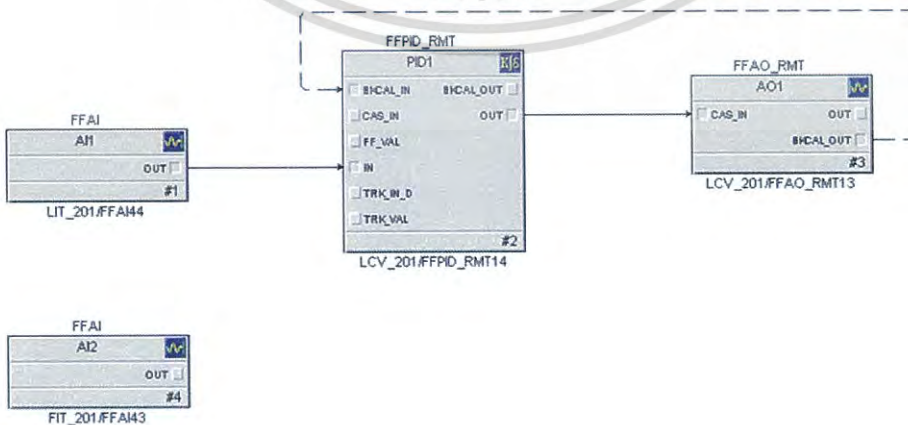
3.3 ระบบโฮสต์ DeltaV

3.3.1 ขั้นตอนการสร้างรูปควบคุม

รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่ติดตั้งในพลานต์โมเดลการควบคุมระดับน้ำดังรูปที่ 3.1 เข้าระบบโฮสต์ DeltaV โดยเชื่อมต่อผ่าน H1 Fieldbus Card ในส่วนฟิลด์บัส เซกเมนต์ H1 หรือเครือข่ายระดับฟิลด์มีรูปแบบของเครือข่ายเป็น ทอพอโลยี แบบทรี (Tree Topology) ในส่วนเครือข่ายระดับการควบคุม (Control Network) ของระบบโฮสต์ DeltaV ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อระหว่างเวิร์คสเตชัน (Workstation) และโฮสต์คอนโทรลเลอร์ (Host Controller) มีรูปแบบเครือข่ายเป็นทอพอโลยีแบบสตาร์ (Star Topology) บนพื้นฐานของ Ethernet ที่รองรับการทำเครือข่ายสำรอง (Network Redundancy)



รูปที่ 3.8 หน้าต่างของ DeltaV Control Studio



รูปที่ 3.9 ฟังก์ชันบล็อกโตะแกรมที่สร้างขึ้นในโมดูลควบคุมของระบบโฮสต์ DeltaV เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 การกำหนดใช้งานฟังก์ชันบล็อกสำหรับโมดูลควบคุมในรูปที่ 3.9

ฟังก์ชันบล็อก	Device Tag ของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1
AI1	LIT_201
AI2	FIT_201
PID1	LCV_201
AO1	LCV_201

การสร้างโมดูลควบคุม (Control Module) ด้วยฟังก์ชันบล็อกโตะแกรมในระบบโฮสต์ DeltaV ใช้โปรแกรม DeltaV Control Studio ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยเริ่มต้นจากการเลือกฟังก์ชันบล็อกที่ต้องการใช้ คือ ฟังก์ชันบล็อก AI ฟังก์ชันบล็อก PID และฟังก์ชัน AO แล้วทำการเชื่อมโยงฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นลูปควบคุม (Control Loop) ตามรูปแบบการควบคุม หลังจากนั้นทำการเลือกกำหนดการใช้งานว่าจะเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อกนั้นจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ตัวใด (Function Block Assignment) ส่วนขั้นตอนถัดไปจะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแต่ละฟังก์ชันบล็อก (Function Block Configuration) เพื่อกำหนดย่านการใช้งาน และเงื่อนไขในการใช้งานฟังก์ชันบล็อก

รูปที่ 3.9 แสดงฟังก์ชันบล็อกโตะแกรมในโมดูลควบคุมที่สร้างขึ้นสำหรับกรณีศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นลูปควบคุมแบบพีไอดี ซึ่งประกอบด้วย 3 ฟังก์ชันบล็อก คือ ฟังก์ชันบล็อก AI1, PID1, และ AO1 ที่มีการเชื่อมโยงกัน เพื่อใช้ในการควบคุมระดับน้ำในถัง โดยทำการเชื่อมโยงระหว่างบล็อก AI1 ไปยัง PID1 โดยเชื่อมโยงจากตัวแปร OUT ของ AI1 ไปที่ตัวแปร IN ของ PID1 และทำการเชื่อมโยงระหว่าง PID1 กับ AO1 โดยเชื่อมโยงจากตัวแปร OUT ของ PID1 ไปที่ตัวแปร CAS_IN ของ AO1 และเชื่อมโยงย้อนกลับจากตัวแปร BKCAL_OUT ไปยังตัวแปร BKCAL_IN ของ PID1 สำหรับการตรวจสอบสถานะการทำงานระหว่างบล็อก (Handshaking) ส่วนที่สองเป็นการวัดเพื่อแสดงผล ซึ่งมีเพียงแค่ฟังก์ชันบล็อก AI2 เพื่อใช้ในการวัดค่าอัตราการไหลของน้ำในท่อขาเข้า การเลือกกำหนดใช้งานฟังก์ชันบล็อกจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่ติดตั้งในพลานต์โมเดลที่ศึกษาสรุปได้ดังตารางที่ 3.3

3.3.2 การแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV

การแจ้งเตือนของระบบโฮสต์ DeltaV จะมีอยู่ 2 ส่วน คือ

1. การแจ้งเตือนแบบมาตรฐาน (Standard Alarm)

ในส่วนของการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานนั้นจะประกอบไปด้วย HIGH-HIGH, HIGH, LOW, LOW-LOW และ DEVIATION LOW โดยที่สัญญาณเตือนแบบมาตรฐานสามารถใช้งานได้เฉพาะในฟังก์ชันบล็อกที่มีการคำนวณสถานะสัญญาณแจ้งเตือนภายในบล็อก เช่น ฟังก์ชันบล็อก AI และ PID

2. การแจ้งเตือนแบบกำหนดด้วยผู้ใช้งาน (Custom Alarm)

การกำหนดการแจ้งเตือนแบบนี้จะได้รับการสนับสนุนจากโมดูล ควบคุม ซึ่งการแจ้งเตือนชนิดนี้จะอ้างอิงจากตัวแปรที่มีอยู่หรือ ที่ผู้ใช้งานนั้นได้กำหนดเงื่อนไขในการแจ้งเตือน และสามารถใช้งานการแจ้งเตือนชนิดนี้สำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง หรือเหตุการณ์ที่จะต้องเข้าสู่ระบบ อีกด้วย

ในระบบโฮสต์ DeltaV นั้นจะมีฟังก์ชันในการสนับสนุนการแจ้งเตือน โดยมีการตรวจจับสัญญาณการแจ้งเตือนมาตรฐาน (PV Alarm) ในส่วนฟังก์ชันบล็อกของอินพุต (Input) และพีไอดี (PID) ซึ่งจะสามารถตั้งค่าจำกัด (Alarm Limit) ไปที่ฟังก์ชันบล็อก และเมื่อการตรวจจับนั้นตรงตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขแล้ว ค่าตัวแปร สัญญาณแจ้งเตือนจะถูกตั้งค่าให้เป็น 1 เช่น $HI_ACT = 1$ เป็นต้น และการกำหนดการแจ้งเตือนด้วยผู้ใช้งานนั้น ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับค่าตัวแปรอื่น ๆ ภายในโมดูลควบคุมได้อีกด้วย โดยเมื่อตัวแปรสัญญาณแจ้งเตือนไม่เท่ากับ 0 จะทำให้เกิดการทำงานของการทำงานของการแจ้งเตือน ซึ่งจะแสดงตัวเลขเป็น 1

ในส่วนของการแจ้งเตือนของอุปกรณ์ ฟาวนด์ชัน ฟิลด์บัสหรือ FF นั้น จะถูกกำหนดไว้ในตัวอุปกรณ์ FF ซึ่งเป็นการแจ้งเตือนขั้นพื้นฐานของอุปกรณ์ฟิลด์บัสและ PlantWeb โดยที่ตัวอุปกรณ์นั้น จะต้องถูกตั้งค่าให้ใช้งานก่อน และในส่วนของ Asset Alarm จะถูกกำหนดจากอุปกรณ์ภายนอก ซึ่ง ASSET alarm จะถูกรวมไว้ในระบบ DeltaV ผ่านทางระบบเซิร์ฟเวอร์จากภายนอกซึ่งมีฟังก์ชันที่เรียกว่า “Application Station” และ Hardware alarm จะถูกกำหนดโดยระบบ DeltaV ด้วยตัวเอง เช่น ระบบควบคุม (Controller) เวิร์คสเตชัน (Workstation) และ อินพุต-เอาต์พุตการ์ด (I/O card) เป็นต้น ซึ่งจะแจ้งเตือนการปฏิบัติงานและการซ่อมบำรุงระบบของพนักงานถึงปัญหาเพื่อให้สามารถดำเนินการแก้ไขได้อย่างทันที่

การแจ้งเตือนกระบวนการของ DeltaV นั้นจำเป็นต้องมีการคำนวณ การแจ้งเตือน (Alarm Calculation) และการตรวจจับการแจ้งเตือน (Alarm Detection) เพื่อช่วยให้ระบบนั้นมีความสมบูรณ์มากขึ้น

การคำนวณการแจ้งเตือน (Alarm Calculation)

ฟังก์ชันบล็อกจำนวนมากในระบบไฮสดี DeltaV นั้นจะรวมอยู่ในการคำนวณ การแจ้งเตือน ซึ่งค่าตัวแปรของบูลีน (Boolean) จะจัดหาล็อกประกอบของการคำนวณการแจ้งเตือนสำหรับโมดูลควบคุม โดยองค์ประกอบนี้จะส่งไปที่ส่วนของการตรวจจับการแจ้งเตือน (Alarm Detection) ซึ่งสามารถสร้างการคำนวณสถานการณ์แจ้งเตือนโดยการใช้ฟังก์ชันบล็อกเป็นตัวสนับสนุน

การตรวจจับการแจ้งเตือน (Alarm Detection)

ในส่วนโมดูลควบคุมที่จะต้องตรวจจับ การแจ้งเตือนนั้น ผลลัพธ์ของการคำนวณ สถานะการแจ้งเตือนจะต้องถูกเชื่อมโยงกับค่าตัวแปรของการแจ้งเตือนเฉพาะนั้น ๆ โดยที่เมื่อใด ก็ตามที่สถานะคำนวณของการแจ้งเตือนเป็นจริง (True) การแจ้งเตือนที่เกี่ยวข้องก็จะทำงานทันที

เงื่อนไขฟังก์ชันของตัวอุปกรณ์นั้นจะเป็นอิสระต่อกัน โดยอุปกรณ์ฟิลด์บัสจะคอยสนับสนุนการแจ้งเตือนให้กับการแจ้งเตือนของฟิลด์บัสแบบมาตรฐาน (Standard Fieldbus Alerts) หรือการแจ้งเตือนแบบพลาเน็ตเว็บ (PlantWeb Alerts)

Standard Fieldbus Alerts

อุปกรณ์จะทำการรายงานการแจ้งเตือนมาครั้งเดียวเช่น “Abnormal” ซึ่งเป็นการแจ้งเตือนขั้นพื้นฐานตามนิยามของบล็อกการแจ้งเตือน

PlantWeb Alerts

อุปกรณ์จะรายงานการแจ้งเตือนของหนึ่งในสามของการแจ้งเตือนเช่น Fail, Maintenance, และ Advisory ซึ่งการทำงานครั้งแรกของการแจ้งเตือนจะถูกรายงานสำหรับการแจ้งเตือนที่เกี่ยวข้อง โดยอุปกรณ์นั้นสามารถรายงานการแจ้งเตือนได้หลายแบบ เช่น Fail, Maintenance, และ Advisory แต่จะแจ้งเตือนได้แค่ครั้งละแบบเท่านั้น และอุปกรณ์ฟิลด์บัสนั้นจะสนับสนุนการแจ้งเตือนของ PlantWeb และจะแจ้งเตือนซ้ำ ๆ หากเกิดมีการแจ้งเตือนที่เกี่ยวข้องเกิดขึ้นมาอีกครั้ง

ระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV

ระดับความสำคัญของการแจ้งเตือน (Alarm Priority) จะบ่งบอกถึงความสำคัญของการแจ้งเตือนให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่ง ระดับความสำคัญจะมีผลต่อระดับการแจ้งเตือนที่จะปรากฏใน Alarm Banner และ Alarm List ใน DeltaV Operate โดยที่ระบบจะแสดงการแจ้งเตือนที่เหมือนกันทั้งระบบในแต่ละระดับความสำคัญ แต่สามารถที่จะทำการปรับแต่งโดยแยกตามระดับความสำคัญนั้นได้ ตารางที่ 3.4 สรุประดับความสำคัญ รูปแบบ และข้อกำหนดของการแจ้งเตือนระบบโฮสต์ DeltaV ส่วนเหตุการณ์ของระดับความสำคัญของ Log (ระดับ 3) จะไม่ถูกนำมาเป็นเงื่อนไขของการแจ้งเตือน การใช้ระดับความสำคัญของ Log จะกำหนดให้เหตุการณ์นั้นมีความสำคัญมากพอที่จะถูกบันทึกในการบันทึกเหตุการณ์ แต่ไม่ใช่สิ่งที่คุณปฏิบัติงานต้องการมากนักในการ เฝ้าระวังของเหตุการณ์เพราะระดับความสำคัญนี้จะไม่แสดงผลในส่วนของ Alarm Banner และ Alarm list และจะไม่มีเสียงของการแจ้งเตือนอีกด้วย ส่วนการยอมรับ (Acknowledged) สถานะของการแจ้งเตือน สถานการณ์เตือน ปัจจุบัน ค่าระดับความสำคัญ และการประทับตราเวลา จะเป็นตัวกำหนดความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบ

ตารางที่ 3.4 ระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนระบบโฮสต์ DeltaV

Alarm Priority	Alarm Priority Name	Auto Acknowledged	Auto Ack Inactive	Horn Sound
0	Critical	No	No	Buzz.wav
1	Warning	No	No	Alert_tone.wav
2	Advisory	Yes	No	Beep.wav
3	Log	Yes	No	none

ตารางที่ 3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการแจ้งเตือนและค่าตัวแปรของการแจ้งเตือน

State	OPSUP Field	ENAB Field	CUALM Filed	LAALM Field	NALM Field
Suppressed	1 (YES)	(either 0 or 1)	Determined by alarm state	Determined by alarm state	Force to 0 (NO)
Disabled	0 (NO)	0 (NO)	Force to 0 (OK)	Force to 0 ("OK")	Force to 0 (NO)
Inactive acknowledged	0 (NO)	1 (YES)	0 (OK)	0 ("OK")	0 (NO)
Active unacknowledged	0 (NO)	1 (YES)	Non-zero (alarm word)	Non-zero (alarm word)	1 (YES)
Active acknowledged	0 (NO)	1 (YES)	Non-zero (alarm word)	Non-zero (alarm word)	0 (NO)
Inactive unacknowledged	0 (NO)	1 (YES)	0 (OK)	Non-zero (alarm word)	1 (YES)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานะของการแจ้งเตือน

ในระบบ DeltaV นั้น การแจ้งเตือนจะมี 6 สถานะที่สำคัญ ซึ่งกำหนดโดยค่าในฟิลด์ของตัวแปร การแจ้งเตือน โดยความสัมพันธ์ระหว่างสถานะการแจ้งเตือนกับค่าตัวแปรของการแจ้งเตือน สรุปได้ดัง ตารางที่ 3.5 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของการแจ้งเตือนเวลาใด ๆ นั้น ระบบจะทำการอัปเดต ข้อมูลของการแจ้งเตือนใน DeltaV Operate และจะสร้างการเปลี่ยนแปลงสถานะของการแจ้งเตือน โดยเหตุการณ์นั้นจะถูกบันทึกไว้ใน Event Chronicle

ประเภทของการแจ้งเตือน

ประเภทของการแจ้งเตือนจะกำหนดคุณลักษณะของการแจ้งเตือนที่จะนำไปแสดงบนหน้าจอ และใน Event Chronicle ซึ่งในแต่ละการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานจะเชื่อมโยงกับลักษณะการแจ้งเตือนเหล่านี้ โดยถ้าหากสร้างการแจ้งเตือนในรูปแบบของตนเองโดยเชื่อมโยงกับประเภทของการแจ้งเตือนแล้ว การแจ้งเตือนของตัวอุปกรณ์จะไม่ใช่ที่ต้องการสำหรับประเภทของการแจ้งเตือน และ ค่าเตือนจะถูกกำหนดโดยการกำหนดข้อมูลอุปกรณ์ และข้อมูลการสื่อสารของอุปกรณ์จะถูกแปลงไปยังข้อความการแจ้งเตือนของอุปกรณ์อัตโนมัติ ประเภทของการแจ้งเตือนมีทั้งหมด 19 ประเภท ดังสรุปในตารางที่ 3.6 [29] โดยที่ %P1 และ %P2 คือ ค่าของพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้งานกำหนดในการ กำหนดตั้งค่าสัญญาณแจ้งเตือนด้วยโปรแกรม Control Studio

ตารางที่ 3.6 ประเภทของการแจ้งเตือนทั้งหมด 19 ประเภทในระบบไฮสแต์ DeltaV

Alarm Type Name	Alarm Word	Category	Alarm Message
Adapt Alarm Active	ADAPT	INSTRUMENT	Adapt Alarm Active %P1
Any Alarm	ANY	SYSTEM	Any Alarm Value %P1
Change From Normal	CFN	PROCESS	Change From Normal Value %P1
Change of State	COS	PROCESS	Change of State
Deviation Alarm	DEV	PROCESS	Deviation Alarm Target %P1 Actual %P2
Discrete Device	FAILED	PROCESS	%P1
Floating Point Error	FLT	SYSTEM	Floating Point Error
High Alarm	HIGH	PROCESS	High Alarm Value %P1 Limit %P2
High High Alarm	HIHI	PROCESS	High High Alarm Value %P1 Limit %P2
Inspect Limit Active	INSPECT	INSTRUMENT	Inspect Limit Active %P1
Low Alarm	LOW	PROCESS	Low Alarm Value %P1 Limit %P2
Low Low Alarm	LOLO	PROCESS	Low Low Alarm Value %P1 Limit %P2
New Alarm	NEW	SYSTEM	New Alarm Value %P1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 (ต่อ)

Alarm Type Name	Alarm Word	Category	Alarm Message
Open Circuit Detected	OCD	INSTRUMENT	Open Circuit Detected
Overrange	OVER	INSTRUMENT	Overrange Value %P1
Rate of Change	RATE	PROCESS	Rate of Change Value %P1 Limit %P2
Statistical Alarm	ERROR	SYSTEM	Statistical Alarm Type %P1 Value %P2
Underrange	UNDER	INSTRUMENT	Underrange Value %P1

หากต้องการให้สัญญาณเตือนที่ ผู้ใช้งานกำหนดเองนั้นมีความแตกต่างจากข้อความในส่วน ของ Alarm Type ผู้ใช้งานจะต้องสร้างประเภทของการแจ้งเตือนขึ้นมาใหม่ รูปที่ 3.9 แสดงหน้าต่างการกำหนดคุณสมบัติของประเภทการแจ้งเตือน (Alarm Type Properties) โดยที่

Alarm Word จะปรากฏในส่วนของ DeltaV Operate เมื่อการแจ้งเตือนทำงานและยังไม่มี การรับรู้จากพนักงาน ซึ่ง Alarm word นี้สามารถปรากฏใน Alarm Banner และ Alarm List Picture รวมทั้งรายละเอียดและหน้าจอแสดงผลสำหรับโมดูลควบคุมของ DeltaV ตามมาตรฐาน เมื่อ กำหนดหน้าต่างหรือ Alarm List ด้วยตนเอง ก็จะมีตัวเลือกสำหรับ Alarm Word ในหน้าต่าง

Alarm Category จะปรากฏใน Event Chronicle สำหรับการเปลี่ยนแปลงสถานะการแจ้ง เตือนทุกครั้ง และยังสามารถเรียงระดับและจัดเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนภายใน Event Chronicle

Alarm Message จะปรากฏใน Alarm List Picture โดยข้อความจะถูกกำหนดที่ช่อง Description ซึ่งข้อความเหล่านี้จะถูกบันทึกไว้ใน Event Chronicle และจากรูปที่ 3.10 จะพบว่า ที่ ช่อง Message จะมีตัวแปร %P1 และ %P2 ซึ่งเป็นตัวแปรสำหรับการแสดงข้อความที่ต้องการโดย ตัวแปร %P1 สำหรับช่อง Parameter1 และ %P2 สำหรับช่อง Parameter2

รูปที่ 3.10 หน้าต่างในการกำหนดตั้งค่าคุณสมบัติของประเภทของการแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการแจ้งเตือนของกระบวนการนั้น ข้อความการแจ้งเตือนจะส่งผลต่อการแจ้งเตือนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับประเภทของการแจ้งเตือน วันเพียงเมื่อลบข้อความและข้อความของตัวแปรสำหรับการแจ้งเตือนเฉพาะใน Control Studio และสำหรับข้อความการแจ้งเตือนจากอุปกรณ์นั้นจะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่มีอยู่ในอุปกรณ์สำหรับสถานะล่าสุดที่ก่อให้เกิดสัญญาณเตือน และยังสามารถรายงานการแจ้งเตือนได้หลายรายการอีกด้วย อีกทั้งอุปกรณ์ฟิลด์บัสยังสนับสนุนสัญญาณเตือนของ PlantWeb และรูปแบบของสัญญาณเตือนที่จะรายงานการเปลี่ยนแปลงสถานะที่จะตามมาซึ่งเกี่ยวข้องกับการแจ้งเตือนเดียวกัน ซึ่งส่งผลให้สถานการณ์เตือนไม่ได้รับการยืนยัน และอุปกรณ์ฟิลด์บัสอื่น ๆ ทั้งหมดจะไม่รายงานเงื่อนไขระดับที่สองจนกว่าข้อความเงื่อนไขแรกจะถูกเคลียร์

ความสำคัญของการแจ้งเตือน

สถานการณ์การแจ้งเตือนที่ถูกยืนยัน สถานะปัจจุบันของการแจ้งเตือน ค่าความสำคัญและเวลาที่เกิดการแจ้งเตือน จะเป็นตัวกำหนดถึงความสำคัญการแจ้งเตือนของระบบ ซึ่งอธิบายได้ดังนี้

- สัญญาณการแจ้งเตือนที่ยังไม่ถูกยืนยันจะมีความสำคัญกว่าสัญญาณเตือนที่ถูกยืนยันแล้ว
- หลังจากที่มีการยืนยันสถานการณ์การแจ้งเตือน สัญญาณเตือนจะถูกพิจารณาว่ามีความสำคัญมากกว่าสัญญาณเตือนที่ถูกเคลียร์ไปก่อนหน้านี้แล้วหรือไม่ แต่สัญญาณเตือนนั้นจะยังไม่ถูกยืนยันจากผู้ปฏิบัติงาน
- เมื่อมีสัญญาณเตือนมากกว่าหนึ่งสัญญาณเตือนที่มีการยืนยันและยังทำงานเหมือนกันนั้น ถ้าสัญญาณเตือนใดที่มีค่าระดับความสำคัญที่มากกว่า ก็จะทำให้สัญญาณเตือนนั้นสำคัญกว่า
- เมื่อมีสัญญาณเตือนมากกว่าหนึ่งสัญญาณเตือนที่มีค่าความสำคัญ สถานการณ์ทำงาน และสถานะการยืนยันเหมือนกัน ก็จะทำให้สัญญาณเตือนที่เกิดขึ้นมาใหม่นั้นสำคัญกว่า

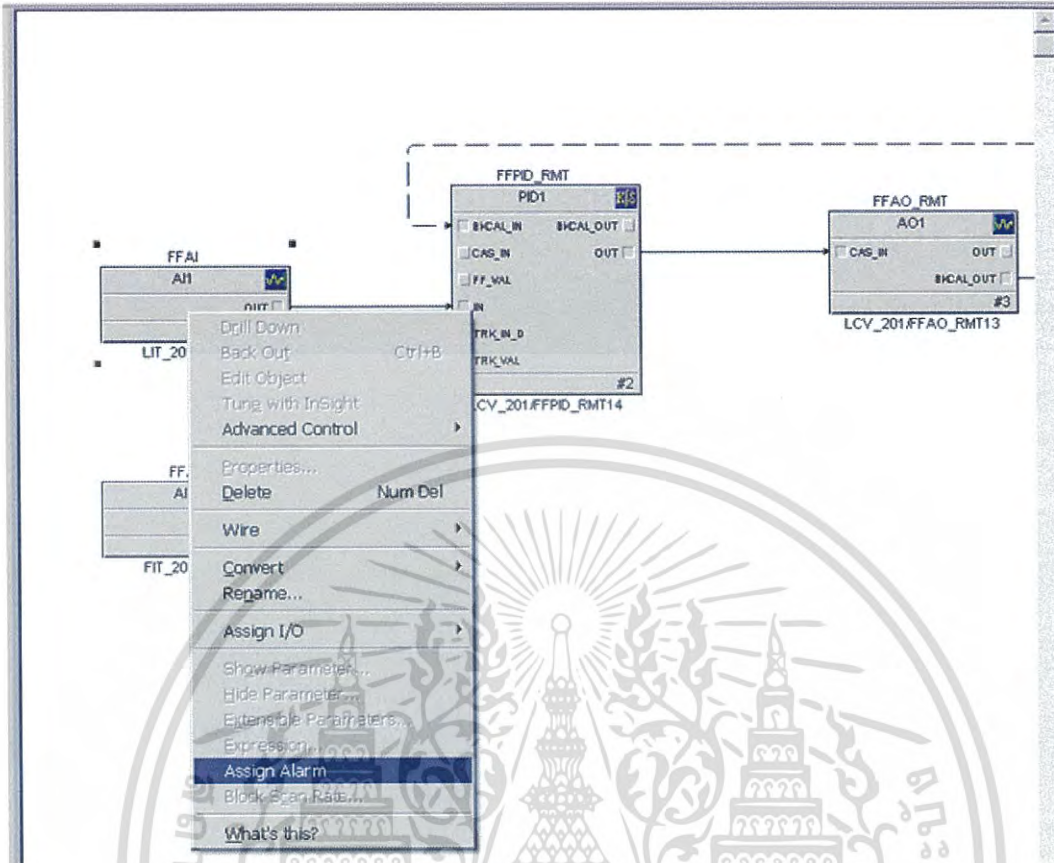
3.3.3 การกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือน

การแจ้งเตือนมาตรฐานในระบบโฮสต์ DeltaV จะใช้การคำนวณการแจ้งเตือนที่ระบุไว้ในฟังก์ชันบล็อกใน DeltaV ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 3.7 ซึ่งสามารถเลือกกำหนดการคำนวณการแจ้งเตือนของโมดูลควบคุมที่ต้องการตรวจจับและแสดงผลการแจ้งเตือนได้ การกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานในระบบโฮสต์ DeltaV สำหรับโมดูลควบคุมนั้น ทำได้โดยการเลือกฟังก์ชันบล็อก AI (หรือ PID) ในโปรแกรม Control Studio ด้วยการคลิกขวาที่เมาส์ (Mouse) จากนั้นกดคลิกที่ Assign Alarm ดังแสดงในรูปที่ 3.11 ก็จะไปปรากฏหน้าของ Block Alarms ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.12 จากนั้นก็เลือกการแจ้งเตือนที่ต้องการใช้งาน โดยเลือกกำหนด Alarm Detection Parameters, Alarm Priority, และ Limit Value

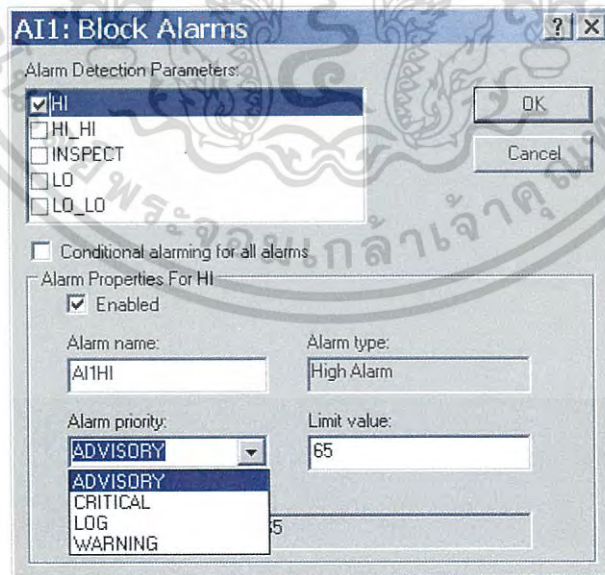
ตารางที่ 3.7 ตัวอย่างการแจ้งเตือนมาตรฐานในฟังก์ชันบล็อกของ DeltaV

Function Block	Standard Alarms
AI, Pulse Input, and Manual Loader function blocks	HI, HIHI, LO, LOLO
DI function block	DISC
PID, Fuzzy Logic Control, Alarm, and Ratio function blocks	HI, HIHI, LO, LOLO, DV_HI, DV_LO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 หน้าต่างการเข้าถึงของ Assign Alarm โดยคลิกขวาที่ฟังก์ชันบล็อกใน Control Studio



รูปที่ 3.12 หน้าต่างสำหรับการกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานในฟังก์ชันบล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจจับการแจ้งเตือนมาตรฐาน

ในแต่ละการแจ้งเตือนกระบวนการแบบมาตรฐาน (Standard Alarm Process) นั้น จะใช้ 2 พารามิเตอร์ ได้แก่ alarm_ACT และ alarm_LIM ในการตรวจจับ โดยที่

- alarm_ACT - One (1) when true (in alarm)
- alarm_LIM - Associated limit value

ตัวอย่างเช่น ถ้าการเลือก Alarm Detection Parameters เป็น High จะได้ว่า

- HI_ACT - HI alarm state parameter (true = in alarm)
- HI_LIM - Associated limit value

จากตัวอย่างการกำหนดตั้งค่าการแจ้งเตือนแบบมาตรฐานในฟังก์ชันบล็อก AI ในรูปที่ 3.11 ได้มีการเลือก Alarm Detection Parameters เป็น High การคำนวณการแจ้งเตือนจะใช้ค่า Limit Value (เช่น 65 %) เป็นเงื่อนไขในการคำนวณดังนี้

- Hi alarm is true if $PV > \text{Alarm Limit (HI_LIM)}$

ลักษณะของการแจ้งเตือนโดยมีเงื่อนไข

ในระบบโฮสต์ DeltaV ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มการหน่วงเวลาในการแจ้งเตือน (Alarm Time Delay) และการยอม/ไม่ยอม (Enable/Disable) ที่จะมีการแจ้งเตือนนั้นเพื่อลดจำนวนการแจ้งเตือนหลอก (Nuisance Alarm) โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- alarm_ENAB พารามิเตอร์นี้จะใช้กำหนด Enable/Disable ให้มีการแจ้งเตือนหรือไม่ โดยค่าเริ่มต้น (Default) ของตัวแปรนี้ คือ (1) Enable ในกรณีที่ตัวแปรนี้ถูกกำหนดเป็น (0) Disable จะได้
 - alarm_ACT parameter is immediately forced to 0 (false)
 - No alarm processing occurs.

นั่นคือ พารามิเตอร์ alarm_ACT จะถูกบังคับให้เป็น 0 (false) ทันที และจะไม่มีการแจ้งเตือนใด ๆ

- alarm_DELAY_ON พารามิเตอร์นี้ใช้กำหนดการหน่วงเวลา (หน่วยเป็นวินาที) ในการทำงานของ alarm_ACT ก่อนที่จะเป็น 1 (true) โดยเริ่มหน่วงเวลาด้วยตัวจับเวลา (Timer) นับจากเงื่อนไขการแจ้งเตือนถูกตรวจจับได้ว่าเป็น 1 (true) แต่หากเงื่อนไขการแจ้งเตือนนั้นถูก เคลียร์ก่อนที่จะครบเวลาในการหน่วง จะได้ว่า alarm_ACT จะเป็น 0 (false) และการจับเวลาของการหน่วงก็จะถูกรีเซ็ต และทุกครั้งที่มีเงื่อนไขการแจ้งเตือนถูกเคลียร์ ตัวจับเวลาของการหน่วงจะถูกรีเซ็ต

- alarm_DELAY_OFF พารามิเตอร์นี้ใช้กำหนดการหน่วงเวลา (หน่วยเป็นวินาที) ในการทำงานของ alarm_ACT ก่อนที่จะเป็น 0 (false) โดยเริ่มหน่วงเวลานับจากเงื่อนไขการแจ้งเตือนถูกเคลียร์แต่หากเงื่อนไขการแจ้งเตือนนั้น เกิดเป็น 1 (true) ก่อนที่จะครบเวลาในการหน่วง จะได้ว่า alarm_ACT จะเป็น 1 (true) และการจับเวลาของการหน่วงก็จะถูกรีเซ็ต และทุกครั้งที่มีเงื่อนไขการแจ้งเตือนถูกตรวจจับได้ ตัวจับเวลาของการหน่วงจะถูกรีเซ็ต

- alarm_ENAB_DELAY พารามิเตอร์นี้ใช้กำหนดการหน่วงเวลา (หน่วยเป็นวินาที) ก่อนที่จะมีการประมวลผลการแจ้งเตือน โดยเริ่มหน่วงเวลานับจากที่มีกำหนดการยอม (Enable) ให้มีการแจ้งเตือน (alarm_ENAB becomes true) นั่นคือ หลังจากที่มีการเลือก Enable แล้ว alarm_ENAB จะยังคงเป็น 0 (false) จนกว่าจะครบเวลาหน่วง เมื่อครบเวลาหน่วง alarm_ENAB จะเป็น 1 (true) และตัวจับเวลาของการหน่วงจะถูกรีเซ็ต

- alarm_HYS พารามิเตอร์นี้ใช้กำหนด Deadband ในการรีเซ็ตเงื่อนไขที่ทำให้เกิดการแจ้งเตือน โดยฟังก์ชันบล็อกจะใช้ค่า alarm_HYS แทนที่ค่ามาตรฐาน ALARM_HYS ถ้าการตรวจจับสัญญาณ

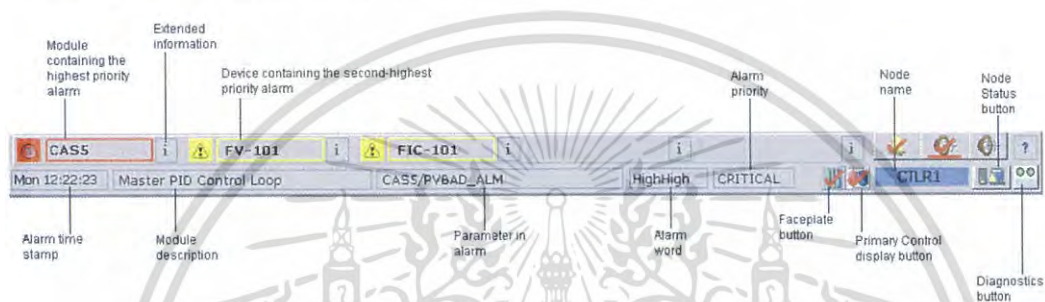
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แจ้งเตือนถูก Enable แล้ว ฟังก์ชันบล็อกจะใช้ค่า ALARM_HYS สำหรับการแจ้งเตือนแบบ Deviation Alarm เท่านั้น

การแสดงผลการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV

รูปที่ 3.13 แสดง Alarm Banner สำหรับการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV ซึ่งจะปรากฏด้านล่างของหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานหรือ GUI ที่ถูกประมวลผลด้วยโปรแกรม DeltaV Operate ในส่วน Operator Workstation เพื่อแสดงข้อมูลการแจ้งเตือนให้ผู้ปฏิบัติงานได้รับทราบ ตารางที่ 3.8 สรุปรายละเอียดของปุ่มคำสั่ง (Alarm Button) ที่ปรากฏบน Alarm Banner ตารางที่ 3.9 แสดงการใช้สีในการแสดงผลการแจ้งเตือน (Alarm Color) ของระบบโฮสต์ DeltaV ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระดับความสำคัญของการแจ้งเตือน (Alarm Priority)



รูปที่ 3.13 Alarm Banner สำหรับการแสดงผลการแจ้งเตือนในระบบ DeltaV

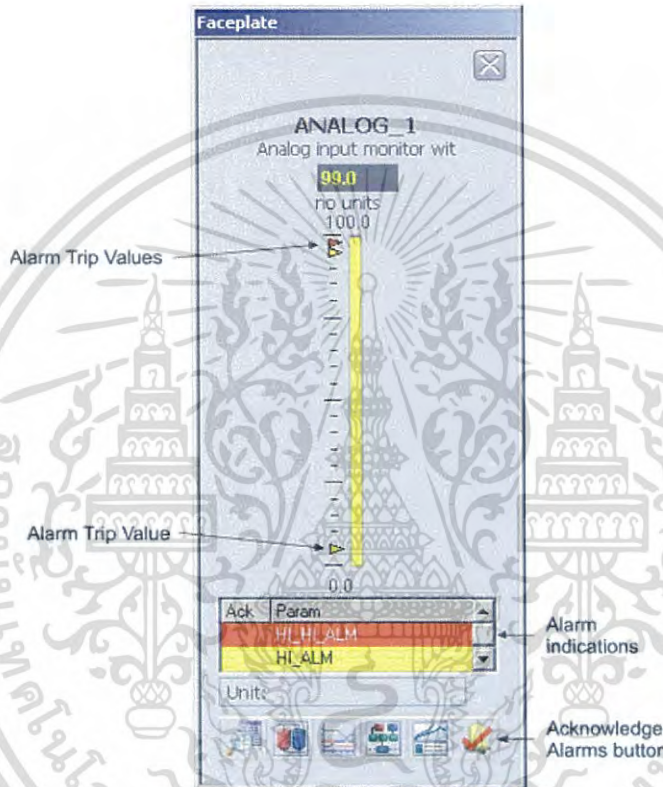
ตารางที่ 3.8 รายละเอียดของปุ่มคำสั่งที่ปรากฏบน Alarm Banner

Alarm Button	Description
	Acknowledge Alarm – If this icon is selected, the system acknowledges all the unacknowledged alarms in the main process graphic.
	Alarm Filter – Clicking this button opens the Alarm Filter picture.
	Alarm List - Clicking this button displays a list of all the active alarms.
	Alarm Suppress – This button is displayed in the Alarm Filter picture, when an alarm has been suppressed.
	Diagnostics – This indicator color means: Green – Good, Red – Bad, and Blank – Not configured.
	Silence Horn – Clicking this button stops the horn but does not acknowledge this alarm. If new alarms become active, the horn sounds again.
	Disable Horn/Enable Horn – When disabled, new alarms do not cause the horn to sound.
	Node Status Horn Disables – This icon is visible when the Node Status horn sound is set to No Sound.
	Node Status – Clicking the icon launches the Node Status picture.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 การใช้สีในการแสดงการแจ้งเตือนของระบบไฮสแต์ DeltaV

Alarm Priority	Alarm Color (Default Setting)
Critical	Red
Warning	Yellow
Advisory	Purple
Log	Blue



รูปที่ 3.14 Alarm Module Faceplate

รูปที่ 3.14 แสดง Alarm Module Faceplate สำหรับการแจ้งเตือน ในส่วนแถบเลื่อนของ Alarm Indications ประกอบด้วย 2 คอลัมน์ คือ Ack และ Param โดยส่วนคอลัมน์ของ Ack จะแสดงสถานะของการรับรู้ (Acknowledge) การแจ้งเตือนนั้น ดังนี้

- Active/unacked -- black field
- Active/acked -- checkmark
- Inactive/uuacked -- empty box

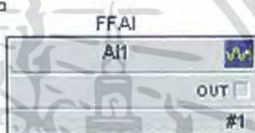
3.3.4 การแจ้งเตือนในโมดูลควบคุมโดยใช้เงื่อนไขของฟังก์ชันบล็อก

ในฟังก์ชันบล็อกมีหลายพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือน เช่น ABNORM_ACTIVE, BAD_ACTIVE, BAD_MASK และ BLOCK_ERR เป็นต้น ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.15 โดยที่ BLOCK_ERR เป็นพารามิเตอร์ที่จะเก็บข้อมูลของความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยอาจมีความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลาย ๆ ด้าน เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันได้ นอกจากนี้ BLOCK_ERR จะกำหนดตั้งค่าให้พารามิเตอร์ BAD_ACTIVE หรือ ABNORM_ACTIVE มีค่าเป็น “non-zero” ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าที่กำหนดตั้งค่าของพารามิเตอร์ BAD_MASK ด้วย โดยค่าเริ่มต้น (Default) จะไม่มีการเลือกเงื่อนไขใด ๆ ในพารามิเตอร์ BAD_MASK ดังนั้น ค่าพารามิเตอร์ ABNORM_ACTIVE จะถูกกำหนดค่าให้เป็น 1 (true) เมื่อเงื่อนไขของการแจ้งเตือนต่าง ๆ เป็น 1 (true) เสมอ และโดยค่าเริ่มต้น จะไม่มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ BAD_ACTIVE แต่ถ้ามีการเลือกเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับความผิดพลาดใน BAD_MASK แล้ว เงื่อนไขของความผิดพลาดเกิดขึ้นเป็น 1 (true) จะได้ว่า พารามิเตอร์ BAD_ACTIVE จะถูกกำหนดตั้งค่าโดยพารามิเตอร์ ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดหลาย ๆ ด้านในเวลาเดียวกัน เป็นไปได้ที่พารามิเตอร์ BAD_ACTIVE และ ABNORM_ACTIVE ทั้งสองจะเป็น 1 (true)

Parameter	Default
Alarm	
ABNORM_ACTIVE	
ALARM_HYS	0.5
ALERT_KEY	1
BAD_ACTIVE	
BAD_MASK	
BLOCK_ERR	
CONDALM_ENABLED	False
HI_ACT	0
HI_DELAY_OFF	0
HI_DELAY_ON	0
HI_ENAB	1
HI_ENAB_DELAY	0
HI_HI_ACT	0



รูปที่ 3.15 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก AI

3.4 การออกแบบการทดสอบ

ในการศึกษาพลาตโมเดลการควบคุมระดับน้ำ เพื่อจำลองสถานะที่ทำให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือนในการควบคุมระดับน้ำด้วยรูปควบคุมพีไอได้มีการกำหนดประเด็นที่น่าสนใจดังนี้

1. สถานะการแจ้งเตือน (Alarm Act) ในฟังก์ชันบล็อกที่เกิดขึ้นจากการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส (Host Alarm Priority) และในฟังก์ชันบล็อก (Function Block Alarm Priority) ของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่แตกต่างกัน
2. รูปแบบการแสดงผลการแจ้งเตือนและการรับรู้การแจ้งเตือนที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส และในฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่แตกต่างกัน

ขั้นตอนหลักในการสร้างรูปควบคุมพีไอดีสำหรับการศึกษาในประเด็นที่สนใจด้วยระบบโฮสต์ DeltaV โดยใช้โปรแกรม DeltaV Explore, DeltaV Control Studio และ DeltaV Operate สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทำการเพิ่มตัวอุปกรณ์ระดับฟิลด์ H1 ที่ต้องการใช้ (Add New Device) ดังรายละเอียดในตารางที่ 3.1 โดยใช้โปรแกรม DeltaV Explore (Offline Configuration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สร้างโมดูลการควบคุม (ที่เรียกว่า SEGMENT_2) ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ด้วยโปรแกรม DeltaV Control Studio โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.3 ในการเลือกกำหนดใช้งานฟังก์ชันบล็อกจากอุปกรณ์ระดับฟิลด์ (Offline Configuration)

3. จากฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมที่ได้จากข้อ 2. ทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกต่าง ๆ ดังสรุปในตารางที่ 3.10 ถึง 3.13 สำหรับฟังก์ชันบล็อก AI1, PID1, AO1 และ AI2 ตามลำดับ (Offline Configuration)

4. ตรวจสอบเชกเม้นต์มาโครไซเคิลโดยใช้โปรแกรม DeltaV Explore จะได้ดังรูปที่ 3.17

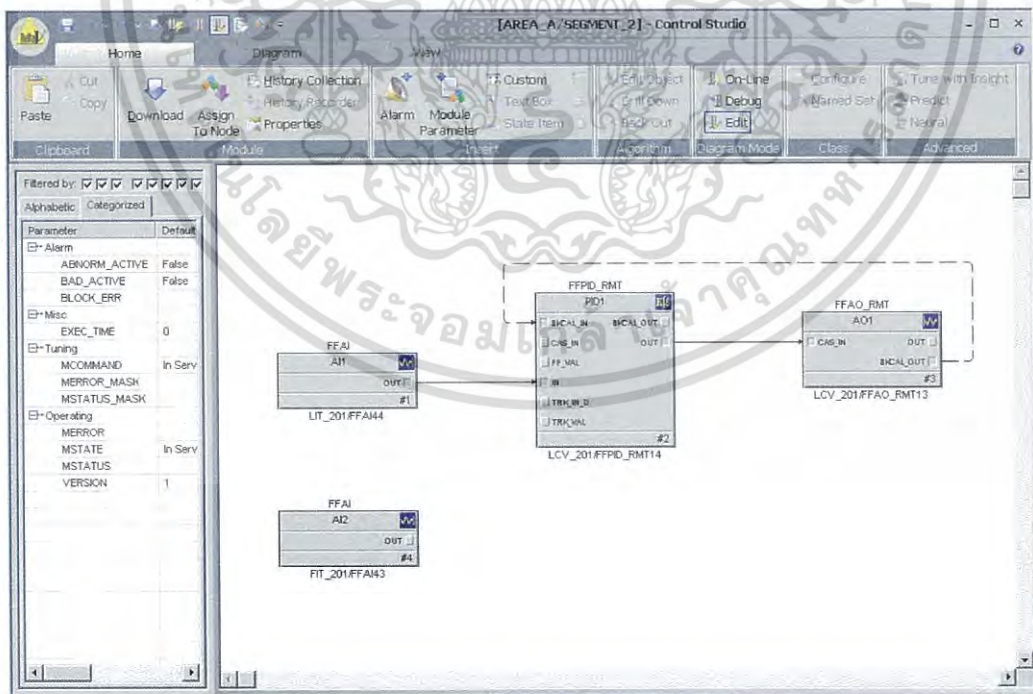
5. ทำการเชื่อมต่อฟิลด์บัสเชกเม้นต์ H1 เข้ากับระบบโฮสต์ DeltaV แล้วทำการคอมมิชชั่นนิ่ง (Commissioning) โดยใช้โปรแกรม DeltaV Explore

6. ทำการกำหนดเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องข้องการแจ้งเตือนของโมดูลควบคุม SEGMENT_2 และในฟังก์ชันบล็อก AI1 ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.18 โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังสรุปในตามที 3.14 โดยทำการทดลองทั้งหมด 16 ครั้ง โดยการทดลองแต่ละครั้งใช้แต่ละเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อสรุปผลการทดลองในประเด็นที่สนใจ

7. ทำการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อก PID1 เพื่อให้ควบคุมระดับน้ำในถัง (tank 2) ด้วยค่า Setpoint เท่ากับ 60%

8. ในการจำลองเหตุการณ์ให้เกิดสัญญาณแจ้งเตือน High (HI) ได้ทำการเปิดวาล์ว V7 เพื่อให้ น้ำที่เก็บไว้ใน tank 1 ไหลลงมาถึง tank 2 (โดยกำหนดค่า HI_LIM = 65%)

9. สังเกตการณ์แจ้งเตือนที่เกิดขึ้นจาก Alarm Banner และ Alarm Module Faceplate จากส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่สร้างขึ้นด้วยโปรแกรม DeltaV Operate



รูปที่ 3.16 โมดูลควบคุมที่สร้างขึ้นในการทดลองสำหรับกรณีศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI1 ที่กำหนดในการใช้งาน LIT_201

Parameter	Value
CHANNEL	1
XD_SCALE	
EU_100	790
EU_0	460
UNITS_INDEX	mmH2O
DECIMAL	2
OUT_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
HI_LIM	65
HI_HI_LIM	75
MODE_BLK_TARGET	Auto
L-TYPE	Indirect

ตารางที่ 3.11 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก PID1 ที่กำหนดในการใช้งาน LCV_201

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	0.74
RESET	40 sec
MODE_BLK_TARGET	Auto
MODE_BLK_NORMAL	Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

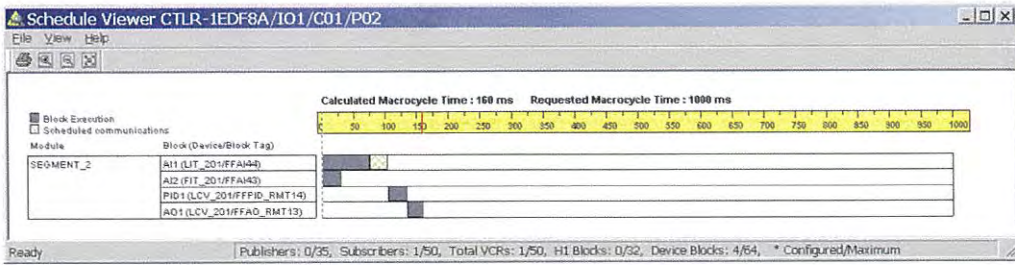
ตารางที่ 3.12 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AO1 ที่กำหนดในการใช้งาน LCV_201

Parameter	Value
CHANNEL	1
PV_SCALE	
EU_100	100
EU_0	0
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
XD_SCALE	
EU_100	100
EU_0	10
UNITS_INDEX	%
DECIMAL	2
MODE_BLK_TARGET	Cascade
MODE_BLK_NORMAL	Cascade

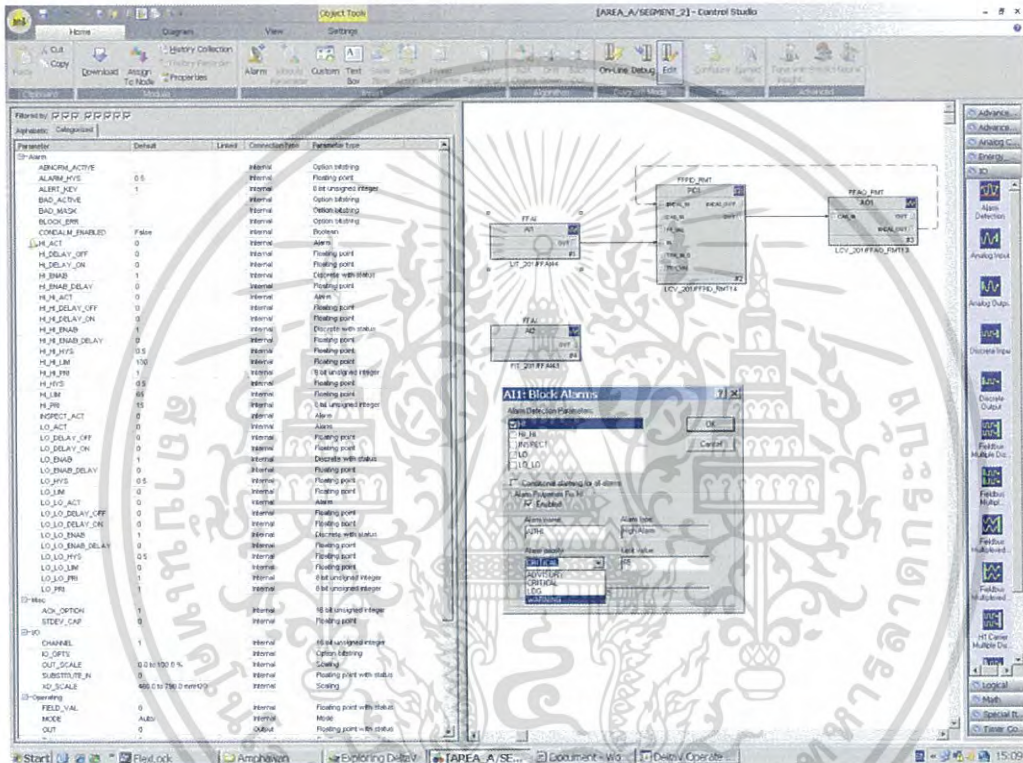
ตารางที่ 3.13 ตัวแปรที่สำคัญในฟังก์ชันบล็อก AI2 ที่กำหนดในการใช้งาน FIT_201

Parameter	Value
CHANNEL	1
XD_SCALE	
EU_100	20
EU_0	0
UNITS_INDEX	U/min
DECIMAL	2
OUT_SCALE	
EU_100	20
EU_0	0
UNITS_INDEX	U/min
DECIMAL	2
MODE_BLK_TARGET	Auto
L-TYPE	Direct

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 เซกเมนต์มาโครไซเคิลสำหรับโมดูลการควบคุมในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการกำหนดระดับความสำคัญของการแจ้งเตือน

ตารางที่ 3.14 เงื่อนไขการทดลองทั้งหมด 16 กรณี

DeltaV Alarm Priority	HI_PRI of the AI Block
Critical	0
	1
	7
	15
Warning	0
	1
	7
	15

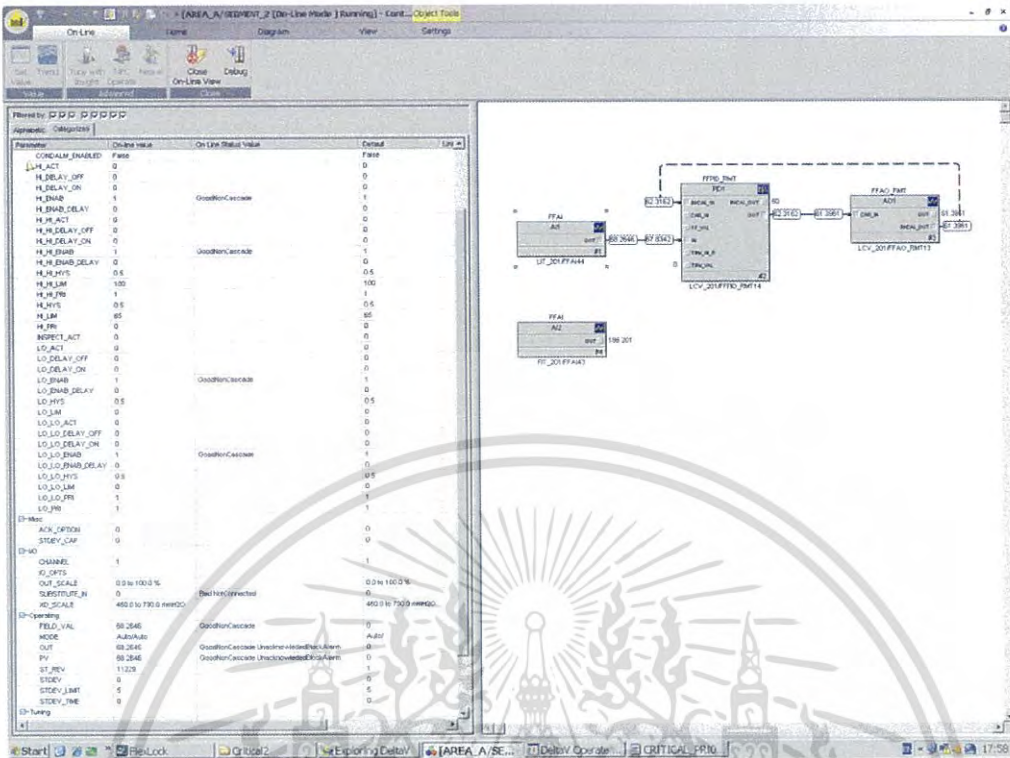
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.14 (ต่อ)

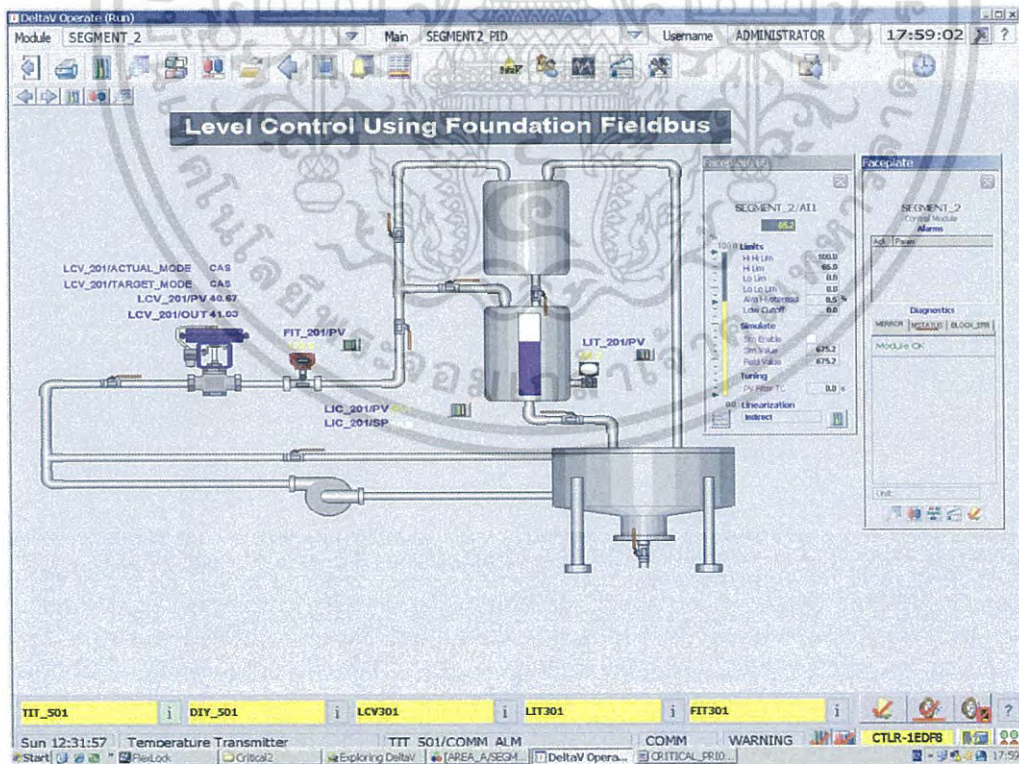
DeltaV Alarm Priority	HI_PRI of the AI Block
Advisory	0
	1
	7
	15
Log	0
	1
	7
	15

3.5 ผลการทดลองและอภิปราย

เมื่อกำหนดระดับความสำคัญของระบบโฮสต์ DeltaV เป็น Critical, Warning, Advisory และ Log และกำหนดให้ค่าระดับความสำคัญของการแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก AI สำหรับการแจ้งเตือน HI หรือพารามิเตอร์ HI_PRI เท่ากับ 0 จากผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 3.19-3.26 พบว่า เมื่อระดับน้ำเกินขอบเขตที่ตัวแปร HI_LIM กำหนดไว้แล้ว ค่าสถานะของพารามิเตอร์ HI_ACT นั้นมีค่าเป็นเท็จ หรือ 0 (False) ทั้งหมด แต่ในกรณีที่กำหนดให้ HI_PRI เท่ากับ 1, 7, และ 15 พบว่า ค่าสถานะของพารามิเตอร์ HI_ACT นั้นมีค่าเป็นจริง หรือ 1 (True) ทั้งหมด แต่จะมีการแสดงการแจ้งเตือนด้วยการใช้สีที่แตกต่างกัน (Alarm Color) ดังตารางที่ 3.9 โดยเรียงลำดับตามระดับความสำคัญ การแจ้งเตือนของระบบโฮสต์ DeltaV คือ การแสดงการแจ้งเตือนด้วย สีแดง, เหลือง, ม่วง และสีน้ำเงิน สำหรับระดับความสำคัญ Critical, Warning, Advisory และ Log ตามลำดับ ดังแสดงด้วยผลการทดลองในรูปที่ 3.27-3.33 จากผลการทดลอง พบว่า มีสิ่งที่แตกต่างกันอีกประการหนึ่ง คือ การรับรู้การแจ้งเตือน (Acknowledge) โดยการกำหนดให้ระดับความสำคัญการแจ้งเตือนของระบบโฮสต์เป็น Critical และ Warning แล้ว ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการยืนยันการรับรู้การแจ้งเตือนนั้นด้วยตัวผู้ปฏิบัติงานเอง แต่ใน ทางตรงกันข้าม การกำหนดให้ ระดับความสำคัญการแจ้งเตือนของระบบโฮสต์เป็น Advisory และ Log ระบบโฮสต์จะยืนยันการรับรู้ให้อัตโนมัติ โดยผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ ดังตารางที่ 3.15

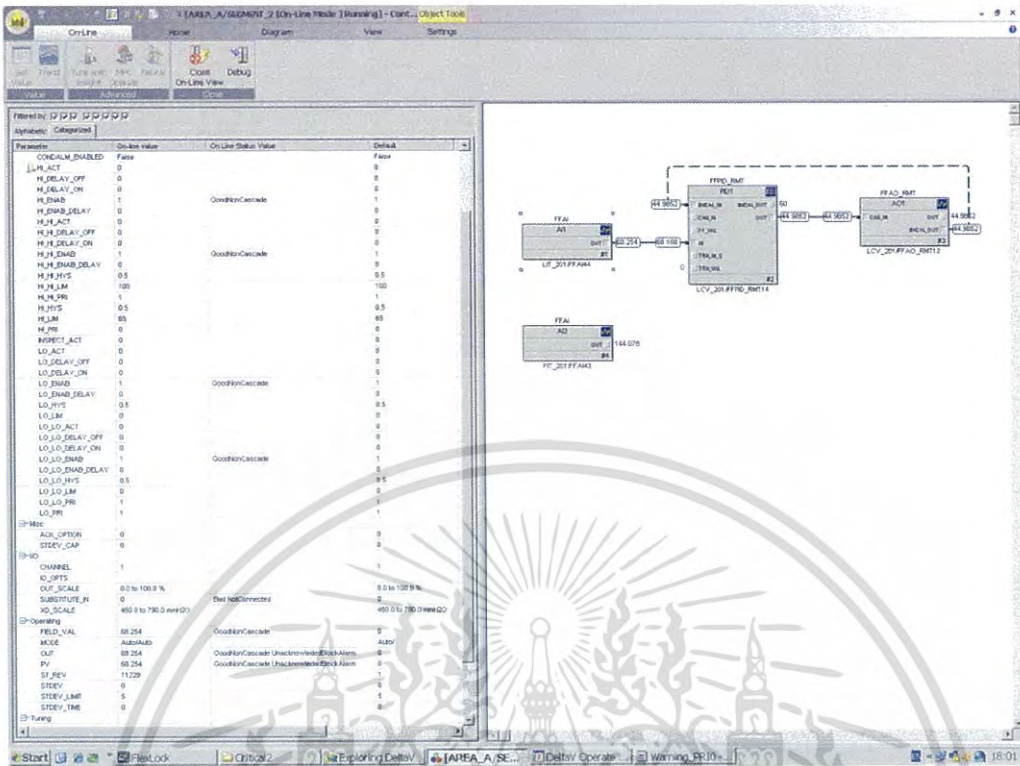


รูปที่ 3.19 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 0

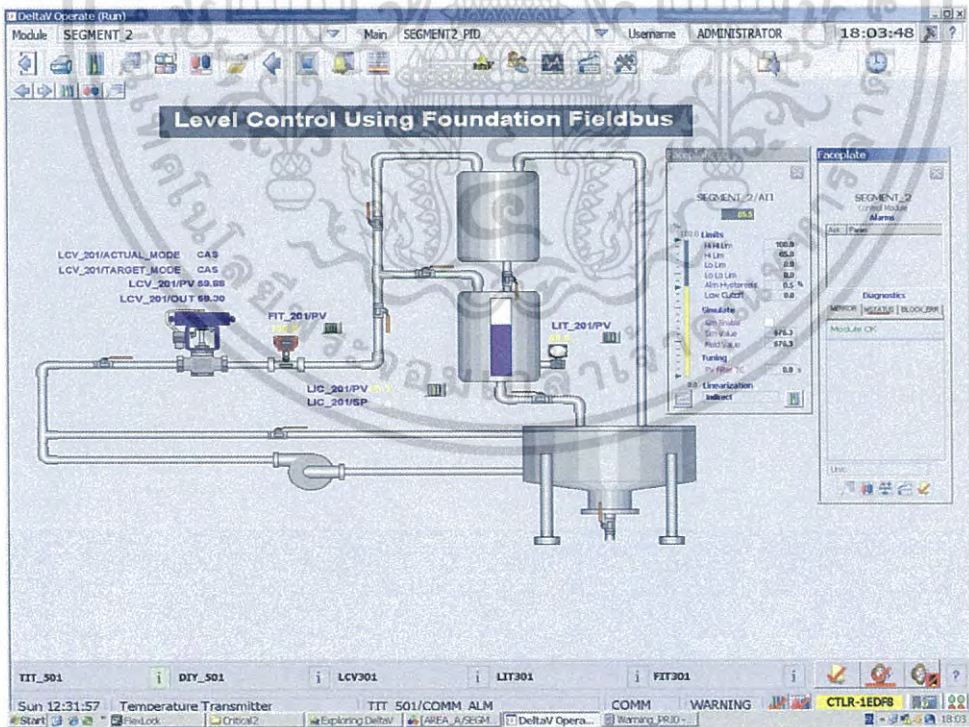


รูปที่ 3.20 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Critical ในตัวแปร HI_PRI = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

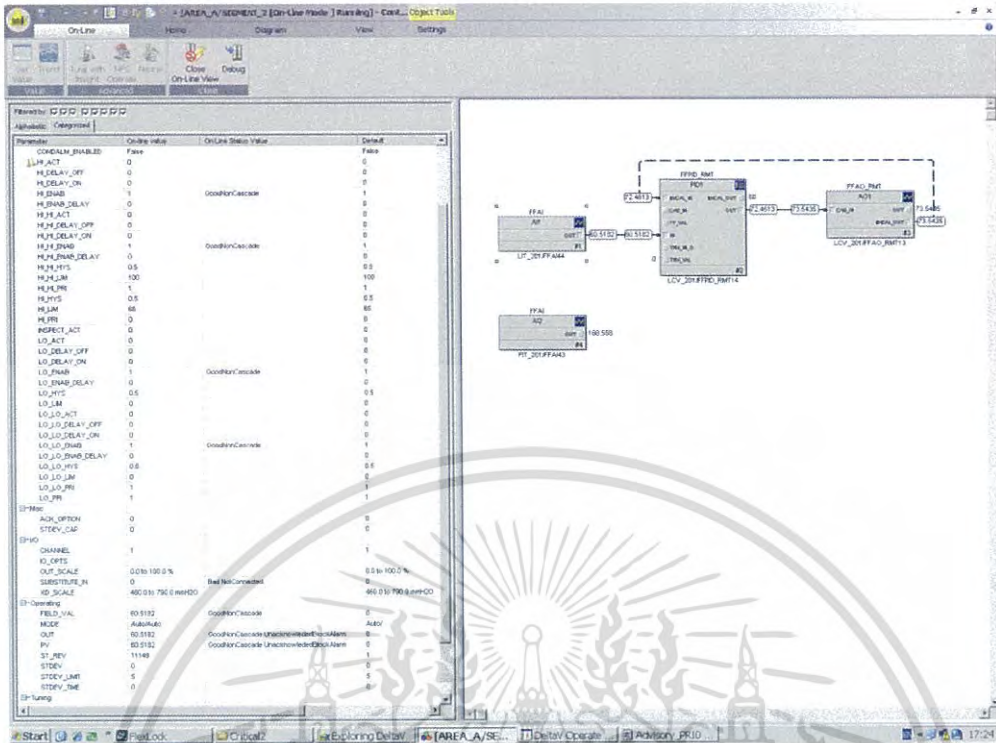


รูปที่ 3.21 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 0

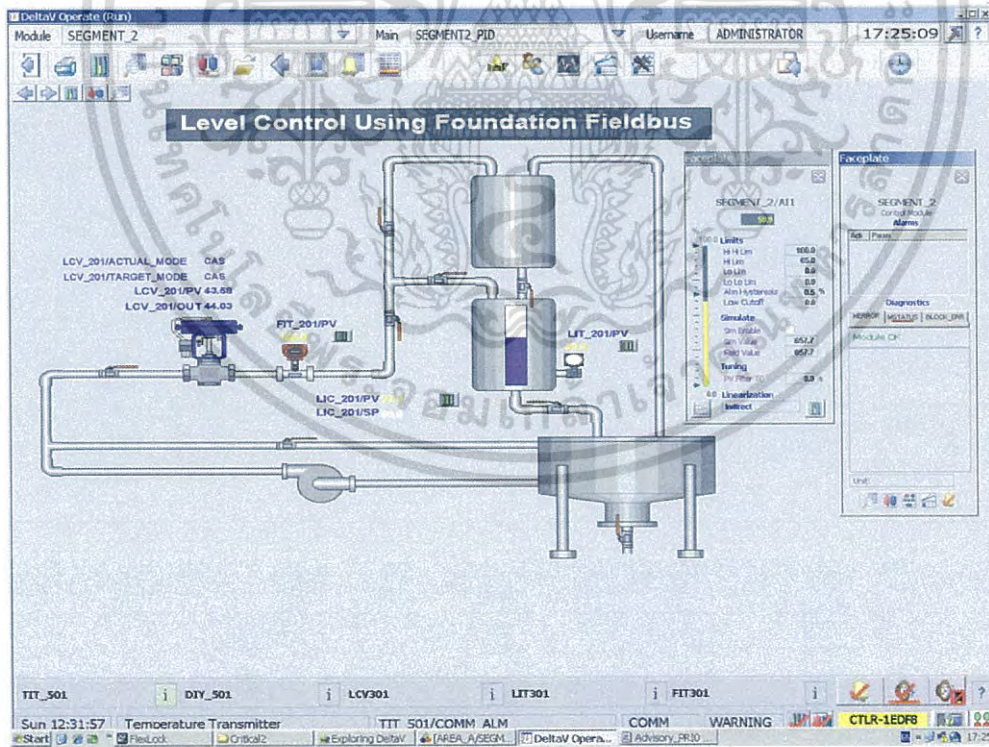


รูปที่ 3.22 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

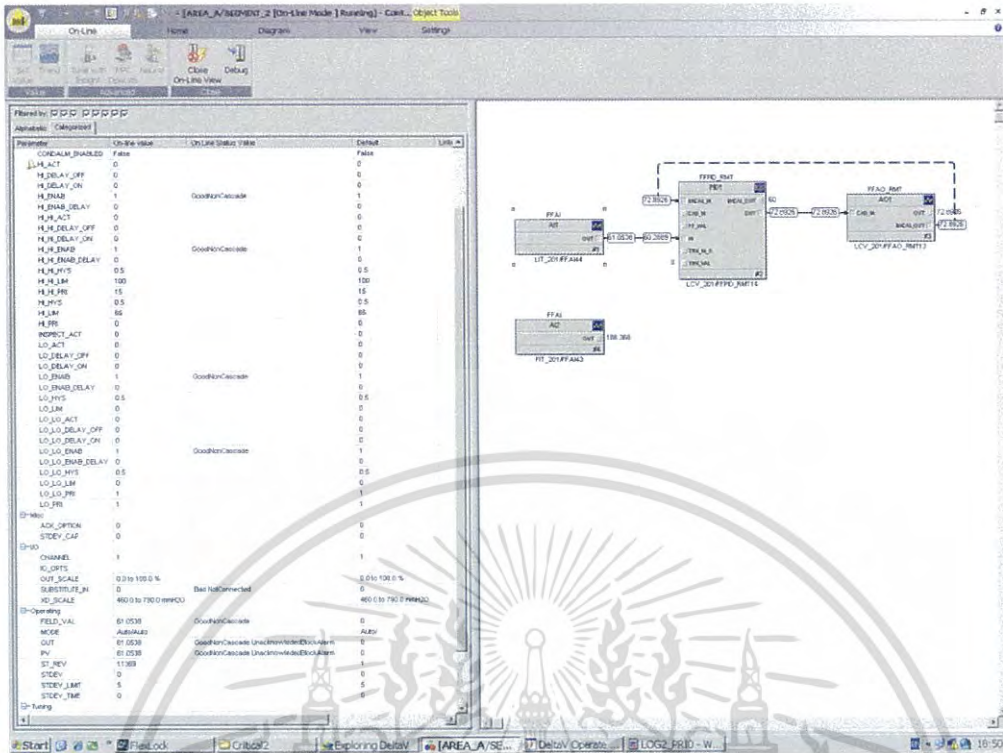


รูปที่ 3.23 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 0

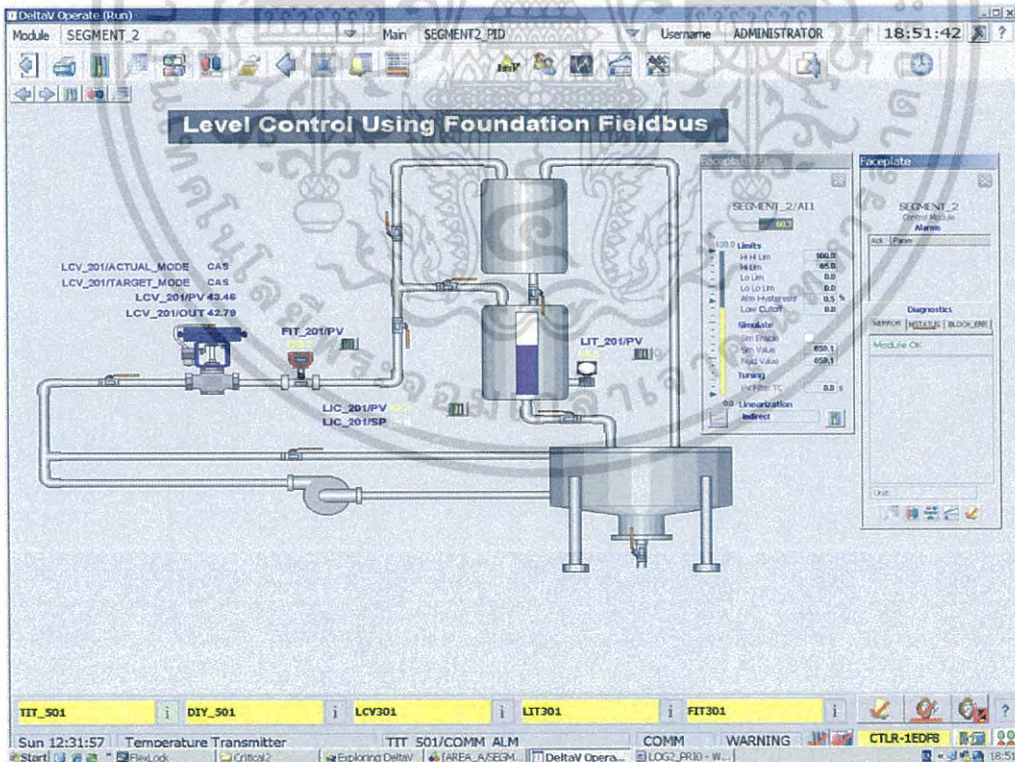


รูปที่ 3.24 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

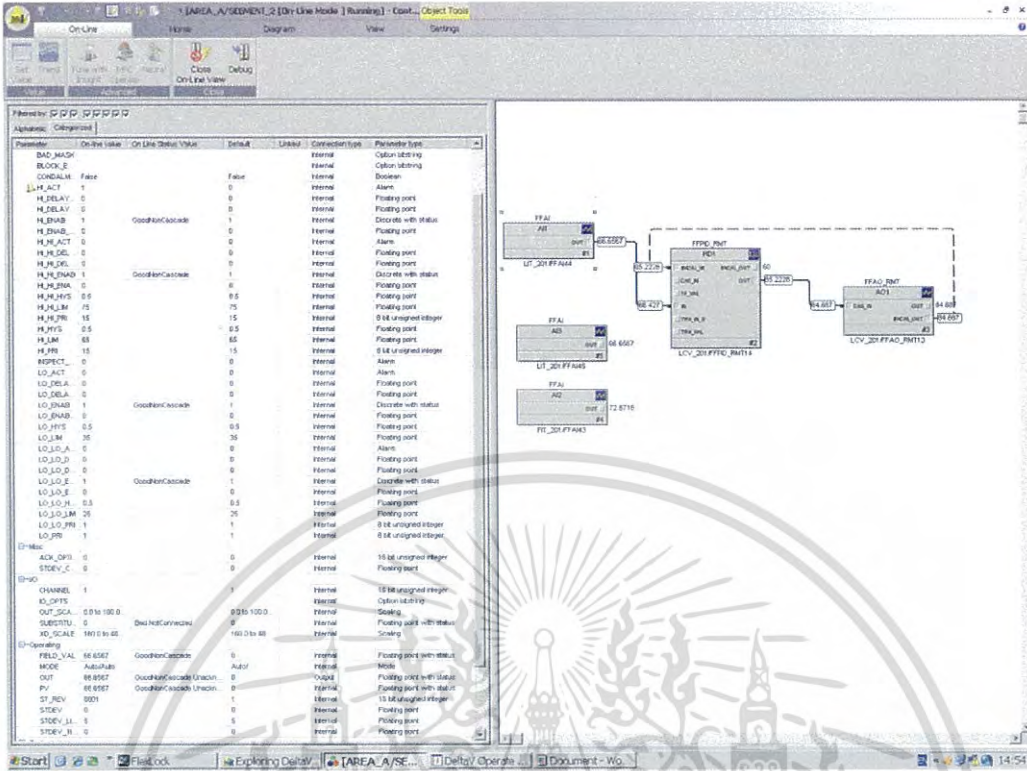


รูปที่ 3.25 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 0

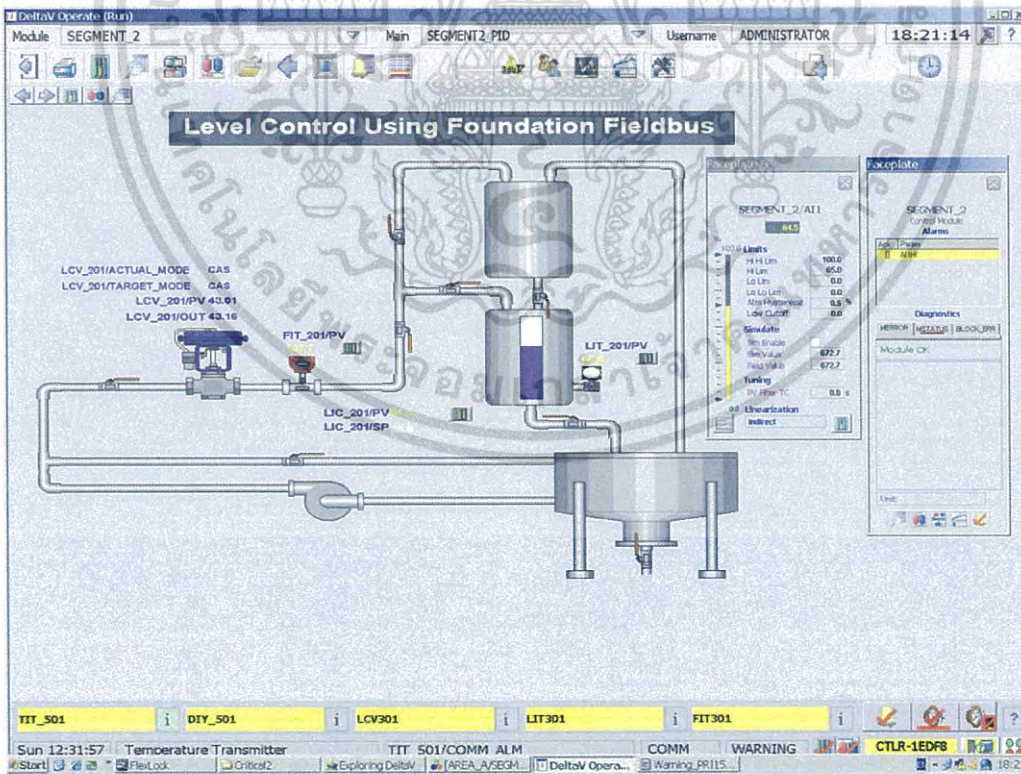


รูปที่ 3.26 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

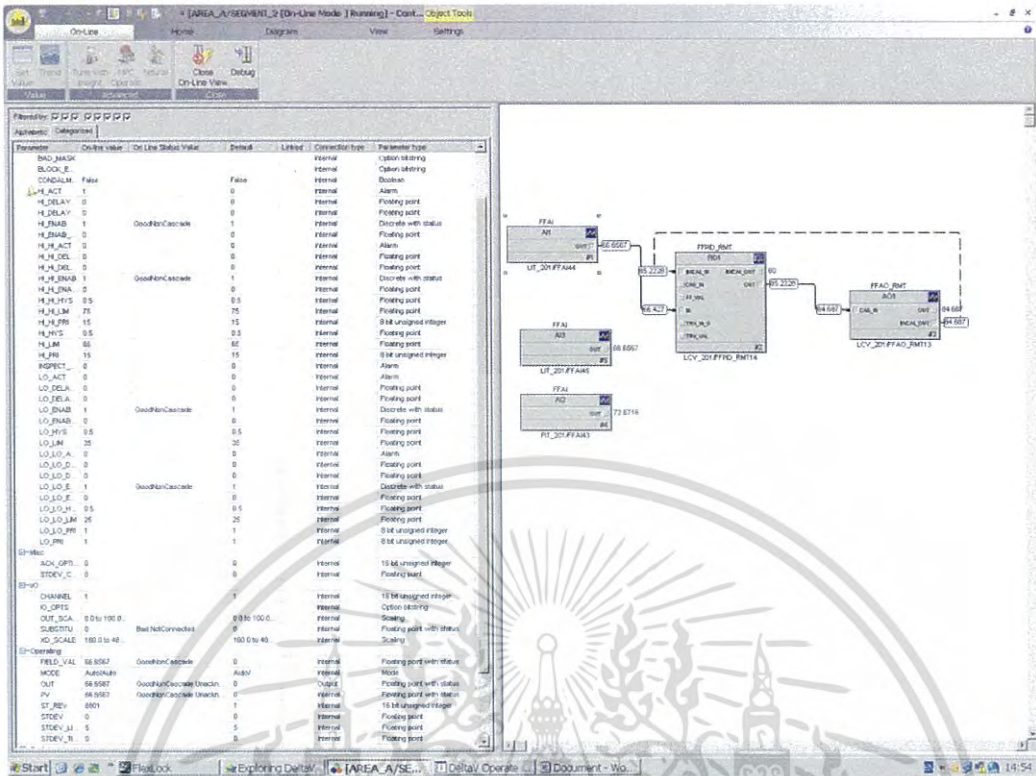


รูปที่ 3.29 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 15

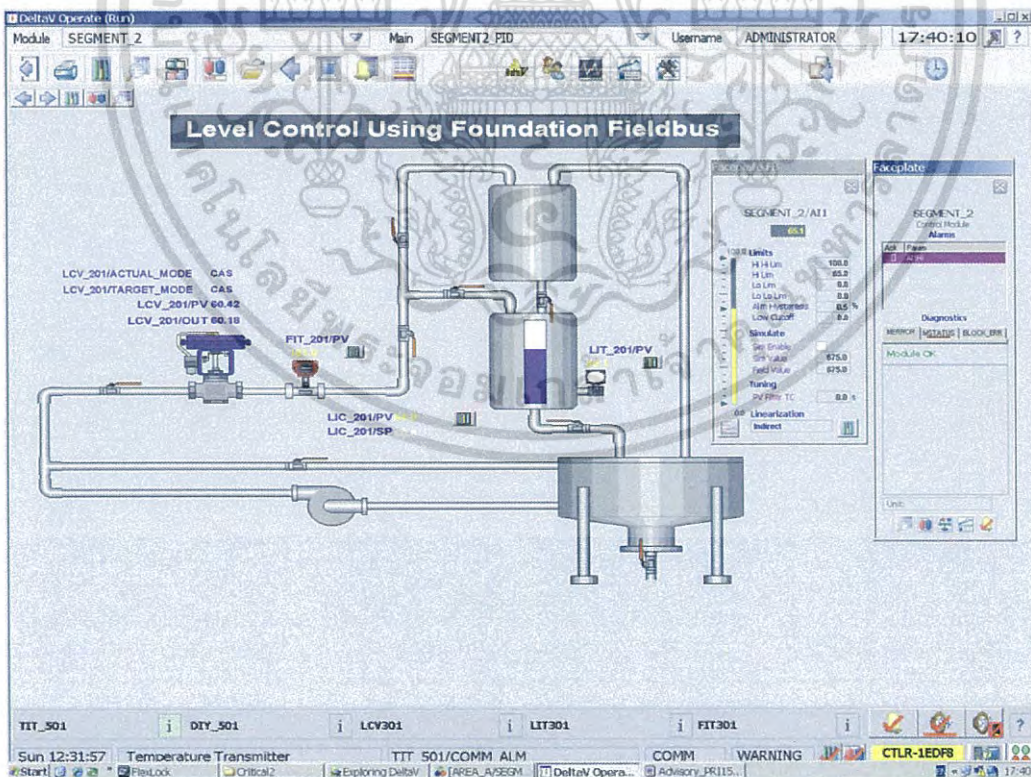


รูปที่ 3.30 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Warning ในตัวแปร HI_PRI = 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

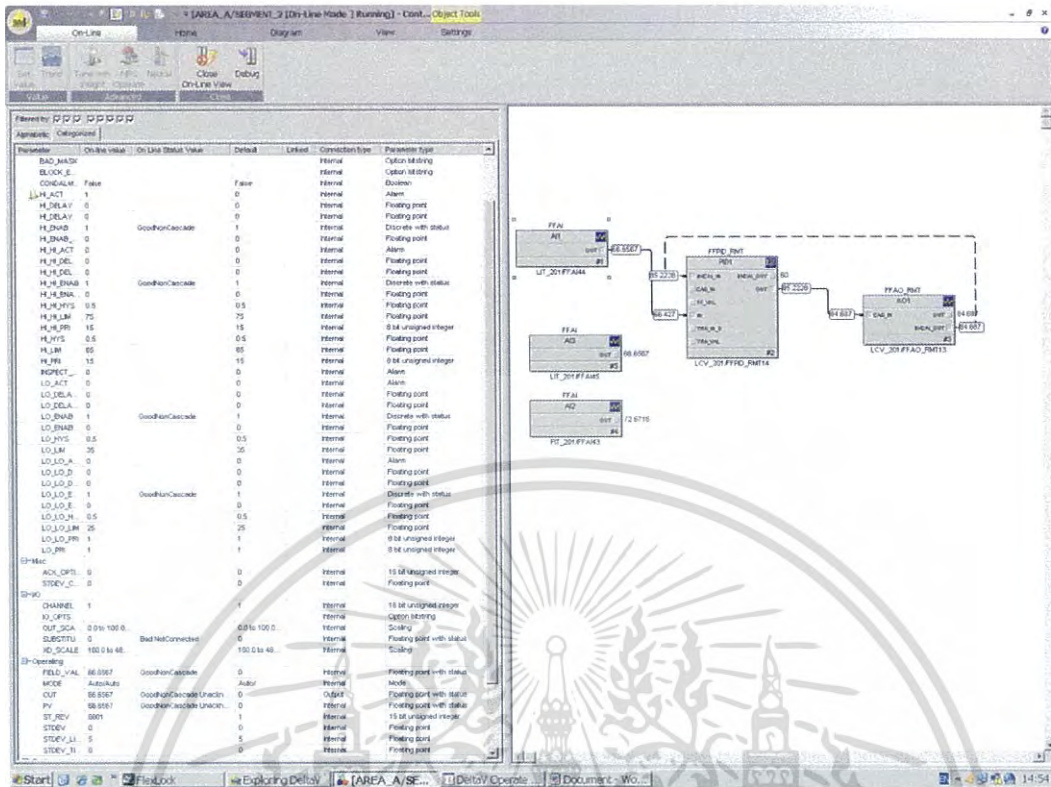


รูปที่ 3.31 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory ในตัวแปร HI_PRI = 15

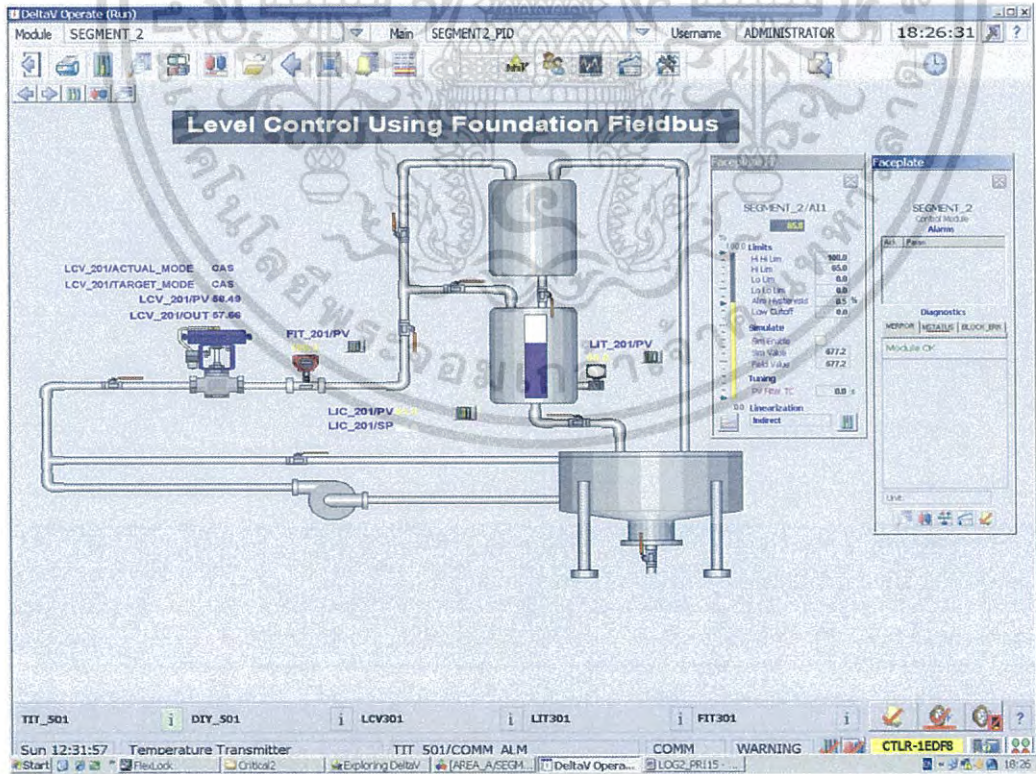


รูปที่ 3.32 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Advisory, HI_PRI = 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.33 สถานะการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 15



รูปที่ 3.34 หน้าจอแสดงผลการทำงานที่ระดับความสำคัญของ Log ในตัวแปร HI_PRI = 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.15 ผลการทดลองทั้งหมด 16 กรณี

DeltaV Alarm Priority	HI_PRI of the AI block	HI_ACT of the AI block	Alarm Display Color	Auto Acknowledged
Critical	0	False	None	None
	1	True	Red	No
	7	True	Red	No
	15	True	Red	No
Warning	0	False	None	None
	1	True	Yellow	No
	7	True	Yellow	No
	15	True	Yellow	No
Advisory	0	False	None	None
	1	True	Purple	Yes
	7	True	Purple	Yes
	15	True	Purple	Yes
Log	0	False	None	None
	1	True	None	Yes
	7	True	None	Yes
	15	True	None	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการแจ้งเตือนกระบวนการในรูปควบคุมพีเอตโดยใช้อุปกรณ์ระดับฟิลต์ที่มีการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัสที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พบว่า

1. สถานะการแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก หรือ Alarm Act จะไม่เกิดขึ้น จากการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของฟังก์ชันบล็อก (Function Block Alarm Priority) ด้วยค่าระดับ 0 สำหรับทุกกรณีของการกำหนดค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV

2. สถานะการแจ้งเตือนในฟังก์ชันบล็อก หรือ Alarm Act จะเกิดขึ้น จากการเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของฟังก์ชันบล็อกด้วยค่าระดับเท่ากับ 1, 7, 15 สำหรับทุกกรณีของการกำหนดค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV

3. การเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของฟังก์ชันบล็อกด้วยค่าระดับเท่ากับ 1, 7, 15 จะไม่มีผลต่อรูปแบบการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ดีซีเอส หรือ Alarm Color แต่รูปแบบการแจ้งเตือนจะขึ้นอยู่กับ การกำหนดค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV คือ Critical, Warning, Advisory, และ Log โดยมีการแสดงการแจ้งเตือนด้วยการใช้สีที่แตกต่างกัน

4. การเลือกกำหนดค่าระดับความสำคัญของฟังก์ชันบล็อกด้วยค่าระดับเท่ากับ 1, 7, 15 จะไม่มีผลต่อการรับรู้การแจ้งเตือน หรือ Acknowledge แต่การรับรู้การแจ้งเตือนจะขึ้นอยู่กับ การกำหนดค่าระดับความสำคัญการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ DeltaV คือ Critical, Warning, Advisory, และ Log ในกรณีที่มีการกำหนดระดับความสำคัญเป็น Critical และ Warning ผู้ปฏิบัติงานต้องทำการรับรู้การแจ้งเตือนด้วยตนเอง แต่ถ้ากำหนดระดับความสำคัญเป็น Advisory และ Log การรับรู้การแจ้งเตือนจะเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติด้วยระบบโฮสต์ (Auto Acknowledged)

เมื่อเปรียบเทียบความสำคัญในการกำหนดรูปแบบการแจ้งเตือนและการรับรู้การแจ้งเตือน จะเห็นได้ว่า ระดับความสำคัญการแจ้งเตือนในระบบโฮสต์ มีความสำคัญมากกว่าค่าระดับความสำคัญของฟังก์ชันบล็อกภายในอุปกรณ์ระดับฟิลต์

4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในประเด็นที่สนใจในวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบโฮสต์ DeltaV เวอร์ชัน 10.3.1. ดังนั้น ถ้าระบบโฮสต์มีการพัฒนาหรืออัปเดตเวอร์ชันใหม่ ความสัมพันธ์ระหว่างการแจ้งเตือนและการแสดงผลการแจ้งเตือนที่ศึกษาอาจเปลี่ยนแปลงไปตามความสามารถของระบบโฮสต์

เอกสารอ้างอิง

- [1] I. Verhappen, "Foundation Fieldbus Economics Comparison", ISA Transactions, vol.39, no. 2, pp.281-285, 2000.
- [2] ชัยวัฒน์ เจตนาเชี่ยวชาญกิจ . "การใช้ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสแทนที่ระบบแอนะล็อกในกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [3] A. Sushimanski, "Application Experiences with Fieldbus Instruments", ISA Transactions, vol.35, no.2, pp.137-145, 1996.
- [4] พุฒิพงษ์ ยิ้มวุฒิกุล. "วิธีการกำหนดค่าของฟังก์ชันบล็อกสำหรับการควบคุมแบบคาสเคดบนพื้นฐานฟาว์นเดชันฟิลด์บัสที่มีความปลอดภัยของระบบหรือความพร้อมใช้ของระบบ", วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558.
- [5] J. Berge, Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance, ISA Press, USA, 2004.
- [6] I. Verhappen and A. Pereira, Foundation Fieldbus, ISA Press, USA, 2009.
- [7] B. G. Liptak, Instrument Engineers' Handbook: Process Control Optimization, CRC Press in Cooperation with ISA Press, USA, 2009.
- [8] Fieldbus Foundation, AG-181: Foundation Fieldbus System Engineering Guidelines, Rev.3.2.1, USA, 2012.
- [9] J. Klinhuan, W. Petchmaneelumka, and A. Julsereewong, "Priority Parameters of Process Alarms for Foundation Fieldbus PID Loop: A Case Study of Temperature Control in the Field Devices", SICE Annual Conference, pp.1419-1423, 2014.
- [10] จตุรงค์ กลิ่นหวล. "การศึกษาตัวแปรระดับความสำคัญของสัญญาณแจ้งเตือนกระบวนการในฟังก์ชันบล็อกของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2559.
- [11] ARC Advisory Group, "The Business Value Proposition of Control in the Field", ARC White Paper, pp.1-20, 2009.
- [12] A. Julsereewong, P. Julsereewong, and P. Harntujit, "Foundation Fieldbus Segment Scheduling for Fast Loop Control", ICIC Express Letter, vol.7, no. pp. 1201-1207, 2013
- [13] ปิยพร หารจุจิต. "การจัดตารางเวลาในการสื่อสารของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเซกเมนต์เพื่อการควบคุมที่รวดเร็ว" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [14] A. Julsereewong, P. Julsereewong, and Thipat Dejsiriphant, "Study on Field Control Location for Foundation Fieldbus-Based Cascade Control Loop", SICE Annual Conference, pp.1706-1711, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [15] อธิภัทร เดชศิริพันธ์. “การศึกษาตำแหน่งการควบคุมระดับฟิลด์สำหรับลูบควบคุมแบบคลาสเคดโดยใช้ ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2556.
- [16] Azbil (Yamatake), Specifications – SS2-STJ10F-0100 (ST3000 Series 900 Smart Transmitter, Differential Pressure Transmitters with Foundation Fieldbus), 5th Edition, May 2007.
- [17] Yokogawa Electric Cooperation, User’s Manual – IM01E20F02-01E (ADMAG AXF Series: Foundation Fieldbus Communication Type, Magnetic Flowmeter), 2nd Edition, May 2007.
- [18] Fisher (Emerson Process Management), Instruction Manual – D103189X012 (DVC6000f Digital Valve Controllers), January 2012.
- [19] Emerson Process Management, The DeltaTM System Overview, [Online]. Available : www2.emersonprocess.com/DeltaV, 2009.
- [20] Fieldbus Foundation, Foundation Fieldbus Technical Overview – FD-043, Revision 3.0, USA, 2008.
- [21] Fieldbus Foundation, Foundation Fieldbus System Engineering Guidelines – AG-181, Revision 3.2.1, USA, 2012.
- [22] Fieldbus Foundation, Foundation Fieldbus Application Guide: 31.25 kbit/s Wiring and Installation – AG-140, Revision 1.0, USA, 1996.
- [23] วรทัศน์ สาสนัส. “การสับเปลี่ยนอุปกรณ์ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส: กรณีศึกษาการสับเปลี่ยนทรานสมิตเตอร์อุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ที่เหมือนและต่างกัน”, วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2558.
- [24] Fieldbus Foundation, FoundationTM Specification: Fieldbus Message Specification – FF-870, Revision FS. 1.7, USA, 2008.
- [25] Fieldbus Foundation, FoundationTM Specification: Function Block Application Process: Part 1 – FF-890, Revision FS. 1.10, USA, 2012.
- [26] Fieldbus Foundation, FoundationTM Specification: Function Block Application Process: Part 2 – FF-891, Revision FS. 1.10, USA, 2012.
- [27] Fisher Rosemount (Emerson Process Management), FoundationTM Fieldbus Block Manual – 00809-0100-4783, Revision BA, USA, 2000.
- [28] Endress+Hauser, Guideline: Foundation Fieldbus Function Blocks - BA00062S, Version 1.01, 2010.
- [29] Fieldbus Foundation, FoundationTM Application Note: A Practical Guide to Fieldbus Alarms – AN-014, Revision 1.1, USA, 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration

SII 2014



Copyright © Chuo University
All Rights Reserved

December 13-15, 2014

Chuo University

Korakuen Campus

Tokyo, Japan

 **IEEE**
SICE[®]

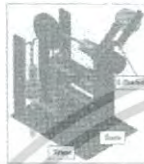
Plant Engineering

15:00–15:20 SuP2C.1

Hybrid Renewable Power System for Agriculture Irrigation system

Firas B. Ismail Alnaimi and KSM Sahari
CAMARO, Universiti Tenaga Nasional, Malaysia
Yee Chaw Chu
Nordic flow Control Pte Ltd, 5 Kwong Min Road, Singapore

- The paper presents a hybrid renewable power system for irrigation system
- The whole design can be basically break down into three main parts
- They are solar concentrator with sun tracker system, stirling engine system, and hand-operated water pump
- Several sensors are used and the monitoring is done using LabVIEW 2012



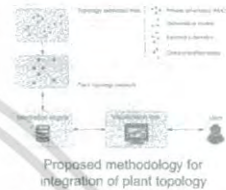
Design of the power system with hand-operated water pump

15:20–15:40 SuP2C.2

Integration, Navigation and Exploration of Plant Topology Networks using Property-graphs

David Dorantes Romero
Technology and Innovation, ABB AS, Norway
Nina F. Thornhill
Department of Chemical Engineering, Imperial College London, UK

- Understanding plant topology (how systems are connected) is essential for fault diagnosis in chemical processes
- Large-scale facilities are highly integrated and complexity is increasing
- Current methods for representing connectivity have many limitations
- We propose a new methodology for integration and visualization of this knowledge



Proposed methodology for integration of plant topology

15:40–16:00 SuP2C.3

Process Alarming in PID Loop Using Foundation Fieldbus with Control in the Field: A Case Study of DeltaV Host System

Suvishchan Arayawat, Teerawat Thepmahee,
Prasit Julsereewong, and Amphawan Julsereewong
Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, Thailand, 10520

- Software configuration guideline for process alarming in PID loop using Foundation Fieldbus has been presented.
- Configuration of H1 segment installed in a level-control plant model and operated by the DeltaV host is examined as a case study.
- Experimental results showing relations between alarm configuration and alarm notification of the studied system are included.



16:00–16:20 SuP2C.4

Determine Information Security Features for Smart Grid through Constructing a Threat Model

Yu Tso Chen and Yu Chi Ko
Dept. of Information Management, National United University, Taiwan R.O.C.

- The applications of smart grid provide solutions to advance energy management and reduce CO₂ emission.
- However, information security attacks will endanger the reliability and usability of smart grid applications.
- This paper examines information security risks on smart grid network (SGN) through constructing a threat model.
- Information security functional features for SGN are determined by analyzing the proposed threat model.



The proposed information security features for protecting a smart grid network

Process Alarming in PID Loop Using Foundation Fieldbus with Control in the Field: A Case Study of DeltaV Host System

Suvishchan Arayawat, Teerawat Thepmanee, Prasit Julsereewong, and Amphawan Julsereewong

Abstract—This paper presents a software configuration guideline for process alarming in proportional-integral-derivative (PID) loop using Foundation Fieldbus (FF) with control in the field. Process alarm configuration of FF H1 segment installed in a level-control plant model and operated by the DeltaV host system is examined as an illustrative case study. Experimental results showing relations between alarm configuration and alarm notification of the studied system are included. The proposed practical guideline can be applied to develop a good fieldbus system alarm strategy for industrial processes.

I. INTRODUCTION

TRADITIONALLY, field devices in industrial continuous process control have been connected with analog 4-20 mA cables to a distributed control system (DCS). Special input/output (I/O) cards are used to convert the signal from analog to digital. While current loop connection is still an option in control and instrumentation systems, pure digital fieldbuses such as Foundation Fieldbus (FF) technology approved by the IEC 61158 standard are rapidly gaining popularity [1]-[3]. Two related specifications of FF have been developed, H1 operating at 31.25 kb/s and HSE operating at 100 Mb/s. FF H1 is the field-level network designed to operate on existing twisted-pair instrument cabling with power and signal on the same wire for interconnecting intelligent field devices. In addition, FF H1 communication is time-synchronized and scheduled to ensure deterministic closed-loop digital control. FF HSE is the host-level network designed to use commercial off-the-shelf (COTS) Fast Ethernet and Internet software standard protocols for providing device, subsystem, and enterprise integration. FF HSE also supports complete device and media redundancy. Recently, modern integrated DCS host systems offer several software-based alarm indicators such as alarm and event lists, alarm bands, and alarm sequence bars

This work was supported in part by the Fieldbus Foundation Association Thai.

S. Arayawat is with Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520 (e-mail: maayuu_mommy@hotmail.com).

T. Thepmanee is with the Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520 (e-mail: kkteeraw@kmitl.ac.th).

P. Julsereewong is with Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520 (e-mail: kjprasit@kmitl.ac.th).

A. Julsereewong is with Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, 10520 (phone: 662-329-8348; fax: 662-329-8349; e-mail: keamphaw@kmitl.ac.th).

to replace annunciator panels. Based on software alarms, it has led to a significant increase in the number of configured alarm sources [4]. With no consistent guidelines to follow, over configuring DCS alarms is common. The result is a heightened risk for alarm flood and nuisance alarms with consequential undesirable effect on process efficiency, product quality, equipment protection, environment incident, and personnel safety [5]. The flood of alarms overwhelm the operator making it difficult to process the alarms and determine the cause of the event.

The purpose of this paper, therefore, is to present a practical guideline for process alarming in FF proportional-integral-derivative (PID) loop with control in the field strategy. Configuring process alarms of FF H1 segment installed in a level-control plant model and operated by the DeltaV host system (version 10.3.1) is described as an illustrative case study. Alarm notifications according to priorities of function block process alarm and priorities of and host system are experimentally tested.

II. PID LOOP WITH CONTROL IN THE FIELD STRATEGY

FF is unique among fieldbus technologies in process automation in that it provides an embedded control functionality in field devices, commonly referred as 'control in the field'. With control at the field level, truly distributed control and single loop integrity can be achieved. Because in the distributed control based on field device capability, no one controller handles multiple loops, the problem of a single fault affecting a large part of the plant can be reduced. Single loop integrity means that FF H1 segment is able to maintain control at the last set point without participation of a host when there is a malfunction in the operation station and a loss of visibility into the process. In addition, implementing control in the field increases network availability [6]-[7].

Based on FF technology, the PID control loop is configured from three software function blocks as shown in Fig. 1: analog input (AI), PID control (PID), and analog output (AO). The AI and AO blocks must reside in a measuring device (transmitter) and an actuating device (control valve positioner), respectively. With control in the field, the PID block in the actuating device is normally chosen for optimized network bandwidth usage. The function blocks are linked to each other from output parameters to input parameters. The link carries both the value and the status of the parameter. The AI block takes the process value

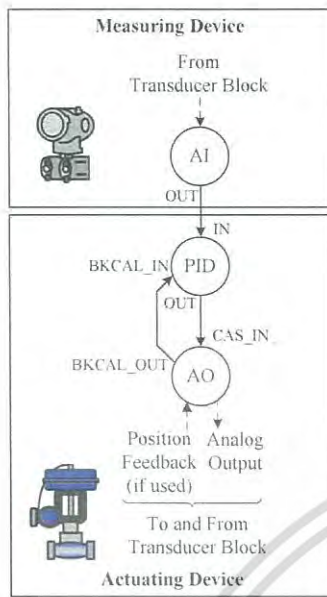


Fig. 1. PID loop with control in the field strategy.

from the transducer block. It provides a number of functions expected from the transmitter such as simulation, linearization, filtering, and alarm. Data from the AI block flow into the PID block via the link from the AI block output (OUT) parameter to the PID block input (IN). After calculating the proper output value, the PID block sends data to the AO block via the link from the PID block output (OUT) to the AO block cascade setpoint input (CAS_IN). The AO block in turn sends a back calculation signal to the PID block to provide a number of useful interlocks and bumpless transfer via the link from the AO block back-calculation output (BKCAL_OUT) backward to the PID block back-calculation input (BKCAL_IN).

III. FF-BASED LEVEL-CONTROL PLANT MODEL



Fig. 2. FF-based level-control plant model employed in experiments.

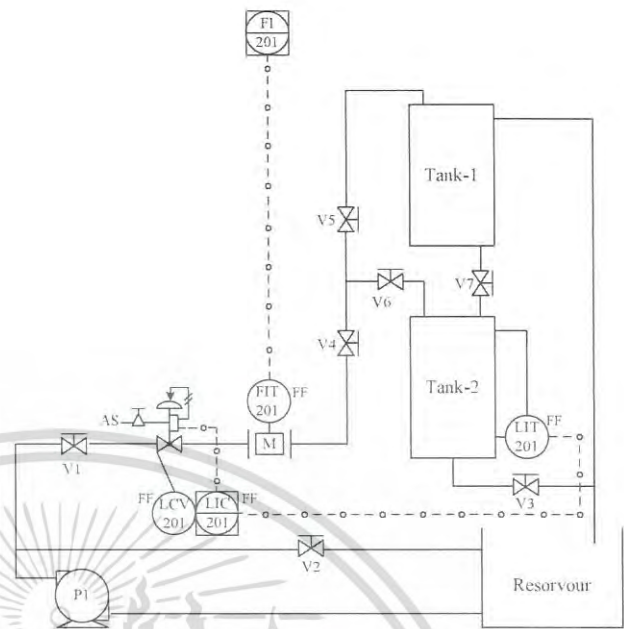


Fig. 3. P&ID of the level-control plant model in Fig. 2.

TABLE I
LISTS OF FF H1 DEVICES REFERRED IN P&ID OF FIG. 3

Device Tag	Device Function	Device Type	Manufacturer
FIT_201	Flow Transmitter	ADMAG-AXF	Yokogawa
LIT_201	Level Transmitter	ST 3000 FF	Yamatate
		S900	(Azbil)
LCV_201	Control Valve	Fisher	Emerson
	Positioner	DVC6000E	Process Management

TABLE II
STATUSES OF MANUAL VALVES REFERRED IN P&ID OF FIG. 3

Valve	Status	Valve	Status
V1	On	V5	Off
V2	On	V6	On
V3	On	V7	Off (normal) On (for creating high alarm)
V4	On		

Fig. 2 shows the level-control plant model employed in experiments for actual observation in case study [8]. Its piping and instrumentation diagram (P&ID) is depicted in Fig. 3, where FIT_201, LIT_201, and LCV_201 are FF H1 devices. Some major details of H1 devices used are summarized in Table I. A liquid level of Tank-2 is specified as the controlled variable. The FIT_201 and LIT_201 are installed to measure the inlet flow and the level of Tank-2, respectively. The statuses of manual valves installed in the plant model of Fig. 2 and referred in P&ID of Fig. 3 are given in Table II. In normal operation for controlling the liquid level of Tank-2, the manual valve V7 is closed, but this valve is opened to discharge the liquid from Tank-1 for increasing the level of Tank-2 in order to mimic a cause of process alarms of level to high (HI).

IV. STUDIED FF PROCESS ALARMING

A. Network Architecture of Studied System

Fig. 4 shows the FF-based network architecture of the studied system used in experiments for our case study. At FF-HSE host-level network built on Ethernet wiring, there are the DeltaV host workstation, controller, and Fieldbus H1 card. The Fieldbus H1 card functions as a FF HSE/H1 linking device, which buffers messages to take care of the difference in transmission speed between HSE and H1. The DeltaV workstation accesses data through the linking device. At the FF-H1 field end, there are field instruments installed in the level-control plant model of Fig. 2.

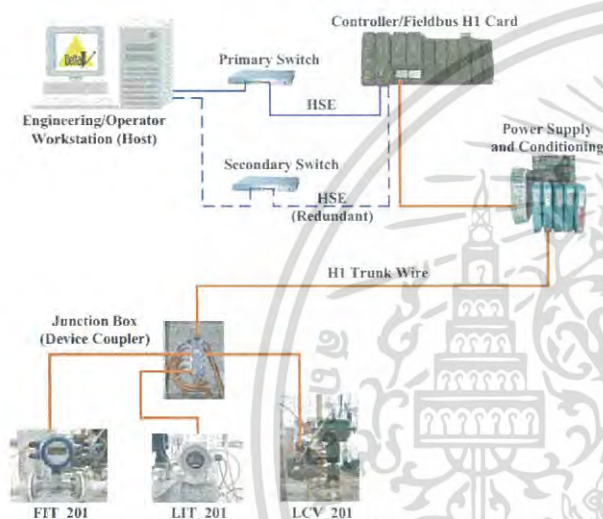


Fig. 4. FF-based network architecture of the studied system.

B. Building Control Strategy in the DeltaV

The DeltaV host includes variety of software applications for configuration, monitoring, and process operation. DeltaV Explorer is an application that lets a user to define system components and view the overall structure and layout of the system. Control Studio is employed to design and modify the individual modules and templates that create the control strategy. DeltaV Operation Application functions in two modes; configure mode and run mode. In configure mode, this application is utilized to build real-time process graphics, whereas in run mode, an operator uses the created graphics in the monitoring and maintenance of the control process. In addition, the predictive maintenance application called AMS Device Manager provides single tool for device configuration, calibration, documentation, and diagnostics.

For building strategy for controlling the liquid level and monitoring the inlet flow of Tank-2, the function block diagram is realized by using the Control Studio application as shown in Fig. 5, where the control module is named SEGMENT_2. There are two separate loops on the same segment. The AI1, PID1, and AO1 blocks are used for creating the PID loop, while the AI2 block is employed for monitoring loop. The allocations and operational details of

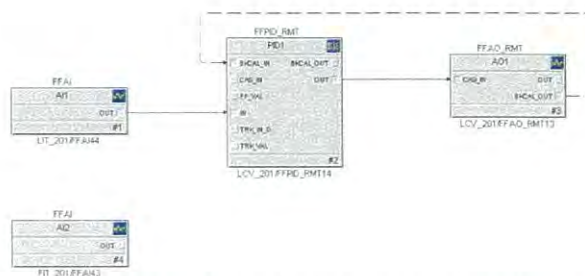


Fig. 5. Configured function block diagram using Control Studio

TABLE III
ALLOCATIONS AND DETAILS OF FUNCTION BLOCKS USED IN FIG. 5

Function Block Tag	Device Tag	Block Execution Time	Normal Block Mode
AI1	LIT_201	75 ms	Automatic (Auto)
PID1	LCV_201	30 ms	Automatic (Auto)
AO1	LCV_201	25 ms	Cascade (Cas)
AI2	FIT_201	30 ms	Automatic (Auto)



Fig. 6. Segment macrocycle prepared by the DeltaV host for configured function block diagram of Fig. 5.

function blocks used in Fig. 5 in the field devices by using control in the field concept are summarized in Table III. The tags that are assigned for function blocks are usually the same tags as the ones used in the P&ID. The function blocks are typically executed according to a schedule called segment macrocycle. The macrocycle prepared by the host (or configuration tool) indicates at what instant each function block shall be executed and each link communicated. Additionally, the macrocycle calculation depends on several factors such as number and type of FF H1 field instruments, block execution time, block execution order, and the time required for external link communication. The normal block mode is a category describing to an operator interface what a block's normal operation should be set. In automatic mode (Auto), the block itself calculates the block output (OUT). For cascade (Cas) mode, the block setpoint is received from another function block through the cascade setpoint input (CAS_IN), and the block itself calculates the block output (OUT).

For the configured function block diagram in Fig. 5, Fig. 6 displays its segment macrocycle prepared by the DeltaV host. For the PID loop, the AI1 block execution is followed by the communication of the external link for the output AI1 block to the input of the PID1 block in the LCV_201 valve positioner. The PID would then be executed, followed by the AO1 block in the same device. For the monitor loop, it has only the AI2 block execution. The AI1 and AI2 blocks are scheduled to execute in parallel for optimum timing, since

each loop is independent. The calculated (minimum) macrocycle time for the studied system is 160 ms, which may be determined by the summation of the execution times of the AII, PID1, and AOI blocks and plus the time of 30 ms for function block external link communication on the network. The requested macrocycle time is defined for user-specified value (150 ms, 250 ms, 500 ms, 1 s, 2 s, or 5 s). To achieve the actual macrocycle, the DeltaV system utilizes the greater of the user-specified requested or calculated macrocycle. This means that the actual macrocycle of the studied system is equal to the requested macrocycle of 1 s (or 1000 ms) since the calculated macrocycle is less than the requested macrocycle.

C. FF Process Alarm Parameters

Based on FF technology, the parameters used to configure the alarms and check alarm status are the same across the range of blocks. Depending on the block type, the type of standard alarms may vary. Usually, the process alarms consisting of process variable high-high (HI_HI), process variable high (HI), process variable low (LO), and process variable low-low (LO_LO) indicate that the process variable (PV) has exceeded a certain threshold. Most alarms have three associated parameters: trip limit value, priority, and alarm status. The trip limit parameters have names ending with `_LIM` for configuring the trip value. The setting of the trip value is restricted by the scaling parameter, for example, the output scale in case of the AI block, or the process variable scale in case of the PID block. For the PID loop with PID function block located in the valve positioner, the host should access the PV and alarms from the transmitter directly [9]. The priority parameters have names ending with `_PRI` for setting the alarm priority level. The parameter names ending with `_ALM` contain the status information for the latest occurring or clearing of the alarm. The FF has 15 levels of alarms. The relation between alarm priority level and status information can be summarized in Table IV [10].

TABLE IV
ALARM PRIORITY LEVEL AND STATUS INFORMATION

Priority Level	Status Information
0	No Indication
1	No Notification
2	Low – Fixed
3-7	Block Alarms/Advisory Alarms
8-15	Critical Alarms

D. DeltaV Alarm Priority Names

By default, four alarm priorities are available for configuring alarm parameters in the DeltaV system; Critical, Warning, Advisory, and Log. The DeltaV system priority determines the color, sound, and importance to the operator as given in Table V. The priority also affects the order in which alarms appear in the Alarm Banner and the Alarm List pictures in DeltaV Operate.

TABLE V
ALARM PRIORITY NAME DEFINITION IN DELTA V SYSTEM

DeltaV Alarm Priority	Auto Acknowledged	Auto Ack Inactive	Horn Sound
Critical	No	No	Buzz.wav
Warning	No	No	Alert_tone.wav
Advisory	Yes	No	Beep.wav
Log	Yes	No	None

V. EXPERIMENTAL SETUP AND RESULTS

A. Experimental Setup

In order to investigate the alarm notifications according to priorities of function block process alarm and priorities of and host system, the different 16 cases were experimentally tested. The alarm priorities of the DeltaV system were set to Critical, Warning, Advisory, and Log, and the alarm priority levels of the HI process alarm on the AI function block (HI_PRI) were configured to equal 0, 1, 7, and 15 in the control module named SEGMENT_2 in DeltaV Studio (see Fig. 7). Control parameters of the PID function block were set as Gain = 0.74 and Reset = 40 s.

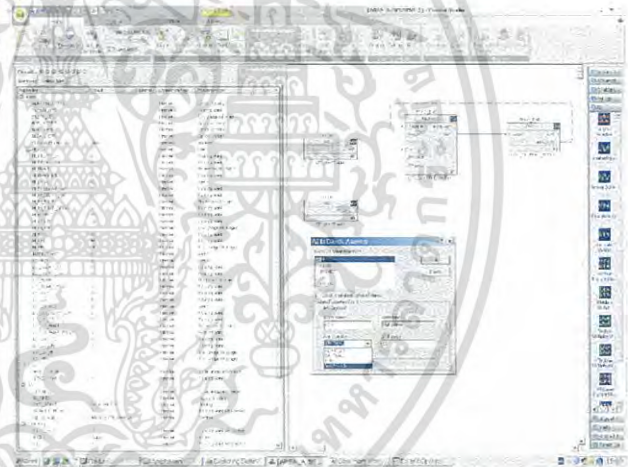


Fig. 7. Screenshot of DeltaV Studio to configure test conditions.

The trip limit of 65% was used for experiments for HI process alarm on the AI function block occurrences. In the DeltaV system, the HI process alarm uses two parameters with the following name relationship:

- HI_ACT for HI alarm state parameter (true = in alarm)
- HI_LIM for HI alarm limit parameter (PV > HI_LIM = alarm)

All HI process alarms use a calculation according to the following form:

- HI_ACT is true (1) if PV > HI_LIM

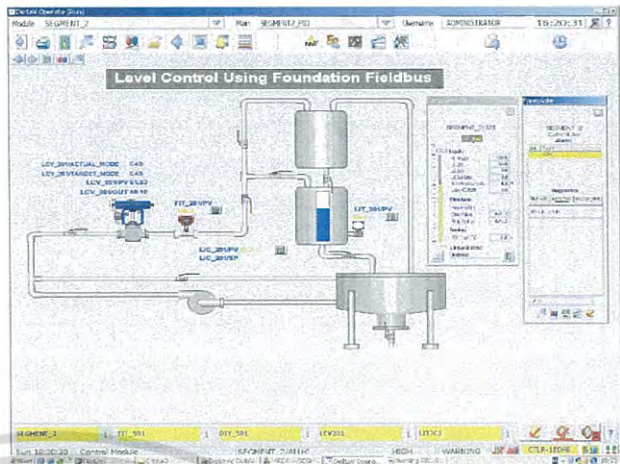
The system sends the alarm to DeltaV Operate when the HI_ACT parameter becomes true. All HI_ACT calculations are basically true/false conditions, where the true condition indicates that the alarm is active.

B. Experimental Results

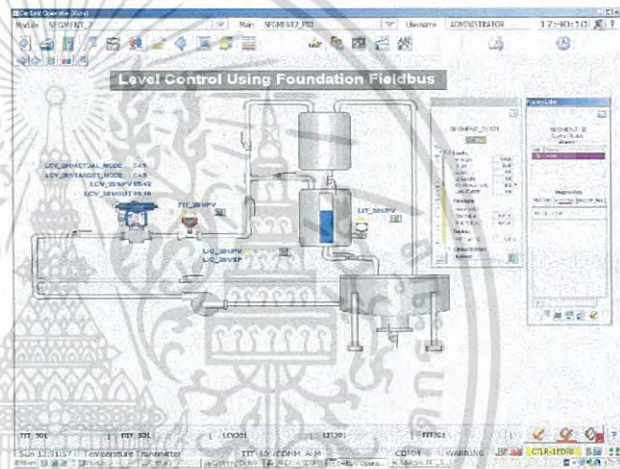
In experiments for each test case, the status of the HI_ACT of the AI function block in the control module named SEGMENT_2 in Control Studio, the color of alarm display and the alarm acknowledgement in DeltaV Operate in run mode were investigated. Experimental results for different 16 test cases are summarized in Table VI. It is seen that the HI_ACT parameter is false when setting the HI_PRI = 0. Otherwise, the HI_ACT parameter becomes true for indicating that the alarm is occurred. The colors used to indicate the active alarms in DeltaV Operate in run mode are red, yellow, and purple when configuring the DeltaV alarm priorities as Critical, Warning, and Advisory, respectively, as illustrated in Fig. 8. The acknowledgement status of the alarm is illustrated in the Alarm List pictures in DeltaV Operate. Figs. 8(a) and 8(b) show that the automatic acknowledgements are not available for setting the DeltaV priorities of Critical and Warning, but the automatic

TABLE VI
EXPERIMENTAL RESULTS FOR DIFFERENT 16 TEST CASES

DeltaV Alarm Priority	HI_PRI of the AI block	HI_ACT of the AI block	Alarm Display Color	Auto-Acknowledged
Critical	0	False	None	None
	1	True	Red	No
	7	True	Red	No
Warning	15	True	Red	No
	0	False	None	None
	1	True	Yellow	No
Advisory	7	True	Yellow	No
	15	True	Yellow	No
	0	False	None	None
Log	1	True	Purple	Yes
	7	True	Purple	Yes
	15	True	Purple	Yes
Log	0	False	None	None
	1	True	None	Yes
	7	True	None	Yes
Log	15	True	None	Yes

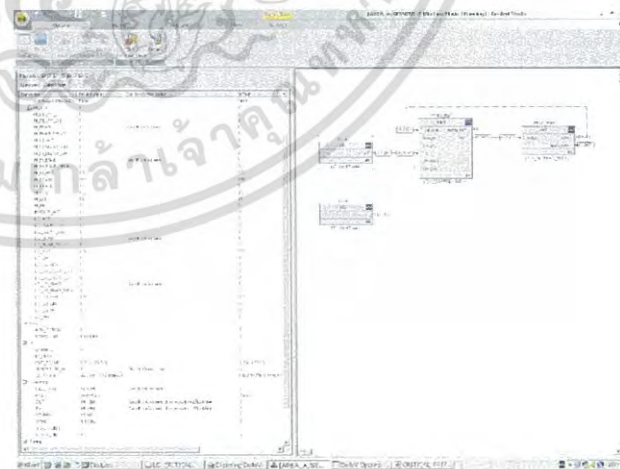


(b) DeltaV alarm priority = Warning



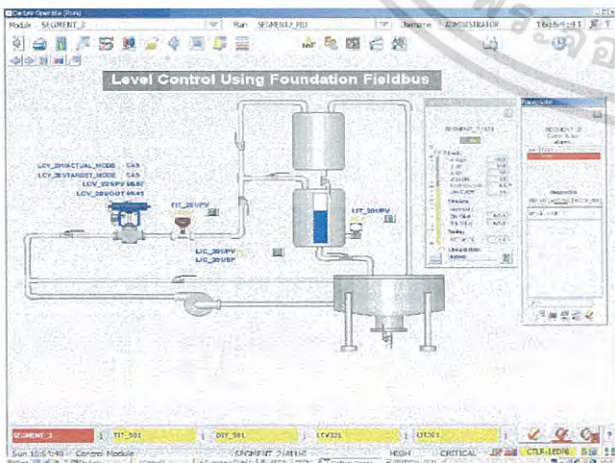
(c) DeltaV alarm priority = Advisory

Fig. 8. Screenshots of DeltaV Operate in run mode for HI_PRI = 15.

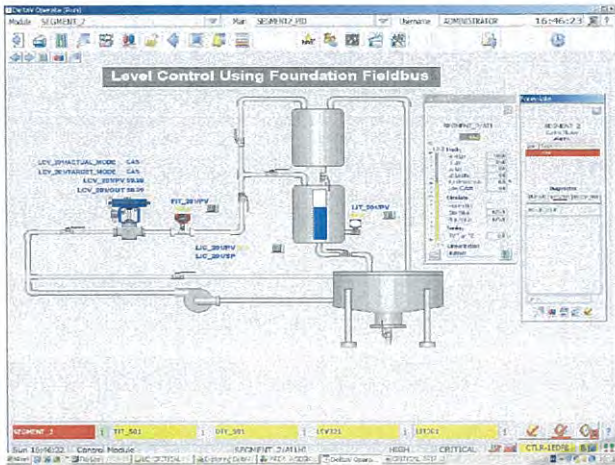


(a) Screenshot of the Control Studio in run mode

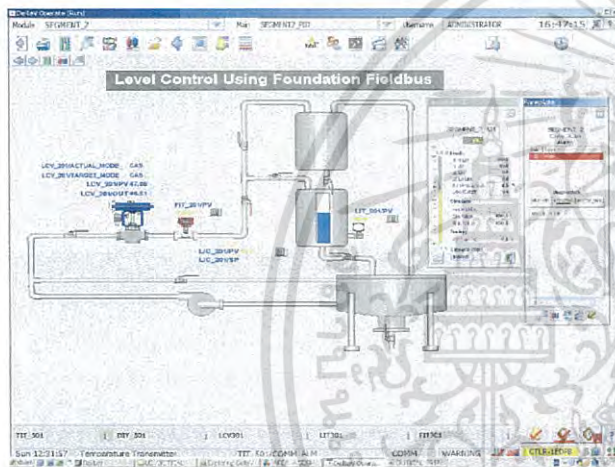
Fig. 9. Experimental results for HI_PRI = 7 and priority = Critical.



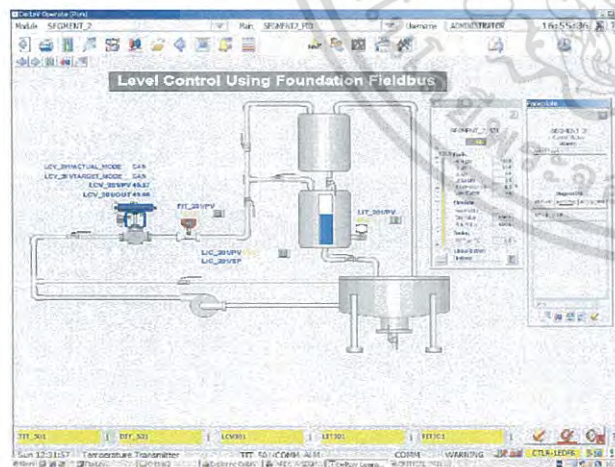
(a) DeltaV alarm priority = Critical



(b) Screenshot of DeltaV Operate in run mode for active alarm



(c) Screenshot of DeltaV Operate in run mode for unacknowledged alarm



(d) Screenshot of DeltaV Operate in run mode for acknowledged and cleared alarm

Fig. 9. Experimental results for HI_PRI = 7 and priority = Critical.

acknowledgment is provided for the DeltaV priority of Advisory (See Fig. 8(c)). Figs. 9(a)-9(d) show the

experimental results for setting the HI_PRI = 7 and the DeltaV priority = Critical. From Figs. 9(b) and 9(c), it is evident that the operator needs to acknowledge the alarm. Events with DeltaV Log priority are not displayed in the Alarm Banner and the Alarm List pictures in DeltaV Operate in run mode and do not turn on the alarm horn. Use the Log priority to designate an event that is important enough to be recorded in the DeltaV system, but is not something the operator needs to be aware of.

VI. CONCLUSION

Process alarming in the FF-based PID control loop with control in the field strategy has been described in this paper. Process alarm configuration of FF HI segment installed in the level-control plant model and operated by the DeltaV host system has been introduced as the practical guideline. Experimental results demonstrating relations between alarm configuration and alarm notification of the studied system in different conditions can be applied for implementing the FF projects.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express sincere gratitude to the Fieldbus Foundation Association Thai, Thailand, for the support of this work.

REFERENCES

- [1] H. Sasajima, "Intelligent Field Devices and Fieldbus Solutions in PA Industries", *SICE Annual Conference 2004*, pp. 1473-1478.
- [2] S. Pongswatd, A. Julserewong, S. Nontanakorn, H. Sasajima, and T. Kitai, "Education of Automation Infrastructure Based on International Standards -Foundation™ Certified Training Program as an Excellent Illustration", *SICE Annual Conference 2010*, pp. 269-273.
- [3] T. Thepmanee, A. Julserewong, P. Julserewong, and C. Jetanachewchankij: Replacement of Existing Analog with Digital Fieldbus - A Case Study of Raw Cane Sugar Production, *ICIC Express Letter*, vol. 7, no. 3(B), pp. 1157-1162, Mar. 2013.
- [4] R. K. Arjomandi and K. Salahshoor: Development of An Efficient Alarm Management Package for An Industrial Plant, *2011 Chinese Control and Decision Conference*, pp. 1875-1880.
- [5] K. Ahmed, I. Izadi, T. Chen, D. Joe and T. Burton: Similarity Analysis of Industrial Alarm Flood Data, *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp.452-457, Feb. 2013.
- [6] A. Julserewong, P. Julserewong, and T. Dejsiriphant, "Study on Field Control Locations for Foundation Fieldbus-Based Cascade Control Loop", *SICE Annual Conference 2012*, pp. 1706-1711.
- [7] A. Julserewong, P. Julserewong, and P. Hamtujit: Foundation Fieldbus Segment Scheduling for Fast Loop Controls, *ICIC Express Letter*, vol. 7, no. 4, pp. 1201-1207, Apr. 2013.
- [8] T. Thepmanee, A. Julserewong, and S. Pongswatd, "Education of Standard Measurement and Control, Information Communication Technology", *SICE Annual Conference 2012*, pp. 681-685.
- [9] Foundation Fieldbus, *System Engineering Guidelines*, 2010.
- [10] J. Klinhuan, W. Petchmaneelumka, and A. Julserewong, "Priority Parameters of Process Alarms for FOUNDATION Fieldbus PID Loop: A Case Study of Temperature Control in the Field Devices", *SICE Annual Conference 2014*, pp. 1419-1423.

ภาคผนวก

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติในวิทยานิพนธ์นี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- [1] Suvishchan Arayawat, Teerawat Thepmanee, Prasit Julsereewong, Amphawan Julsereewong, "Process alarming in PID loop using foundation fieldbus with control in the field: A case study of DeltaV host system", 2014 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, December 13-15, 2014, pp 749-754



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสุวิษชาญ อารยวัฒน์
วัน-เดือน-ปีเกิด	วันที่ 3 มกราคม 2528
ที่อยู่	126/137 หมู่4 ตำบลบางละมุง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี โทร. 090-984-9095
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง จากคณะวิศวกรรมศาสตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีการศึกษา 2552 และในปีการศึกษา 2555 ได้เข้า ศึกษาต่อระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิศวกรรมอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้