

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคด
ในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

COMPARATIVE STUDY ON CASCADE CONTROL CONFIGURATION
IN ENGINEERING PHASE FOR ANALOG AND
FOUNDATION FIELDBUS SYSTEMS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-EN-M-257-102

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคด
ในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

COMPARATIVE STUDY ON CASCADE CONTROL CONFIGURATION
IN ENGINEERING PHASE FOR ANALOG AND
FOUNDATION FIELDBUS SYSTEMS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-EN-M-257-102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COMPARATIVE STUDY ON CASCADE CONTROL CONFIGURATION
IN ENGINEERING PHASE FOR ANALOG AND
FOUNDATION FIELDBUS SYSTEMS



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
2019
KMITL-2019-EN-M-257-102

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมของลูบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรม
สำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวนด์ชันฟิลด์บัส

Thesis Title Comparative Study on Cascade Control Configuration in Engineering Phase
for Analog and Foundation Fieldbus Systems

นักศึกษา นายณฤพณ์ คชสินธุ์

รหัสประจำตัว 57601341

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอัตโนมัติ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2019-EN-M-257-102

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ธนิตย์	ตรีศูวรรณวัฒน์	
รศ.ดร.ไสว	พงศ์สวัสดิ์	
รศ.ดร.ธีรวัฒน์	เทพมณี	
รศ.ดร.พิทยา	ปานนิล	
รศ.ดร.อัมพวัน	จุลเสรีวงศ์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2562 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ ห้องประชุม 3 ชั้น 5 อาคาร A

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ลอกคัดให้ผู้อื่นใช้ประโยชน์ด้านการค้า
คุณบัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2562

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดใน ขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแวนะลือกและฟาวนด์เดชัน ฟิลด์บัส
นักศึกษา	นาย นฤพนธ์ คชสินธุ์
รหัสประจำตัว	57601341
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสวีวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาเชิงเปรียบเทียบสองเทคนิคในการสร้างลูควบคุมแบบคาสเคด
ในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบดั้งเดิมแวนะลือกและระบบใหม่ดิจิทัลฟาวนด์เดชันฟิลด์บัส ซึ่งมี
การอธิบายวิธีกำหนดการควบคุมสำหรับระบบแวนะลือกและฟาวนด์เดชันฟิลด์บัส ไม่เพียงแค่นี้เพื่อ
เป้าหมายในด้านความปลอดภัย แต่ก็ยังเพื่อเป้าหมายในด้านความพร้อมใช้งานอีกด้วย โดยใช้
ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมของระบบโฮสต์ CentumVP ในการสร้างระบบควบคุมที่สนใจ รวมทั้งการ
ตรวจสอบความสอดคล้องในการกำหนดค่าและพิจารณาการใช้ฟังก์ชันลือกและจำนวนอินพุต/
เอาต์พุตของระบบโฮสต์ เพื่อเป็นการทดสอบเชิงปฏิบัติสำหรับความถูกต้องของวิธีกำหนดการควบคุม
ที่ระบุ วิทยานิพนธ์นี้ใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำด้วยระบบแวนะลือกและฟาวนด์เดชันฟิลด์บัสของ
โรงแยกก๊าซ ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์สมัยใหม่ในระบบฟาวนด์เดชันฟิลด์บัสมี
ฟังก์ชันการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ทำให้มีขั้นตอนทางวิศวกรรมที่ง่ายในการกำหนดการทำงาน
รูปแบบพิเศษเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ นอกจากนี้ ผลการทดสอบจากกรณีศึกษายืนยันได้ว่า
ลูควบคุมคาสเคดที่สร้างขึ้นทำงานได้อย่างถูกต้อง และวิธีการกำหนดการควบคุมที่ระบุสามารถใช้
เป็นแนวปฏิบัติในการกำหนดการอินเทอร์ลือกซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อความปลอดภัยและความพร้อมใช้
งาน

Thesis	Comparative Study on Cascade Control Configuration in Engineering Phase for Analog and Foundation Fieldbus Systems
Student	Mr. Narupon Khochasin
Student ID.	57601341
Degree	Master Degree of Engineering
Program	Automation Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewong

Abstract

This thesis presents a comparative study of two configuration techniques for building cascade control loops in engineering phase by using traditional analog system and modern digital Foundation Fieldbus (FF) system. Control strategy configurations for both analog and FF systems to provide not only the process control loop with high safety but also the process control loop with high availability are described. The engineering software of the CentumVP host is used to build the studied control systems, and it is also employed to check the consistency of the configurations and to determine the usage of host function blocks and input/output points. In order to experimentally test the correctness of the specified control configuration techniques, the analog-based and FF-based water tank processes at a gas separation plant are employed. Comparison results show that the smart FF devices provide powerful functionalities for ease of engineering to take special actions in the events of undesired conditions. In addition, the test results from the studied cases confirm that the created cascade control loops can function correctly, and the specified control configurations can be the practical guideline to configure the interlocks that are essential for system safety and availability.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความรู้ ความคิดริเริ่ม คำแนะนำและคำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างทุ่มเทจาก รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม (หลักสูตรวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้แนะนำและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารและเพื่อนร่วมงาน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและให้คำปรึกษาในด้านต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณ บิดาและมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องมาโดยตลอด และญาติพี่น้องทุกคนที่เป็นกำลังใจจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีฟาวนด์เชนฟิลด์บัสในระบบอุตสาหกรรมได้

นฤพนธ์ คชสินธุ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์.....	2
1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 กล่าวนำ.....	4
2.2 เทคโนโลยีแอนะล็อก.....	4
2.2.1 ระบบแอนะล็อก 4 – 20 มิลลิแอมป์.....	5
2.2.2 มาตรฐานอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์.....	6
2.2.3 การขับกระแสของอุปกรณ์.....	7
2.3 เทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	8
2.3.1 โมเดลการสื่อสารของฟาวน์เดชันฟิลด์บัส H1.....	8
2.3.2 ฟังก์ชันบล็อก FF-AI.....	12
2.3.3 ฟังก์ชันบล็อก FF-PID.....	13
2.3.4 ฟังก์ชันบล็อก FF-AO.....	14
2.4 ส่วนประกอบของระบบโฮสต์ CentumVP.....	16
2.4.1 ส่วนติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน.....	16
2.4.2 ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม.....	17
2.4.3 ส่วนดำเนินการจัดการกับอุปกรณ์ภาคสนาม.....	18
2.4.4 ส่วนควบคุมกระบวนการผลิต.....	19
2.4.5 ส่วนควบคุมความปลอดภัยกระบวนการผลิต.....	20
2.4.6 โครงสร้างของระบบโฮสต์ CentumVP.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 การสร้างรูปควบคุมในระบบโฮสต์ CentumVP.....	22
2.5.1 ฟังก์ชัน Input Limit Detection.....	22
2.5.2 ฟังก์ชันบล็อก PID.....	23
2.5.3 ฟังก์ชันบล็อก SS-DUAL.....	24
2.5.4 ฟังก์ชันบล็อก CALCU.....	24
2.5.5 ฟังก์ชันบล็อก LC64.....	25
2.5.6 ฟังก์ชันบล็อก PIO.....	25
2.6 การใช้ทรัพยากรในระบบโฮสต์ CentumVP.....	25
บทที่ 3 การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดที่นำเสนอ.....	32
3.1 กล่าวนำ.....	32
3.2 การสร้างรูปควบคุมแบบคาสเคดโดยใช้โฮสต์ CentumVP.....	32
3.3 วิธีการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรม สำหรับระบบแอนะล็อก.....	36
3.3.1 วิธีกำหนดการควบคุมเพื่อความปลอดภัย.....	38
3.3.2 วิธีกำหนดการควบคุมเพื่อความพร้อมใช้งาน.....	39
3.4 วิธีการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบฟาวน์ เดชั่นฟิลด์บัส.....	41
3.4.1 พารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกที่สนใจสำหรับความปลอดภัยและความ พร้อมใช้งาน.....	43
3.4.2 การกำหนดพารามิเตอร์เพื่อความปลอดภัยหรือความพร้อมใช้งาน.....	44
3.5 การเปรียบเทียบการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชั่น ฟิลด์บัส.....	45
3.5.1 ในแง่วิธีการกำหนดการควบคุม.....	45
3.5.2 ในแง่การใช้ทรัพยากรของระบบโฮสต์ CentumVP	47
บทที่ 4 ผลการทดสอบการควบคุมกระบวนการที่เป็นกรณีศึกษา.....	49
4.1 กล่าวนำ.....	49
4.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในระบบแอนะล็อก.....	49
4.2.1 รายละเอียดของกระบวนการควบคุมระดับน้ำ	49
4.2.2 การสร้างรูปควบคุมคาสเคด.....	50
4.3 กระบวนการที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในระบบฟาวน์เดชั่นฟิลด์บัส.....	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.1 รายละเอียดของกระบวนการควบคุมระดับน้ำ.....	54
4.3.2 การสร้างรูปควบคุมคาสเคด.....	55
4.4 ผลการทดสอบ.....	57
4.4.1 การจำลองสถานะและค่าตัวแปรผ่านส่วนจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม.....	57
4.4.2 รูปแบบการทดสอบที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	61
4.4.3 ผลการทดสอบกรณีศึกษาเพื่อความปลอดภัย.....	62
4.4.4 ผลการทดสอบกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน.....	65
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	69
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ.....	69
เอกสารอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก ก บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	72
ประวัติผู้เขียน.....	80

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าโหลตความต้านทานและค่าแหล่งจ่ายแรงดัน.....	7
2.2 ความยาวของสายย่อยต่อจำนวนอุปกรณ์.....	11
2.3 ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกในระบบโฮสต์ CentumVP.....	26
3.1 พารามิเตอร์ที่สนใจในฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP.....	37
3.2 พารามิเตอร์ที่สนใจในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก.....	43
3.3 ตัวเลือกที่สนใจในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก.....	44
3.4 ตัวเลือกในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกเพื่อความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน.....	44
3.5 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการกำหนดการควบคุมระหว่างระบบแอนะล็อกและฟาว์นเดชัน ฟิลด์บัส.....	46
3.6 การใช้ทรัพยากรในระบบโฮสต์ CentumVP.....	47
3.7 การใช้ Project I/O License ในระบบโฮสต์ CentumVP R6.....	48
4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์แอนะล็อกที่ติดตั้งในแอนะล็อกพลาเน็ต.....	50
4.2 ตัวเลือกในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกในการกำหนดการควบคุมของกระบวนการ.....	56
4.3 รูปแบบลูปควบคุมแบบคาสเคดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	61

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบควบคุมบนแผนภาพกระบวนการผลิต.....	5
2.2 อุปกรณ์การวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์.....	6
2.3 อุปกรณ์การวัดแบบ I.S.	7
2.4 การเปรียบเทียบระหว่างระบบเครื่องมือวัดแบบเดิมกับฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	8
2.5 โปรโตคอลของฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเทียบกับโมเดลของ OSI.....	9
2.6 User Layer.....	9
2.7 โครงสร้างของระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	11
2.8 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ในโฮสต์ CentumVP.....	12
2.9 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter Yokogawa EJX.....	12
2.10 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-PID ในโฮสต์ CentumVP.....	13
2.11 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter Yokogawa EJX.....	13
2.12 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AO ในโฮสต์ CentumVP.....	14
2.13 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AO ของ DVC6200 Fisher Emerson.....	15
2.14 กราฟิกแสดงกระบวนการผลิตของ Human Interface Station.....	16
2.15 โปรแกรม System View ของระบบโฮสต์ CentumVP.....	17
2.16 โปรแกรม Plant Resource Manager ของระบบโฮสต์ CentumVP.....	18
2.17 แบบการติดตั้ง Field Control Station และอุปกรณ์ I/O Modules.....	19
2.18 แบบการติดตั้ง Safety Control Station และอุปกรณ์ I/O Modules.....	20
2.19 ตัวอย่างรายงานของ SIL Verification.....	21
2.20 โครงสร้างระบบโฮสต์ CentumVP ของโรงแยกก๊าซ.....	22
2.21 การกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุตในระบบโฮสต์ CentumVP.....	22
2.22 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ PID.....	23
2.23 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ SS-DUAL.....	24
2.24 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ CALCU.....	24
2.25 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ LC64.....	25
2.26 โครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลของ I/O Card กับฟังก์ชันบล็อก.....	25
2.27 ตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อก Regulatory Blocks ในสถาปัตยกรรมควบคุมพื้นฐานในระบบ โฮสต์ CentumVP.....	27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 ตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อก Calculation Blocks ในสถาปัตยกรรมควบคุมพื้นฐานในระบบโฮสต์ CentumVP.....	27
2.29 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Sequence Table Blocks.....	28
2.30 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Logic Chart Blocks.....	28
2.31 ตัวอย่างของโปรแกรมใน SFC Blocks.....	29
2.32 ตัวอย่างการใช้งาน Faceplate ฟังก์ชันบล็อก.....	29
2.33 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Resident Unit Instrument.....	30
2.34 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Non-Resident Unit Instrument.....	30
2.35 การใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP.....	30
3.1 แผนผังการควบคุมแบบคาสเคด.....	32
3.2 โครงสร้างฟังก์ชันบล็อกสำหรับกลยุทธ์การควบคุมแบบคาสเคด.....	33
3.3 แผนผัง Engineering Work Flow.....	34
3.4 โครงสร้างการทำงานของฟังก์ชันบล็อก.....	35
3.5 IOM Builder ของแอนะล็อกอินพุตโมดูล.....	35
3.6 การกำหนดฟังก์ชันบล็อกพื้นฐาน.....	36
3.7 ตัวอย่างการกำหนดฟังก์ชันบล็อกในรูป Monitoring.....	36
3.8 ขั้นตอนหลักของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อก.....	37
3.9 การตรวจจับสัญญาณของระบบโฮสต์ CentumVP.....	37
3.10 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความปลอดภัย.....	39
3.11 แนวคิดในการออกแบบอินเตอร์ของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความปลอดภัย.....	39
3.12 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน.....	40
3.13 แนวคิดในการออกแบบอินเตอร์ของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน.....	40
3.14 ขั้นตอนหลักของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบฟาว์เดชั่นฟิลด์บัส.....	41
3.15 ฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคด.....	41
3.16 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดในระบบโฮสต์ CentumVP.....	42
4.1 แผนภาพของกระบวนการ Oily Water Treatment ต่อกับระบบโฮสต์ DCS	49
4.2 การกำหนดอุปกรณ์ใน IOM Builder.....	50
4.3 การกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุตของโมดูลแอนะล็อกอินพุต.....	51
4.4 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความปลอดภัย.....	51
4.5 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความพร้อมใช้งาน.....	52
4.6 กำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ในฟังก์ชัน Measurement Tracking ในระบบโฮสต์ CentumVP ...	52
4.7 การกำหนดค่าตำแหน่งปลอดภัยของฟังก์ชันบล็อก CALCU.....	53
4.8 การกำหนดอินเทอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความปลอดภัย.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 การกำหนดอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความพร้อมใช้งาน.....	53
4.10 แผนภาพของกระบวนการ Oily Water Treatment ต่อกับระบบโฮสต์ CentumVP.....	54
4.11 การกำหนดอุปกรณ์ใน Fieldbus Builder.....	55
4.12 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIF.....	55
4.13 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIH	56
4.14 DTM work ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003.....	57
4.15 การจำลองสถานะจากการเปลี่ยนโหมดฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก.....	58
4.16 สถานะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003.....	58
4.17 การทำงานของ DTM Work ในอุปกรณ์แอนะล็อกของระบบ ASM	59
4.18 การจำลองค่ากระแสของอุปกรณ์แอนะล็อกแบบ HART.....	60
4.19 710-LT-001 แสดงค่าวัดจากการจำลองผ่าน ASM	61
4.20 ผลการทดสอบในกรณีที่ 1 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์.....	63
4.21 ผลการทดสอบในกรณีที่ 2 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับฟิลด์.....	64
4.22 ผลการทดสอบในกรณีที่ 3 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์.....	65
4.23 ผลการทดสอบในกรณีที่ 4 เพื่อความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์.....	66
4.24 ผลการทดสอบในกรณีที่ 5 เพื่อความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับฟิลด์.....	67
4.25 ผลการทดสอบในกรณีที่ 6 เพื่อความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์.....	68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การควบคุมแอนะล็อก (Analog Control System) แบบเดิม ปัจจุบันถูกแทนที่ด้วยเครือข่ายดิจิทัลฟิลด์บัส (Digital Fieldbus) ที่ทันสมัยสำหรับอุตสาหกรรม ข้อได้เปรียบที่สำคัญของเทคโนโลยีดิจิทัลฟิลด์บัส คือ ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลจำนวนมากบนสายสัญญาณเพียงหนึ่งคู่สาย [1-2] อุปกรณ์ฟิลด์บัสที่ทันสมัยไม่เพียงทำหน้าที่วัดหรือควบคุมตัวแปรของกระบวนการ แต่ยังมีคุณสมบัติและความสามารถใหม่ ๆ มากมาย ตัวอย่างของความสามารถเหล่านี้ ได้แก่ การระบุข้อมูลจำเพาะอุปกรณ์ (Identification) การกำหนดตั้งค่าอุปกรณ์ (Configuration) ความสามารถวัดได้หลากหลายตัวแปร (Multi-Variable Measurement) การสื่อสารแบบสองทิศทาง (Two-Way Communication) การวินิจฉัยข้อมูลความผิดปกติอุปกรณ์ (Device Diagnostic) และกระจายหน่วยควบคุมไปยังส่วนต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครือข่าย [3] โดยผู้ใช้งานสามารถออกแบบและกำหนดให้การควบคุมอยู่ที่ระดับคอนโทรลเลอร์เรียกว่า “การควบคุมระดับโฮสต์” (Control in the Host: CIH) หรือออกแบบและกำหนดให้การควบคุมอยู่ที่อุปกรณ์ระดับฟิลด์เรียกว่า “การควบคุมระดับฟิลด์” (Control in the Field: CIF)

การสร้างรูปควบคุมในระบบโฮสต์ประเภทดีซีเอส (Distributed Control System: DCS) นอกจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์และการกำหนดอินเตอร์ลอค (Interlock) เพื่อให้ระบบสามารถควบคุมกระบวนการได้ตามเป้าหมาย สำหรับเทคโนโลยีดิจิทัลระดับฟิลด์ที่ใช้ในระบบฟาว์เดชันฟิลด์บัส (Foundation Fieldbus: FF) เมื่อผู้ใช้งานเลือกวิธีสร้างรูปควบคุมระดับฟิลด์ (CIF) ยังสามารถลดการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อก (Function Block) ที่มีอยู่อย่างจำกัดในระบบโฮสต์ DCS ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ใช้งานควรเข้าใจความสามารถและข้อจำกัดของเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุมในขั้นตอนทางวิศวกรรม

เทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัสเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีระดับฟิลด์ที่ออกแบบมาสำหรับระบบควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ (Process Automation) [4] ฟาว์เดชันฟิลด์บัสได้มีข้อกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับโครงสร้าง ชื่อ และพารามิเตอร์ (Parameter) รวมทั้งโหมดการทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นในระบบควบคุม [5] ฟังก์ชันบล็อกแต่ละประเภทมีอัลกอริทึม (Algorithm) ภายในที่แตกต่างกัน ฟาว์เดชันฟิลด์บัสได้กำหนดคุณสมบัติของฟังก์ชันบล็อกมาตรฐาน (Standard Function Block) เพื่อให้แต่ละบริษัทผู้ผลิตใช้อ้างอิงในการผลิตอุปกรณ์ และองค์กรของฟาว์เดชันฟิลด์บัสได้รับฟังก์ชันบล็อกมาตรฐานเหล่านี้ [6] โดยฟาว์เดชันฟิลด์บัสบล็อกมาตรฐานใช้ในการเฝ้าระวัง (Monitoring) และควบคุมการทำงาน (Control) โดยไม่ขึ้นอยู่กับฮาร์ดแวร์ของอุปกรณ์ (Hardware Device) นอกจากนี้ฟาว์เดชันฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก (FF Block) มีระดับการเตือนภัยกระบวนการและข้อมูลสถานะที่หลากหลาย ซึ่งช่วยให้การทำงานของอินเตอร์ลอค (Interlock) สามารถทำงานตามเป้าหมายของการควบคุมกระบวนการ [7-9] เทคนิคที่น่าสนใจสำหรับการใช้ฟาว์เดชันฟิลด์บัสบล็อกได้รับการนำเสนอเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพสำหรับการควบคุมแบบ PID [10]

เทคนิคที่น่าสนใจเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบควบคุมในรูปแบบคาสเคด (Cascade) [11] ซึ่งเทคนิคที่มีประโยชน์เหล่านี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่เป็นการทำงานของฟาว์เดชันฟิลด์บัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันบล็อกที่มีฟังก์ชันการทำงานของอินเทอร์ล๊อค และฟังก์ชัน “บัมพ์เลสทรานสเฟอร์” (Bumpless Transfer) เป็นฟังก์ชันการทำงานในเหตุการณ์การเปลี่ยนโหมดการทำงานของตัวควบคุม จากอัตโนมัติ (Auto) ไปเป็นการควบคุมด้วยมือ (Man) หรือจากการควบคุมด้วยมือไปเป็นอัตโนมัติ โดยที่ตำแหน่งของตัวแปรที่ถูกควบคุม (Manipulated Variable) ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด

สำหรับการวินิจฉัยข้อมูลความผิดปกติอุปกรณ์ เป็นอีกหนึ่งความสามารถที่มีความสำคัญ เนื่องจากความน่าเชื่อถือของการวัดเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการควบคุม โดยทั่วไประบบที่ทำหน้าที่สำหรับการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับกระบวนการ จะเรียกว่า “ระบบวัดคุมนิรภัย” (Safety Instrument System: SIS) ซึ่งเป็นระบบที่อิสระจากระบบควบคุมกระบวนการพื้นฐาน (Basic Process Control System: BPCS) อย่างไรก็ตามด้วยจุดเด่นของเทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส สามารถปรับปรุงผลตอบแทนเมื่อเกิดความล้มเหลวที่ระบบควบคุมกระบวนการพื้นฐาน เพื่อให้การควบคุมกระบวนการสามารถทำงานตามเป้าหมายด้านความปลอดภัย (Safety) หรือความพร้อมใช้งาน (Availability) ของระบบ

เป้าหมายด้านความปลอดภัย คือเมื่อเกิดสถานการณ์อุปกรณ์เครื่องมือวัด เครื่องข่าย หรือโมดูลล้มเหลว ระบบจะสั่งให้กระบวนการอยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย (Safe State) ส่วนเป้าหมายด้านพร้อมใช้งาน คือเมื่อเกิดสถานการณ์อุปกรณ์เครื่องมือวัด เครื่องข่าย หรือโมดูลล้มเหลวระบบจะพยายามควบคุมให้กระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นที่การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมของระบบไฮสแต์ DCS ของบริษัท Yokogawa รุ่น CentumVP นอกจากนี้ยังนำเสนอเทคนิคที่มีประโยชน์สำหรับการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกของอุปกรณ์ฟาวน์เดชันฟิลด์บัส และเทคนิคการออกแบบอินเทอร์ล๊อคในระบบไฮสแต์ DCS เพื่อสร้างการควบคุมแบบคาสเคดที่สามารถตอบสนองพิเศษ เมื่อเครื่องมือวัดเกิดความล้มเหลวเพื่อความต้องการในด้านความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานของระบบ

1.3 แนวคิดของวิทยานิพนธ์

ในการสร้างลูควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ในระบบไฮสแต์ DCS สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง คือ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกและการออกแบบอินเทอร์ล๊อคของลูควบคุม ทำอย่างไรให้ลูควบคุมแบบคาสเคดสามารถตอบสนองพิเศษ เมื่อเครื่องมือวัดเกิดความล้มเหลวเพื่อความต้องการในด้านความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานของระบบ

1.4 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

การทดลองเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้ใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำในระบบ Raw Water ของโรงแยกก๊าซ เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อก และใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำในระบบ Oily Water ของโรงแยกก๊าซ เพื่อใช้เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัส สำหรับการศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดด้วยแนวคิด CIF และ CIH โดยใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำมาต่อร่วมกับระบบโฮสต์ CentumVP ในการกำหนดตั้งค่าระบบ การกำหนดตั้งค่าอุปกรณ์ และการสร้างลูควบคุมแบบคาสเคดในลักษณะ Offline เพื่อเปรียบเทียบวิธีกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกและการกำหนดอินเทอร์ล๊อคในระบบโฮสต์ DCS จำนวน 6 กรณีศึกษา ประกอบด้วย กรณีที่ 1 การควบคุมด้วยแนวคิด CIH สำหรับระบบแอนะล็อกเพื่อความปลอดภัย กรณีที่ 2 การควบคุมด้วยแนวคิด CIF สำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเพื่อความปลอดภัย กรณีที่ 3 การควบคุมด้วยแนวคิด CIH สำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเพื่อความปลอดภัย กรณีที่ 4 การควบคุมด้วยแนวคิด CIH สำหรับระบบแอนะล็อกเพื่อความพร้อมใช้งาน กรณีที่ 5 การควบคุมด้วยแนวคิด CIF สำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเพื่อความพร้อมใช้งาน กรณีที่ 6 การควบคุมด้วยแนวคิด CIH สำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสเพื่อความพร้อมใช้งาน เพื่อศึกษาผลการตอบสนองของอุปกรณ์ในระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำมาต่อร่วมกับระบบโฮสต์ DCS ของบริษัท Yokogawa รุ่น CentumVP สำหรับการอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อเครื่องมือวัดเกิดความล้มเหลว และกรณีศึกษาเชิงเปรียบเทียบการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรม การใช้ฟังก์ชันบล็อกและจำนวนอินพุต/เอาต์พุตที่ถูกใช้งาน จะถูกนำไปคำนวณหาทรัพยากรที่ถูกใช้งาน (Resource Usage) ของระบบโฮสต์ CentumVP

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท โดยมีรายละเอียดดังนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึง ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา แนวคิดของวิทยานิพนธ์ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึง เทคโนโลยีในฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ระบบแอนะล็อก และระบบโฮสต์ DCS โดยอธิบายถึงการทำงาน โครงสร้างพื้นฐาน โมเดลการสื่อสาร พร้อมทั้งนำเสนอโครงสร้างและการทำงานของฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในระบบโฮสต์ DCS ของบริษัท Yokogawa รุ่น CentumVP

บทที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมของระบบโฮสต์ CentumVP พร้อมทั้งนำเสนอการเปรียบเทียบวิธีกำหนดแต่ละขั้นตอนของการกำหนดการควบคุม นอกจากนี้ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถเป็นแนวทางปฏิบัติในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกและการกำหนดอินเทอร์ล๊อคในขั้นตอนทางวิศวกรรม

บทที่ 4 เป็นผลการทดสอบการควบคุมกระบวนการที่เป็นกรณีศึกษา เพื่อยืนยันว่าลูควบคุมคาสเคดที่สร้างขึ้นทำงานได้อย่างถูกต้อง และวิธีการกำหนดการควบคุมที่ระบุสามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติในการกำหนดการอินเทอร์ล๊อคซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน

บทที่ 5 เป็นบทสรุปท้ายโดยมีการกล่าวถึงผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนสุดท้ายของวิทยานิพนธ์นี้เป็นภาคผนวกที่ประกอบด้วยบทความวิจัยที่นำเสนอต่อที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติและเผยแพร่ใน Proceedings หลังการประชุม ซึ่งเป็น Proceedings ที่อยู่ในฐานข้อมูล Scopus

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการแนะนำเทคโนโลยีแอนะล็อก เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1 ในแต่ละชั้น การสื่อสารที่อ้างอิงกับโมเดล OSI (Open System Interconnecting Reference Model) ขององค์กร ISO (International Organization for Standardization) ส่วนประกอบของระบบไฮสแต็ DCS รวมทั้งอธิบายเครื่องมือในระบบไฮสแต็ CentumVP

2.2 เทคโนโลยีแอนะล็อก [13]

2.2.1 ระบบแอนะล็อก 4 – 20 มิลลิแอมป์

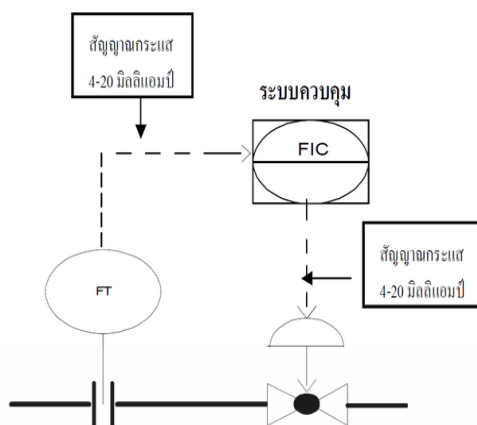
เป็นเวลานานมาแล้วที่อุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ ในการส่งผ่านข้อมูลและเป็นที่ยอมรับในการนำไปใช้งานส่งผ่านข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่อยู่ในกระบวนการผลิต และระบบควบคุมที่อยู่ในห้องควบคุมกลาง (Center Control Room) ถึงแม้ในปัจจุบันได้มีการนำเสนอการส่งผ่านข้อมูลแบบใหม่ ระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดและระบบควบคุม เพื่อพยายามผลักดันให้เป็นมาตรฐานการส่งผ่านข้อมูลแบบใหม่ในอนาคต ซึ่งยังคงต้องใช้เวลาพอสมควร อาทิ การส่งผ่านข้อมูลแบบดิจิทัลในรูปแบบต่าง ๆ หรือที่รู้จักกันในชื่อของ Field Bus เป็นต้น อย่างไรก็ตามยังมีระบบควบคุมและอุปกรณ์เครื่องมือวัดอีกเป็นจำนวนมากที่ยังใช้ในการส่งผ่านข้อมูลด้วยสัญญาณกระแส (Current Loop) มาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ เนื่องจากผู้ใช้งานส่วนมากจะมีความเข้าใจการทำงานและการใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ เป็นอย่างดีและใช้งานกันมาเป็นเวลานานแล้ว ส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้งานส่วนมากจะมีความเข้าใจการเลือกใช้งานและติดตั้งอุปกรณ์เหล่านี้ แต่ก็ยังคงมีคำถามเกี่ยวกับอุปกรณ์แบบนี้บ้าง เช่น ความแตกต่างระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ แบบ 2 สาย, 3 สาย และ 4 สาย หรือ มีข้อจำกัดในการใช้งานอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ เป็นต้น

ในการควบคุมกระบวนการผลิต สามารถแสดงแผนภาพกระบวนการผลิตได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจะประกอบด้วย 3 ส่วนที่สำคัญ คือ อุปกรณ์การวัด (Signal Element), ระบบควบคุม (Control System) และวาล์วควบคุม (Control Valve) และในการควบคุมจะมีการทำงานอยู่ 3 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 อุปกรณ์การวัดจะทำการแปลงตัวแปรจากกระบวนการผลิตไปเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ และส่งไปยังระบบควบคุม

ขั้นตอนที่ 2 ระบบควบคุมจะทำการประมวลผลและส่งออกสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ ไปยังวาล์วควบคุม

ขั้นตอนที่ 3 วาล์วควบคุมรับสัญญาณมาจากระบบควบคุมและจะเปลี่ยนเป็นการกระทำต่อตัวแปรกระบวนการโดยการปิดหรือเปิดวาล์วควบคุม เพื่อให้ตัวแปรกระบวนการเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณที่ได้รับมาจากระบบควบคุม



รูปที่ 2.1 ระบบควบคุมบนแผนภาพกระบวนการผลิต

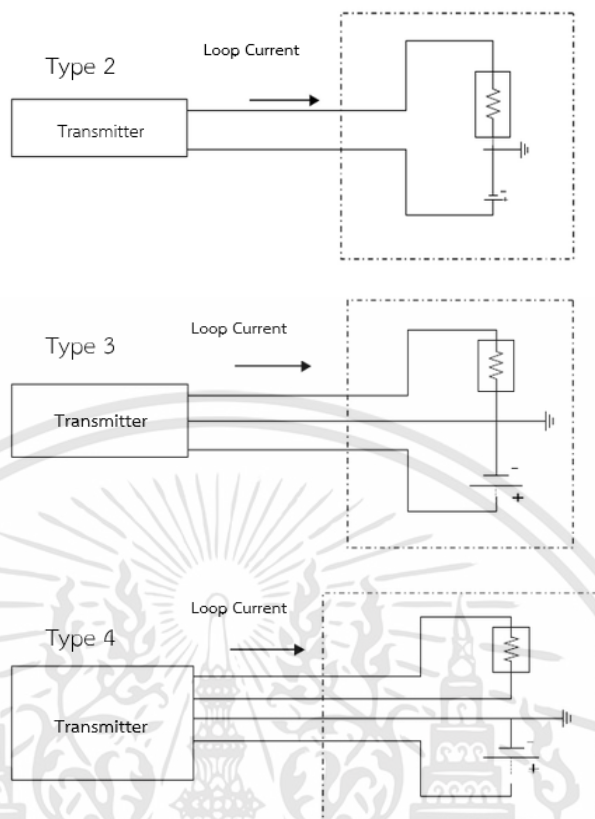
อุปกรณ์การวัดและวาล์วควบคุมของระบบควบคุมการผลิตจะถูกติดตั้งกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่าง ๆ ของกระบวนการผลิตและส่งผ่านข้อมูลด้วยสัญญาณมาตรฐานแบบต่าง ๆ แบบระยะทางไกลไปยังระบบควบคุมกลาง ในบางครั้งปัญหาหลักๆ ที่เกิดขึ้นกับระบบควบคุมก็จะได้พบได้ในการส่งผ่านข้อมูลเหล่านี้ การสื่อสารข้อมูลแบบต่าง ๆ กับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องสามารถเชื่อถือได้ โดยการใช้อิเล็กทรอนิกส์แบบชาญฉลาด (Smart) ในอุปกรณ์การวัดหรืออุปกรณ์ควบคุมซึ่งมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน และในอดีตที่ผ่านมาระบบการควบคุมแบบนิวแมติก (Pneumatic) ได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมการผลิตก่อนที่จะมีการนำระบบอิเล็กทรอนิกส์มาใช้

ในระบบการควบคุมแบบนิวแมติกจะมีอุปกรณ์ต่าง ๆ เหมือนกับระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ตัวควบคุมแบบอัตราส่วน (Ratio Controller), ตัวควบคุมแบบ PID (PID Controller) เป็นต้น โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะส่งผ่านสัญญาณความดันมาตรฐาน 3-15 psi ในช่วงปี 1950 ระบบคอมพิวเตอร์ได้เริ่มเข้ามามีบทบาทในการควบคุมกระบวนการผลิตมากขึ้น ดังนั้นเทคนิคการส่งผ่านข้อมูลจึงถูกเปลี่ยนจากสัญญาณ ความดันมาตรฐาน 3-15 psi ไปเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ เพื่อให้เหมาะสมกับระบบควบคุมแบบอิเล็กทรอนิกส์

สำหรับในบทนี้จะเป็นการแสดงรายละเอียด รวมถึงมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ นอกจากนั้นยังแสดงข้อจำกัดต่าง ๆ เพื่อเป็นพื้นฐานในการนำไปใช้งาน

2.2.2 มาตรฐานอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์

เนื่องจากการใช้งานกันอย่างแพร่หลายและมีผู้ผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดประเภทดังกล่าว เพื่อใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์เครื่องมือวัดเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างสะดวกและสามารถนำไปใช้ทดแทนกันได้ โดยมาตรฐาน ANSI/ISA-S 50.1-1982 ได้กำหนดมาตรฐานออกเป็น 3 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 อุปกรณ์การวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์

1. อุปกรณ์ Type 2

เป็นอุปกรณ์การวัดแบบ 2 สาย โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอุปกรณ์ประเภทนี้จะถูกจ่ายมาจากลูปกระแส (Loop Powered) ดังนั้นแหล่งจ่ายแรงดันสำหรับอุปกรณ์ประเภทนี้จะถูกติดตั้งรวมอยู่ที่ชุดรับสัญญาณและการต่อลงดินของสัญญาณจะอยู่ที่ชุดรับสัญญาณเช่นกัน อุปกรณ์เครื่องมือวัดโดยทั่วไปจะใช้มาตรฐานแบบนี้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อกับระบบควบคุม

2. อุปกรณ์ Type 3

เป็นอุปกรณ์การวัดแบบ 2 สาย โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอุปกรณ์ ประเภทนี้จะถูกจ่ายมาจากแหล่งจ่ายแรงดันที่แยกออกจากลูปกระแส ดังนั้นจึงต้องการสายเพิ่มอีก 1 เส้น สำหรับจ่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ประเภทนี้ แต่จะใช้น้ำดินของสัญญาณจะอยู่ที่จุดเดียวกัน อุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบนี้จะพบได้บ่อยครั้งในอุปกรณ์ที่ตรวจจักษ์ก๊าซรั่วและเพลิงไหม้ เช่น Gas Detector, Flame Detector เป็นต้น

3. อุปกรณ์ Type 4

เป็นอุปกรณ์การวัดแบบ 2 สาย โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอุปกรณ์ประเภทนี้จะถูกจ่ายมาจากแหล่งจ่ายแรงดันที่แยกออกจากลูปกระแส ดังนั้นจึงต้องการสายเพิ่มอีก 1 คู่ สำหรับจ่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ประเภทนี้ และจะใช้น้ำดินของสัญญาณกับแหล่งจ่ายแรงดันแยกออกจากกัน ตัวอย่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบนี้ เช่น Magnetic Flow Meter, Coriolis Flow Meter เป็นต้น ซึ่งชุดเซ็นเซอร์และชุดแปลงสัญญาณของอุปกรณ์เหล่านี้จะต้องการแหล่งจ่ายพลังงานที่แยกออกจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การขับกระแสของอุปกรณ์

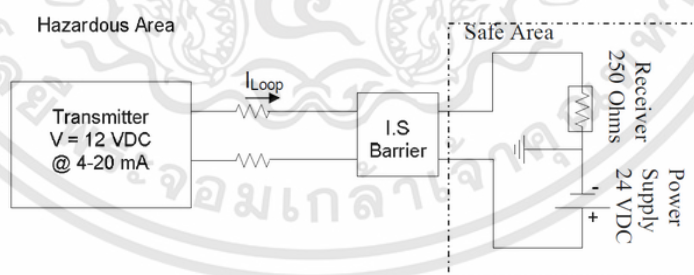
จากรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้กล่าวในหัวข้อข้างต้นจะเห็นว่าจะใช้อุปกรณ์ในการขับสัญญาณกระแสให้กับวงจร ดังนั้นเป้าหมายหลักในการนำไปใช้งานจะต้องออกแบบให้มีการตอบสนองต่อตัวแปรที่ต้องการวัดได้ตลอดย่าน รวมไปถึงการติดตั้งและการจ่ายสัญญาณกระแส 4-20 มิลลิแอมป์ ด้วยแหล่งจ่ายกระแสที่เพียงพอทุกย่านการวัด มาตรฐาน ISA S50.1 ได้กำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์เครื่องมือวัดสำหรับนำไปใช้งานกับโหลดความต้านทานที่ค่าแหล่งจ่ายแรงดันตามที่กำหนดแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าโหลดความต้านทานและค่าแหล่งจ่ายแรงดัน

Transmitter Class Suffix Classifications			
	H	L	U
Load Resistance (Ohms)	300	800	300 to 800
Minimum Supply Voltage	23 VDC	32.7 VDC	23 to 32.7 VDC

จากตารางที่ 2.1 แสดงถึงมาตรฐานของอุปกรณ์ในการขับกระแส ทำให้ผู้ใช้งานสามารถมั่นใจได้ว่า อุปกรณ์ประเภทต่าง ๆ จากผู้ผลิตที่แตกต่างกันสามารถนำไปใช้งานทดแทนกันได้โดยไม่ต้องมีการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาในการขับสัญญาณกระแสของอุปกรณ์จำเป็นจะต้องพิจารณาความต้านทานโหลดในลูปกระแสของอุปกรณ์การวัด เมื่อมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์ใดเข้าไปในลูปกระแส เช่น ถ้าเลือกการป้องกันการระเบิดในพื้นที่อันตรายเป็นแบบ I.S. (Intrinsically Safe) ต้องมีการใส่ Barrier เข้าไปในวงจรกระแสหรือมีการเพิ่มเติมที่บริเวณกระบวนการ เป็นต้น

การใส่ Barrier เข้าไปในลูปกระแสที่ต้องการป้องกันการระเบิดในพื้นที่อันตรายเป็นแบบ I.S. (Intrinsically Safe) ได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 อุปกรณ์การวัดแบบ I.S. (Intrinsically Safe)

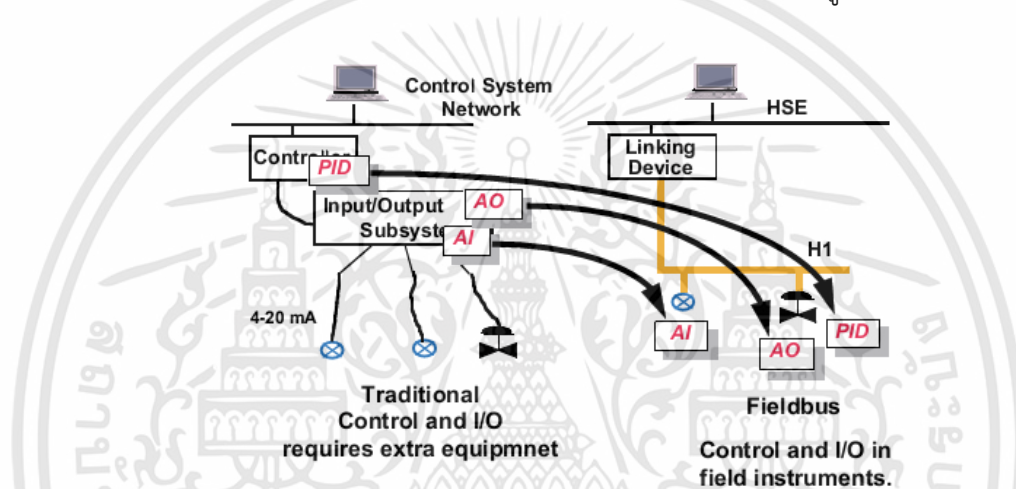
จากรายละเอียดที่แสดงมาในข้างต้นเป็นการกล่าวถึงการทำงานพื้นฐาน, ข้อจำกัดและมาตรฐานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ ซึ่งยังคงมีการใช้งานกันอยู่ต่อเนื่อง เนื่องด้วยความเชื่อมั่นในการทำงานได้สูง และมีการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ถึงแม้ในปัจจุบันอุปกรณ์ที่มีการสื่อสารแบบดิจิทัลกำลังเข้ามามีบทบาทเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้คงต้องใช้เวลาพอสมควรในการที่จะเข้ามาแทนที่อุปกรณ์เครื่องมือวัดแบบ 4-20 มิลลิแอมป์ ได้ทั้งหมด ทั้งในแง่ความเชื่อมั่นในการทำงานและการใช้

งานทดแทนกันได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเข้าไปใช้งานในระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System) สำหรับอุตสาหกรรมการผลิต

2.3 เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส [4] - [14]

2.3.1 โมเดลการสื่อสารของฟาว์นเดชันฟิลด์บัส H1

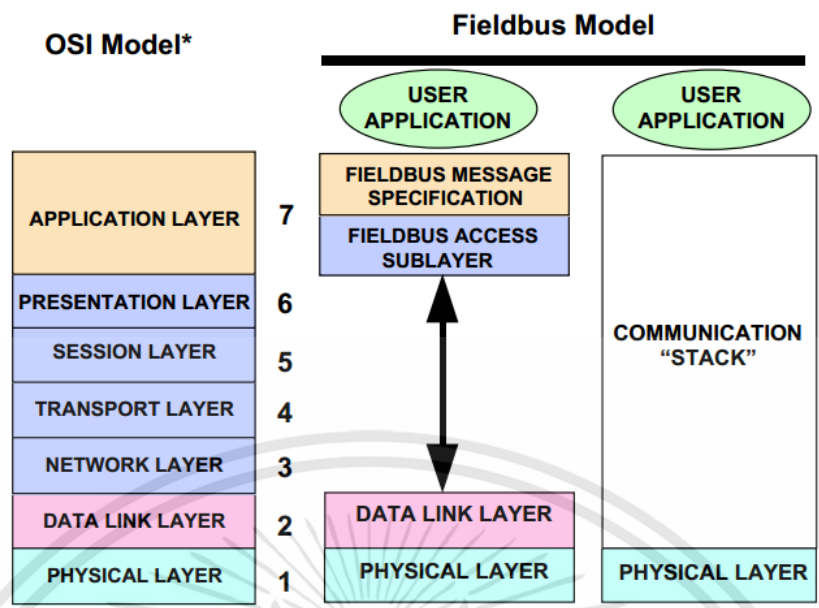
ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเป็นการสื่อสารแบบอนุกรม (Series) ด้วยสัญญาณดิจิทัลแบบสองทิศทาง ระหว่างอุปกรณ์การวัด หรืออีกความหมายหนึ่ง ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเป็นระบบเครือข่ายท้องถิ่น (Local Area Network) สำหรับระบบเครื่องมือวัดและเป็นเครือข่ายท้องถิ่น ที่มีความสามารถในการกระจายการควบคุมต่าง ๆ ไปอยู่ในอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ ในเครือข่ายได้ สามารถแสดงการเปรียบเทียบระหว่างระบบเครื่องมือวัดแบบเดิมกับฟาว์นเดชันฟิลด์บัสได้ในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การเปรียบเทียบระหว่างระบบเครื่องมือวัดแบบเดิมกับฟาว์นเดชันฟิลด์บัส [4]

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าระบบเครื่องมือวัดที่ใช้สัญญาณกระแส 4 - 20 มิลลิแอมป์ จะมีศูนย์กลางการควบคุมอยู่ที่ตัวควบคุม (Controller) และมีสายสัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์การวัดไปยังอินพุตและเอาต์พุตแบบตัวต่อตัว การควบคุมจะถูกสั่งการมาจากตัวควบคุมทั้งหมด ส่วนในระบบฟาว์นเดชันฟิลด์บัสจะใช้เพียงสายสัญญาณเส้นเดียวจากตัวควบคุมไปยังอุปกรณ์การวัดตัวแรกและต่อไปยังตัวต่อไป ชุดคำสั่งควบคุม (ฟังก์ชันบล็อก) ในลูควบคุมสามารถจะกระจายไปอยู่ในตัวอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์นั้น ๆ

ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสจะสื่อสารโดยใช้โปรโตคอล (Protocol) ที่กำหนดขึ้นโดย OSI (Open System Interconnect) เป็นโมเดลในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนระบบ โดยโปรโตคอลดังกล่าวจะประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้ Physical Layer, Communication Stack และ User Application ในระบบ ฟาว์นเดชันฟิลด์บัสมีบางชั้น (Layer) ที่กำหนดโดย OSI ไม่ได้นำไปใช้งานและมีบางชั้น ถูกกำหนดเพิ่มเติมขึ้นซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10

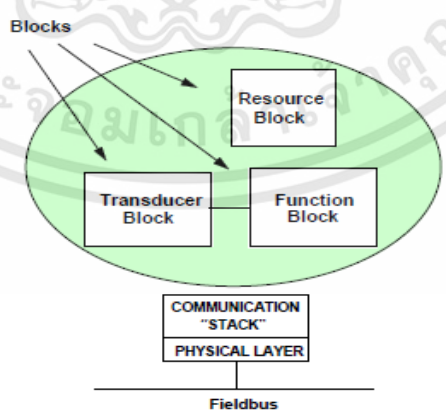


รูปที่ 2.5 โพรโทคอลของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสเทียบกับโมเดลของ OSI [4]

พิจารณาจากรูปที่ 2.5 จะพบว่าโปรโตคอลในชั้นที่ 3 - 6 จะไม่ได้ถูกใช้งานในระบบฟาว์นเดชันฟิลด์บัสและจะมีส่วนสำหรับติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Application) เพิ่มขึ้นในระบบฟาว์นเดชันฟิลด์บัสและตั้งแต่ชั้น 2-7 จะรวมกันเรียกว่า Communication Stack ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของแต่ละชั้นได้ดังนี้

User Layer

เป็นส่วนที่จัดเตรียมการสื่อสารระหว่างผู้ใช้งานกับระบบฟาว์นเดชันฟิลด์บัส โดยลักษณะของการสื่อสารใน User Layer นี้ในระบบของฟาว์นเดชันฟิลด์บัสได้มีการจัดเตรียมรูปแบบของการสื่อสารในรูปแบบของ Block ซึ่งจะประกอบด้วย Resource Block, Transducer Block, Function Block



รูปที่ 2.6 User Layer [4]

Device Description File

Device Description หรือ DD File เป็นส่วนของรูปแบบ File ข้อมูลที่บ่งบอกถึงข้อมูลต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดและควบคุม ที่ Support อยู่โดยถ้าเปรียบเทียบกับ Personal Computer ก็เป็นเหมือน Driver ของ Hardware ที่เราได้ทำการติดตั้งเข้ากับ Personal Computer ของเราและด้วยหลักการเดียวกันนี้เองหากมีการเปลี่ยน เครื่องมือวัดและควบคุม ของระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสที่มี Revision, Model หรือ Brand ที่ต่างไปจาก เครื่องมือวัดและควบคุม ตัวเดิมผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลระบบ ฟาวน์เดชันฟิลด์บัสก็จะต้องทำการติดตั้ง DD File ตัวใหม่เข้าไปด้วย

Resource Block

Resource Block เป็นส่วนหนึ่งของ DD File มีหน้าที่ในการ Identify ตัวอุปกรณ์ว่าเป็น Brand อะไร Model เป็นอะไรเป็นส่วนที่อธิบายข้อมูลโดยทั่วไปของเครื่องมือวัดและควบคุม

Transducer Block

เป็นส่วนที่บอกถึง Model ของตัว Sensor ที่อยู่ภายในอุปกรณ์เป็นหน้าที่ในการทำหน้าทีในการวัด การประมวลผลข้อมูลก่อนที่จะส่งหรือรับข้อมูลจากส่วนของ Function Block นอกจากนี้ในส่วนของ Transducer Block ยังทำหน้าที่ในการ Calibration และการเปลี่ยนโหมดให้อุปกรณ์อยู่ในสถานะที่ ทำงานได้หรือสถานะหยุดการทำงาน (Out of Service)

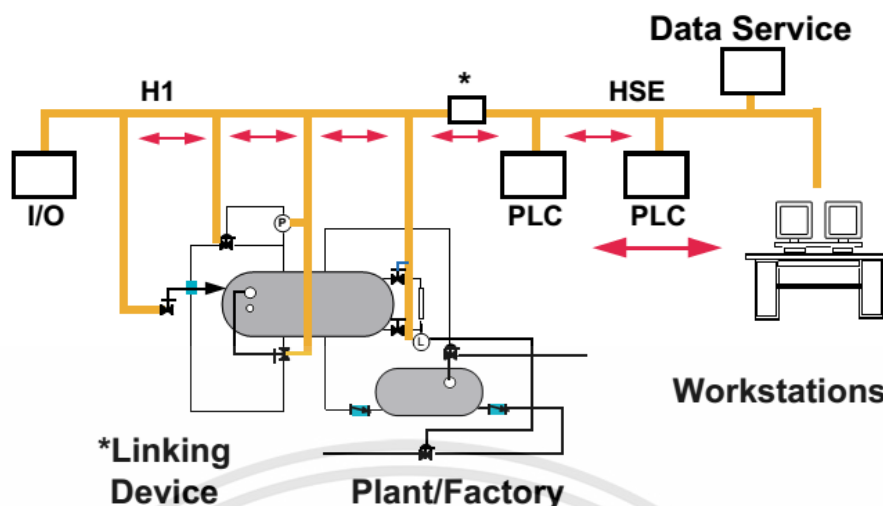
Function Block

Function Block เป็นส่วนที่ใช้ในเรื่องของการควบคุม โดยในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสจะ เตรียม Function Block ออกมา 2 รูปแบบด้วยกันคือ Standard Function Block และ Application Function Block ในส่วนของ Standard Function Block จะเป็นรูปแบบของ Block ที่ใช้งานโดยทั่วไป เช่นใน Transmitter ทุกตัวจะต้องมี AO Block เพื่อที่จะได้สามารถส่งค่าสัญญาณ ที่ได้จากการวัดมาสู่โฮสต์ได้หรือในวาล์วโพซิชั่นเนอร์จะต้องมี AI, AO and PID Block ไม่ว่าจะวาล์วโพซิชั่นเนอร์นั้นจะเป็น Brand ใดก็ตามเพื่อที่ตัววาล์วโพซิชั่นเนอร์จะสามารถรู้ค่าสัญญาณที่ส่งจาก โฮสต์เข้ามาทำการเปิดปิดตัววาล์วโพซิชั่นเนอร์ได้ส่วน Application Function Block จะเป็น Block ที่ทางผู้ผลิต เครื่องมือวัดและควบคุม เป็นผู้ใส่เพิ่มเข้ามาเป็นลักษณะของตัวเลือก (Option) ให้กับทางผู้ใช้งาน

Physical Layer

ในชั้นนี้จะเป็นโครงสร้างของระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัส และใช้เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ทุกตัวในระบบเข้าด้วยกันเพื่อใช้เป็นเส้นทางเดินของสัญญาณ โดยทั่วไปจะใช้สายไฟแบบปกติ เหมือนกับระบบควบคุมทั่วไปซึ่งจะถูกกำหนดโดย IEC และ ISA โครงสร้างของระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสยังจะถูกแบ่งออกเป็นระดับตามความเร็วในการสื่อสารข้อมูลซึ่งเรียกว่า H1 Fieldbus และ HSE Fieldbus แสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของระบบฟานด์เซนฟิลด์บัส [4]

H1 Fieldbus เป็นเส้นทางเดินของสัญญาณที่ระดับความเร็วระดับนี้จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ความเร็วระดับ 31.25 kbits/sec ความยาวของสายหลัก (Trunk Cable) จะมีความยาวได้ไม่เกิน 1900 เมตร แต่ความยาวของสายไฟยังขึ้นอยู่กับชนิดของสายไฟที่ใช้, ความยาวของสายหลักและความยาวของสายย่อย (Spur Cable) ซึ่งความยาวสูงสุดของสายหลักจะนับรวมความยาวของสายย่อยที่ต่ออยู่บนสายหลักด้วย โดยความยาวของสายย่อยยังขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนสายย่อย แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 2.2

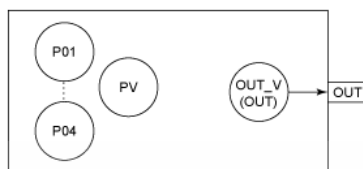
ตารางที่ 2.2 ความยาวของสายย่อยต่อจำนวนอุปกรณ์

Total Devices Per Network	One Device Per SPUR M (ft)	Two Device Per SPUR M (ft)	Three Device Per SPUR M (ft)	Four Device Per SPUR M (ft)	Maximum SPUR x Length M (ft)
1-12	120 (394)	90 (295)	60 (197)	30 (98)	1440 (439)
13-14	90 (295)	60 (197)	30 (98)	1 (3)	1260 (384)
15-18	60 (197)	30 (98)	1 (3)	1 (3)	1080 (329)
19-24	30 (98)	1 (3)	1 (3)	1 (3)	720 (220)
25-32	1 (3)	1 (3)	1 (3)	1 (3)	32 (10)

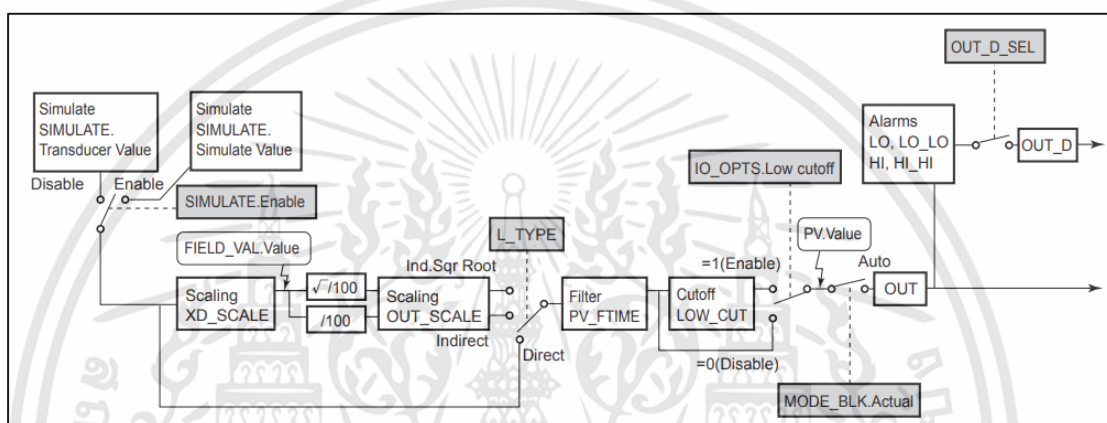
HSE Fieldbus เป็นเส้นทางเดินของสัญญาณที่ระดับความเร็วสูง (High Speed Bus) การสื่อสารของอุปกรณ์ในระดับนี้ จะมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ระดับ 1.0 หรือ 2.5 Mbits/sec ความยาวของสายหลัก (Trunk Cable) จะมีความยาวได้ไม่มากนัก ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและความสามารถของอุปกรณ์เหล่านี้ และสายหลักในระดับนี้จะไม่ยินยอมให้มีสายย่อยต่อร่วมด้วย

2.3.2 ฟังก์ชันบล็อก FF-AI

ฟังก์ชันบล็อก FF-AI สำหรับอุปกรณ์ฟิลด์บัส ถูกเปิดใช้งานเพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผลในระบบโฮสต์ CentumVP โดยมีโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ในโฮสต์ CentumVP



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter Yokogawa EJX [15]

รูปที่ 2.9 แสดงแผนผังภายใน FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter รุ่น Yokogawa EJX ประกอบด้วยการทำงานต่าง ๆ เช่น ค่าสัญญาณจำลอง (Simulate Value) การทำงานของฟังก์ชัน Scaling Output และการแจ้งเตือนต่าง ๆ เป็นต้น

ฟังก์ชันบล็อก FF-AI ทำงานผ่านช่องทาง (Channel) ประกอบด้วยสัญญาณแอนะล็อกจาก Transducer block ผ่านการปรับขนาด (Scaling) จากนั้นจะผ่านกระบวนการกรอง (Filter) และประมวลผล เมื่อเกิดค่าสัญญาณไปถึงระดับการแจ้งเตือน (Alarm) เป็นการทำงานพื้นฐานตามแผนผัง

OUT Parameter แสดงค่าเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AI

SIMULATE Parameter ใช้สำหรับจำลองค่าสัญญาณอินพุต ผู้ใช้งานจะสามารถใช้เพื่อทดสอบสัญญาณของอุปกรณ์แบบจำลองสำหรับตรวจสอบลูป (Loop Checking)

XD_SCALE Parameter จะใช้ตั้งค่าช่วง Input จาก Transducer Block ที่สอดคล้องกับ 0% และ 100% ในฟังก์ชันบล็อก FF-AI

OUT_SCALE Parameter จะใช้สำหรับกำหนดช่วงของค่าสัญญาณเอาต์พุตของการปรับขนาด (Scaling) ก่อนที่ฟังก์ชันบล็อกจะส่งสัญญาณให้ตัวแปร OUT

CHANNEL Parameter จะใช้สำหรับเลือกสัญญาณจากตัววัด ที่อุปกรณ์สามารถวัดได้จาก Transducer Block โดยเลือกสัญญาณที่ต้องการใช้งานผ่านช่อง (Channel)

L_TYPE Parameter เป็นส่วนที่ใช้เลือกตัวแปรที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยการวัดของ XD_SCALE และ OUT_SCALE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*Direct ผู้ใช้งานจะต้องเลือกในกรณีนี้ที่ XD_SCALE และ OUT_SCALE เป็นหน่วยวัดเดียวกัน

*Indirect ผู้ใช้งานจะต้องเลือกในกรณีนี้ที่ XD_SCALE และ OUT_SCALE เป็นหน่วยวัดที่แตกต่างกัน

*Indirect Square Root ผู้ใช้งานจะต้องเลือกในกรณีนี้ที่ XD_SCALE และ OUT_SCALE เป็นหน่วยวัดที่แตกต่างกัน และมีค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์แบบ Square Root

โหมดสำหรับฟังก์ชันบล็อก FF-AI จะทำงานทั้งหมด 3 โหมดผ่านตัวแปร MODE_BLK ดังนี้

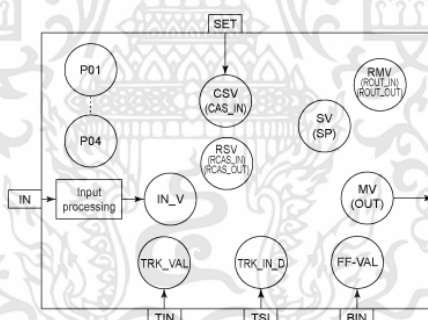
1) Manual (Man) ในโหมดนี้ค่า OUT จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งาน

2) Automatic (Auto) ในโหมดนี้ค่า OUT จะถูกคำนวณผ่านส่วนของ Out Scaling ส่งค่ามาที่ตัวแปร PV

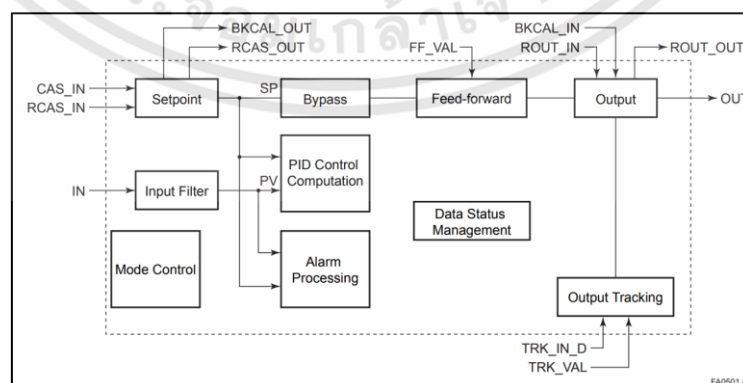
3) Out of Service (O/S) ฟังก์ชันบล็อกจะหยุดดำเนินการ ค่าตัวแปร PV ไม่มีการส่งค่าไปยัง OUT และสถานะจะแสดงเป็น Bad เมื่อตัวแปร BLOCK_ERR แสดงสถานะ และในโหมดนี้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลง Configuration ของตัวแปรต่าง ๆ ของอุปกรณ์เพื่อเปิดหรือปิดฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ในฟังก์ชันบล็อก FF-AI ตามเป้าหมายของผู้ใช้งาน

2.3.3 ฟังก์ชันบล็อก FF-PID

ฟังก์ชันบล็อก FF-PID สำหรับอุปกรณ์ฟิลด์บัส ถูกเปิดใช้งานเพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผลบนระบบโฮสต์ CentumVP โดยมีโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-PID ในโฮสต์ CentumVP



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter Yokogawa EJX [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AI ของอุปกรณ์ DPharp transmitter Yokogawa EJX ภายในประกอบด้วยส่วนการประมวลผลต่าง ๆ เช่น การกรองของตัวแปรกระบวนการ (Input Filter) Algorithm PID (PID Control Computation) การสเกลป้อนล่วงหน้า (Feed-Forward) เป็นต้น โดยผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนโหมดการทำงานของฟังก์ชันบล็อก FF-PID มีรายละเอียดดังนี้

1) Automatic (Auto) ในโหมดนี้ค่า SV จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานผ่านตัวแปร Setpoint หลังจากนั้นฟังก์ชันจะเข้าไปคำนวณในส่วนของการ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร OUT

2) Manual (Man) ในโหมดนี้ผู้ใช้งานจะควบคุมกระบวนการผลิตแบบ Manual โดยจะสั่งงานไปที่ Final Element ผ่านตัวแปร OUT โดยตรง

3) Cascade (Cas) ในโหมดนี้ค่า Setpoint ของ PID Block จะรับจากตัวควบคุมต้นทาง (Upstream Function Block) โดยจะรับค่าผ่านตัวแปร CAS_IN หลังจากนั้น PID Block จะคำนวณในส่วนของการ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร OUT

4) Remote Cascade (Rcas) ในโหมดนี้ค่า จะรับจากตัวควบคุมต้นทาง (Upstream Function Block) โดยจะรับค่าผ่านตัวแปร RCAS_IN หลังจากนั้น PID Block จะคำนวณในส่วนของการ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร OUT

5) Remote Output (Rout) ในโหมดนี้ตัวแปร ROUT_OUT จะรับค่าที่กำหนดโดยโฮสต์ ซึ่งเขียนคำสั่งผ่านพารามิเตอร์ ROUT_IN

6) Local Override (LO) ในโหมดนี้การทำงานของฟังก์ชัน Tracking จะดำเนินการทำงาน โดยกำหนดค่าเอาต์พุตตามค่า TRK_VAL

7) Initialization Manual (Iman) ในโหมดนี้การทำงานของฟังก์ชันบล็อก FF-PID จะแสดงถึงการทำงานที่ไม่สมบูรณ์ และค่าพารามิเตอร์ OUT จะเปลี่ยนแปลงตามพารามิเตอร์ BKCAL_IN

8) Out of Service (O/S) ฟังก์ชันบล็อกจะหยุดดำเนินการ และสถานะจะแสดงเป็น Bad เมื่อตัวแปร BLOCK_ERR แสดงสถานะ และในโหมดนี้ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนแปลง Configuration ของตัวแปรต่าง ๆ ของอุปกรณ์เพื่อเปิดหรือปิดฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ในฟังก์ชันบล็อก FF-PID ตามเป้าหมายของผู้ใช้งาน

2.3.4 ฟังก์ชันบล็อก FF-AO

ฟังก์ชันบล็อก FF-AO สำหรับอุปกรณ์ฟิลด์บัส ถูกเปิดใช้งานเพื่อใช้ในการควบคุมและแสดงผลบนระบบโฮสต์ CentumVP โดยมีโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกแสดงในรูปที่ 2.12

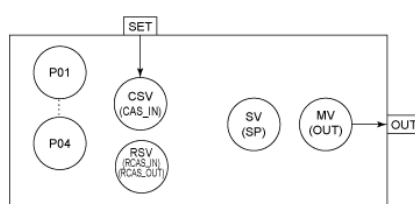
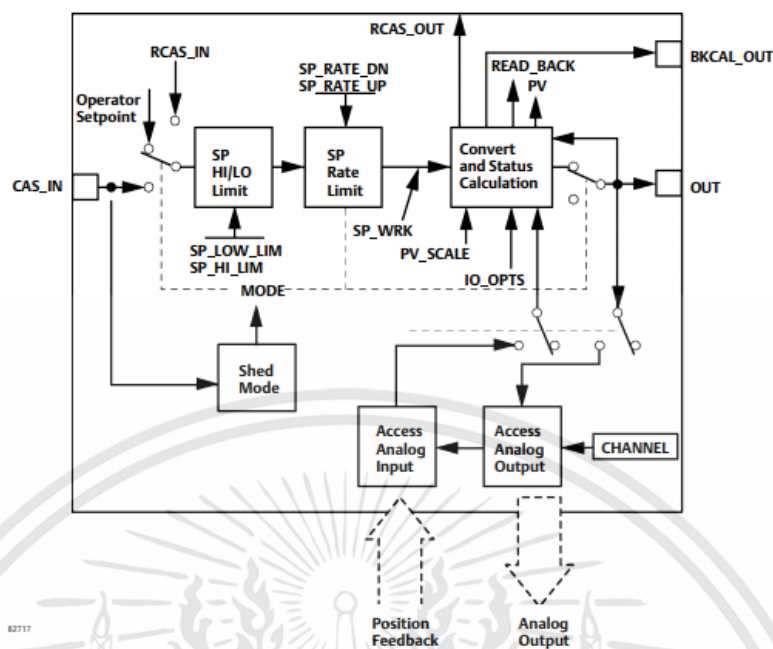


Figure B3.6-1 FF-AO Block

รูปที่ 2.12 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AO ในโฮสต์ CentumVP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AO ของ DVC6200 Fisher Emerson [16]

รูปที่ 2.13 แสดงโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ FF-AO ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ เช่น การดำเนินการเลือกค่าเป้าหมาย (Operator Select Setpoint) ฟังก์ชันการตั้งค่าขอบสูงและขอบต่ำของค่าเป้าหมาย (Setpoint HI Limit; Setpoint LO Limit) เป็นต้น โดยการทำงานของ FF-AO จะรับค่าควบคุมผ่านพารามิเตอร์ CAS_IN เป็นสัญญาณที่กำหนดเป้าหมาย หลังจากนั้นฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะประมวลผลและส่งสัญญาณควบคุมไปยังพารามิเตอร์ OUT เพื่อควบคุมตำแหน่งของวาล์วต่อไป ฟังก์ชันบล็อก FF-AO สามารถทำงานในโหมดต่อไปนี้

1) Manual (Man) ผู้ใช้งานสามารถป้อนคำสั่งไปยังเอาต์พุตไปยัง I/O channel ที่พารามิเตอร์ OUT โดยตรง ส่วนใหญ่จะใช้ในสถานการณ์ซ่อมบำรุง สอบเทียบและวินิจฉัยข้อมูลของวาล์วโพซิชั่นเนอร์

2) Automatic (Auto) เอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะทำงานตามเป้าหมายของ Operating Point โดยผู้ใช้งานป้อนค่าเป้าหมายผ่าน Setpoint หลังจากนั้นฟังก์ชันบล็อกจะประมวลผลและส่งสัญญาณไปยังพารามิเตอร์ OUT

3) Cascade (Cas) ในโหมดการทำงานนี้ฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะต้องเชื่อมต่อใช้งานผ่านพารามิเตอร์ CAS_IN โดยฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะรับค่าเป้าหมายผ่านพารามิเตอร์ CAS_IN กำหนดเป็นค่าเป้าหมาย หลังจากนั้นฟังก์ชันบล็อกจะประมวลผล และส่งสัญญาณไปยังพารามิเตอร์ OUT โดยเป็นโหมดที่ใช้งานร่วมกับลูปลควบคุมส่วนใหญ่

4) Remote Cascade (Rcas) ในโหมดการทำงานนี้ จะทำงานร่วมกับระบบโฮสต์ APC (Advance Process Control) โดยฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะรับค่าเป้าหมายผ่านตัวแปร Remote Setpoint (RSV) หลังจากนั้นจะดำเนินการประมวลผล และส่งสัญญาณไปยังพารามิเตอร์ OUT

5) Out of Service (OOS) ในโหมดนี้ ฟังก์ชันบล็อก FF-AO จะหยุดประมวลผล โดยช่องของสัญญาณเอาต์พุตจะอยู่ในช่วงซ่อมบำรุง เพื่อกำหนดหรือตั้งค่าให้กับพารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อก และสถานะของฟังก์ชันบล็อกจะแสดง 'Bad' และพารามิเตอร์ของ BLOCK_ERR จะแสดง 'OOS'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) Initialization Manual (Iman) ฟังก์ชันบล็อกจะทำงานในโหมดนี้ ในสถานการณ์เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ และฟังก์ชันบล็อก FF-AO เกิดการแจ้งเตือนในสถานการณ์ไม่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วาล์วโซลินอยด์

7) Local Override (LO) ในโหมดนี้ฟังก์ชันบล็อก FF-AO ไม่ตอบสนองการรับคำสั่งสัญญาณจากอินพุต เนื่องจากการทำงานของฟังก์ชันบล็อกในสถานการณ์เกิดความล้มเหลว (Fault State Action) หรือเกิดคำสั่งสัญญาณ Freezes ที่พารามิเตอร์ OUT

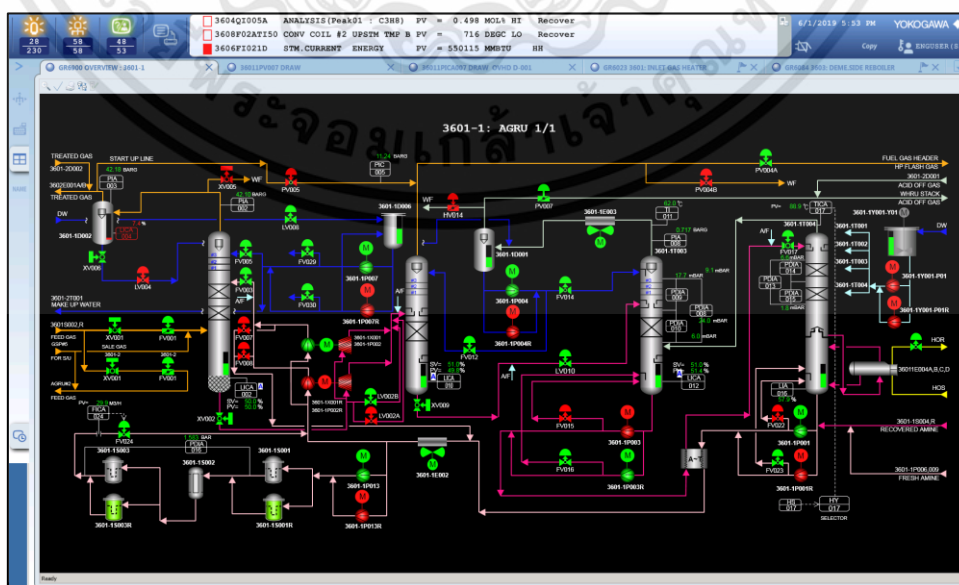
2.4 ส่วนประกอบของระบบโฮสต์ CentumVP

ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมกระบวนการต่าง ๆ โดยเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ให้วัดค่าของกระบวนการและนำข้อมูลการวัดมาแสดงผลพร้อมกับประมวลผล แล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์นั้นเพื่อปรับกระบวนการให้ได้ตามเป้าหมายของการควบคุม

ระบบการควบคุมแบบ DCS (Distributed Control System) เป็นระบบควบคุมกระจายส่วนประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายๆ ตัวต่อกันเป็นเครือข่าย ฟังก์ชันการควบคุมจะถูกกระจายให้คอมพิวเตอร์แต่ละส่วนซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการย่อย ๆ โดยข้อมูลของกระบวนการจะถูกส่งผ่านส่วนสื่อสาร ไปเก็บรวบรวมที่คอมพิวเตอร์อีกตัว ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยผ่านทางจอภาพ และเป็นพิมพ์

2.4.1 ส่วนติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน

ส่วนติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน (Human Interface Station) เป็นอุปกรณ์แสดงผลและควบคุมที่เชื่อมระหว่างผู้ใช้งานกับกระบวนการผลิต จะถูกติดตั้งอยู่ในห้องควบคุม เพื่อทำหน้าที่แสดงข้อมูลของกระบวนการผลิตที่ส่งมาจาก Field Control Station เช่นการสั่งให้ทำการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Setpoint) ค่าของกระบวนการผลิต (PV) หรือการเปลี่ยนสถานะและโหมดของระบบควบคุมกระบวนการผลิต



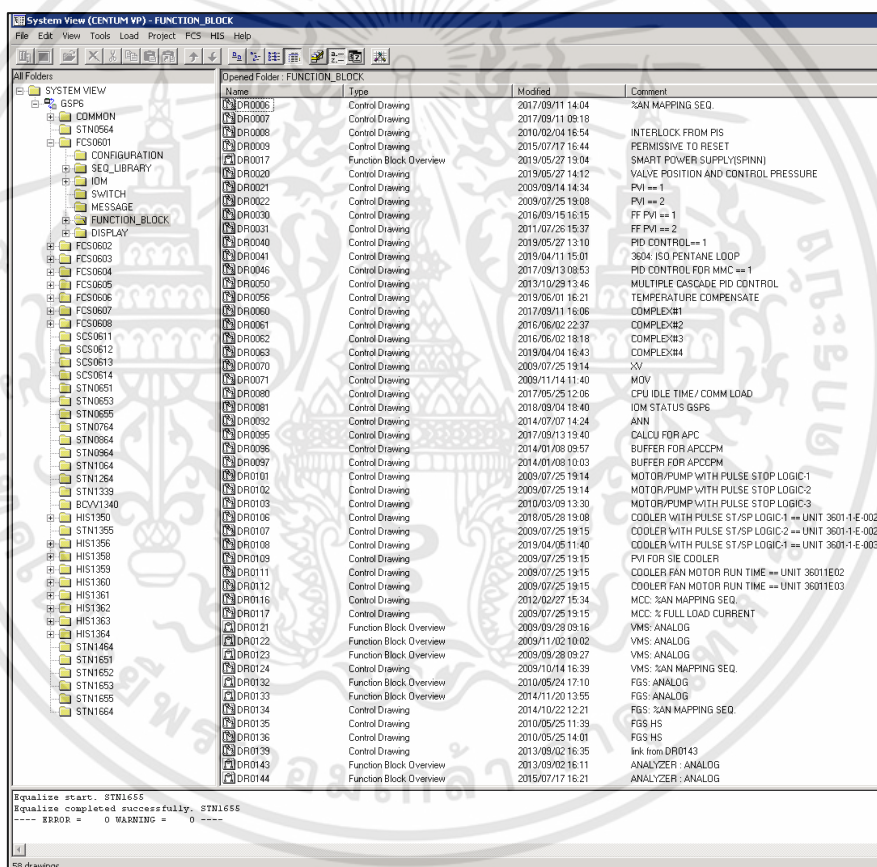
รูปที่ 2.14 กราฟิกแสดงกระบวนการผลิตของ Human Interface Station

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.14 กราฟฟิกของระบบโฮสต์ CentumVP จะแสดงกราฟฟิกในรูปแบบ Process Function Diagram (PFD) และผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบและควบคุมตัวแปรกระบวนการผ่าน Human Interface Station (HIS) รวมถึงฟังก์ชันการแจ้งเตือน (Alarm Function) และฟังก์ชันการบันทึกแนวโน้มของตัวแปรกระบวนการ (Historical Trend Function) ที่เป็นฟังก์ชันการทำงานพื้นฐานของผู้ใช้งานที่ควบคุมกระบวนการผลิตผ่านระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.4.2 ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม

ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม (Engineering Work Station) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการทำงานทางวิศวกรรม และการกำหนดโปรแกรมของการควบคุมของกระบวนการต่าง จะเป็นอุปกรณ์ที่เริ่มตั้งแต่การสร้างการควบคุมของระบบโฮสต์ CentumVP ในขั้นตอนทางวิศวกรรม จนถึงในขั้นตอนของการซ่อมบำรุงสำหรับการตรวจสอบและแก้ไขโปรแกรมของการควบคุม



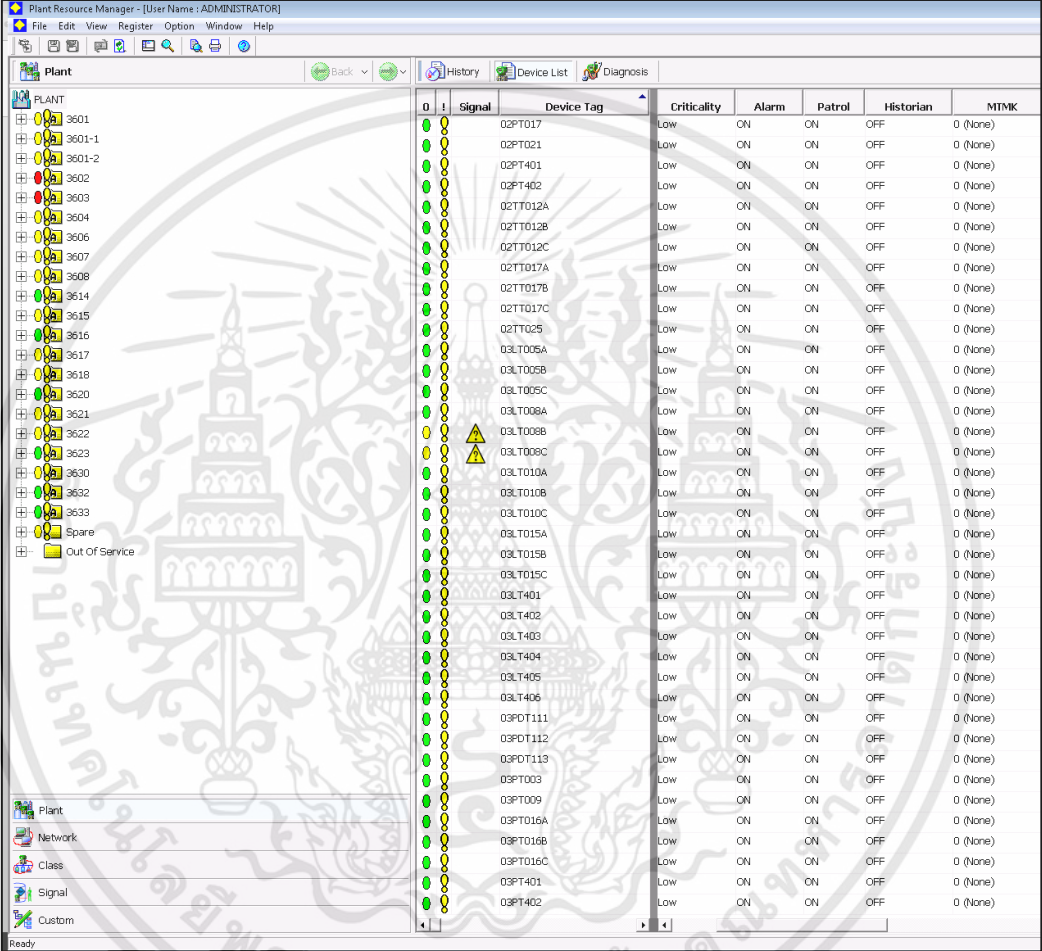
รูปที่ 2.15 โปรแกรม System View ของระบบโฮสต์ CentumVP

จากรูปที่ 2.15 เป็นส่วนที่ใช้งานในขั้นตอนทางวิศวกรรม โดยการกำหนดการควบคุมของกระบวนการผลิต รวมถึงฟังก์ชันการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาคสนาม และทำหน้าที่เพื่อใช้ในการตรวจสอบและแก้ไขในขั้นตอนของการซ่อมบำรุง จะประกอบด้วยส่วนของการกำหนดการควบคุมของตัวควบคุม (Field Control Station) และส่วนของการกำหนดการแสดงผลผ่านอุปกรณ์ Human Interface Station (HIS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ส่วนดำเนินการจัดการกับอุปกรณ์ภาคสนาม

ส่วนดำเนินการจัดการกับอุปกรณ์ภาคสนาม (Asset Management Station) เป็นอุปกรณ์ที่ดำเนินงานจัดการและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาคสนาม (Field Devices) เพื่ออ่านหรือเขียนคำสั่งไปยังอุปกรณ์ภาคสนาม ที่รองรับการสื่อสารด้วยเทคโนโลยีของการสื่อสารแบบดิจิทัล หรือ Smart Devices โดยอุปกรณ์ส่วนนี้จะสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ภาคสนาม รวมถึงการวินิจฉัยการทำงานของอุปกรณ์ การกำหนดพารามิเตอร์ของอุปกรณ์



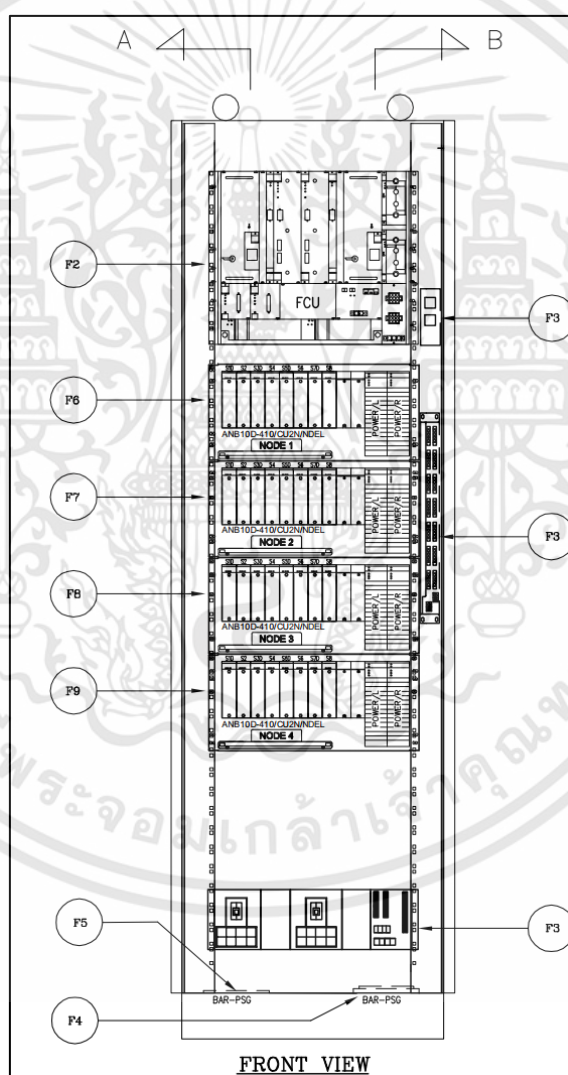
Signal	Device Tag	Criticality	Alarm	Patrol	Historian	MTMK
0	02PT017	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02PT021	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02PT401	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02PT402	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT012A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT012B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT012C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT017A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT017B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT017C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	02TT025	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT005A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT005B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT005C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT008A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT008B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT009C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT010A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT010B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT010C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT015A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT015B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT015C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT401	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT402	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT403	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT404	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT405	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03LT406	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PDT111	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PDT112	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PDT113	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT003	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT009	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT016A	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT016B	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT016C	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT401	Low	ON	ON	OFF	0 (None)
0	03PT402	Low	ON	ON	OFF	0 (None)

รูปที่ 2.16 โปรแกรม Plant Resource Manager ของระบบโฮสต์ CentumVP

จากรูปที่ 2.16 แสดงโปรแกรม Plant Resource Manager ที่ใช้งานในส่วนของ Asset Management ของระบบโฮสต์ CentumVP เพื่อใช้สำหรับจัดการและบริหารอุปกรณ์ภาคสนาม (Smart Devices) จะสามารถแสดงชื่อ (Tag) สถานะ (Status) การแจ้งเตือน (Alarm) ในหน้าแสดงผลหลักของโปรแกรม ในส่วนดำเนินการจัดการกับอุปกรณ์ภาคสนามยังสามารถเข้าถึงพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ภาคสนาม ผ่านการทำงานของ Field Device Tool (FDT) โดยผู้ใช้งานจะต้องดำเนินการติดตั้ง DTM และ DD Files ทำงานร่วมกันเพื่อใช้การสื่อสารระหว่าง Asset Management Station กับอุปกรณ์ภาคสนาม (Field Smart Devices)

2.4.4 ส่วนควบคุมกระบวนการผลิต

ส่วนควบคุมกระบวนการผลิต (Field Control Station) คือ ส่วนควบคุมกระบวนการผลิตทำหน้าที่ประมวลผลผ่านคำสั่งที่ถูกโปรแกรม หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ภาคสนามเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต โดยเป้าหมายการควบคุมของ Field Control Station (FCS) จะมีเป้าหมายด้านความพร้อมใช้งาน เพื่อให้ระบบควบคุมสามารถตอบสนองควบคุมกระบวนการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง หลักการทำงานพื้นฐานของ Field Control Station (FCS) จะรับสัญญาณจากอุปกรณ์วัดภาคสนาม (Field Instruments) ส่งสัญญาณผ่านตัวนำมาที่อินพุตโมดูล หลังจากนั้น Controller จะประมวลผลสัญญาณอินพุตกับโปรแกรมที่ถูกกำหนด หลังประมวลผล Controller จะส่งสัญญาณเอาต์พุตผ่าน เอาต์พุตโมดูล เพื่อควบคุมอุปกรณ์วาล์วหรืออุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมปลายทาง (Final Elements)



รูปที่ 2.17 แบบการติดตั้ง Field Control Station และอุปกรณ์ I/O Modules

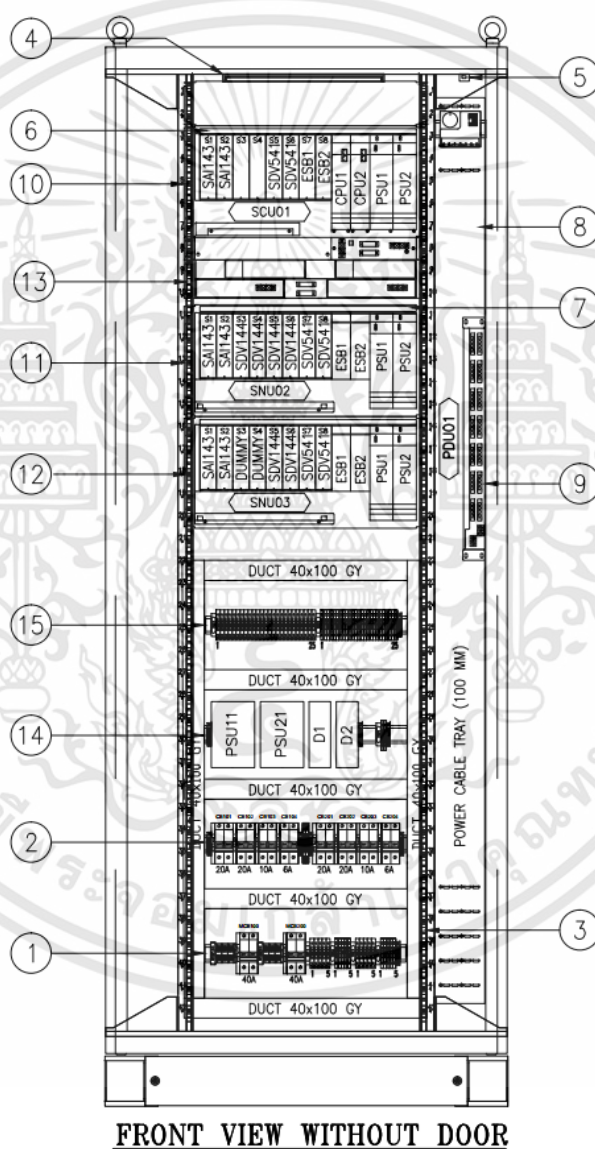
จากรูปที่ 2.17 แสดงแบบการติดตั้ง Field Control Station โดยการติดตั้งส่วนบนของ System Cabinet จะถูกติดตั้ง Field Control Unit (FCU) จากนั้น Node ถัดลงมาจะถูกติดตั้ง I/O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Module เพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์วัดภาคสนาม (Field Instruments) และ Field Control Unit (FCU)

2.4.5 ส่วนควบคุมความปลอดภัยกระบวนการผลิต

ส่วนควบคุมความปลอดภัยกระบวนการผลิต (Safety Control Station) คือ ส่วนควบคุมฟังก์ชันการทำงานความปลอดภัย ทำหน้าที่ประมวลผลผ่านคำสั่งที่ถูกโปรแกรม โดยหน้าที่หลัก คือ การตรวจสอบสัญญาณจากอุปกรณ์วัดภาคสนาม และสั่งหยุดกระบวนการผลิต (Process Shutdown) เมื่อตรวจจับสัญญาณสูงหรือต่ำกว่าจุดวิกฤต (Trip Setpoint)



รูปที่ 2.18 แบบการติดตั้ง Safety Control Station และอุปกรณ์ I/O Modules

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	System or loop identifier	Final Element	SIL Required	Analysis Required	Case No.
20	PAHH-009	SDV-007, SDV-008 (HIPPS-001)	3 (Injury)	✓	7
21	LAHH-006	-	1 (Injury)	NO	8
22	LALL-006	Trip of Pumps, P-001/R (PSD-005A/B)	a (Asset)	NO	-
23	HS-001 (previously HS-001-1)	Depressurized shutdown of Compressor station (ESD-001)	3 (Injury)	✓	9
24	HS-002 (previously HS-001AC)	Depressurized shutdown of Compression trains (USD-001X)	2 (Injury & Asset)	✓	As Case 1

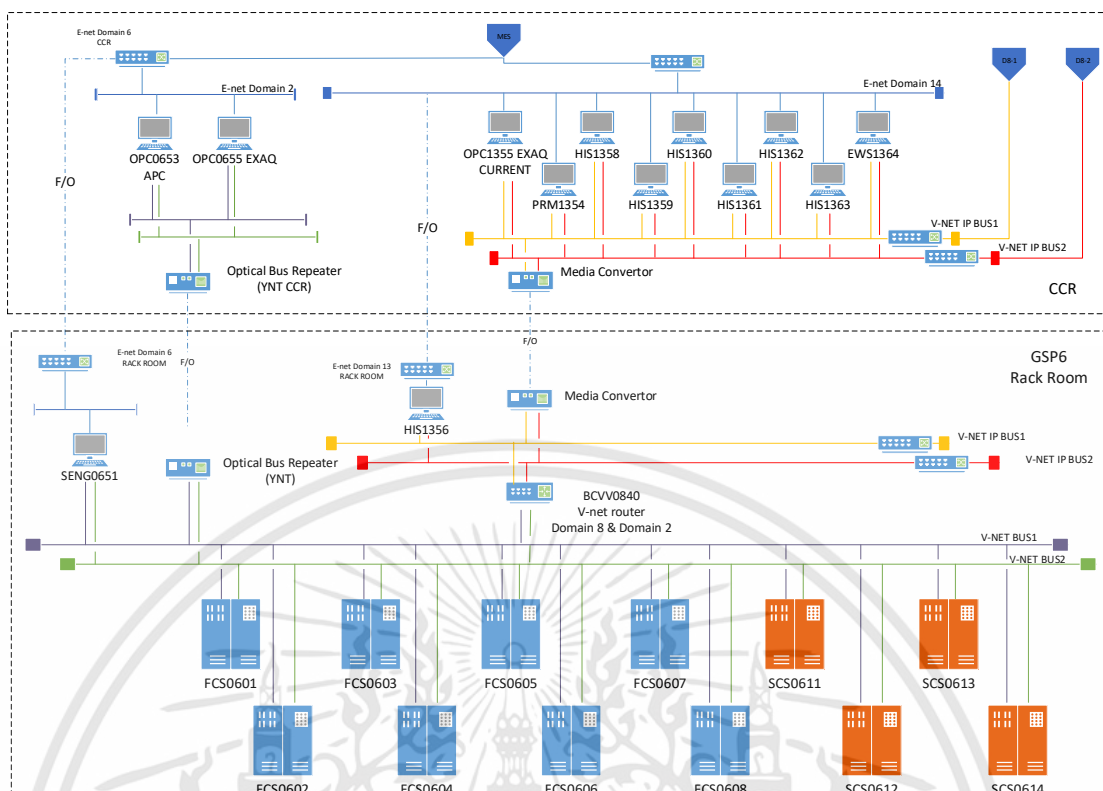
There have been some changes since the SIL determination workshop and this verification exercise. These changes are reflected in this report and will be indicated respectively.

รูปที่ 2.19 ตัวอย่างรายงานของ SIL Verification

จากรูปที่ 2.18 แสดงแบบการติดตั้ง Safety Control Station โดยการติดตั้งส่วนบนของ System Cabinet จะถูกติดตั้ง Safety Control Unit (SCU) จากนั้น Node ถัดลงมาจะถูกติดตั้ง อินพุต เอาต์พุตโมดูล เพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์วัดภาคสนาม (Field Instruments) และ Safety Control Unit (SCU) ในส่วนของขั้นตอนทางวิศวกรรมความปลอดภัยที่ใช้ในการ กำหนดการเขียนโปรแกรมจะเป็นรูปที่มาจากผลรายงานของ SIL Verification เพื่อกำหนดระดับ ความปลอดภัยของลูปควบคุม แสดงในรูปที่ 2.19 ตัวอย่างรายงานของ SIL Verification

2.4.6 โครงสร้างของระบบโฮสต์ CentumVP

โครงสร้างของระบบโฮสต์ CentumVP ประกอบด้วยส่วนทำงานที่สำคัญดังกล่าว จะ ประกอบด้วยส่วนที่ติดต่อกับผู้ปฏิบัติงาน (HIS) ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม (EWS) ส่วนดำเนินการ จัดการกับอุปกรณ์ภาคสนาม (AMS) ส่วนควบคุมกระบวนการผลิต (FCS) และส่วนควบคุมความ ปลอดภัยกระบวนการผลิต (SCS) รูปที่ 2.20 ตัวอย่างโครงสร้างระบบควบคุมของโรงแยกก๊าซ ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญดังกล่าว โดยถูกติดตั้งที่พื้นที่ Central Control Room (CCR) และอุปกรณ์ควบคุมกระบวนการผลิตถูกติดตั้งบริเวณพื้นที่ Rack Room



รูปที่ 2.20 โครงสร้างระบบโฮสต์ CentumVP ของโรงแยกก๊าซ

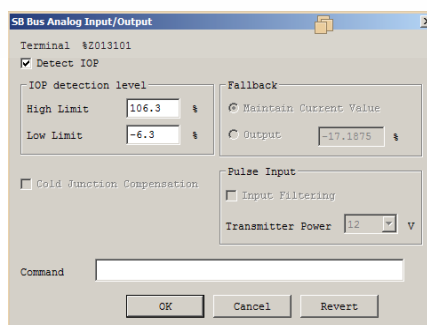
2.5 การสร้างรูปควบคุมในระบบโฮสต์ CentumVP

2.5.1 ฟังก์ชัน Input Limit Detection

ฟังก์ชันการตรวจสอบระดับสัญญาณแอนะล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP ในตัวเลือกของอุปกรณ์ Analog Input Card สามารถตรวจสอบและตั้งค่าเพื่อตรวจจับความผิดปกติของระดับสัญญาณแอนะล็อกโดยจะมีการทำงาน 2 ตัวเลือก ดังนี้

1) High-Limit Detection Level (IOP+) สำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดสถานการณ์ ระดับค่าสัญญาณแอนะล็อกอินพุตอ่านได้สูงกว่าระดับของพารามิเตอร์ High Limit ระบบโฮสต์ CentumVP จะแสดงการแจ้งเตือน “IOP+ Alarm”

2) Low-Limit Detection Level (IOP-) สำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดสถานการณ์ ระดับค่าสัญญาณแอนะล็อกอินพุตอ่านได้ต่ำกว่าระดับของพารามิเตอร์ Low Limit ระบบโฮสต์ CentumVP จะแสดงการแจ้งเตือน “IOP- Alarm”



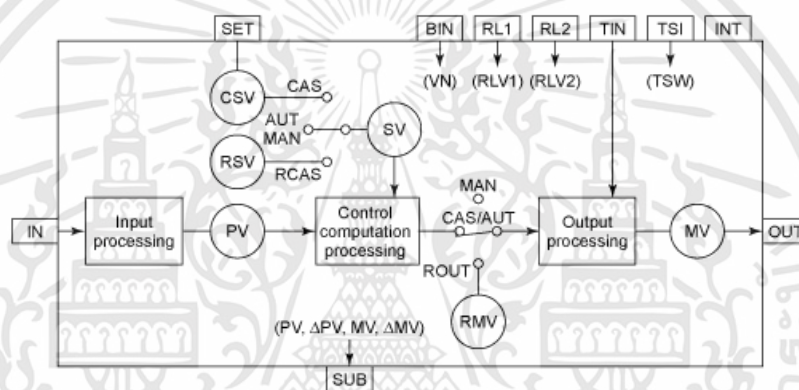
รูปที่ 2.21 การกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุตในระบบโฮสต์ CentumVP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.21 การกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุตในระบบโฮสต์ CentumVP สามารถเปิดการใช้งานได้ในขั้นตอนการเขียนโปรแกรมการสร้าง Tag Name เพื่อใช้งานในช่องของอุปกรณ์อ่านสัญญาณแอนะล็อก (Analog Channel) โดยค่าการตรวจจับเริ่มต้นจะถูกตั้งค่า High Limit ของสัญญาณที่สูงกว่า 106.3% และ Low Limit ของสัญญาณที่ต่ำกว่า -6.3%

2.5.2 ฟังก์ชันบล็อก PID

ฟังก์ชันบล็อก PID ที่ใช้งานในรูปควบคุมแอนะล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP จะจัดเตรียมฟังก์ชันการควบคุมแบบ PID พื้นฐานตามสัดส่วนของ Proportional-Integral-Derivative ขึ้นอยู่กับ การเบี่ยงเบนของตัวแปรของกระบวนการผลิต (Process Variable) เปรียบเทียบกับค่าควบคุม (Setpoint Variable)



รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ PID

จากรูปที่ 2.22 แสดงแผนผังในฟังก์ชันบล็อก PID ที่ใช้ในระบบโฮสต์ CentumVP ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ เช่น การสเกลค่าตัวแปรอินพุต (Input Processing) การรับค่าเป้าหมาย (SV Selection) การสเกลค่าตัวแปรเอาต์พุต (Output Processing) เป็นต้น โดยผู้ใช้งานสามารถใช้เขียนโปรแกรมในการควบคุมกระบวนการผลิต และฟังก์ชันบล็อก PID จะทำงานในโหมดการควบคุมดังนี้

1) Automatic (Auto) ในโหมดนี้ค่า SV จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้งานผ่านตัวแปร Setpoint หลังจากนั้นฟังก์ชันจะเข้าไปคำนวณในส่วนของ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร Manipulated Output Value (MV)

2) Manual (Man) ในโหมดนี้ผู้ใช้งานจะควบคุมกระบวนการผลิตแบบ Manual โดยจะสั่งงานไปที่ Final Element ผ่านตัวแปร Manipulated Output Value (MV) โดยตรง

3) Cascade (Cas) ในโหมดนี้ค่า Setpoint ของ PID Block จะรับจากตัวควบคุมต้นทาง (Upstream Function Block) โดยจะรับค่าผ่านตัวแปร Cascade Setpoint (CSV) หลังจากนั้น PID Block จะคำนวณในส่วนของ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร Manipulated Output Value (MV)

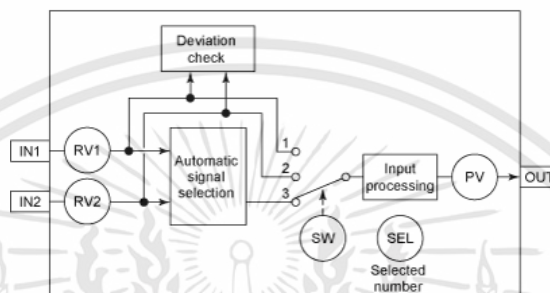
4) Remote Cascade (Rcas) ในโหมดนี้ค่า Setpoint (SV) Setpoint ของ PID Block จะรับจากค่าคำนวณของโฮสต์โดยตรง หรือเป็นค่าคำนวณจากระบบ Advance Process Control โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PID Block จะรับค่าผ่านตัวแปร Remote Cascade Setpoint (RSV) หลังจากนั้น PID block จะคำนวณในส่วนของ Control Computation Processing เพื่อส่งค่าไปควบคุม Final Element ผ่านตัวแปร Manipulated Output Value (MV)

2.5.3 ฟังก์ชันบล็อก SS-DUAL

ฟังก์ชันบล็อกตัวเลือก (SS-DUAL) จะทำงานเลือกสัญญาณอินพุตหนึ่ง ในสองสัญญาณโดยอัตโนมัติ สัญญาณที่เลือกจะถูกส่งออกเป็นตัวแปรกระบวนการ (PV)

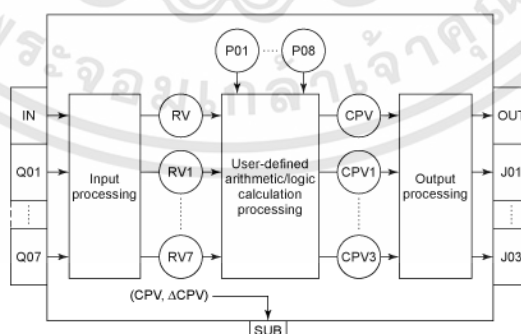


รูปที่ 2.23 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ SS-DUAL

จากรูปที่ 2.23 แสดงโครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ SS-DUAL จะมีฟังก์ชันการเลือกสัญญาณผ่านพารามิเตอร์ตัวเลือก Switch (SW) เมื่อตัวเลือก Switch ทำงานจะทำให้พารามิเตอร์ตัวแปรกระบวนการ (PV) ส่งค่าไปยังเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก

2.5.4 ฟังก์ชันบล็อก CALCU

ฟังก์ชันบล็อกคำนวณพื้นฐาน (CALCU) โดยมีวัตถุประสงค์ทั่วไป เป็นการดำเนินการทางโปรแกรมและมีขั้นตอนการคำนวณโดยกำหนดอัลกอริทึม ผ่านภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมพื้นฐานแบบโครงสร้าง (Structure Text) จะถูกเขียนไว้ในส่วนการทำงานของ User-Defined Arithmetic Calculation

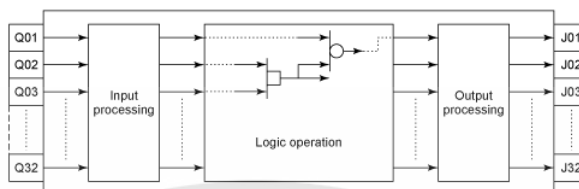


รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ CALCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5 ฟังก์ชันบล็อก LC64

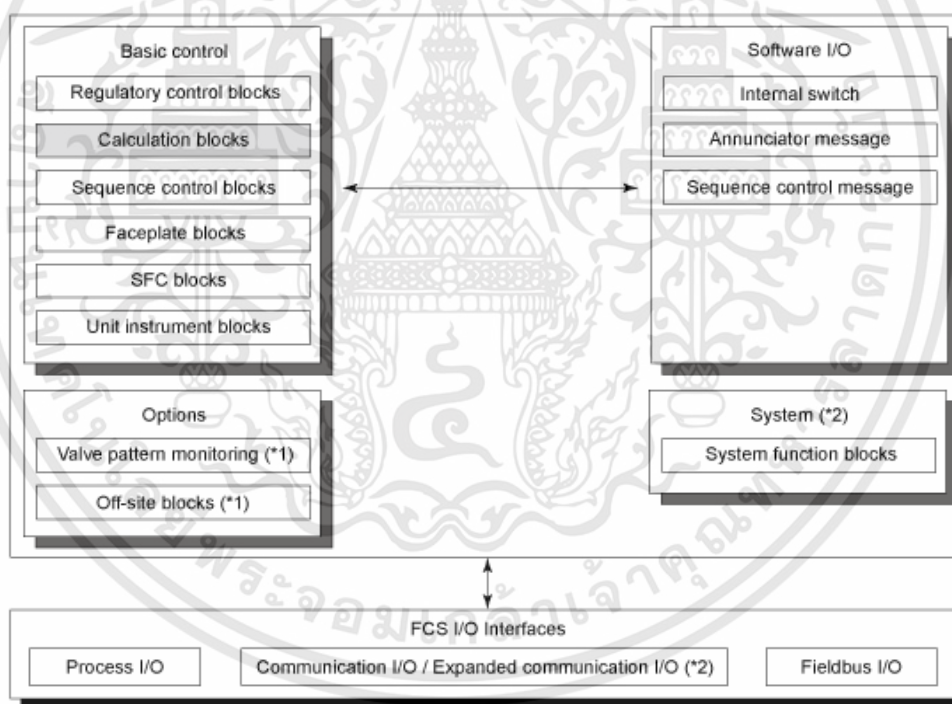
ฟังก์ชันบล็อก Logic Chart (LC64) เป็นการทำงานของลอจิกแบบแผนภูมิ จะอธิบายความสัมพันธ์ของสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุต ผ่านตัวดำเนินการคำนวณ (Logic Calculation) ในด้านเชิงตรรกะในรูปแบบไดอะแกรม Interlock



รูปที่ 2.25 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ LC64

2.5.6 ฟังก์ชันบล็อก PIO

ฟังก์ชันบล็อก Process I/O สำหรับเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างอินพุตและเอาต์พุตที่รับข้อมูลผ่าน I/O Card ของระบบโฮสต์ DCS



รูปที่ 2.26 โครงสร้างการเชื่อมต่อระหว่างข้อมูลของ I/O Card กับฟังก์ชันบล็อก

2.6 การใช้ทรัพยากรในระบบโฮสต์ CentumVP

ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อก

สำหรับการใช้งานทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกในระบบ CentumVP ในการใช้งานฟังก์ชันบล็อกของระบบจะถูกจำกัดตามชนิดการทำงานของฟังก์ชันบล็อก ดังตารางที่ 2.3

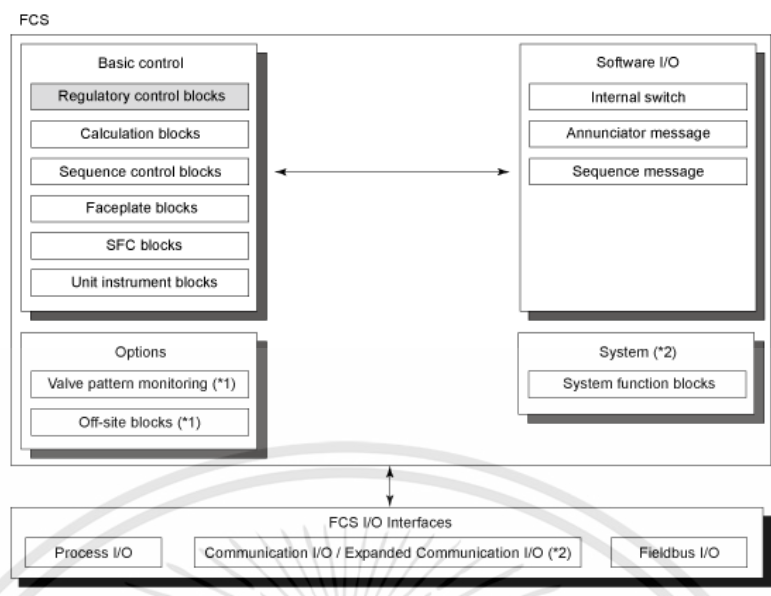
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกในระบบโฮสต์ CentumVP

Category	Function Blocks Maximum Number
Regulatory Control / Calculation Blocks	1,200
Sequence	600
General-Purpose Calculations	500
SFC Blocks	60
Operation	400
Switch Instruments	1,000
Sequence Element 1 and 2	900
Faceplate Blocks	200
Logic Operation Blocks	200
Batch Data	400
Unit Instruments	60
Total Number of Function Blocks	5,520
Tag-List (Block, Annunciator)	2,500
Inter-station data links	512
Foundation Fieldbus faceplate	600

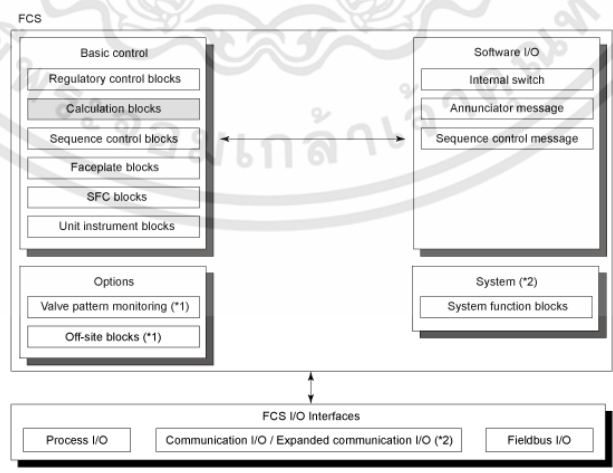
จากตารางที่ 2.3 สามารถแบ่งทรัพยากรที่ใช้งานตามฟังก์ชัน 6 ประเภท แบ่งตามการทำงานของแต่ละประเภทดังนี้

1) Regulatory Control / Calculation Blocks เป็นฟังก์ชันบล็อกพื้นฐาน ที่ผู้ใช้งานใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมในรูปควบคุม สำหรับการทำการควบคุมจะเป็นส่วนฟังก์ชันพื้นฐานของส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม Field Control Station (FCS) โดยดำเนินการประมวลผลการคำนวณเพื่อตรวจสอบและควบคุมกระบวนการ ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในรูปควบคุมนี้เรียกว่า “Regulatory Blocks” ประกอบด้วย Input Indication Blocks, Controller Blocks, Manual Loader Blocks, Signal Set Blocks, Signal Limiter Blocks, Signal Selector Blocks, Signal Distribution Blocks, Pulse-Count Blocks, และ Alarm blocks รูปที่ 2.27 แสดงตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อก Regulatory ในสถาปัตยกรรมควบคุมพื้นฐานในระบบโฮสต์ CentumVP



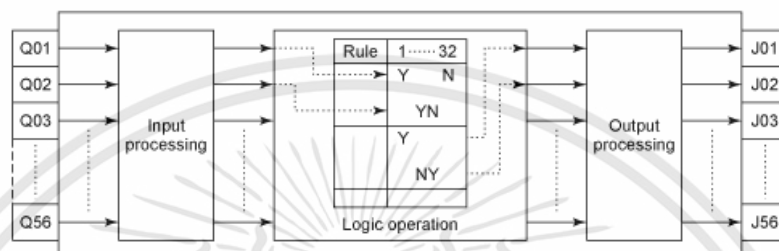
รูปที่ 2.27 ตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อก Regulatory Blocks ในสถาปัตยกรรมควบคุมพื้นฐานในระบบโฮสต์ CentumVP

2) Calculation blocks ฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และฟังก์ชันการทำงานแบบลอจิก ฟังก์ชันบล็อก ดำเนินการประมวลผลการคำนวณที่มีวัตถุประสงค์ทั่วไป เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์การคำนวณแบบแอนะล็อก และการดำเนินการทางตรรกะ การคำนวณทางคณิตศาสตร์ และการดำเนินการทางตรรกะ ประกอบด้วย การคำนวณการใช้งานทั่วไป เช่น การคำนวณทางคณิตศาสตร์ การคำนวณแบบแอนะล็อก และการใช้งานลอจิก ดำเนินการกับสัญญาณอินพุต เพื่อปรับปรุงการควบคุมของ Regulatory Blocks และการควบคุมลำดับ ฟังก์ชันบล็อกที่ดำเนินการคำนวณทางคณิตศาสตร์เรียกว่า Calculation Blocks รูปที่ 2.28 แสดงฟังก์ชันบล็อกการคำนวณในสถาปัตยกรรมการควบคุมพื้นฐานในระบบโฮสต์ CentumVP



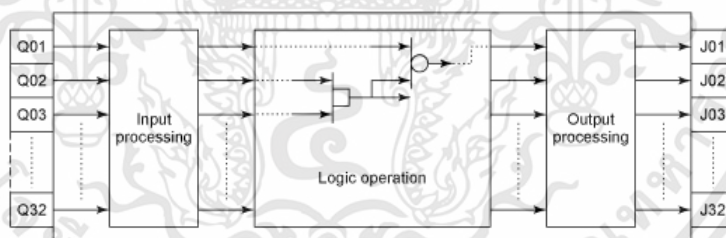
รูปที่ 2.28 ตำแหน่งของฟังก์ชันบล็อก Calculation Blocks ในสถาปัตยกรรมควบคุมพื้นฐานในระบบโฮสต์ CentumVP

3) Sequence Control ฟังก์ชันบล็อกการควบคุมลำดับ ดำเนินการควบคุมแบบลำดับ ประกอบด้วย Sequence Table Blocks, Logic Chart Blocks, SFC Blocks, Switch Instrument Blocks, Sequence Element Blocks และ Valve Monitoring Block โดยการทำงานของ Sequence Table Blocks จะดำเนินการถูกจัดเรียงในรูปแบบตาราง และระบุการดำเนินการโดยการรวมเงื่อนไขเหมาะสำหรับคำอธิบายของลำดับทั้งหมด รูปที่ 2.29 แสดงแผนผังของ Sequence Table Blocks



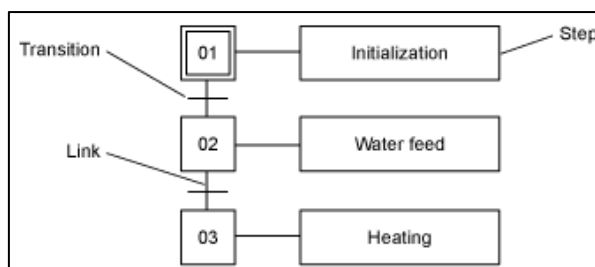
รูปที่ 2.29 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Sequence Table Blocks

สำหรับการทำงานของ Logic Chart Blocks จะดำเนินการในบล็อกแผนภูมิลอจิกเงื่อนไข และการดำเนินการจะแสดงรายการ รวมถึงการรวมกันของเงื่อนไขกับตัวดำเนินการตรรกะที่สอดคล้องกับข้อกำหนดตรรกะจัดการสัญญาณการดำเนินการ ฟังก์ชันบล็อกนี้สามารถใช้เป็นคำอธิบายของการควบคุมลำดับอินเทอร์ล็อกหรือแผนภูมิตรรกะ ดังรูปที่ 2.30 แสดงแผนผังของ Logic Chart Blocks



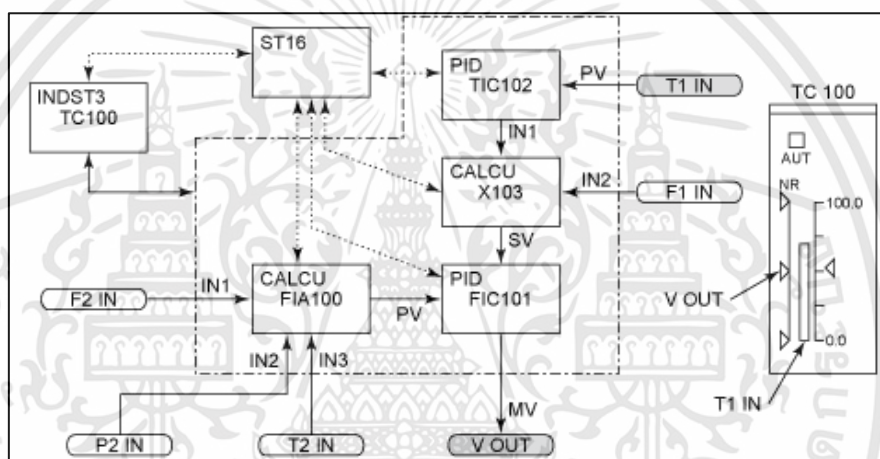
รูปที่ 2.30 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Logic Chart Blocks

4) SFC (Sequential Function Chart) ลำดับฟังก์ชันแผนภูมิ เป็นฟังก์ชันบล็อกโดยใช้ SFC สำหรับการควบคุมลำดับ เป็นแผนภาพการไหลแบบกราฟิก เหมาะสมสำหรับการอธิบายลำดับการควบคุมกระบวนการ เป็นไปตามมาตรฐานสากล IEC SC65A/WG6 ฟังก์ชันบล็อก SFC ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมที่ค่อนข้างมีขนาดใหญ่ และเหมาะกับโปรแกรมควบคุมลำดับแต่ละลำดับ ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานสามขั้นตอน เช่น การเริ่มต้น การป้อนน้ำ และการให้ความร้อน แสดงในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างของโปรแกรมใน SFC blocks

5) Faceplate Blocks ฟังก์ชันบล็อกประกอบด้วย Analog Faceplate Blocks, Sequence Faceplate Blocks และ Hybrid Faceplate Blocks โดยฟังก์ชันบล็อกประเภทนี้จะช่วยให้สามารถรวม Faceplate ของฟังก์ชันบล็อกพื้นฐานชนิดอื่นออกมาเป็น Faceplate เดียว



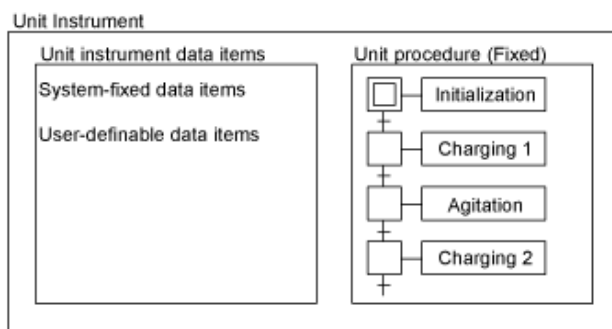
รูปที่ 2.32 ตัวอย่างการใช้งาน Faceplate ฟังก์ชันบล็อก

รูปที่ 2.32 แสดงตัวอย่างการใช้งาน Faceplate ฟังก์ชันบล็อก ประกอบด้วย TC100 (INDST3 block), TIC102 (PID controller block) และ FIC101 (PID controller block)

6) Unit Instrument Blocks เป็นส่วนของการใช้งาน SFC Blocks โดยการใช้งาน Unit Supervision สามารถใช้เครื่องหน่วยสำหรับการควบคุม และปฏิบัติการของชุดคำสั่งกระบวนการ เช่น การทำความร้อนการเกิดปฏิกิริยา และการกลั่น การควบคุมกระบวนการสามารถดำเนินการได้ด้วยการเขียนโปรแกรมจากขั้นตอนหน่วย และในขั้นตอนหน่วยสามารถเรียกจาก Unit Instrument สำหรับประเภทของ Unit Instrument Block สองประเภทดังนี้

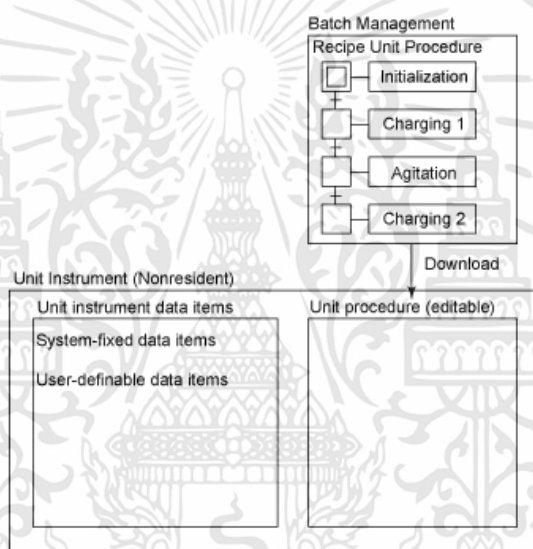
- Resident Unit โดยฟังก์ชันบล็อกได้รับมอบหมายด้วยขั้นตอนหน่วยคงที่ (SFC) ใช้สำหรับโปรแกรมควบคุมขั้นตอนการผลิตแบบคงที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนของการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Resident Unit Instrument

- Non-Resident Unit โดยฟังก์ชันบล็อกไม่ได้รับมอบหมายด้วยขั้นตอนของการควบคุมกระบวนการ ดังนั้นโปรแกรมจะถูกจัดการโดยเครื่องมือที่อยู่ในระดับ Batch Management



รูปที่ 2.34 โครงสร้างภายในฟังก์ชันบล็อกของ Non-Resident Unit Instrument

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Station Common						
Category	Maximum Number	Used	Maximum Amount	Capacity	Load Ratio(%)	
SEBOL User Function	70	0	143360B	0B		0
SFC Sequence	210	4	1720320B	35840B		2
Unit Procedure	60	0	122880B	0B		0
Tag-List (I/O,Switch)	5800	794	-----	-----		13
FCS-C/Option Area	-----	-----	200KB	0KB		0
Function Block						
Category	Maximum Number	Used	Load Ratio(%)			
Regulatory Control Blocks / Calculation Blocks	1200	728	60			
Sequence	600	100	16			
General-Purpose Calculations	500	93	18			
SFC Blocks	60	4	6			
Operation	400	0	0			
Switch Instruments	1000	153	15			
Sequence Elements 1	700	85	12			
Faceplate Blocks	200	1	1			
Logic Operation Blocks	200	0	0			
Sequence Elements 2	200	4	2			
Batch Data	400	71	17			
Sequence [M-Size]	0	0	0			
Sequence [L-Size]	0	0	0			
Unit Operation	0	0	0			
Unit Instruments	60	0	0			
Total Number of Function Blocks	5520	1239	22			
Tag-List (Block, Annunciator)	2500	2129	85			
Inter-station data links	512	32	6			
Foundation Fieldbus faceplate	600	150	25			

รูปที่ 2.35 การใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP (FCS0601)

จากที่นำเสนอการทำงานพื้นฐานของฟังก์ชันทั้ง 6 ประเภท ซึ่งเป็นฟังก์ชันบล็อกพื้นฐานที่ผู้ใช้งานมีความจำเป็นต้องเลือกใช้งาน เพื่อสร้างโปรแกรมของลูปควบคุมกระบวนการในขั้นตอนวิศวกรรม โดยในรูปที่ 2.35 แสดงการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP (FCS0601) พบว่า การใช้งานของฟังก์ชันบล็อกประเภท Regulatory Control และ Calculation Blocks เป็นทรัพยากรที่ถูกใช้งานจำนวนมากถึงร้อยละ 60 และส่วนของการประกาศตัวแปร (Tag-list) และการฟังก์ชันการแจ้งเตือน (Annunciator) ถูกใช้งานทรัพยากรถึงร้อยละ 85 ดังนั้นในการเลือกใช้ฟังก์ชันบล็อกและการประกาศตัวแปร ในขั้นตอนวิศวกรรม จึงมีความสำคัญต่อการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP

บทที่ 3

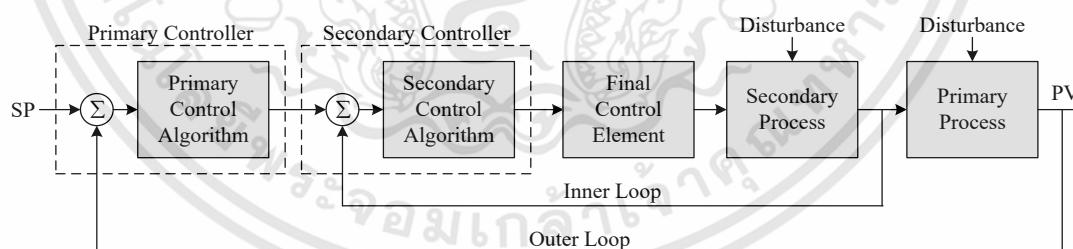
การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดที่ นำเสนอ

3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรมสำหรับระบบแวนะลือกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมของระบบโฮสต์ CentumVP รวมทั้งการตรวจสอบความสอดคล้องในการกำหนดค่าและการพิจารณาการใช้ฟังก์ชันลือกและจำนวนอินพุต/เอาต์พุตของระบบโฮสต์ พร้อมทั้งนำเสนอผลการเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดแต่ละขั้นตอน

3.2 การสร้างรูปควบคุมแบบคาสเคดโดยใช้ระบบโฮสต์ CenumVP

การควบคุมแบบคาสเคดเป็นหนึ่งในเทคนิคการควบคุมขั้นสูง สำหรับการปรับปรุงการตอบสนองแบบไดนามิก (Dynamic) ต่อการรบกวน โดยใช้ตัวควบคุม 2 ตัว ได้แก่ ตัวควบคุมหลัก (Primary Controller) และตัวควบคุมรอง (Secondary Controller) เพื่อจัดการกับตัวแปรกระบวนการตามรูปที่แสดงในรูปที่ 3.1 [12] เอาต์พุตของตัวควบคุมหลักใน Outer Loop เป็น Setpoint ของตัวควบคุมรอง Inner Loop เพื่อให้การควบคุมแบบคาสเคดนั้นมีประสิทธิภาพ Inner Loop จะต้องสามารถประมวลผลได้เร็วกว่า Outer Loop ซึ่งหมายความว่า Setpoint จะไม่เปลี่ยนแปลงเร็วเกินไปสำหรับการเคลื่อนที่ของ Inner Loop จะทำงานตามการประมวลผลและตัวควบคุมรองมีเวลาเพียงพอที่จะชดเชยการรบกวนของ Inner Loop ก่อนที่จะส่งผลกระทบต่อ Primary Process



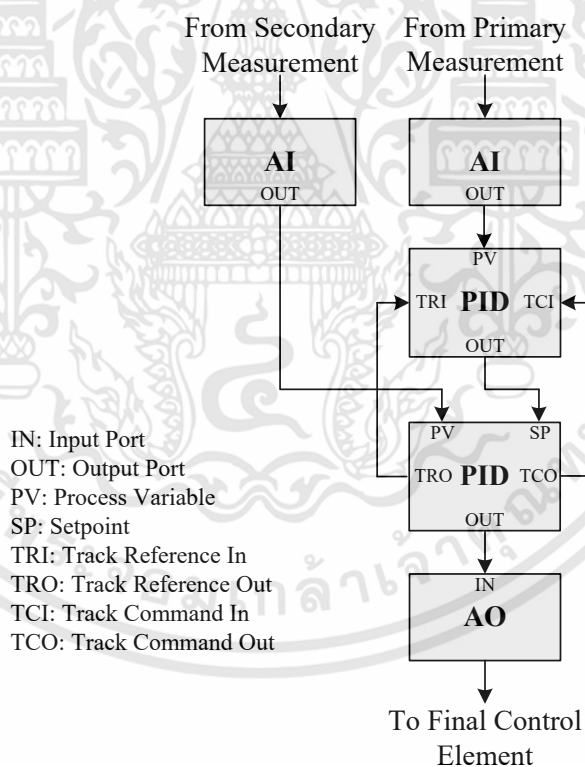
รูปที่ 3.1 แผนผังการควบคุมแบบคาสเคด

กลยุทธ์การควบคุมในระบบดิจิทัล เช่น การควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ฟังก์ชันซอฟต์แวร์ที่มีอยู่ในฟังก์ชันลือกของผู้ผลิต รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างฟังก์ชันลือกทั่วไปสำหรับการใช้งานรูปการควบคุมแบบคาสเคด [2] ฟังก์ชันลือกใช้เชื่อมโยงซึ่งกันและกันจากพารามิเตอร์เอาต์พุตไปยังพารามิเตอร์อินพุตและสามารถระบุลิงก์เป็น “Forward Link” หรือ “Backward Link” ฟังก์ชันลือกจะดำเนินการตามลำดับ การวัดกระบวนการหลักจากฟังก์ชันลือกแวนะลือกอินพุต (AI1) จะถูกส่งค่าไปยังฟังก์ชันลือก Primary PID (PID1) ในขณะที่การวัดรองของกระบวนการจะถูกส่งค่าไปยังฟังก์ชันลือก Secondary PID (PID2) และฟังก์ชันลือก PID2 จะรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเป้าหมาย (Setpoint) จากเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก PID1 และเอาต์พุตของ PID2 จะถูกส่งไปยังฟังก์ชันเอาต์พุตบล็อก (AO1) นอกจากนี้ข้อมูลสถานะของฟังก์ชันบล็อก ควรกำหนดการตั้งค่าของฟังก์ชันบล็อก PID2 กลับไปยังฟังก์ชันบล็อก PID1 โดยผ่าน TCO-TCI โดยเอาต์พุตของฟังก์ชัน PID1 จะกำหนดถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ Setpoint ของฟังก์ชันบล็อก PID2 และเมื่อ PID2 กลับไปทำงานในคาสเคดโหมดจะไม่เกิดการ Bump ที่ฟังก์ชันบล็อก PID1

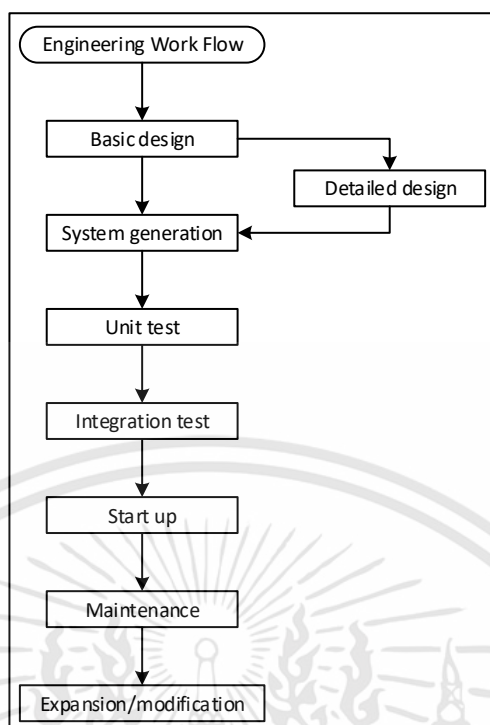
นอกจากนี้ข้อมูลสถานะและจุดตั้งค่าของฟังก์ชันบล็อก Secondary PID จะถูกส่งกลับไปยังตัวควบคุมหลัก (Primary PID) ผ่านตัวแปร Track Command Out ไปยัง Track Command In (TCO-TCI) และ Track Reference Out ไปยัง Track Reference In (TRO-TRI) ตามลำดับเพื่อวัตถุประสงค์ในการเริ่มต้นการทำงานของ การควบคุม ตัวอย่างเช่น หากฟังก์ชันบล็อก PID2 เข้าโหมด Manual หรือ Local Automatic ข้อมูลสถานะจะถูกส่งย้อนกลับไปฟังก์ชันบล็อก PID1 เข้าสู่การเริ่มการทำงาน ส่งผลทำให้เอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก PID1 ถูกกำหนดค่าให้เท่ากับ Setpoint ของฟังก์ชันบล็อก PID2 และเมื่อฟังก์ชันบล็อก PID2 กลับเข้าสู่โหมด Cascade จะทำให้ไม่เกิดผลต่างระหว่างเอาต์พุตฟังก์ชันบล็อก PID1 และ Setpoint ของฟังก์ชันบล็อก PID2 คือการทำงานในฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบไร้ขอบหรือเรียกว่า “บัมป์เลสทรานสเฟอร์” (Bumpless transfer)



รูปที่ 3.2 โครงสร้างฟังก์ชันบล็อกสำหรับกลยุทธ์การควบคุมแบบคาสเคด

รูปที่ 3.3 แสดงแผนผัง Engineering Work Flow ในระบบ CentumVP โดยการเริ่มต้นขั้นตอนการตรวจสอบข้อมูลจำเพาะก่อนการติดตั้งระบบ และรวมถึงงานที่หลากหลาย เช่น การออกแบบการสร้าง การทดสอบการเริ่มต้น การเพิ่มรายละเอียดการทำงาน การเปลี่ยนฟังก์ชันการทำงาน และการบำรุงรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



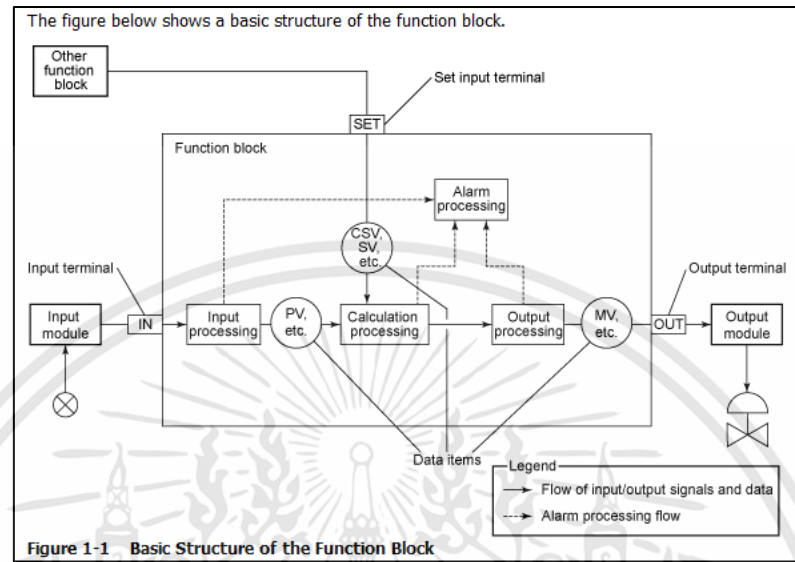
รูปที่ 3.3 แผนผัง Engineering Work Flow

เมื่อผู้ใช้งานเริ่มขั้นตอนในทางวิศวกรรม ขั้นตอนแรก Specification Review จะเป็นการตรวจสอบอินพุต เอาต์พุต วิธีการควบคุมกระบวนการและฮาร์ดแวร์ที่จำเป็น ถัดมาเป็นขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Basic Design) การใช้โครงสร้างพื้นฐาน เพื่อออกแบบใช้งานฟังก์ชันที่จำเป็นในการสร้างโปรแกรมควบคุม โปรแกรมการตรวจและโปรแกรมควบคุมแบบลำดับ หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนออกแบบรายละเอียด (Detailed Design) โดยออกแบบรายละเอียดในขั้นตอนการกำหนดค่าโปรแกรม การสร้างรายการข้อมูล สำหรับควบคุมลำดับ หรือการควบคุมกระบวนการ ถัดมาขั้นตอนการสร้างระบบ (System Generation) โดยผู้ใช้งานสร้างโปรแกรมควบคุมตามการออกแบบขั้นพื้นฐานและการออกแบบรายละเอียด ถัดมาจะเป็นขั้นตอนการทดสอบหน่วย (Unit Test) การดำเนินการทดสอบการควบคุมของลูบที่ถูกสร้างขึ้น โดยจำลองสถานการณ์และฟังก์ชันการทำงานแบบเสมือน หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการทดสอบบูรณาการ (Integration Test) โดยการใช้ส่วนควบคุมกระบวนการ (FCS) อุปกรณ์จริงตรวจสอบความถูกต้องของฟังก์ชันและการทำงาน โดยการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบแบบหน่วย หลังจากนั้นขั้นตอนการเริ่มต้นใช้งาน (Startup) จะดำเนินการติดตั้งและเดินสายสัญญาณ แล้วดำเนินการทดสอบการสตาร์ทการทำงานของระบบทั้งหมด ถัดมาจะเป็นขั้นตอนซ่อมบำรุง (Maintenance) เป็นการบำรุงรักษาระบบโดยการสำรองข้อมูลทางวิศวกรรมและการตรวจสอบความพร้อมใช้งานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ขั้นตอนสุดท้ายการขยายและการดัดแปลง (Expansion and Modification) เป็นขั้นตอนในการเพิ่มรายละเอียดและฟังก์ชันการทำงานของระบบเพื่อรองรับการขยายหรือการปรับปรุงและการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการผลิต

สำหรับขั้นตอนการสร้างระบบ (System Generation) หรือการสร้างลูบควบคุมในขั้นตอนทางวิศวกรรม ของระบบโฮสต์ CentumVP จะประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) IOM Builder เมื่อผู้ใช้งานได้รับข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องมือ ในขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดชื่อ (Tag) ของอุปกรณ์ลงในอินพุต เอาต์พุตโมดูล ตามโครงสร้างการทำงานของฟังก์ชันบล็อกในรูปที่ 3.3



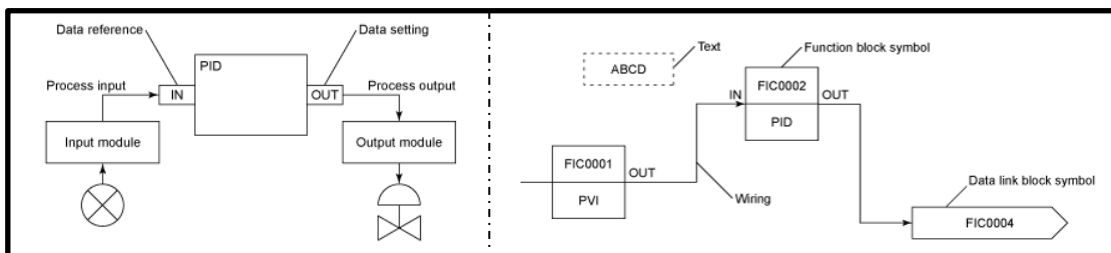
รูปที่ 3.4 โครงสร้างการทำงานของฟังก์ชันบล็อก

Terminal	Signal	Conversion	Service Comment	Low Limit	High Limit	Unit	Set Details	P&ID Tag Name	Label
%2045101	Input	Current Input	DEMI.WATER TANK D71201		4	20 mA	No	LICA001	%T712LICA001
%2045102	Input	Current Input	RAW WATER		4	20 mA	No	FRQ001	%T710FRQ001
%2045103	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045104	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045105	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045106	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045107	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045108	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045109	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045110	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045111	Input	Current Input	RAW WATER TANK D71001		4	20 mA	No	LICA001	%T710LICA001
%2045112	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045113	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045114	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045115	Input	Current Input			4	20 mA	No		
%2045116	Input	Current Input			4	20 mA	No		

รูปที่ 3.5 IOM Builder ของแวนะล็อกอินพุตโมดูล

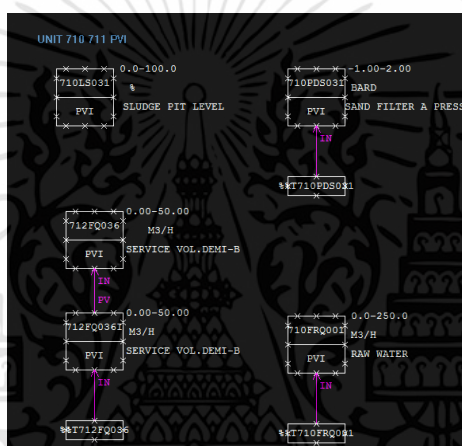
ผู้ใช้งานต้องกำหนดชื่อ (Tag Label) เพื่อเชื่อมต่อช่องของอินพุตโมดูล โดยไวยากรณ์การกำหนดจะขึ้นด้วยสัญลักษณ์ “%%” แล้วตามด้วยชื่ออุปกรณ์ เช่น %%T710FRQ001 จะใช้กำหนดอุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดอัตราการไหลชื่อ 710FRQ001

2) Control Drawing Builder หลังจากผู้ใช้งานกำหนดชื่อในส่วนของอินพุต เอาต์พุตโมดูล ถัดมาจะเป็นขั้นตอนสร้างฟังก์ชันบล็อกและการเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อก



รูปที่ 3.6 การกำหนดฟังก์ชันบล็อกพื้นฐาน

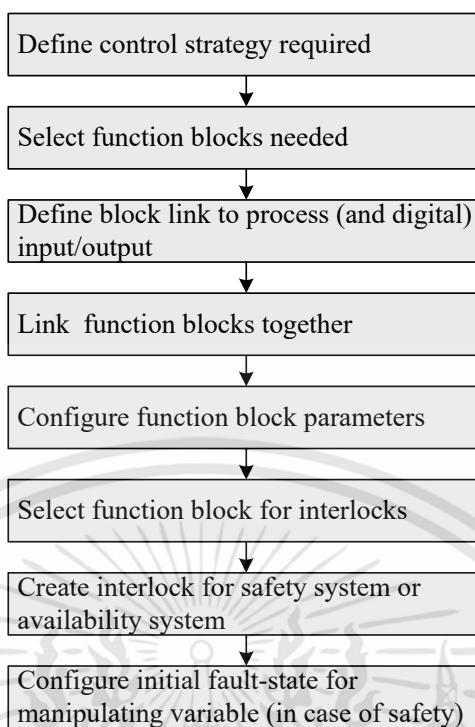
เมื่อผู้ใช้งานกำหนดฟังก์ชันโดยเชื่อมต่ออุปกรณ์ผ่านอินพุตโมดูลจากการกำหนดชื่อ หลังจากนั้นเมื่อเลือกฟังก์ชันบล็อกเพื่อใช้ในการโปรแกรมจะเป็นขั้นตอนกำหนดชื่อของฟังก์ชันบล็อก และขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการเชื่อมต่อ (Wiring) ฟังก์ชันบล็อกในรูปควบคุมเข้าด้วยกันดังแสดงในรูป 3.6



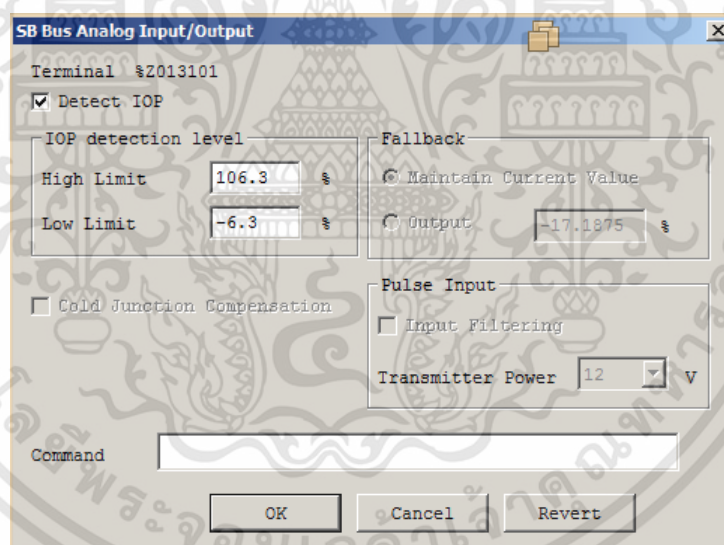
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการกำหนดฟังก์ชันบล็อกในรูป Monitoring

3.3 วิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนวิศวกรรมสำหรับระบบแวนะลือก

หลังจากการกำหนดชื่อของอินพุตและเอาต์พุตในส่วนของขั้นตอนสำหรับการสร้างโปรแกรมควบคุมในระบบโฮสต์ CentumVP สำหรับระบบแวนะลือกประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลักแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนหลักของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อก



รูปที่ 3.9 การตรวจจับสัญญาณของระบบโฮสต์ CentumVP

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่สนใจในฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP

Parameter	Type	True/False	Block	Description
BlockName.XALRM.IOP	Condition logic	True	PID	Out of limit range
		False		Within the limit range

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

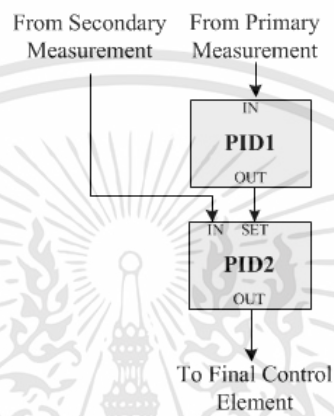
BlockName.PSW.3	Action logic	True	PID	Enabling the block to operate in manual mode and MV = PMV
		False		Calculating the block output in automatic mode
BlockName.PMV	-	-	CALCU	Enabling the PMV (Preset MV) of the PID block
BlockName.SW.2	Action	True	SS-	Selecting Input1
BlockName.SW.3	logic	True	DUAL	Selecting Input2

รูปที่ 3.8 แสดงขั้นตอนหลักของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแวนเอจใน ระบบโฮสต์ CentumVP โดยในขั้นตอนแรก คือ การสร้างชุดควบคุมเพื่อสร้างรูปควบคุมที่ต้องการ ลำดับถัดไป คือ การสร้างฟังก์ชันบล็อกที่ต้องการ และกำหนดการเชื่อมต่อของอินพุตและเอาต์พุตไปยังฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม นอกจากนี้ฟังก์ชันของโฮสต์ CentumVP สามารถกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุต (แสดงในรูปที่ 3.9) ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเปิดใช้งานสำหรับ ดำเนินการเขียนโปรแกรมควบคุมด้านความปลอดภัยเพื่อตรวจจับระดับของสัญญาณอินพุต ไม่ว่าจะ อยู่ในช่วง 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ ในสถานการณ์ที่แวนเอจอินพุตโมดูลวัดสัญญาณได้สูง 106.3% หรือ 21.008 มิลลิแอมป์ ระบบการตรวจจับระดับสัญญาณของสัญญาณอินพุตจะแสดงการแจ้งเตือนระดับ สัญญาณอินพุตด้านบวก Input Open Alarm (IOP+ Alarm) หรือในสถานการณ์ที่แวนเอจอินพุต โมดูล วัดสัญญาณได้ต่ำกว่า -6.3% หรือ 2.991 มิลลิแอมป์ ระบบการตรวจจับระดับสัญญาณของ สัญญาณอินพุตจะแสดงการแจ้งเตือนระดับสัญญาณอินพุตด้านลบ Input Open Alarm (IOP- Alarm) จากนั้นการแจ้งเตือนของระดับสัญญาณอินพุตจะส่งการแจ้งเตือนไปยังฟังก์ชันบล็อกที่ เชื่อมต่อ ตามลำดับ ทั้งนี้การทำงานแต่ละฟังก์ชันบล็อกผู้เขียนโปรแกรมจำเป็นต้องกำหนด พารามิเตอร์ที่สำคัญ ขั้นตอนถัดไป คือ การเลือกฟังก์ชันบล็อกที่จำเป็นสำหรับการกำหนดอินเตอร์ เพื่อรูปควบคุมที่มีเป้าหมายด้านความปลอดภัยและด้านความพร้อมใช้งานของกระบวนการ และ ขั้นตอนสุดท้าย คือ การกำหนดค่าสถานะเริ่มต้นในสถานการณ์ที่อุปกรณ์ในระบบควบคุม เกิดความ ล้มเหลว โดยกำหนดตัวแปรเพื่อให้รูปควบคุมเข้าสู่สถานะปลอดภัย ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ที่สนใจ ในฟังก์ชันบล็อกของระบบโฮสต์ CentumVP นอกจากนี้ในตัวเลือก โหมดการติดตามการวัด (Measurement Tracking) ที่มีอยู่ในการทำงานของฟังก์ชันบล็อก PID ควรเปิดใช้งานเพื่อให้ โปรแกรมสามารถทำงานในฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบไร้ขอบหรือเรียกว่า “บัมพ์เลสทรานสเฟอร์” Bumpless Transfer โดยเปลี่ยนค่า Setpoint (SV) ให้มีค่าเท่ากับ Process Value (PV) เมื่อฟังก์ชัน บล็อก PID ทำงานในโหมด Manual (MAN Mode)

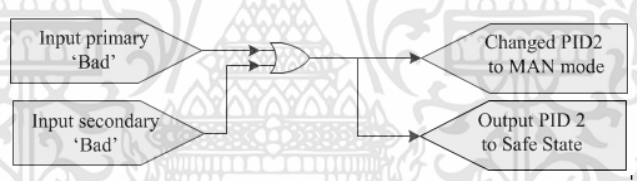
3.3.1 วิธีการกำหนดการควบคุมเพื่อความปลอดภัย

ในการกำหนดการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบคาสเคด เพื่อให้ระบบมีความปลอดภัยในการ ควบคุมกระบวนการผลิตสูงสุด โดยใช้ระบบโฮสต์ CentumVP การเขียนโปรแกรมจากฟังก์ชันบล็อก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงในรูปที่ 3.10 ประกอบด้วยเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก Primary PID (PID1) จะส่งสัญญาณ Setpoint (SET) ไปยังฟังก์ชันบล็อก Secondary PID (PID2) และเอาต์พุตจากการวัดตัวแปรกระบวนการ Secondary Value ถูกนำไปใช้เป็นพารามิเตอร์ 'IN' ของฟังก์ชันบล็อก PID2 รูปที่ 3.11 แสดงแนวคิดเชิงตรรกะในการกำหนดการทำงานของฟังก์ชันอินเตอร์ลอค เพื่อความปลอดภัยเมื่อเครื่องมือวัดเกิดความล้มเหลว โปรแกรมจะดำเนินการกำหนดไปยังฟังก์ชันบล็อก Secondary PID (PID2) เปลี่ยนการทำงานไปอยู่ในโหมด Manual (MAN) หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณไปที่เอาต์พุตให้อยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย (Fail-Safe State)



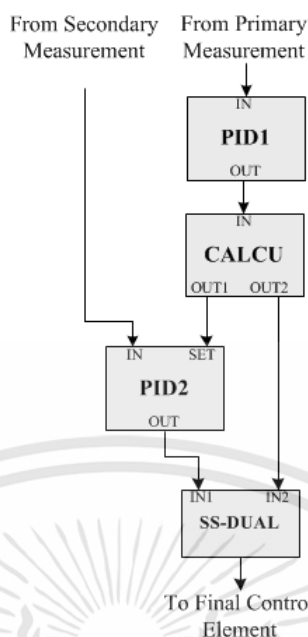
รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันบล็อกโดยะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความปลอดภัย



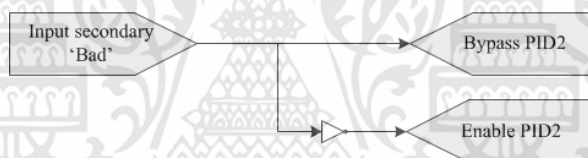
รูปที่ 3.11 แนวคิดในการออกแบบอินเตอร์ของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความปลอดภัย

3.3.2 วิธีกำหนดการควบคุมเพื่อความพร้อมใช้งาน

ในการกำหนดการเขียนโปรแกรมการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อให้ระบบมีความพร้อมใช้งานในการควบคุมกระบวนการผลิตสูงสุดโดยใช้ระบบโฮสต์ CentumVP การเขียนโปรแกรมจากฟังก์ชันบล็อกแสดงในรูปที่ 3.12 มีฟังก์ชันบล็อกเพิ่มขึ้นมา 2 ฟังก์ชันบล็อกคือ ฟังก์ชันบล็อก CALCU และฟังก์ชันบล็อก SS-DUAL



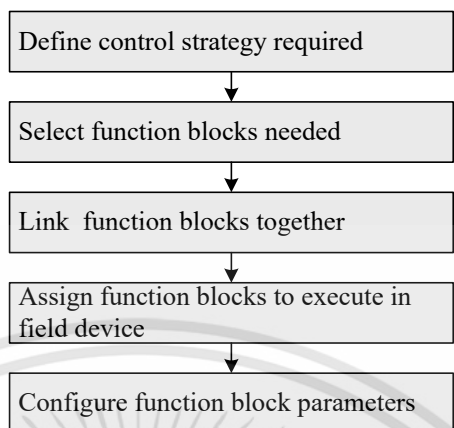
รูปที่ 3.12 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน



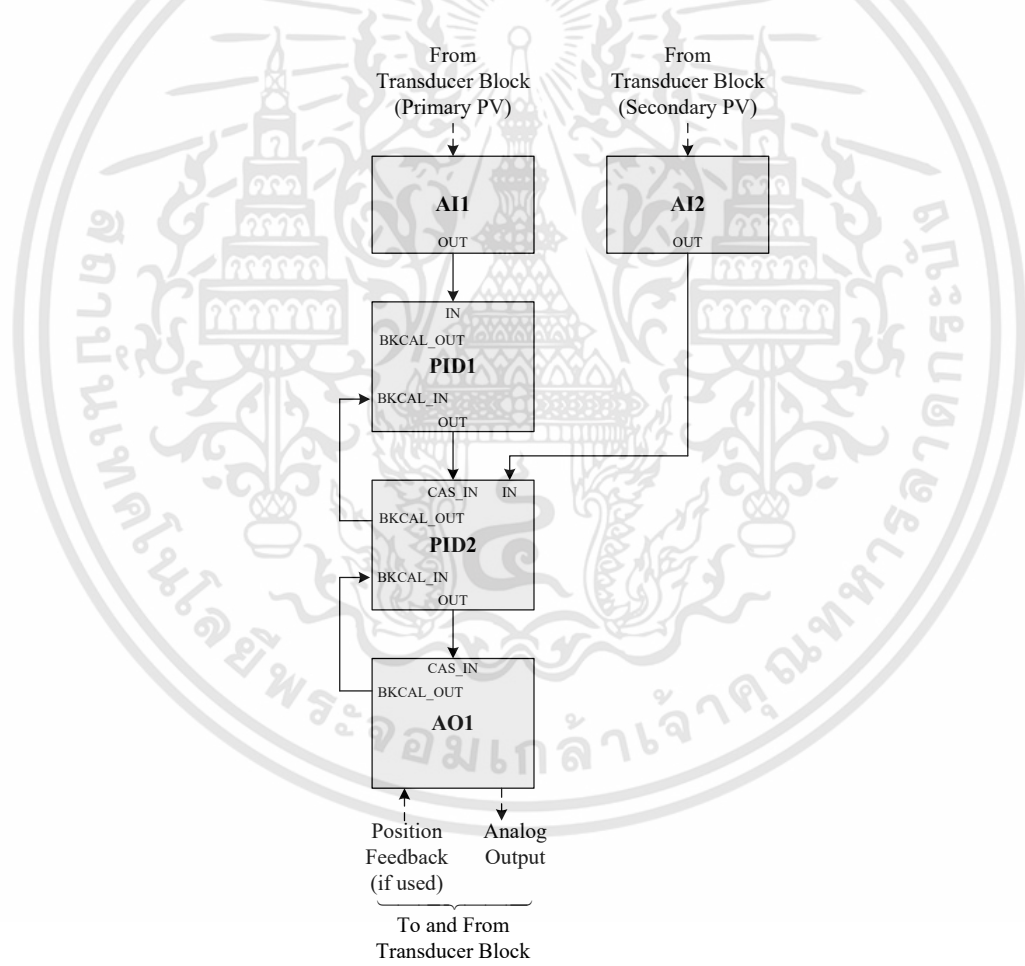
รูปที่ 3.13 แนวคิดในการออกแบบอินเตอร์ล๊อคของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน

การทำงานของฟังก์ชันบล็อกโดยเอาต์พุตของฟังก์ชัน Primary PID (PID1) จำเป็นต้องแยกการเชื่อมต่อเพื่อใช้อินพุตของฟังก์ชันบล็อก CALCU และฟังก์ชันบล็อก SS-DUAL ใช้ในสถานการณ์ที่ต้องการ Bypass การทำงานของฟังก์ชัน Secondary PID (PID2) หากเครื่องมือวัดของ Secondary Loop เกิดความล้มเหลว รูปที่ 3.13 การออกแบบอินเตอร์ล๊อคของการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน แนวคิดในการออกแบบอินเตอร์ล๊อคสำหรับ Bypass การทำงานของฟังก์ชันบล็อก Secondary PID (PID2)

3.4 วิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนวิศวกรรมสำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

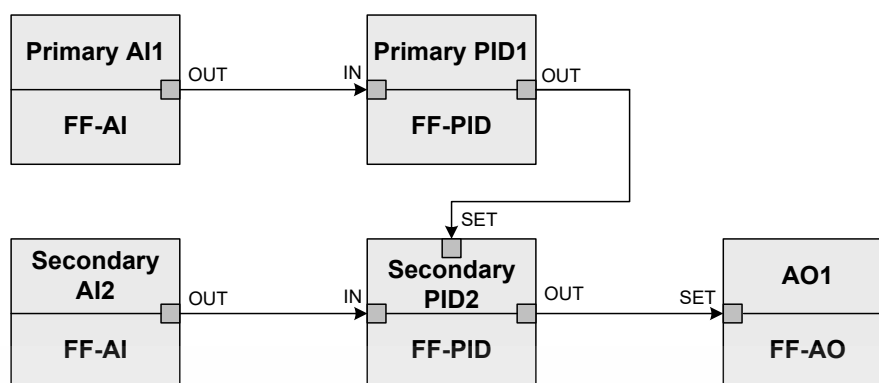


รูปที่ 3.14 ขั้นตอนหลักของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัส



รูปที่ 3.15 ฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคดในระบบโฮสต์ CentumVP

จากรูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนที่สำคัญสำหรับกลยุทธ์การกำหนดการควบคุม โดยใช้ฟิลด์บัส ฟังก์ชันบล็อก [11] ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก กลยุทธ์การควบคุมบนพื้นฐานฟาวน์เดชันฟิลด์บัส เริ่มต้นผู้ใช้งานสร้างลู่วควบคุมจากการเลือกฟังก์ชันบล็อกฟิลด์บัส (FF-block) และเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อกแต่ละฟังก์ชันบล็อกเข้าด้วยกัน ตัวแปรและพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกสามารถทำงานโดยส่งผ่านข้อมูลจากฟังก์ชันบล็อกหนึ่งไปยังฟังก์ชันบล็อกปลายทางผ่านตัวแปรเอาต์พุต พารามิเตอร์เอาต์พุตที่เชื่อมต่อจะถูกส่งต่อข้อมูล และสถานะไปยังพารามิเตอร์อินพุตของฟังก์ชันบล็อกที่เชื่อมต่อเพื่อตรวจสอบและแจ้งสถานะของฟังก์ชันบล็อกที่เชื่อมต่อในการส่งข้อมูล นอกจากนี้ฟังก์ชันบล็อกฟิลด์บัสยังดำเนินการในฟังก์ชันการแจ้งเตือนถึงสถานะของเอาต์พุต ในสถานการณ์ที่ตำแหน่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงสำหรับการควบคุมอุปกรณ์สุดท้ายผ่านตัวแปรพารามิเตอร์ Position Feedback และฟังก์ชันบล็อกเอาต์พุตรองรับการทำงานของฟังก์ชันอินเตอร์ล๊อค จากรูปที่ 3.15 ฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของการควบคุมแบบคาสเคด โดยใช้ฟังก์ชันบล็อกจำนวน 5 ฟังก์ชันบล็อก เริ่มต้นจากเอาต์พุตของฟังก์ชัน Primary PID ทำหน้าที่เป็นค่าเป้าหมาย (Setpoint) ให้กับฟังก์ชัน PID บล็อก Secondary PID เอาต์พุตหลังจากการคำนวณ (BKCAL_OUT) รวมทั้งค่าพารามิเตอร์และสถานะของฟังก์ชันบล็อก Downstream (The Receiver of Forward Link) จะถูกเชื่อมต่อกับพารามิเตอร์ของอินพุตการคำนวณหลัง (BKCAL_IN) ของฟังก์ชันบล็อก Upstream (The Sender of Forward Link) เพื่อทำงานในฟังก์ชันการตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างฟังก์ชันบล็อก การทำงานในฟังก์ชันอินเตอร์ล๊อคและการทำงานในฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบไร้ขอบ (Bumpless Transfer) สำหรับพารามิเตอร์ BKCAL_OUT จากฟังก์ชันบล็อก Secondary PID จะถูกส่งไปเพื่อรายงานสถานะกับพารามิเตอร์ BKCAL_IN ของฟังก์ชันบล็อก Primary PID และในสถานการณ์ที่ฟังก์ชันบล็อก Secondary PID ไม่ได้ทำงานอยู่ในโหมดคาสเคด (CAS) เช่น ฟังก์ชันบล็อก Secondary PID ทำงานอยู่ในโหมด Automatic (AUTO) หรือ Manual (MAN) สัญญาณของ BKCAL_IN จะทำหน้าที่บังคับให้ฟังก์ชันบล็อก Primary PID เปลี่ยนโหมดเป็น IMAN ฟังก์ชันบล็อก PID จะถูกตั้งค่าพารามิเตอร์ตัวเลือกสถานะและส่งผ่านไปยังฟังก์ชันบล็อก FF-AO การทำงานนี้จะบังคับให้สถานะความผิดปกติส่งผลทำให้ลู่วควบคุมหยุดทำงาน เนื่องจากการควบคุมอัตโนมัติไม่สามารถดำเนินการต่อได้หากไม่มีสัญญาณอินพุตในการควบคุมแบบคาสเคด ในการสร้างลู่วควบคุมแบบคาสเคดสามารถดำเนินการเปิดใช้งานฟังก์ชันพิเศษ รูปที่ 3.16 แสดงแผนผังฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกในระบบโฮสต์ CentumVP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 พารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกที่สนใจสำหรับความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน

อุปกรณ์ฟิลด์บัสที่มีฟังก์ชัน Self-Checking และ Self-Validating ทำหน้าที่แยกความแตกต่างระหว่างปัญหาของสถานะที่เกิดความผิดปกติ โดยการระบุสถานะคุณภาพเป็นสถานะ “Bad” และ “Uncertain” บนสถานะของข้อมูลที่ส่งกลับมายังโมดูลการสื่อสาร สิ่งที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานของระบบ ตัวอย่างเช่น ในการปรับปรุงความปลอดภัย การสั่งงานของ Shutdown อินเทอร์เน็ต คิวดำเนินการเมื่อพารามิเตอร์มีสถานะคุณภาพ “Bad” หรือ “Uncertain” ในทางตรงกันข้ามสำหรับการปรับปรุงความพร้อมใช้งานจะมีเป้าหมายตรงข้ามกับความปลอดภัย เมื่อสถานะของสัญญาณ “Bad” หรือ “Uncertain” จะเป็นการแจ้งเตือนสถานะความผิดปกติเท่านั้นและยังดำเนินการควบคุมกระบวนการอย่างต่อเนื่อง ฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมการทำงานภายในฟังก์ชันบล็อก บ่อยครั้งที่ผู้ใช้งานกำหนดค่าพารามิเตอร์แค่เพียงบางพารามิเตอร์ เช่น บล็อกโหมด (Block Mode) ช่องของสัญญาณ (Channel) สเกล (Scale) และฟังก์ชันเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearization) การ Tuning และ Setpoint ในฟังก์ชันบล็อก PID และช่องสัญญาณของฟังก์ชันบล็อก AO สำหรับผู้ใช้งานส่วนใหญ่พารามิเตอร์จะถูกกำหนดใช้ค่าเริ่มต้น อย่างไรก็ตามก็มีผู้ใช้งานบางส่วนที่สามารถเปิดใช้งานหรือปิดใช้งานพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกที่มีผลต่อ Shutdown อินเทอร์เน็ต เช่น เงื่อนไขความล้มเหลวของอุปกรณ์ในการกำหนดตั้งค่าสถานะ “Bad” ตัวอย่างการใช้งาน เกิดสถานะ “Bad” ในสัญญาณของฟังก์ชันบล็อก AI การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก PID จะเปลี่ยนโหมดเป็น Manual เพื่อหยุดการควบคุมอัตโนมัติและส่งผ่านสถานะไปที่ฟังก์ชันบล็อก AO จะเป็นการบังคับสั่งงานให้เอาต์พุตอยู่ในตำแหน่งที่ปลอดภัย “Fail-Safe” เพื่อปิดการควบคุมเมื่อตรวจพบความล้มเหลว

เพื่อกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดที่สามารถตอบสนองแบบพิเศษ ตารางที่ 3.2 แสดงพารามิเตอร์ที่สนใจในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก พารามิเตอร์ตัวเลือกสถานะ (STATUS_OPTS) ซึ่งสามารถกำหนดค่าลักษณะการทำงานของฟังก์ชันบล็อกเพื่อตอบสนองเงื่อนไขต่าง ๆ ฟังก์ชันบล็อกตัวเลือกในการควบคุม (CONTROL_OPTS) สามารถช่วยปรับการกำหนดและเลือกลักษณะของการทำงานเพื่อควบคุมของฟังก์ชันบล็อก เช่น ฟังก์ชันบล็อก FF-AI สามารถใช้ 1 หรือมากกว่าพารามิเตอร์สำหรับอินพุตหรือเอาต์พุต (IO_OPTS) ที่ทำให้สามารถกำหนดลักษณะของฟังก์ชันบล็อกได้อย่างหลากหลาย

ตารางที่ 3.2 พารามิเตอร์ที่สนใจในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก

Parameter	Block	Description
Status Options (STATUS_OPTS)	AI1, AI2	To choose how the PV and OUT status are determined.
	PID1, PID2	To determine what conditions will cause the PV status.
Control Options (CONTROL_OPTS)	PID1, PID2	To specify control strategy options.
Input/Output Options (IO_OPTS)	AO1	To determine how the input/output signals are processed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิศวกรรมสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันหาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การกำหนดพารามิเตอร์เพื่อความปลอดภัยหรือความพร้อมใช้งาน

ตารางที่ 3.3 แสดงตารางตัวเลือกที่สนใจในฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก ประกอบด้วย ตัวเลือกการตรวจสอบสถานะของสัญญาณอุปกรณ์ฟิลต์บัสที่ใช้ในแอนะล็อกอินพุตฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก (FF-AI) ฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก PID (FF-PID) ตัวเลือกการเริ่มต้นสถานะเข้าสู่สภาวะปลอดภัย (Initiate Fault State) ที่ใช้ใน FF-PID และแอนะล็อกเอาต์พุตฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก (FF-AO) และตัวเลือกการข้ามการทำงานของฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก (Bypass Enable) ที่ใช้ใน FF-PID ซึ่งตัวเลือกที่สนใจสามารถช่วยกำหนดการทำงานของฟังก์ชันอินเทอร์ล็อกในรูปควบคุมเมื่อผู้ใช้งานเปิดใช้งานของฟังก์ชันตัวเลือกดังกล่าว

ตารางที่ 3.3 ตัวเลือกที่สนใจในฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อก

Block	Option	Description
AI1, AI2	Uncertain if MAN mode	Set quality as 'Uncertain' if block is in MAN mode
	Bad if Limited	Set quality as 'Bad' if limited
	Uncertain if Limited	Set quality as 'Uncertain' if limited
PID1	Uncertain if MAN mode	Set quality as 'Uncertain' if block is in MAN mode
	Bad if Limited	Set quality as 'Bad' if limited
	Uncertain if Limited	Set quality as 'Uncertain' if limited
PID2	Target to Manual if Bad IN	Set Target mode to MAN mode if input (IN) is 'Bad'
	Use 'Uncertain' as Good	Use 'Uncertain' as Good
	IFS if Bad CAS_IN	Initiate fault state if cascade setpoint input (CAS_IN) is 'Bad'
	IFS if Bad IN	Initiate fault state if input (IN) is 'Bad'
	SP-PV Track in Man	Setpoint tracking in MAN mode
AO1	Bypass Enable	Enable bypass
	Use PV for BKCAL_OUT	Use process variable (PV) for BKCAL_OUT
	Use Fault st val on restart	Use Fault State value on restart
	Fault State to value	Fault State to value
	SP-PV Track in Man	Setpoint tracking in MAN mode

ตารางที่ 3.4 ตัวเลือกในฟิลต์บัสฟังก์ชันบล็อกเพื่อความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน

Block	Parameter	Safety	Availability
AI1, AI2	STATUS_OPTS	Uncertain if MAN mode	Disable this option
		Bad if Limited	Disable this option
		Uncertain if Limited	Disable this option

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PID1	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN)
PID2	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad CAS_IN	Disable this option (Go to AUTO mode)
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN mode)
PID1	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
PID2	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
		Disable this option	Bypass Enable
AO1	IO_OPTS	Use PV for BKCAL_OUT	Use PV for BKCAL_OUT
		Use Fault st val on restart	Disable this option (Restart from the present position, if available)
		Fault State to value	Disable this option (Freeze output)
		SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man

3.5 การเปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมแบบสำหรับระบบแอนะล็อก และฟาวน์เดชันฟิลด์บัส

3.5.1 ในแง่วิธีการกำหนดการควบคุม

ตารางที่ 3.5 สรุปผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดระหว่างระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นข้อได้เปรียบของอุปกรณ์ในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสมีขั้นตอนทางวิศวกรรมที่ง่ายในการกำหนดการทำงานรูปแบบพิเศษและการกำหนดการทำงานของอินเทอร์ เช่น ฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก AO ผู้ใช้งานสามารถกำหนดตำแหน่งที่ปลอดภัย (Safe State) ได้ภายในฟิลด์บัสฟังก์ชัน แต่ในระบบแอนะล็อกผู้ใช้งานจะมีขั้นตอนในการกำหนดอินเทอร์ที่เพิ่มขึ้นมา จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์ในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสมีฟังก์ชันการทำงานที่มากมายเพื่อความสะดวกในการใช้งานด้านวิศวกรรม เพื่อดำเนินการกำหนดการควบคุมแบบพิเศษในด้านความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ผลการเปรียบเทียบขั้นตอนการกำหนดการควบคุมระหว่างระบบแอนะล็อก และฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

No.	Configuration Step	Analog System	FF System
1	Define control strategy	Cascade control	Cascade control
2	Select function blocks needed	4 function blocks	5 FF function blocks
3	Open function of input limit detection	Channel analog input card enabled to detect High/Low limits	-
4	Link function blocks together	6 links (One-way data transfer)	6 links (Forward and Backward Links)
5	Configure/ Assign function block	-	STATUS_OPTS (PID1) with Use 'Uncertain' as Good
		-	STATUS_OPTS (PID2) with Use 'Uncertain' as Good
		Measurement Tracking (PID1) MAN mode	CONTROL_OPTS (PID1) with SP-PV Track in MAN
		Measurement Tracking (PID2) MAN mode	CONTROL_OPTS (PID2) with SP-PV Track in MAN
		-	CONTROL_OPTS (PID2) with Bypass Enable
		-	IO_OPTS (AO1) with Use PV for BKCAL_OUT
		-	IO_OPTS (AO1) with SV- PV Track in MAN
6	Select function block for interlock	1 Function block (logic control)	-
7	Create interlock function for	Condition logic NamePIDBlock.XALRM.IOP	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	control loop with high availability	Action logic NameSwitchBlock.SW.2	-
		Action logic NameSwitchBlock.SW.3	-
8	Create interlock function for control loop with high safety	Condition logic NamePIDBlock.XALRM.IOP	
		Action logic NamePIDSlaveBlock.PSW.3	
		Script command for fail-safe NamePIDSlaveBlock.PMV = XX (predetermined fail-safe position)	

3.5.2 ในแง่การใช้ทรัพยากรของระบบโฮสต์ CentumVP

ตารางที่ 3.6 การใช้ทรัพยากรในระบบโฮสต์ CentumVP จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส ในแง่การใช้ฟังก์ชันบล็อกในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสไม่จำเป็นต้องใช้งาน Sequence Block ในการกำหนดอินเตอร์ให้กับกำหนดการควบคุม และอีกประเด็นหนึ่งระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสมีข้อได้เปรียบในแง่ข้อ Project I/O License แสดงในตารางที่ 3.7 การใช้งาน Project I/O License ในระบบโฮสต์ CentumVP R.6 [16] ระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสสามารถต่อใช้งานอุปกรณ์ได้สูงสุด 4 Segments แต่สำหรับอุปกรณ์ในระบบแอนะล็อกต่อใช้งานได้เพียง 32 อุปกรณ์

ตารางที่ 3.6 การใช้ทรัพยากรในระบบโฮสต์ CentumVP

Resource Usage	Analog System		FF System
	Safety	Availability	
Project I/O License Usage	32		32
Function Block Usage			
- Regulatory Control Block	2	3	5
- Sequence Block	1	1	-
- General-Purpose Calculation Block	1	1	-

ตารางที่ 3.7 การใช้ Project I/O License ในระบบโฮสต์ CentumVP R6

Technology	I/O Module	Segment count	License count
Foundation Fieldbus	ALF111 Fieldbus	4	32
Analog	AAI143 (AI 16 channel)	-	32
	AAI543 (AO 16 channel)	-	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

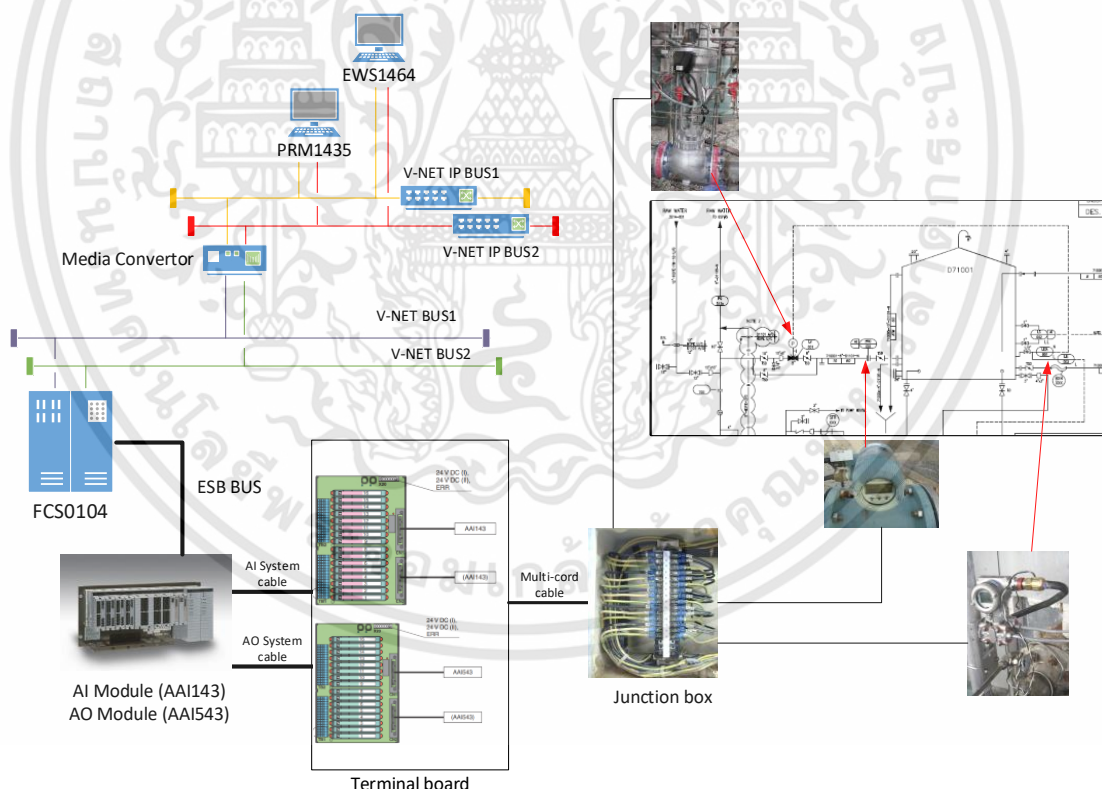
ผลการทดสอบการควบคุมกระบวนการที่เป็นกรณีศึกษา

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดสอบการควบคุมกระบวนการที่เป็นกรณีศึกษาวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวด์เชนฟิลด์บัส โดยใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำในระบบ Raw Water ของโรงแยกก๊าซ เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อก และใช้กระบวนการควบคุมระดับน้ำในระบบ Oily Water ของโรงแยกก๊าซ เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบฟาวด์เชนฟิลด์ พร้อมทั้งแสดงการจำลองค่าตัวแปรกระบวนการผ่านส่วนจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ของระบบโฮสต์ CentumVP และอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเครื่องมือวัดเกิดความล้มเหลว

4.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในระบบแอนะล็อก

4.2.1 รายละเอียดของกระบวนการควบคุมระดับน้ำ



รูปที่ 4.1 แผนภาพของกระบวนการ Raw Water System ต่อกับระบบโฮสต์ CentumVP

รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพของกระบวนการ Raw Water System ต่อกับระบบโฮสต์ CentumVP เครื่องข่ายระดับโฮสต์ คือ V-net IP สื่อสารบนพื้นฐานของเทคโนโลยีอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ซึ่งประกอบด้วยส่วนติดต่อผู้ปฏิบัติงาน (HIS) ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม (EWS) ส่วนดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จัดการอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (FCS) โดยเทคโนโลยี V-net จะทำหน้าที่เชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีบนระบบไฮสแตต DCS และตัวควบคุม (Controller) เข้าด้วยกัน และอินพุตเอาต์พุตฟิลด์บัสโมดูล (AAI143/AAI543) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อสัญญาณแอนะล็อกต่อเข้าอุปกรณ์ควบคุมภาคสนาม โดยกระบวนการ Raw Water System มีอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่ติดตั้งและถูกนำมาใช้ในรูปคาสเคด 3 อุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดระดับแบบแอนะล็อก โมเดล EJX จาก Yokogawa (710-LT-001) อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดอัตราการไหลแบบแอนะล็อก โมเดล AXFA14 จาก Yokogawa (710-FT-001) และวาล์วโพซิชั่นเนอร์ โมเดล SVI2AP จาก Dresser (710-FV-001) ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์แอนะล็อกที่ติดตั้งในกระบวนการ Raw Water System

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์แอนะล็อกที่ติดตั้งในแอนะล็อกพลาเน็ต

I/O Module	Tag	Model	Rev
AAI143 (AI 16 channel)	710-LT-001	EJX	5
	710-FT-001	AXFA14	5
AAI543 (AO 16 channel)	710-LV-001	SVI2AP	3

4.2.2 การสร้างลูปควบคุมคาสเคด

1) IOM Builder เมื่อผู้ใช้งานได้รับข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องมือ ในขั้นตอนนี้จะป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดชื่อ (Tag) ของอุปกรณ์ลงในอินพุต เอาต์พุตโมดูล ตามโครงสร้างการทำงานของฟังก์ชันบล็อกในรูปที่ 4.2 ประกอบด้วย Label ของ 710LT001 และ 710FT001 ในโมดูลแอนะล็อกอินพุต

Terminal	Signal	Description	Device Comment	Low Limit	High Limit	Unit	Set Details	SPID Tag Name	Label
%2045101	Input	Current Input	SEMI WATER TANK D71201	4	20 mA	No		LIC0001	447712LIC001
%2045102	Input	Current Input	RAW WATER	4	20 mA	No		FR001	447710FR001
%2045103	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045104	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045105	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045106	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045107	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045108	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045109	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045110	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045111	Input	Current Input	RAW WATER TANK D71001	4	20 mA	No		LIC001	447710LIC001
%2045112	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045113	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045114	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045115	Input	Current Input		4	20 mA	No			
%2045116	Input	Current Input		4	20 mA	No			

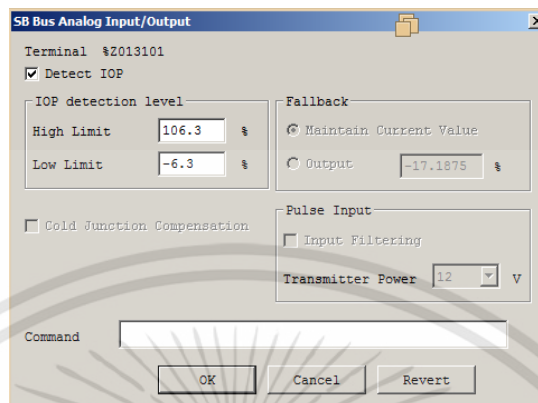
รูปที่ 4.2 การกำหนดอุปกรณ์ใน IOM Builder

2) Input Limit Detection หลังจากกำหนด Label ใน IOM Builder ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตั้งค่าเพื่อตรวจสอบความผิดปกติของระดับสัญญาณแอนะล็อกโดยจะมีการทำงาน 2 ตัวเลือก ดังรูปที่ 4.3

*. High-Limit Detection Level (IOP+) สำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดสถานการณ์ ระดับค่าสัญญาณแอนะล็อกอินพุตอ่านได้สูงกว่าระดับของพารามิเตอร์ High Limit ระบบไฮสแตต CentumVP จะแสดงการแจ้งเตือน “IOP+ Alarm”

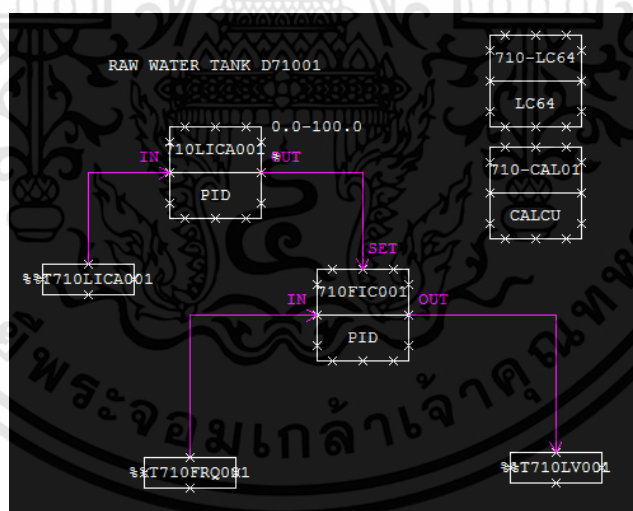
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*. Low-Limit Detection Level (IOP-) สำหรับการแจ้งเตือนเมื่อเกิดสถานการณ์ ระดับค่าสัญญาณแอนะล็อกอินพุตอ่านได้ต่ำกว่าระดับของพารามิเตอร์ Low Limit ระบบโฮสต์ CentumVP จะแสดงการแจ้งเตือน “IOP- Alarm”



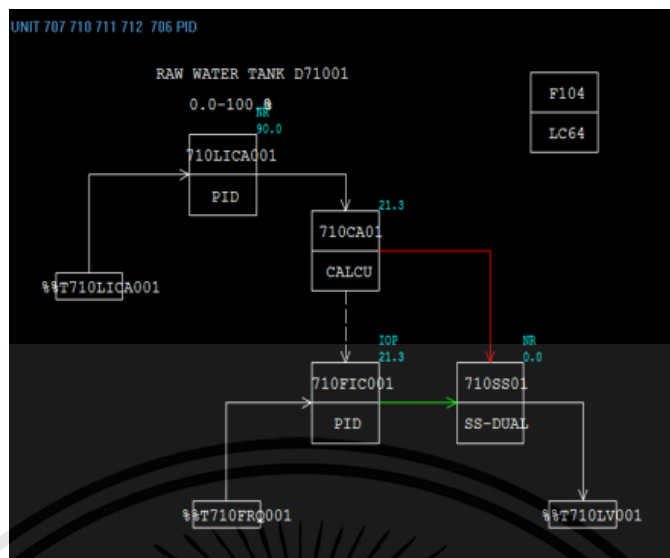
รูปที่ 4.3 การกำหนดการตรวจจับสัญญาณอินพุตของโมดูลแอนะล็อกอินพุต

3) Control Drawing Builder หลังจากผู้ใช้งานสร้างฟังก์ชันบล็อกและการเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อกของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคด รูปที่ 4.4 แสดงฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความปลอดภัย และรูปที่ 4.5 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความพร้อมใช้งาน



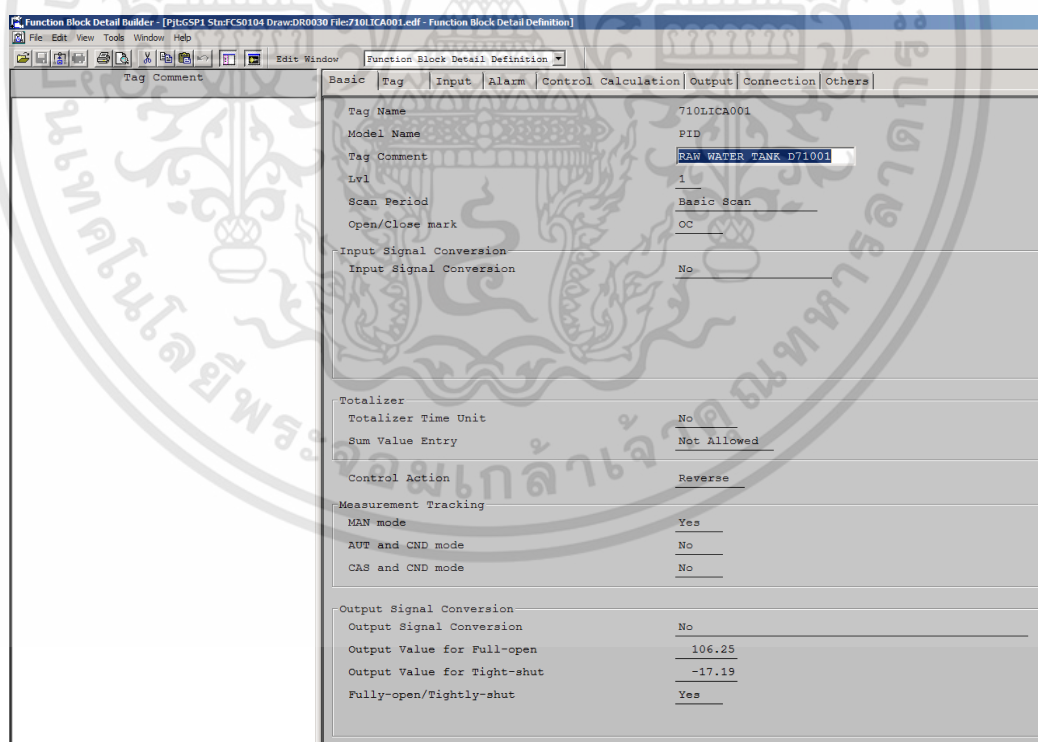
รูปที่ 4.4 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Raw Water System เพื่อความพร้อมใช้งาน

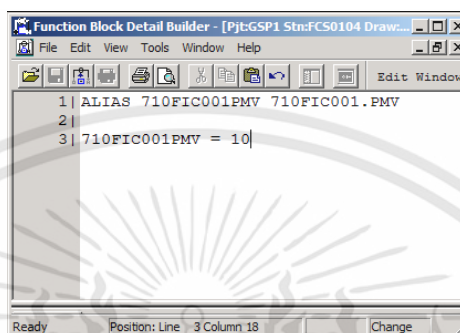
5) Configuration Assign การกำหนดพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อก PID เพื่อฟังก์ชันการทำงานในฟังก์ชันการถ่ายโอนแบบไร้ขอบหรือเรียกว่า “บัมป์เลสทรานสเฟอร์” (Bumpless transfer) ในระบบโฮสต์ CentumVP จะใช้พารามิเตอร์ที่ชื่อว่า “Measurement Tracking” ในขั้นตอนนี้จะกำหนดใช้งานเมื่อฟังก์ชันบล็อก PID ทำงานในโหมด Manual



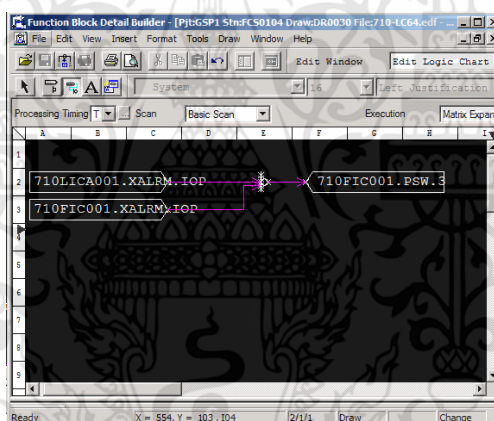
รูปที่ 4.6 กำหนดฟังก์ชันบล็อก PID ในฟังก์ชัน Measurement Tracking ในระบบโฮสต์ CentumVP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

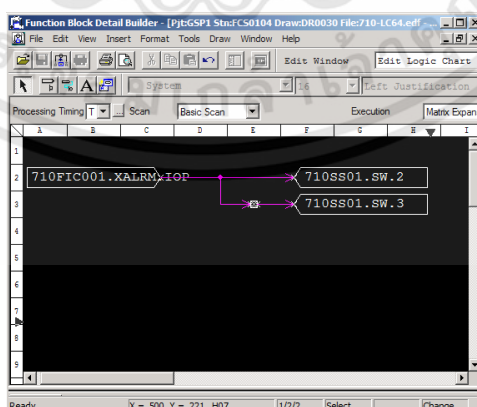
6) Create Interlock การกำหนดอินเตอร์เพื่อให้การควบคุมแบบคาสเคดสามารถตอบสนองพิเศษ เมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลเกิดความล้มเหลว โดยรูปที่ 4.7 กำหนดค่าตำแหน่งปลอดภัยของฟังก์ชันบล็อก CALCU แสดงตำแหน่ง Preset MV ของฟังก์ชันบล็อก PID สำหรับสั่งงานให้ 710FIC001 สั่งวาล์วโพซิชั่นเนอร์เข้าสู่ตำแหน่งที่ปลอดภัย สำหรับการกำหนดอินเตอร์ใช้ฟังก์ชันบล็อก LC64 รูปที่ 4.8 แสดงการกำหนดอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความปลอดภัย และรูปที่ 4.9 แสดงการกำหนดอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความพร้อมใช้งาน



รูปที่ 4.7 การกำหนดค่าตำแหน่งปลอดภัยของฟังก์ชันบล็อก CALCU



รูปที่ 4.8 การกำหนดอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความปลอดภัย

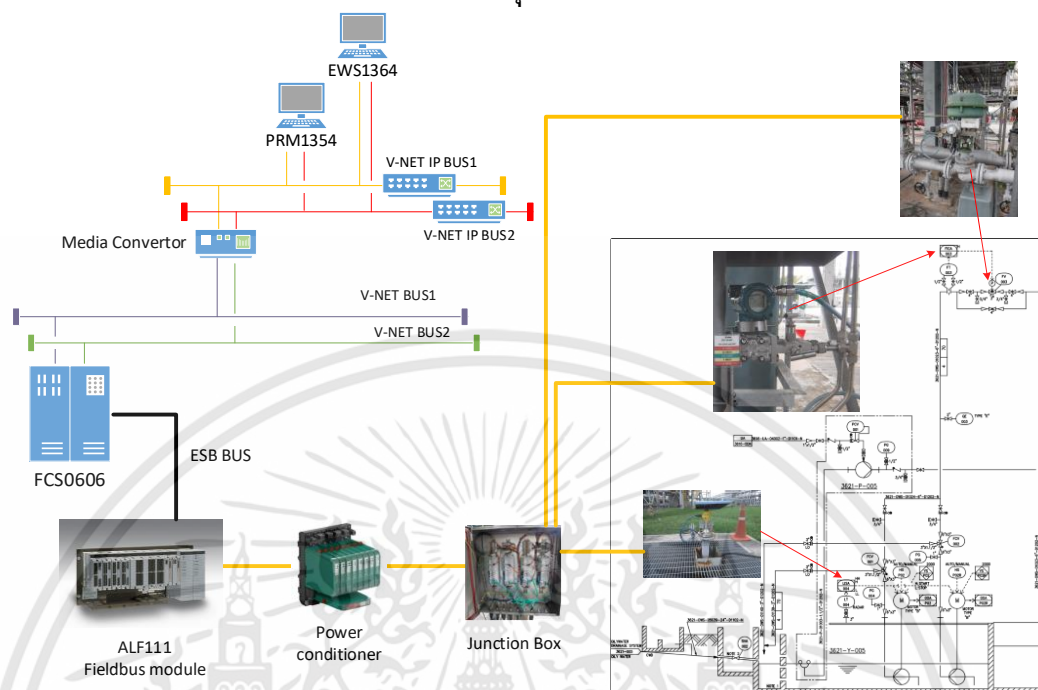


รูปที่ 4.9 การกำหนดอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 เพื่อความพร้อมใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 กระบวนการที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในระบบฟาว์เดชันฟิลด์บัส

4.3.1 รายละเอียดของกระบวนการควบคุมระดับน้ำ



รูปที่ 4.10 แผนภาพของกระบวนการ Oily Water Treatment ต่อกับระบบโฮสต์ CentumVP

รูปที่ 4.10 แสดงแผนภาพของกระบวนการ Oily Water Treatment ต่อกับระบบโฮสต์ CentumVP เครื่องข่ายระดับโฮสต์ คือ V-net IP สื่อสารบนพื้นฐานของเทคโนโลยีแบบอีเทอร์เน็ต (Ethernet) ซึ่งประกอบด้วยส่วนติดต่อผู้ปฏิบัติงาน (HIS) ส่วนดำเนินการทางวิศวกรรม (EWS) ส่วนดำเนินการจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (FCS) โดยเทคโนโลยี V-net จะทำหน้าที่เชื่อมต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีนระบบโฮสต์ และตัวควบคุม (Controller) เข้าด้วยกัน อินพุตเอาต์พุตฟิลด์บัสโมดูล (ALE111 Fieldbus module) จะทำหน้าที่เชื่อมต่อฟาว์เดชันฟิลด์บัส H1 โดยกระบวนการควบคุมระดับน้ำของกระบวนการ มีอุปกรณ์ระดับฟิลด์ที่ติดตั้งและถูกนำมาใช้ในรูปคาสเคด 3 อุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดระดับแบบฟิลด์บัส โมเดล VEGAPULS63 จาก VEGA (3621-LT-004) อุปกรณ์ส่งสัญญาณการวัดอัตราการไหลแบบฟิลด์บัส โมเดล EJX110 จาก Yokogawa (3621-FT-003) และวาล์วโพซิชั่นเนอร์ โมเดล FVP จาก Dresser (3621-FV-003) ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ฟิลด์บัส H1 ที่ติดตั้งในกระบวนการ Oily Water Treatment

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในกระบวนการ Oily Water Treatment

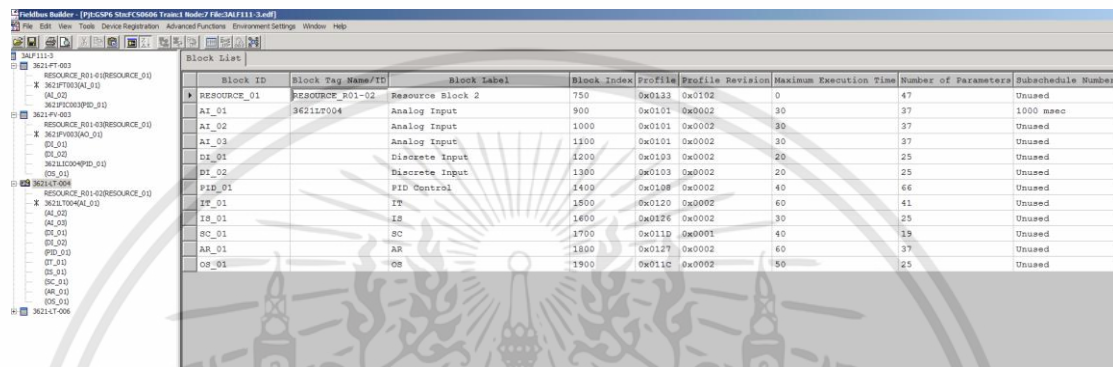
Device Tag	3621-LT-004	3621-FT-003	3621-FV-003
Vendor	VEGA	Yokogawa	Dresser
Model	VEGAPLUS63	EJX	FVP
Revision	6	5	4
AI count	3	3	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PID count	1	1	1
AO count	-	-	1

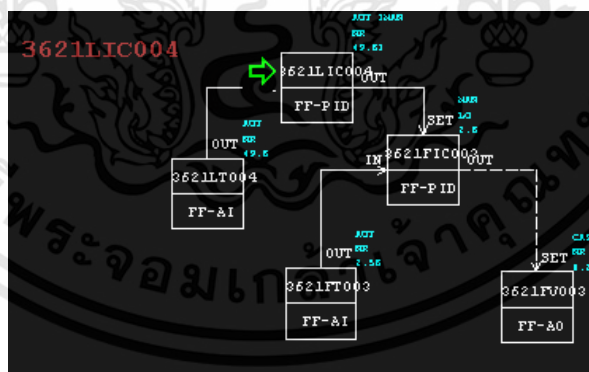
4.2.2 การสร้างรูปควบคุมคาสเคด

1) Fieldbus Builder เมื่อผู้ใช้งานได้รับข้อมูลของอุปกรณ์เครื่องมือ เป็นขั้นตอนกำหนดอุปกรณ์ฟิลด์บัสใน Segment ที่โมดูล ALF111 Fieldbus Communication ในระบบโฮสต์ CentumVP แสดงดังรูปที่ 4.11 การกำหนดอุปกรณ์ใน Fieldbus Builder



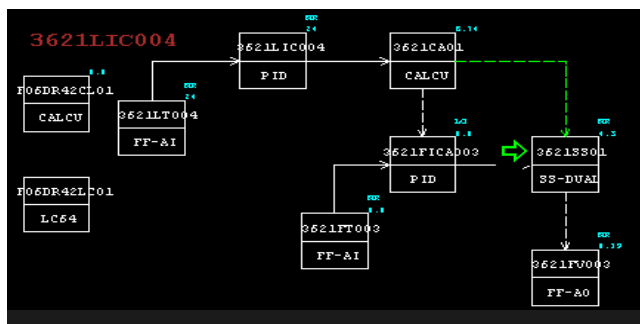
รูปที่ 4.11 การกำหนดอุปกรณ์ใน Fieldbus Builder

2) Control Drawing Builder ผู้ใช้งานต้องดำเนินการสร้างฟังก์ชันบล็อกและการเชื่อมต่อฟังก์ชันบล็อกของการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคด รูปที่ 4.12 แสดง ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIF และรูปที่ 4.13 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIH



รูปที่ 4.12 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของกระบวนการ Oily Water System ด้วยแนวคิด CIH

3) Configuration Assign การกำหนดพารามิเตอร์ในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก เพื่อกำหนดการควบคุมสาเหตุของกระบวนการ Oily Water System ในเป้าหมายด้านความปลอดภัยและด้านความพร้อมใช้งาน แสดงในตารางที่ 4.2 ตัวเลือกในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกในการกำหนดการควบคุมของกระบวนการ Oily Water System

ตารางที่ 4.2 ตัวเลือกในฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกในการกำหนดการควบคุมของกระบวนการ

Block	Parameter	Safety	Availability
AI1, AI2	STATUS_OPTS	Uncertain if MAN mode	Disable this option
		Bad if Limited	Disable this option
		Uncertain if Limited	Disable this option
PID1	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN)
PID2	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad CAS_IN	Disable this option (Go to AUTO mode)
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN mode)
PID1	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
PID2	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
		Disable this option	Bypass Enable

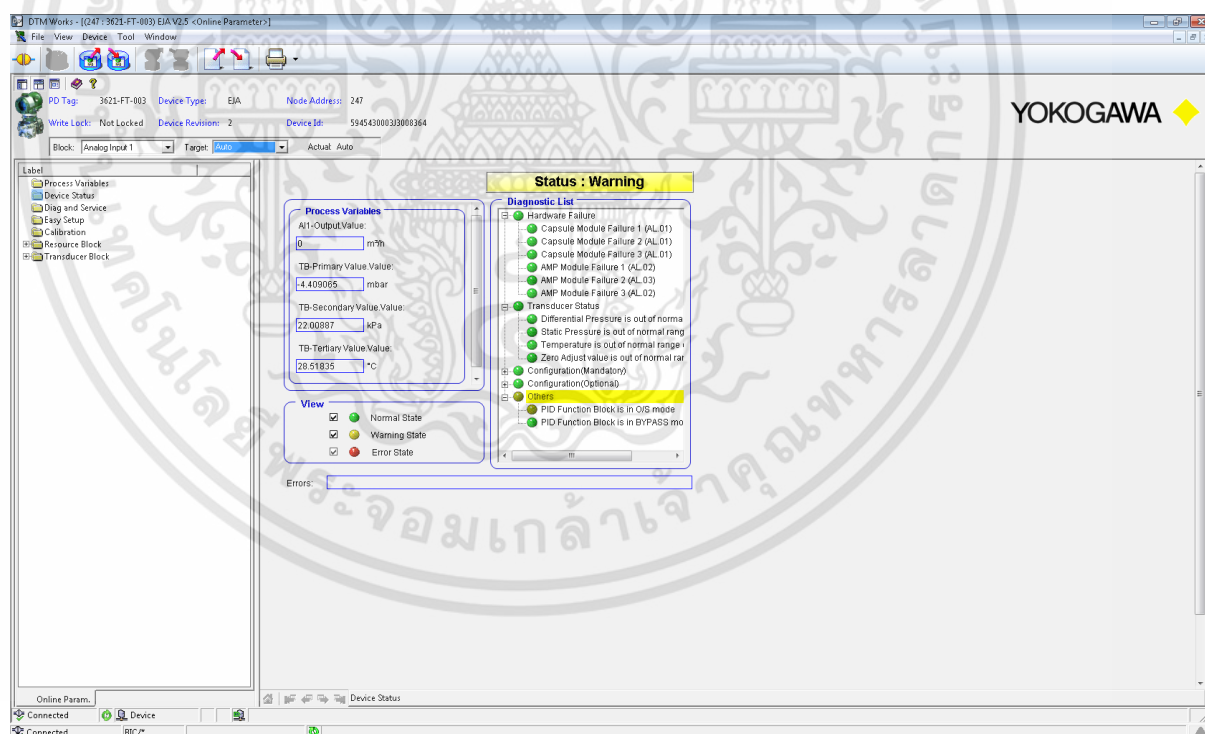
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AO1	IO_OPTS	Use PV for BKCAL_OUT	Use PV for BKCAL_OUT
		Use Fault st val on restart	Disable this option (Restart from the present position, if available)
		Fault State to value	Disable this option (Freeze output)
		SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man

4.4 ผลการทดสอบ

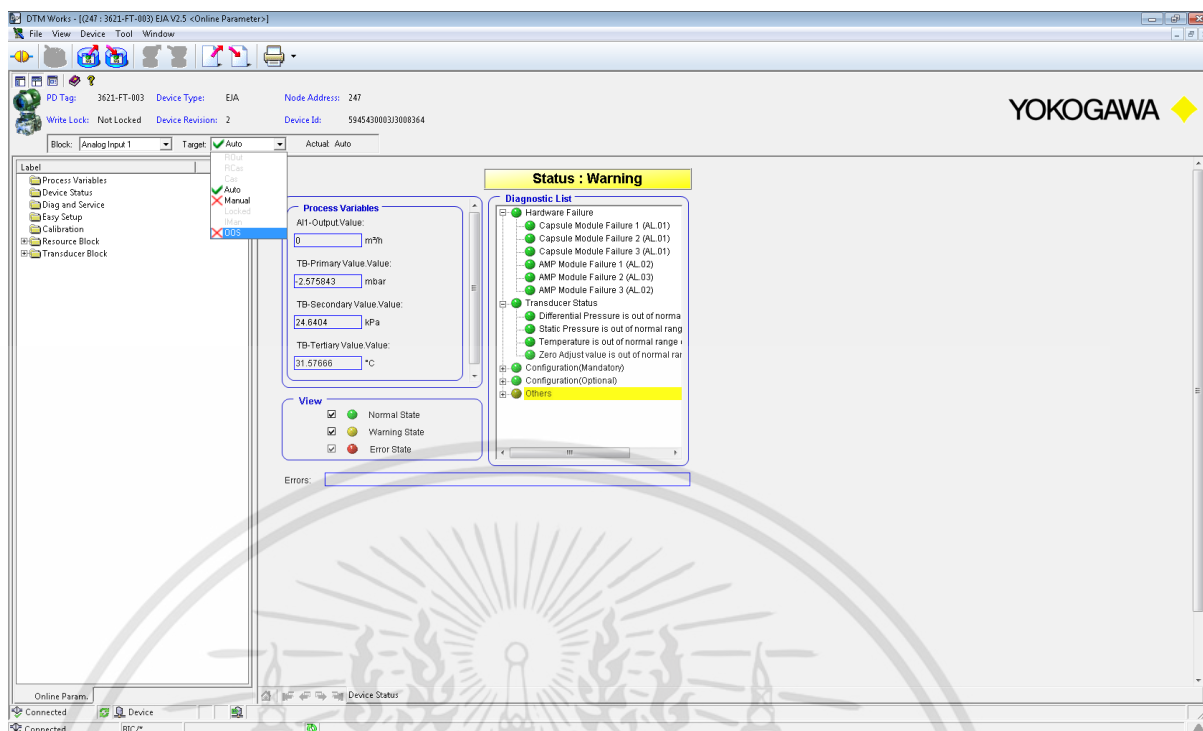
4.4.1 การจำลองสถานะและค่าตัวแปรผ่านส่วนจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM)

1) การเปลี่ยนโหมดการทำงานของอุปกรณ์ฟิลด์บัสในสถานการณ์ที่อุปกรณ์เกิดความผิดปกติต่างๆ เช่น โหมด Manual โหมด Auto และโหมด Out of Service เป็นต้น หลังจากเปิดโปรแกรมในส่วนจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม ผู้ใช้งานจะเลือกชื่อ (Tag) อุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน และหลังจากนั้นการเลือกการทำงานผ่าน DTM work ฟังก์ชัน ของอุปกรณ์ เมื่อผู้ใช้งานเปิดหน้าต่างต่างๆ ของ DTM work จะพบการทำงานของฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อกโหมด แสดงในรูปแบบที่ 4.14 DTM work ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003

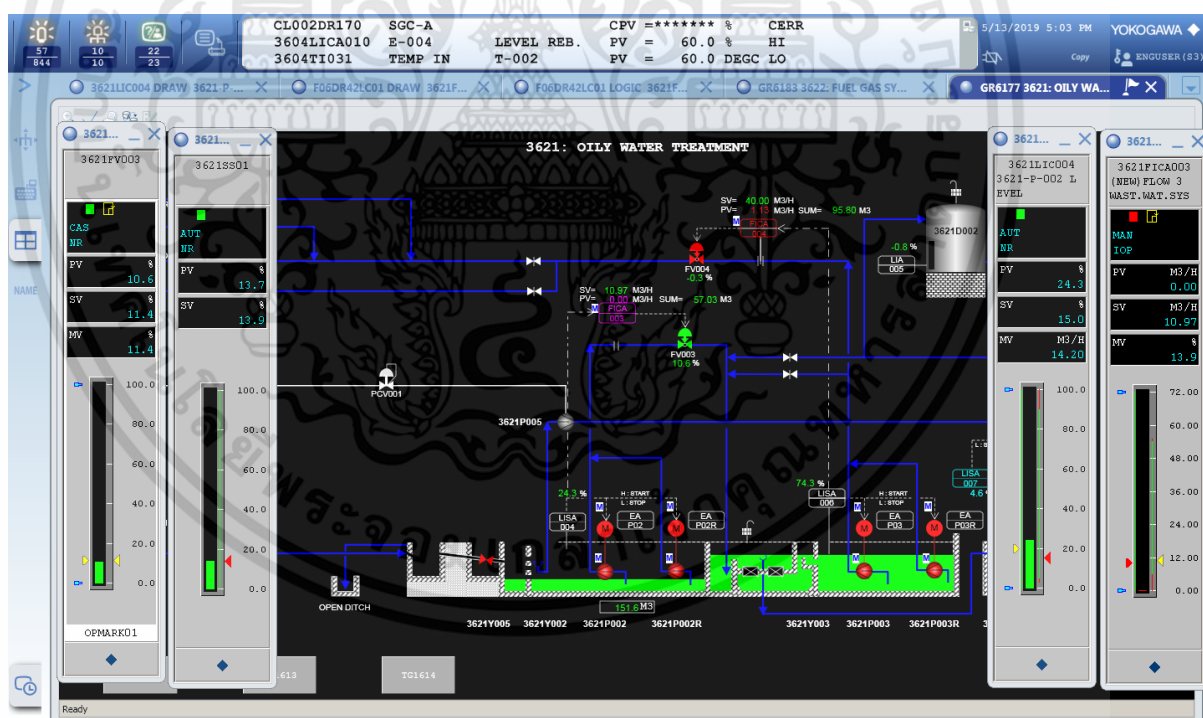


รูปที่ 4.14 DTM work ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 การจำลองสถานะจากการเปลี่ยนโหมดฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก



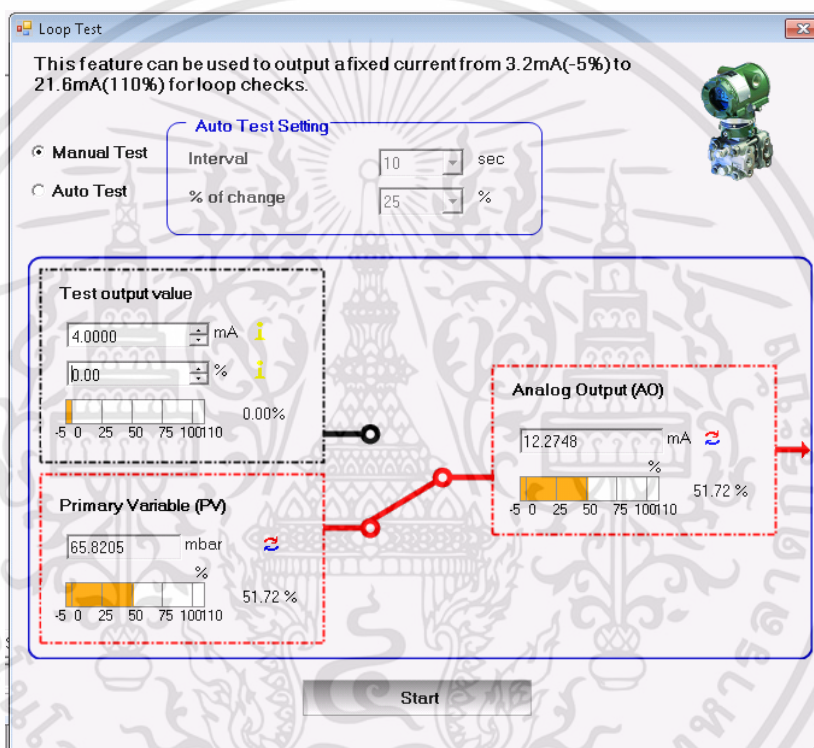
รูปที่ 4.16 สถานะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003

จากรูปที่ 4.15 การจำลองสถานะจากการเปลี่ยนโหมดฟิลด์บัสฟังก์ชันบล็อก ของอุปกรณ์ฟิลด์บัส 3621-FT-003 เมื่อผู้ใช้งานเลือกการทำงานของฟังก์ชันอินพุตฟิลด์บัสบล็อก (FF-AI) เปลี่ยนเป็น Out of Service (OOS) โหมด จะส่งผลเป็นให้ค่าสถานะของอุปกรณ์ในระบบไฮสแตร์ DCS แสดงดังรูปที่ 4.16 สถานะของอุปกรณ์วัดอัตราการไหล 3621-FT-003 และระบบไฮสแตร์จะแสดงการแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

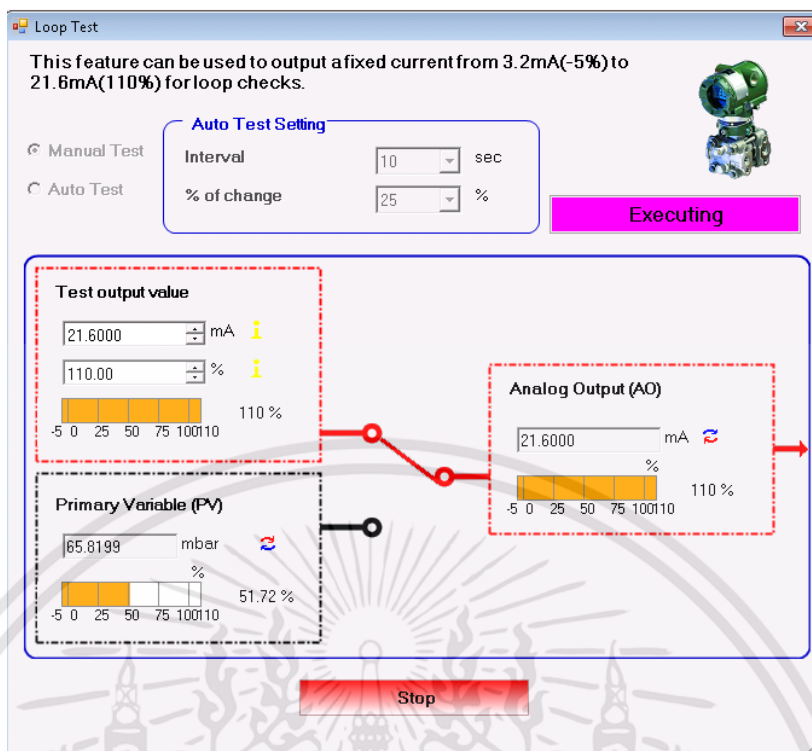
IOP (Input open alarm) เนื่องจากอุปกรณ์ฟิลด์บัสไม่อยู่ในโหมด Auto จึงส่งผลทำให้ไม่สามารถส่งค่ากระบวนการ (PV) ของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลในลูบควบคุม

2) การจำลองค่ากระแส เป็นฟังก์ชันการจำลองค่าตัวแปรแอนะล็อก โดยอุปกรณ์แอนะล็อกแบบ Smart Device ที่ใช้เทคโนโลยี HART สำหรับการใช้งาน DTM work ผ่านส่วนจัดการอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) หลังจากเปิดโปรแกรม ผู้ใช้งานจะเลือกชื่อ (Tag) อุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน และหลังจากนั้นการเลือกการทำงานผ่าน DTM Work ฟังก์ชันของอุปกรณ์ เมื่อผู้ใช้งานเปิดหน้าต่าง ๆ ของ DTM Work จะพบการทำงานฟังก์ชันการวินิจฉัยและสนับสนุน เมื่อเปิดเข้าไปจะแสดงการจำลองค่ากระแส (Loop test) ฟังก์ชันดังรูปที่ 4.17



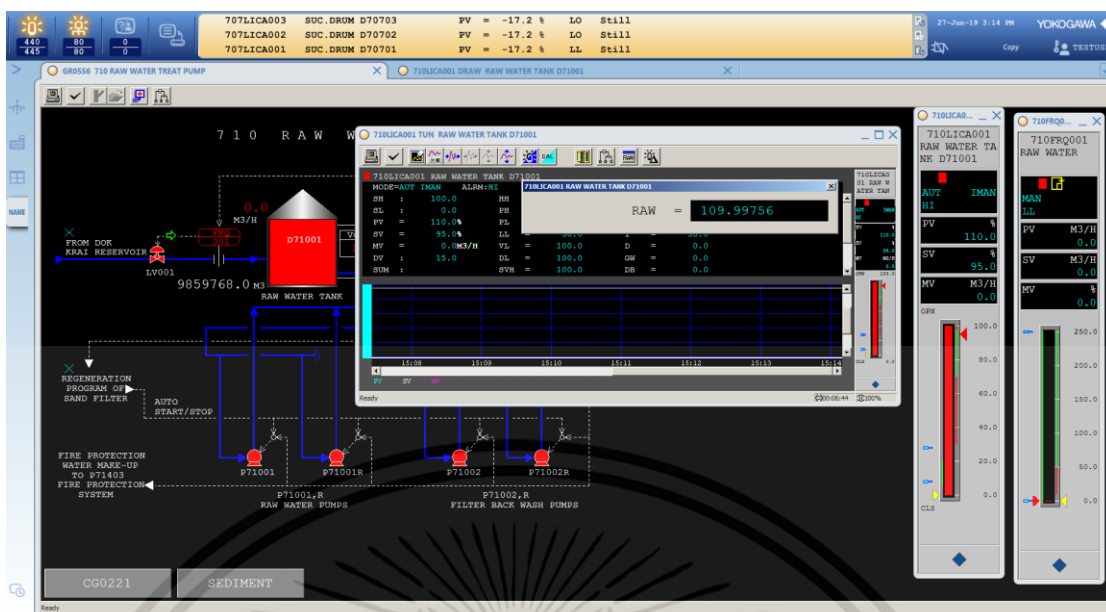
รูปที่ 4.17 การทำงานของ DTM Work ในอุปกรณ์แอนะล็อกของระบบ ASM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 การจำลองค่ากระแสของอุปกรณ์แอนะล็อกแบบ HART

จากรูปที่ 4.17 การจำลองค่ากระแสฟังก์ชันของอุปกรณ์แอนะล็อกแบบ HART แสดงส่วนประกอบของฟังก์ชันสนับสนุนการจำลองค่าแอนะล็อกเอาต์พุตของเครื่องมือวัด โดยสามารถจำลองค่ากระบวนการแบบสัญญาณ 4-20 มิลลิแอมป์ หน้าต่าง Primary variable (PV) แสดงค่าวัดกระบวนการ และในหน้าต่างของการจำลองค่ากระแสจะเป็นส่วนที่ผู้ใช้งานป้อนค่าจำลองในหน่วยสัญญาณ 4-20 มิลลิแอมป์ เมื่อผู้ใช้งานต้องการจำลองค่าสัญญาณของอุปกรณ์วัดภาคสนาม จะต้องเลือกเริ่มต้นฟังก์ชัน หลังจากฟังก์ชันการจำลองทำงานกราฟิกของค่าเอาต์พุตของอุปกรณ์จะเปลี่ยนไปรับค่าสัญญาณจาก Test output value แสดงในรูปที่ 4.18 การจำลองค่าตัวแปรของอุปกรณ์แอนะล็อกแบบ HART หลังจากนั้นจะส่งผลทำให้อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับลูบในระบบโอสต์ CentumVP แสดงค่าจริง (Raw Value) ตามสัญญาณที่จำลอง ดังรูปที่ 4.19 710-LT-001 แสดงค่าวัดจากการจำลองผ่าน ASM



รูปที่ 4.19 710-LT-001 แสดงค่าวัดจากการจำลองผ่าน ASM

4.4.2 รูปแบบการทดสอบที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

รูปแบบที่ใช้เป็นกรณีศึกษาการเปรียบเทียบวิธีกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอนะล็อกและระบบฟาวนด์ชันฟิลด์บัส โดยมีเป้าหมายของควบคุมด้านความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน ประกอบด้วยกรณีศึกษาทั้งหมด 6 กรณีศึกษา ดังตารางที่ 4.3 รูปแบบลูควบคุมแบบคาสเคดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ภายในตารางแสดง เป้าหมาย (Purpose) กระบวนการ (Process) การออกแบบการควบคุม (Control) และฟังก์ชันบล็อกที่ใช้

ตารางที่ 4.3 รูปแบบลูควบคุมแบบคาสเคดที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

Case no.	Purpose	Process	Control	Block	Tag
1		Raw Water (Analog)	Control in the Host	PID1	710LIC001
				PID2	710FIC001
				CALCU1	710CA01
				LC64	F06DR42LC01
2	Safety	Oily Water (FF System)	Control in the Field	FF-AI1	3621LT004
				FF-PID1	3621LIC004
				FF-AI2	3621FT003
				FF-PID2	3621FICA003
3		Oily Water (FF System)	Control in the Host	FF-AO	3621FV003
				FF-AI1	3621LT004
				PID1	3621LIC004

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

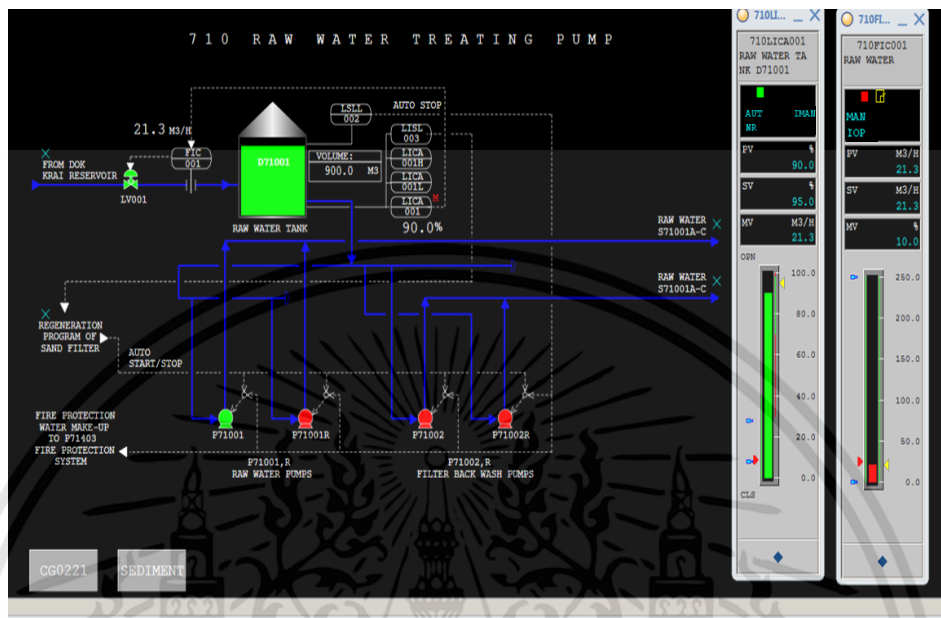
				FF-AI2	3621FT003
				PID2	3621FICA003
				FF-AO	3621FV003
				CALCU1	3621CA01
				LC64	F06DR42LC01
4		Raw Water (Analog)	Control in the Host	PID1	710LIC001
				PID2	710FIC001
				CALCU1	710CA01
				SS-DUAL	710SS01
				LC64	F06DR42LC01
5	Availability	Oily Water (FF System)	Control in the Field	FF-AI1	3621LT004
				FF-PID1	3621LIC004
				FF-AI2	3621FT003
				FF-PID2	3621FICA003
				FF-AO	3621FV003
6		Oily Water (FF System)	Control in the Host	FF-AI1	3621LT004
				PID1	3621LIC004
				FF-AI2	3621FT003
				PID2	3621FICA003
				FF-AO	3621FV003
				LC64	F06DR42LC01
				SS-DUAL	3621SS01

4.4.3 ผลการทดสอบกรณีศึกษาเพื่อความปลอดภัย

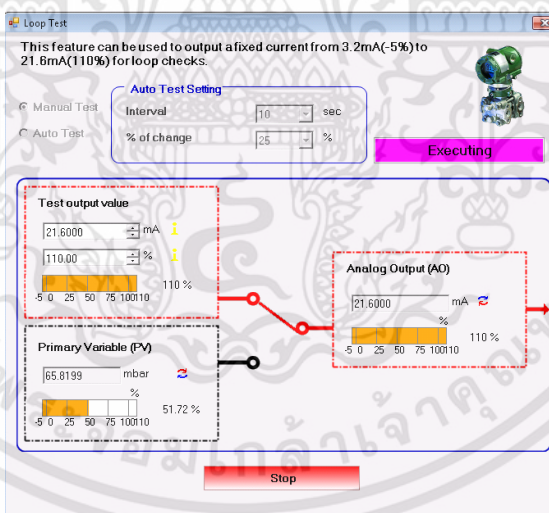
จากกระบวนการที่ใช้ในกรณีศึกษาการควบคุมแบบคาสเคด โดยใช้ฟังก์ชันบล็อกสำหรับการควบคุมในระดับฟิลต์ (CIF) และระดับโฮสต์ (CIH) เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยของลูปควบคุม โดยจำลองเครื่องมือวัดในลูปควบคุมรองเกิดความล้มเหลว ดังต่อไปนี้

1. กรณีเครื่องมือวัดอัตราการไหล 3621FT003 มีสถานะ Input open alarm (IOP) ทำการทดลองโดยเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันบล็อกเป็นโหมด Out of Service ผ่านส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ของระบบโฮสต์ CentumVP

2. กรณีเครื่องมือวัดอัตราการไหล 710FT001 มีสถานะ Input open alarm (IOP) ทำงานทดลองโดยจำลองค่าสัญญาณแอนะล็อกผ่าน DTM ในส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ของระบบโฮสต์ CentumVP



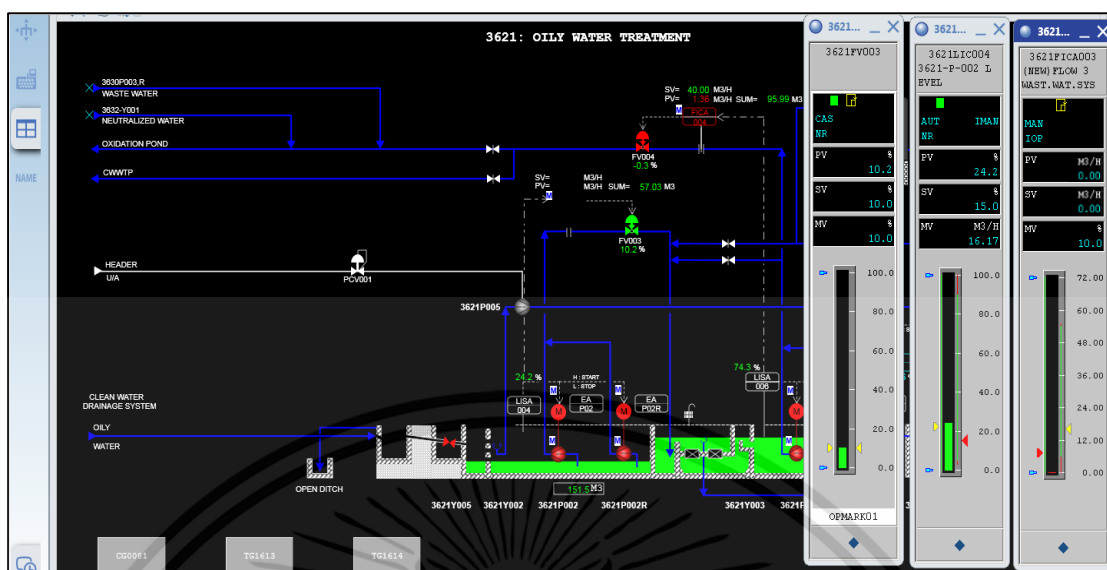
(ก) ภาพหน้าจอกราฟิกใน CentumVP ของแพลนต์แอนะล็อก



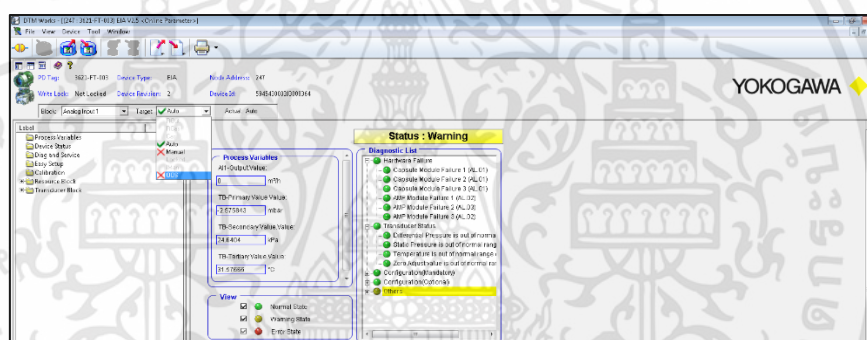
(ข) ภาพหน้าจอโปรแกรม DTM work ใน PRM สำหรับจำลองค่าแอนะล็อก รูปที่ 4.20 ผลการทดสอบในกรณีที่ 1 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์ (CIH)

รูปที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดพลาดขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก PIO ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID1 เปลี่ยนจาก Auto เป็น Iman Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man ฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนเอาต์พุตเท่ากับที่ตั้งไว้ใน “Preset MV” เท่ากับ 10 เมื่อสัญญาณการวัด กลับมามีสถานะปกติและ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



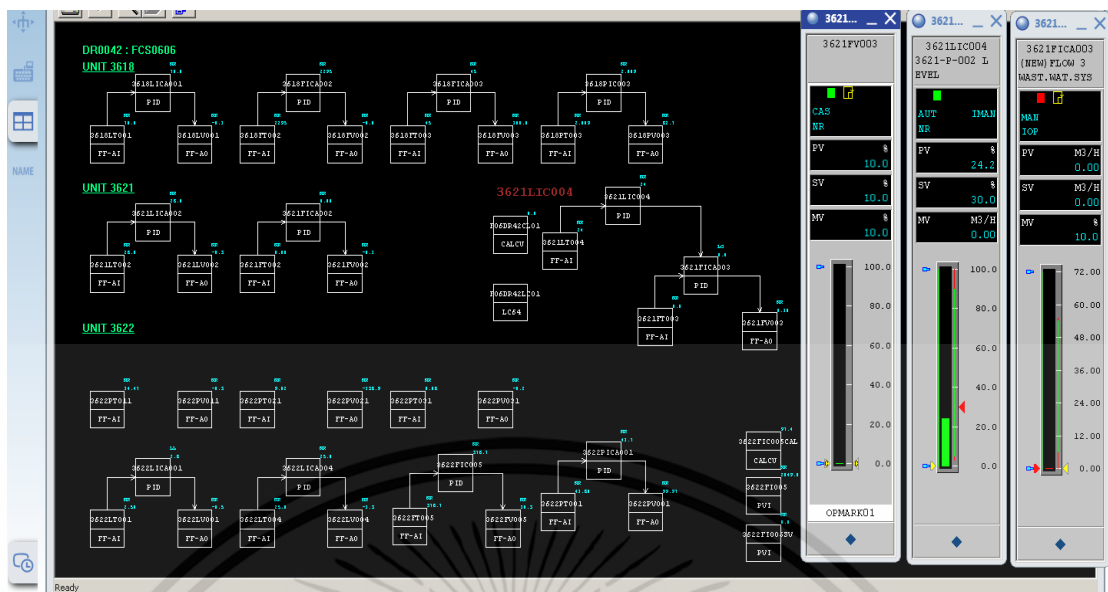
(ก) ภาพหน้าจอกราฟิกในระบบไฮสตร CentumVP ของกระบวนการ Oily Water System



(ข) ภาพหน้าจอโปรแกรม PRM ทำงานในเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันบล็อก รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบในกรณีที่ 2 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับฟิลต์ (CIF)

รูปที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดพลาดขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AI2 ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID1 เปลี่ยนจาก Auto เป็น Iman Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man ฟังก์ชันบล็อก FF-AO เปลี่ยนเอาต์พุตเท่ากับเท่ากับที่ตั้งไว้ใน “Fault State to Value” เท่ากับ 10 เมื่อสัญญาณการวัด กลับมามีสถานะปกติและ Actual mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพฟังก์ชันบล็อกควบคุมคาสเคดของฟิลด์บัสสถานต์



(ข) ภาพอินเตอร์ล๊อคของฟังก์ชันบล็อก LC64 ในระบบโฮสต์ CentumVP รูปที่ 4.22 ผลการทดสอบในกรณีที่ 3 เพื่อเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์ (CIH)

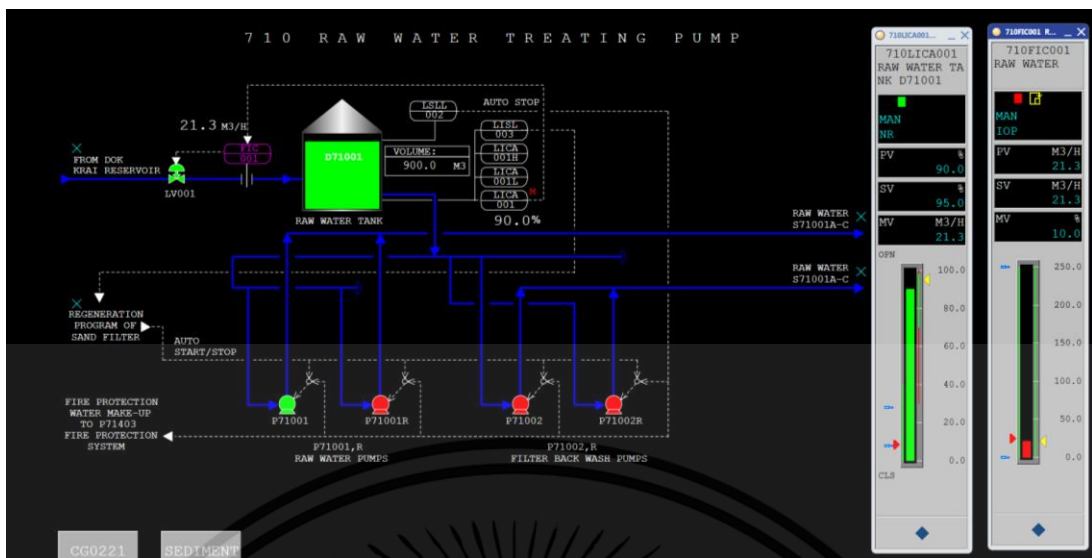
รูปที่ 4.22 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดพลาดขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AI2 ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID1 เปลี่ยนจาก Auto เป็น Iman Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man ฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนเอาต์พุตเท่ากับที่ตั้งไว้ใน "Preset MV" เท่ากับ 10 เมื่อสัญญาณการวัด กลับมามีสถานะปกติและ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas

4.4.4 ผลการทดสอบกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดเพื่อความพร้อมใช้งาน

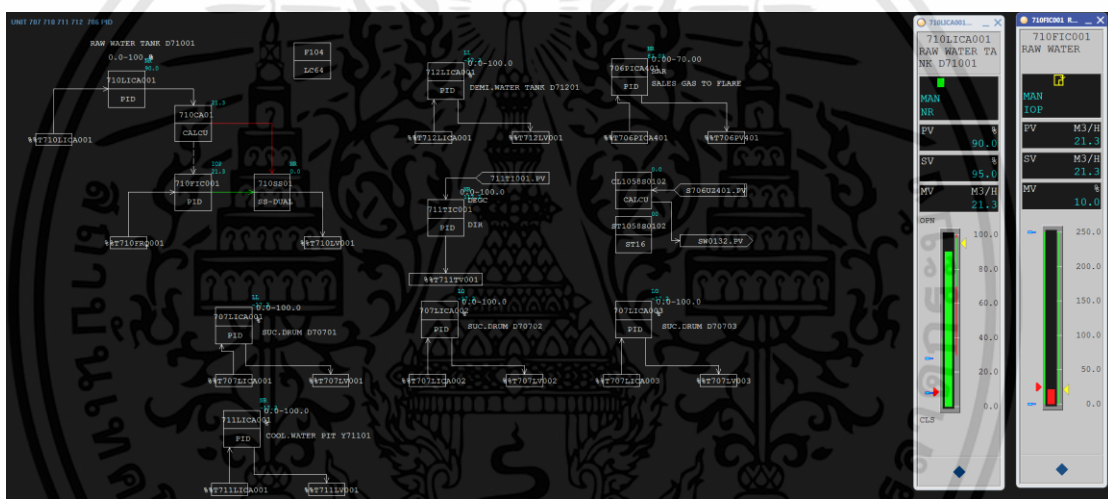
จากกระบวนการที่ใช้ในกรณีศึกษาการควบคุมแบบคาสเคด โดยใช้ฟังก์ชันบล็อกสำหรับการควบคุมในระดับฟิลด์ (CIF) และระดับโฮสต์ (CIH) เพื่อปรับปรุงความพร้อมใช้งานของลูควบคุม โดยจำลองเครื่องมือวัดในลูควบคุมรองเกิดความล้มเหลว ดังต่อไปนี้

1. กรณีเครื่องมือวัดอัตราการไหล 3621FT003 มีสถานะ Input open alarm (IOP) ทำการทดลองโดยเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันบล็อกเป็นโหมด Out of Service ผ่านส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ของระบบโฮสต์ CentumVP
2. กรณีเครื่องมือวัดอัตราการไหล 710FT001 มีสถานะ Input open alarm (IOP) ทำงานทดลองโดยจำลองค่าสัญญาณแอนะล็อกผ่าน DTM ในส่วนควบคุมอุปกรณ์ภาคสนาม (ASM) ของระบบโฮสต์ CentumVP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ภาพหน้าจอกราฟิกในระบบโฮสต์ CentumVP ของกระบวนการ Raw Water System

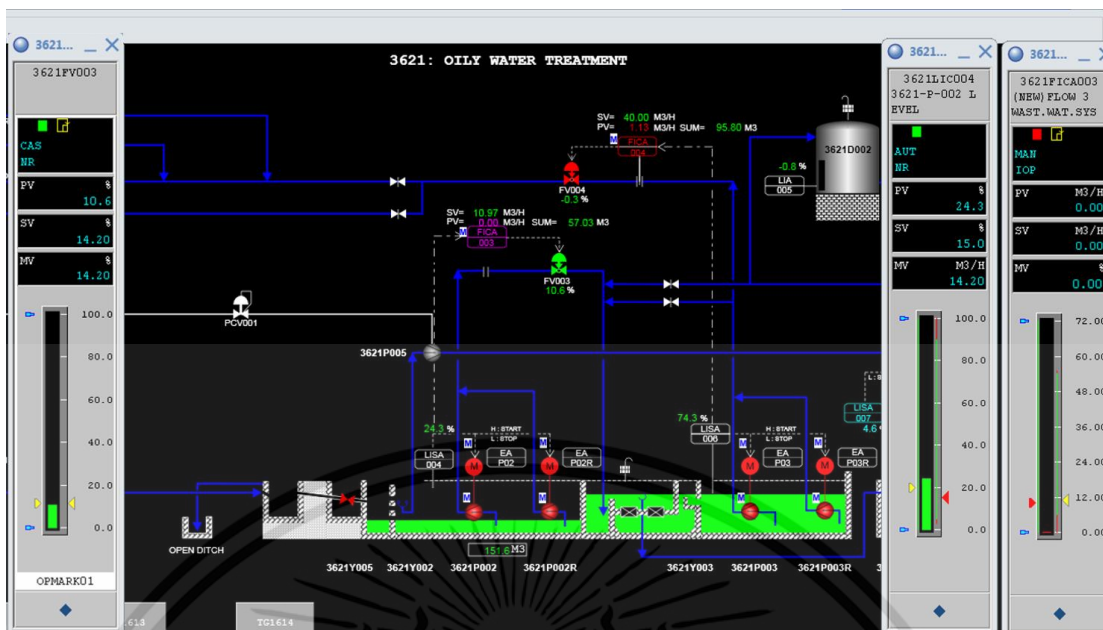


(ข) ภาพ Control drawing ในระบบโฮสต์ CentumVP

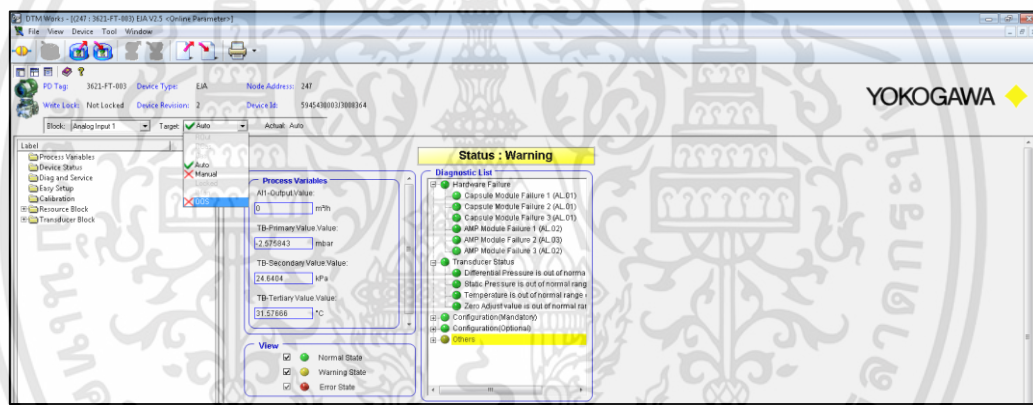
รูปที่ 4.23 ผลการทดสอบในกรณีที่ 4 เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับโฮสต์ (CIH)

รูปที่ 4.23 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดพลาดขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก AI2 ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID1 เปลี่ยนยังคงทำงานใน Auto Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man โปรแกรมของฟังก์ชันลอจิกทำงานและส่งผลทำให้ลูควบคุม PID1 สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อสัญญาณการวัดกลับมาสถานะปกติและ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



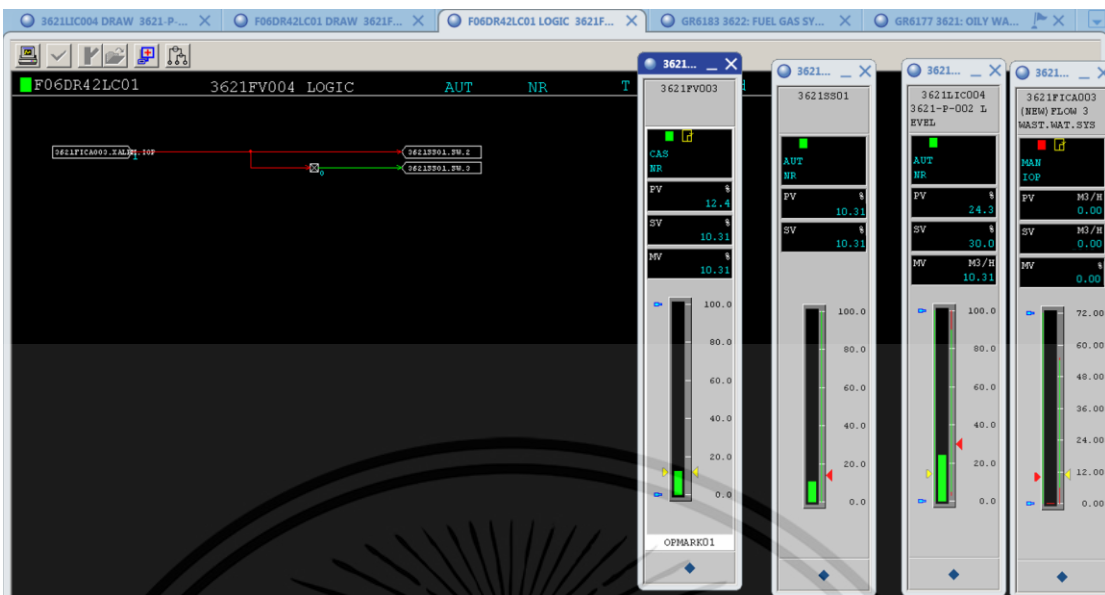
(ก) ภาพหน้าจอกราฟิกในระบบ CentumVP ของกระบวนการ Oily Water System



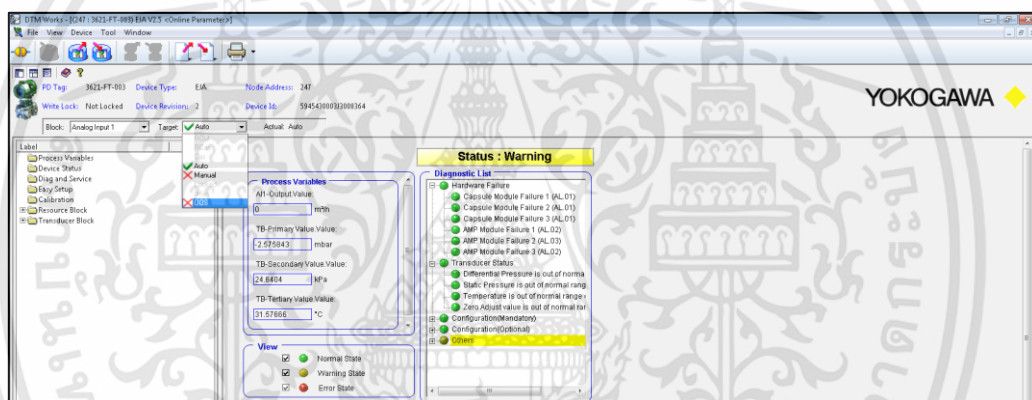
(ข) ภาพหน้าจอโปรแกรม PRM ทำงานในเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันบล็อก

รูปที่ 4.24 ผลการทดสอบในกรณีที่ 5 เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับฟิลต์ (CIF)

รูปที่ 4.24 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมือวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดพลาดขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AI2 ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID1 เปลี่ยนยังคงทำงานใน Auto Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man ทำให้ลู่วัดควบคุมยังคงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อสัญญาณการวัด กลับมามีสถานะปกติและ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก FF-PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas



(ก) ภาพอินเตอร์ล๊อคในฟังก์ชันบล็อก LC64



(ข) ภาพหน้าจอโปรแกรม PRM ทำงานในเปลี่ยนโหมดของฟังก์ชันบล็อก

รูปที่ 4.25 ผลการทดสอบในกรณีที่ 6 เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานสำหรับการควบคุมระดับไฮสแต (CIH)

รูปที่ 4.25 แสดงผลการทดสอบเมื่อเครื่องมีวัดอัตราการไหลมีสถานะ IOP ปรากฏว่ามีการแจ้งเตือนความผิดปกติขึ้นบนหน้าจอในส่วนของเอาต์พุตของฟังก์ชันบล็อก FF-AI2 ส่งผลให้ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID1 เปลี่ยนยังคงทำงานใน Auto Mode และ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 เปลี่ยนจาก Cas เป็น Man โปรแกรมของฟังก์ชันลอจิกทำงานและส่งผลทำให้ลูควบคุม PID1 สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อสัญญาณการวัด กลับมามีสถานะปกติและ Actual Mode ของฟังก์ชันบล็อก PID2 จะอยู่ในโหมด Man ผู้ใช้งานต้องปรับโหมดเป็น Cas

จากผลการทดสอบการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดสำหรับระบบแอมะล๊อคและฟาว์นเดชันฟิลด์บัสที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เพื่อปรับปรุงความปลอดภัยและความพร้อมใช้ของระบบ โดยกำหนดพารามิเตอร์และกำหนดอินเตอร์จากการศึกษาที่ได้ในวิทยานิพนธ์บทที่ 3 ผลการทดสอบจากกรณีศึกษากระบวนการควบคุมระดับทั้งสองกระบวนการ ยืนยันได้ว่าลูควบคุมคาสเคดที่สร้างขึ้นทำงานได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดในขั้นตอนทางวิศวกรรม สำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัส โดยใช้ซอฟต์แวร์ทางวิศวกรรมของระบบไฮสตร CentumVP การกำหนดพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกและการออกแบบอินเทอร์ล๊อคเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานของการควบคุมกระบวนการ โดยขั้นตอนการสร้างการควบคุมในระบบไฮสตรสำหรับระบบแอนะล็อกจะประกอบด้วย 8 ขั้นตอนหลัก และสำหรับระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสจะประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก จากการศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมแบบคาสเคดของทั้งสองระบบ แต่ละขั้นตอน ในแง่ของผลการเปรียบเทียบอีกประเด็นแสดงให้เห็นข้อได้เปรียบของอุปกรณ์ในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสสำหรับการใช้ทรัพยากรในระบบไฮสตร CentumVP อุปกรณ์สมัยใหม่ในระบบฟาวน์เดชันฟิลด์บัสสามารถใช้งานฟังก์ชันบล็อกและจำนวนอินพุต/เอาต์พุตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า อุปกรณ์สมัยใหม่ในระบบฟาวน์เดชันมีฟังก์ชันการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ง่ายต่อการกำหนดการทำงานรูปแบบพิเศษในขั้นตอนทางวิศวกรรม เมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ นอกจากนี้ ผลการทดสอบจากกรณีศึกษายืนยันได้ว่า ควบคุมคาสเคดที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง และวิธีการกำหนดการควบคุมที่ระบุสามารถใช้เป็นแนวปฏิบัติในการกำหนดการอินเทอร์ล๊อคซึ่งเป็นสิ่งสำคัญต่อความปลอดภัยและความพร้อมใช้งาน

5.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อ

การศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมกระบวนการสำหรับระบบแอนะล็อกและฟาวน์เดชันฟิลด์บัสสามารถเลือกฟังก์ชันการควบคุมได้ทั้งในระดับไฮสตรและในระดับฟิลด์ ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการวิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมแค่เพียงแบบคาสเคด สำหรับงานวิจัยที่ศึกษาต่อจากนี้ สามารถนำไปประยุกต์เพื่อการศึกษาเชิงเปรียบเทียบวิธีการกำหนดการควบคุมแบบ Ratio และการควบคุมแบบ Feed Forward ภายใต้การกำหนดพารามิเตอร์ในฟังก์ชันบล็อกที่นำเสนอและทดสอบการทำงานจากกรณีศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- [1] J. Berge. **Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance**. USA. : ISA. 2004.
- [2] B. G. Liptak, **Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization**, CRC Press, 2006.
- [3] G. K. McMillan, **Essential of Modern Measurements and Final Elements in the Process Industry**, ISA, USA, 2010.
- [4] Fieldbus Foundation, **FOUNDATION™ Fieldbus Technical Overview**, USA, 2003.
- [5] Fieldbus Foundation, **FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines**, USA, 2012.
- [6] Fieldbus Foundation, **FOUNDATION™ Specification: Function Block Application Process (Part1)**, USA, 2012.
- [7] I. Verhappen and A. Pereira, **Foundation Fieldbus**, ISA, USA, 2009.
- [8] 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,**” Proc. of the SICE Annual Conference, pp. 1419-1423, 2014.
- [9] S. Arayawat, T. Thepmanee, P. Julsereewong, and A. Julsereewong, “**Process alarming in PID loop using Foundation Fieldbus with control in the field: a case study of DeltaV host system,**” Proc. of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp. 749-754, 2014.
- [10] J. Chen, Z. Wang, and Y. X. Sun, “**How to improve control system performance using FF function blocks,**” Proc. of the IEEE International Conference on Control Applications, pp. 1022-1026, 2002.
- [11] P. Yimvuthikul, A. Rerkratn, T. Trisuwannawat, P. Julsereewong, and A. Julsereewong, “**How to fully benefit from function blocks of Foundation Fieldbus for digital cascade control with high system safety.**” Proc. of the 3rd International Conference on Industrial Application Engineering, pp. 124-131, 2015.
- [12] H. L. Wade, **Basic and Advanced Regulatory Control: System Design and Application**, ISA, USA, 2004.
- [13] Wisco Industrial Instruments. “**4-20 mA Standard.**” [Online]. Available : http://www.wisco.co.th/main/Articles/4-20ma_standard. 2019
- [14] Rattanachol. “**Foundation Fieldbus(2).**” [Online]. Available : <http://insteng.blogspot.com/2010/06/foundation-fieldbus-2.html>. 2019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [15] Yokogawa. “DPharp Fieldbus Communication Type.” [Online]. Available : <https://web-material3.yokogawa.com/IM01C25T02-01EN.pdf>. 2019
- [16] Emerson. “Digital Valve Controller for Foundation Fieldbus.” [Online]. Available : <https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-fieldvue-dvc6200f-digital-valve-controller-en-122644.pdf>. 2019
- [16] Yokogawa. “Model VP6F3100 Project I/O License.” [Online]. Available : <https://web-material3.yokogawa.com/GS33J15A10-01EN.pdf>. 2019



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

บทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

บทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์ได้รับการเผยแพร่ในรายงานการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- [1] Narupon Khchasin, Thanit Trisuwannawat, Prasit Julsereewong and Amphawan Julsereewong, “Comparative Study on Cascade Control Configuration in Engineering Phase for Analog System and FF System”, **Proceedings of the 2016 IEEE/ SICE International Symposium on System Integration**, Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, December 13-15, 2016.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparative Study on Cascade Control Configuration in Engineering Phase for Analog System and FF System

Narupon Khochasin, Thanit Trisuwanawat, Prasit Julsereewong, and Amphawan Julsereewong

Abstract— This paper presents a comparative study of two configuration techniques for building cascade control loops in engineering phase by using traditional analog system and modern digital Foundation Fieldbus (FF) system. For both analog and FF systems, control strategy configurations for providing the process control loop with high safety and the process control loop with high availability are described. The engineering software of the CentumVP host system is used to build the studied control systems, and it is also employed to check the consistency of the configurations. Comparison results show that the smart FF devices provide powerful functionalities for ease of engineering to take special actions in the events of undesired conditions. In addition, the results from the studied cases can be the practical guideline to configure the interlocks that are essential for system safety and availability.

I. INTRODUCTION

Traditional analog current loops are now being replaced by modern digital fieldbus networks in process plants. A major advantage of digital fieldbus technologies is that a great deal of information available for operations can be communicated on a single cable [1-2]. Modern field devices not only perform a basic measurement or actuation but also have features and functions for identification, configuration, diagnostic, and so on [3]. The level of advanced features and functions available varies significantly by communication technology. Foundation Fieldbus (FF) is one of digital fieldbus technologies designed for process automation systems [4]. This standard is only the fieldbus technology to include the definition of function blocks to perform the various functions required in a control system [5]. Each type of function blocks has a different internal algorithm and parameters. FF has defined sets of standard function blocks and supported the standardization of these definitions [6]. The standard FF function blocks perform basic monitoring and control functionalities independently of device hardware. Moreover, FF function blocks have various levels of process alarm and status information, which allow interlocks to be suited to the process [7-9]. Interesting technique for using FF function blocks to improve control system performance of a single PID loop has been introduced [10]. Alternatively, a

technique for configuring FF function blocks to increase the system safety of a cascade control loop has been suggested [11]. These useful techniques are based on powerful features of FF function blocks that provide built-in functionalities of interlock and bumpless transfer.

The aim of this paper is to propose a comparative study on configuration procedures for creating cascade control in engineering phase by using traditional analog instrumentation and using digital FF technology. For both analog system and FF system, methods for building the control loops with high safety and with high availability are described. The CentumVP host system is used as a configuration tool. This paper is organized in six sections including this introduction. The next section describes the goals of safety and availability in cascade control loop using function blocks. Section III provides the procedures of control configuration for the analog system, while Section IV presents the procedures of control configuration for the FF system. Section V shows comparison results for control configuration in two different analog and FF systems. The last section gives conclusion.

II. SAFETY AND AVAILABILITY IN CASCADE CONTROL

A. Cascade Control Strategy

Cascade control is one of advanced regulatory control techniques for improving the dynamic response to disturbances by using two controllers (primary and secondary) to manipulate one process variable as shown in Fig. 1 [12]. The output of the primary controller in the outer loop is the setpoint of the secondary controller in the inner loop. In order for the cascade control to be effective, the inner loop must be faster than the outer loop. This implies that the setpoint will not change too fast for the inner loop dynamics to follow, and the secondary controller has enough time to compensate for inner loop disturbances before they can affect the primary process.

Control strategies in digital systems such as distributed control system (DCS) are created by using software function blocks available from the manufacturer's function block library. Fig. 2 shows a general function block structure for implementing the cascade control loop [2]. The function

This work supported by FieldComm Group Thai Association.

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

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

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

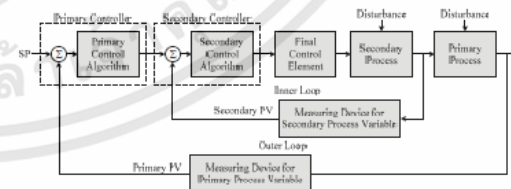


Figure 1. Block diagram of a cascade control

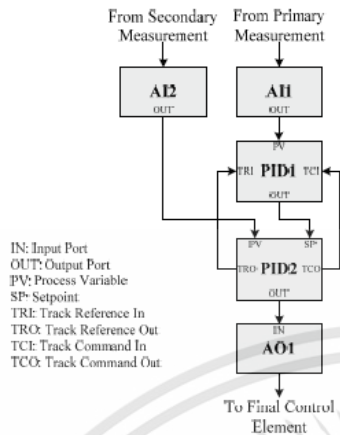


Figure 2. Function block structure for cascade control strategy

blocks used are linked to each other from output parameters to input parameters, and the link can be specified as ‘forward link’ or ‘backward link’. The function blocks are executed sequentially. The primary process measurement from the analog input (AI1) block is sent to the primary proportional-integral-derivative (PID1) control block, while the secondary process measurement from the AI2 block is transmitted to the secondary PID2 block. The setpoint of the secondary PID2 block is received from the output of the primary PID1 block, and the output from the secondary PID2 block is passed to the analog output (AO1) block. In addition, the status data and setpoint of the secondary PID2 block should be passed back to the primary PID1 block via the TCO-TCI and TRO-TRI backward links, respectively, for initialization purposes. For example, if the secondary PID2 block is manual or local automatic mode, the status is communicated backward to the primary PID1 block via the TCO-TCI link. The status notification brings the primary PID1 block into initialization mode, and the PID1 block output is forced to be the same as the PID2 block setpoint. When the secondary PID2 block is returned to cascade automatic mode, no bump will be created in the primary PID1 block output.

B. Cascade Control with High Safety

In the presence of a fault, the goal of safety is to shut the control loop down for minimizing the risk of harm to people, property, and environment. If the control loop experiences a problem or if the system fails, there are two safety aspects; safety provided by a basic process control system and safety provided by safety-instrumented system. The latter provides the higher level of safety, since it is specially designed to shut down dangerous loops in the event such a problem is detected.

In order to achieve safety provided by the cascade control loop, whenever a field instrument (transmitter for primary or secondary measurement) or communication is failed, the

mode of the secondary PID2 block becomes manual to stop the automatic control. Optionally, the status of the final control element like control valve positioner becomes ‘initial fail safe’, which brings it to predetermined fail-safe position. In addition, if the failure occurs in the controlling device or in the communication to the control valve, its positioner can still take proper action for returning to a safe position.

C. Cascade Control with High Availability

In case of failure, the goal of availability is to keep the control loop running for minimizing production losses. Fault tolerance is required to achieve good availability by reducing system downtime. If the measuring device for secondary measurement or the communication is in the event of abnormal or undesired conditions, the PID algorithm in the secondary PID2 block cannot function. The PID2 block can be bypassed in order for availability provided by cascade control loop. The output of the primary PID1 block then directly becomes the input of the AO1 block. The operation of control loop seems the single PID control. In the case of the control valve failure, the status of the final element becomes freeze at the last value.

III. BUILDING CONTROL STRATEGY IN ANALOG SYSTEM

A. Major Steps for Building Control Strategy

After defining the process and digital input/output tags, there are eight major steps for building control strategy in 4-20 mA analog system as depicted in Fig. 3.

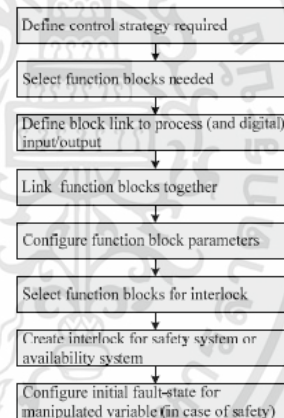


Figure 3. Major steps for building control strategy in analog system

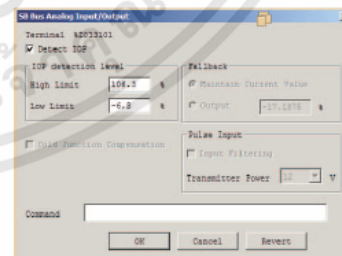


Figure 4. Host function of input limit detection

TABLE I. INTERESTED PARAMETERS OF BLOCKS IN CENTUMVP

Parameter	Type Logic	True/False	Block	Description
BlockName.XALRM.IOP	Condition logic	True	PID	Out of limit range
		False		Within the limit range
BlockName.PSW.3	Action logic	True	PID	Enabling the block to operate in manual mode and MV = Preset MV (PMV)
		False		Calculating the block output in automatic mode
BlockName.PMV	-	-	CALCU	Enabling the PMV of the PID block
BlockName.SW.2	Action logic	True	SS-DUAL	Selecting Input1
BlockName.SW.3		True		Selecting Input2

From Fig. 3, the first step is creating the control module to build the control loop required. The next is creating and selecting the desired function block and defining its input/output link to the process (or digital) input/output tag. In addition, the host function of input limit detection (see Fig. 4) should be enabled for safety actions to check that the input signal whether is in the range 4 to 20 mA, the input signal rises higher such as 106.3% (or 21.008 mA) or drops lower such as -6.3% (or 2.991 mA). Then it is required to link the desired function blocks together. For each function block, it is also required to configure the major parameters. However, some parameters are set by default values. The next is to select the function block, which is required for interlock. Then it is to create the desired interlock action whether for high system availability or high system safety. The last is configuring the initial fault-state for manipulated variable to obtain the control loop with high safety. Table I summarizes the interested parameters for improving system safety or availability in the CentumVP host system. Moreover, in the option 'Measurement Tracking MAN mode' available in the PID block should be enabled to provide bumpless transfer by setting the set value (SV) to be equal to the process value (PV) when running the PID block in manual (MAN) mode.

B. Configuration for Control Loop with High Safety

To configure the cascade control loop for providing the system with high safety using the CentumVP host system, the modified function block diagram is shown in Fig. 5. The output of the primary PID1 block is the setpoint (SET) of the secondary PID2 block, and the output from secondary process-variable measurement is applied as the parameter 'IN' of the PID2 block. Fig. 6 shows the logical concept to assign the interlock for taking the mode of the secondary PID2 block to be manual (MAN) in the fail-safe state whenever detecting the fault occurred in the primary and secondary process measurements.

C. Configuration for Control Loop with High Availability

For control loop configuration to provide the system with high availability by using the CentumVP host system, the modified function block diagram is shown in Fig. 7. There are two additional function blocks; calculation (CALCU) block and switch (SS-DUAL) block. The output of the primary PID1 block is required to split for applying both inputs of the CALCU block and PID2 block. The SS-DUAL

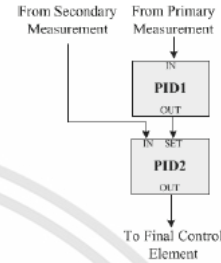


Figure 5. Function block diagram for providing the control loop with high safety in analog system

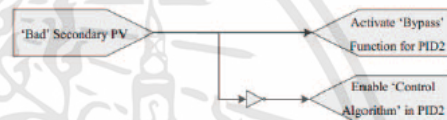


Figure 6. Logical concept to design the interlock for providing the control loop with high safety in analog system

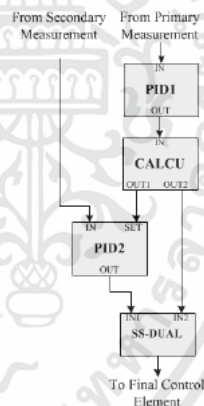


Figure 7. Function block diagram for providing the control loop with high availability in analog system



Figure 8. Logical concept to design the interlock for providing the control loop with high availability in analog system

block is used to bypass the output of the secondary PID2 block, if the secondary measurement is in failure. Fig. 8 illustrates the logical concept to design the interlock for taking the operation of the secondary PID2 block to be enabled or bypassed. When bypass is active, the output of the primary PID1 block is passed to the final control element, bypassing the PID2 control algorithm.

IV. BUILDING CONTROL STRATEGY IN FF SYSTEM

A. Major Steps for Building Control Strategy

There are five major steps for building FF-based control strategy as depicted in Fig. 9 [11]. The FF-based control strategy is created by selecting the FF function blocks and linking them together. Process and manipulated variables can be then passed from one block to the next. A linked output parameter is propagated together with status to the input parameter of the receiving block to inform whether the output of the transmitting block is suitable for control. It also performs as a feedback informing whether the output does not move the final control element, and so on. The block output status is employed for built-in interlock functions. Fig. 10 shows a typical diagram of cascade control strategy using five FF function blocks. An output of the primary PID1 block is a setpoint of the secondary PID2 block. A back-calculation output (BKCAL_OUT), including both parameter value and status, of the lower block (the receiver of forward link) should be linked to a back-calculation input (BKCAL_IN) of the higher block (the sender of forward link) to offer the interlock and bumpless transfer between blocks. The BKCAL_OUT from the PID2 block is transmitted to the BKCAL_IN port of the PID1 block. If the PID2 block is not in cascade (CAS) mode, for example in automatic (AUTO) mode or initialization manual (IMAN) mode, or its setpoint source is not in cascade then this signal forces the PID1 block into IMAN mode. The PID1 block will initiate its output (OUT) to the value on the BKCAL_IN, that is, the same value as in the PID2 setpoint. This concept is to prevent windup of the PID1 block, if its block output is broken in anyway. As a result, the cascade setpoint input (CAS_IN) of the PID2 block will be identical to its own setpoint (SP) value. Consequently, when the PID2 block is switched back to operate in CAS mode, there will be no bump in the SP value and thus no bump on the output. In addition, when the PID2 block (or the PID1 block) is in MAN mode, its SP value is forced to track its process variable (PV), if the SP tracking option is enabled. The BKCAL_OUT signal from the AO1 block to is sent back to the BKCAL_IN port of the PID2 block. When the mode of

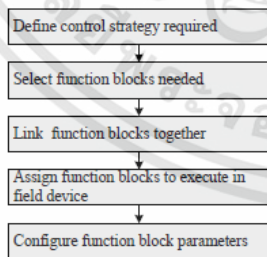


Figure 9. Major steps for building control strategy in FF system

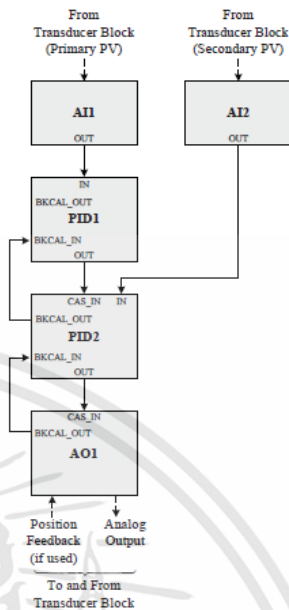


Figure 10. Cascade control loop using FF function blocks

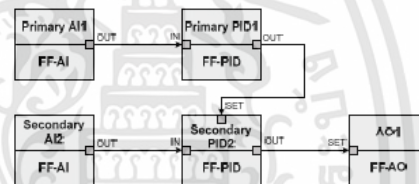


Figure 11. Function block diagram for cascade control in the CentumVP

the AO1 block is in AUTO mode, which is instead of the usual CAS mode, the PID2 block is informed via the link between BKCAL_OUT and BKCAL_IN and can thus initialize its output, therefore assuring bumpless transfer when the block is switched from MAN to AUTO mode. This same link also forces the PID2 block into IMAN if the valve positioner is limited, either in physical or software, to prevent windup of the PID2 block. Fig. 11 shows the function block diagram for building cascade control loop in the CentumVP host system.

B. Interested Parameters for System Safety and Availability

FF devices with self-checking and self-validating differentiate between serious problems and less serious problems by indicating 'Bad' and 'Uncertain' quality status information. This enables to balance the interests of system safety and availability. For example, in order to improve system safety, an action of the important shutdown interlock should be taken on either 'Bad' or 'Uncertain' parameter status. In the other hand, for high availability, which often contradicts high safety, the control loop should be configured to shut down only when the parameter status is 'Bad'. The 'Uncertain' status will only notify the plant

operator or maintenance personnel. FF function blocks contain various parameters to be utilized in monitoring and control applications. In most instances, only some parameters are used. Oftentimes, project engineers or users only have to configure the most common parameters, such as the block mode, channel, transducer scale, and linearization type in the AI block as well as the block mode, tuning, and setpoint in the PID block, and the block mode and channel in the AO block. For a vast majority of parameter, the default values are used. However, some parameters that can be enabled or disabled affect to important shutdown interlock. In FF technology, undesired conditions such as device failure set the 'Bad' status in the associated blocks. For example, in the event of 'Bad' input from the AI block, the PID block operation becomes MAN mode to stop automatic control and passes the status to the AO block. This will force the fault-state or fail-safe action to bring the loop to shutdown. The term 'fail-safe' implying fault-tolerant means that a device or system is allowed to fail, but to a known 'safe' state. The fault state action is realized in the AO block to shut down the control when a failure is detected in somewhere in the loop. For the case of the 'Bad' input, the PID block is optionally set the status option parameter and passes the status to the AO block. This will force the fault state to bring the loop to be shutdown because the automatic control cannot continue without the input.

To build the cascade control loop that can take special action in the event of undesired conditions, the interested parameters of the FF function blocks used are given in Table II. A status options (STATUS_OPTS) parameter for defining block behavior can be set in response to different conditions. Some of the control class function blocks make use of one or more options in the control options (CONTROL_OPTS) parameter, which allow the block behavior to be customized. Most of the output class function blocks such as the AO block use of one or more in the input/output options (IO_OPTS) parameter that make it possible to customize the block behavior.

C. Configuration for Control Loop with High Safety or with High Availability

The interested options for configuring the FF function blocks in cascade control loop of Fig. 10 (or Fig. 11) are given in Table III. Some suggestions on how to configure the parameters referred in Table II for balancing the interests of system safety and availability can be summarized in Table. IV. It should be noted that for a majority of the options the default setting is aimed toward the process control availability rather than safety.

TABLE II. INTERESTED PARAMETERS OF FF FUNCTION BLOCKS

Parameter	Block	Description
Status Options (STATUS_OPTS)	AI1, AI2	To choose how the PV and OUT status are determined.
	PID1, PID2	To determine what conditions will cause the PV status.
Control Options (CONTROL_OPTS)	PID1, PID2	To specify control strategy options.
Input/Output Options (IO_OPTS)	AO1	To determine how the input/output signals are processed.

TABLE III. INTERESTED OPTIONS FOR FF BLOK CONFIGURIONS

Block	Option	Description
AI1, AI2	Uncertain if MAN mode	Set quality as 'Uncertain' if block is in MAN mode
	Bad if Limited	Set quality as 'Bad' if limited
	Uncertain if Limited	Set quality as 'Uncertain' if limited
PID1	Uncertain if MAN mode	Set quality as 'Uncertain' if block is in MAN mode
	Bad if Limited	Set quality as 'Bad' if limited
	Uncertain if Limited	Set quality as 'Uncertain' if limited
PID2	Target to Manual if Bad IN	Set Target mode to MAN mode if input (IN) is 'Bad'
	Use 'Uncertain' as Good	Use 'Uncertain' as Good
	IFS if Bad CAS_IN	Initiate fault state if cascade setpoint input (CAS_IN) is 'Bad'
	IFS if Bad IN	Initiate fault state if input (IN) is 'Bad'
	SP-PV Track in Man	Setpoint tracking in MAN mode
AO1	Bypass Enable	Enable bypass
	Use PV for BKCAL_OUT	Use process variable (PV) for BKCAL_OUT
	Use Fault st val on restart	Use Fault State value on restart
	Fault State to value	Fault State to value
	SP-PV Track in Man	Setpoint tracking in MAN mode

TABLE IV. OPTIONS TO BALANCE BETWEEN SAFETY AND AVAILABILITY.

Block	Parameter	Safety	Availability
AI1, AI2	STATUS_OPTS	Uncertain if MAN mode	Disable this option
		Bad if Limited	Disable this option
		Uncertain if Limited	Disable this option
PID1	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN)
PID2	STATUS_OPTS	Target to Manual if Bad IN	Disable this option (Return to normal at once OK)
		Disable this option	Use 'Uncertain' as Good
		IFS if Bad CAS_IN	Disable this option (Go to AUTO mode)
		IFS if Bad IN	Disable this option (Go to MAN mode)
PID1	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
PID2	CONTROL_OPTS	SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man
		Disable this option	Bypass Enable
		Use PV for BKCAL_OUT	Use PV for BKCAL_OUT
AO1	IO_OPTS	Use Fault st val on restart	Disable this option (Restart from the present position, if available)
		Fault State to value	Disable this option (Freeze output)
		SP-PV Track in Man	SP-PV Track in Man

V. COMPARISON RESULTS

Table V summarizes the comparison results between configuration steps for creating cascade control in analog

system and FF system. Placing safety interlocks in the FF AO device like the valve positioner has the additional advantage that the valve positioner can shut the control loop down by itself independently of any centralized interlocks. This would not be possible using the analog positioner that does not have built-in safety interlocks. It is evident that the advanced FF instruments offer powerful functionalities for ease of engineering to take special actions in the event of undesired conditions in terms of system safety and availability. Table VI gives the CentumVP resource usage of the analog system and FF system (with ALF111 module) for building cascade control loop.

TABLE V. CONFIGURATION STEPS FOR CASCADE CONTROL IN ANALOG SYSTEM AND FF SYSTEM

No	Configuration Step	Analog System	FF System
1	Define control strategy	Cascade control	Cascade control
2	Select function blocks needed	4 function blocks	5 FF function blocks
3	Open function of input limit detection	Channel analog input card enabled to detect High/Low limits	-
4	Link function blocks together	6 links (One-way data transfer)	6 links (Forward and Backward Links)
5	Configure/Assign function block	-	STATUS_OPTS (PID1) with Use 'Uncertain' as Good
		-	STATUS_OPTS (PID2) with Use 'Uncertain' as Good
		Measurement Tracking (PID1) MAN mode	CONTROL_OPTS (PID1) with SP-PV Track in MAN
		Measurement Tracking (PID2) MAN mode	CONTROL_OPTS (PID2) with SP-PV Track in MAN
		-	CONTROL_OPTS (PID2) with Bypass Enable
		-	IO_OPTS (AO1) with Use PV for BKCAL OUT
6	Select function block for interlock	1 Function block (logic control)	IO_OPTS (AO1) with SV-PV Track in MAN
			-
7	Create interlock function for control loop with high availability	Condition logic NamePIDBlock.XALRM.IOP	-
		Action logic NameSwitchBlock.SW.2	-
		Action logic NameSwitchBlock.SW.3	-
8	Create interlock function for control loop with high safety	Condition logic NamePIDBlock.XALRM.IOP	-
		Action logic NamePIDSlaveBlock.PSW.3	-
		Script command for fail-safe NamePIDSlaveBlock.PMV = XX (predetermined fail-safe position)	-

TABLE VI. RESOURCE USAGE IN CENTUMVP HOST SYSTEM

Resource Usage	Analog System		FF System
	Safety	Availability	
Project I/O License Usage	32		32
Function Block Usage			
- Regulatory Control Block	2	3	5
- Sequence Block	1	1	-
- General-Purpose Calculation Block	1	1	-

VI. CONCLUSION

A comparative study of two configuration techniques for creating cascade control strategy during engineering phase using analog system and FF system has been presented in this paper. Comparison results show that FF Function blocks provide ease of configuration to form powerful digital cascade control that can take special action in the event of undesired conditions in terms of system safety and availability. However, for process plants that have process units assigned as having hazard or high risk, an approved safety-related system of a suitable requirement class should be utilized.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to express sincere gratitude to the FieldComm Group Thai Association, Thailand for support this work. The authors also would like to thank Yokogawa (Thailand) Co. Ltd. for giving useful suggestions and up-to-date information.

REFERENCES

- [1] J. Berge, *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*, ISA, USA, 2004.
- [2] B. G. Liptak, *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization*, CRC Press, 2006.
- [3] G. K. McMillan, *Essential of Modern Measurements and Final Elements in the Process Industry*, ISA, USA, 2010.
- [4] Fieldbus Foundation, *FOUNDATION™ Fieldbus Technical Overview*, USA, 2003.
- [5] Fieldbus Foundation, *FOUNDATION™ Fieldbus System Engineering Guidelines*, USA, 2012.
- [6] Fieldbus Foundation, *FOUNDATION™ Specification: Function Block Application Process (Part1)*, USA, 2012.
- [7] I. Verhappen and A. Pereira, *Foundation Fieldbus*, ISA, USA, 2009.
- [8] J. Klinhuan, W. Petchmaneeumka, and A. Julserewong, "Priority parameters of process alarms for FOUNDATION Fieldbus PID loop: a case study of temperature control in the field devices," *Proc. of the SICE Annual Conference*, pp. 1419-1423, 2014.
- [9] S. Arayawat, T. Thepmanee, P. Julserewong, and A. Julserewong, "Process alarming in PID loop using FOUNDATION Fieldbus with control in the field: a case study of DeltaV host system," *Proc. of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, pp. 749-754, 2014.
- [10] J. Chen, Z. Wang, and Y. X. Sun, "How to improve control system performance using FF function blocks," *Proc. of the IEEE International Conference on Control Applications*, pp. 1022-1026, 2002.
- [11] P. Yimvuthikul, A. Rekratn, T. Trisuwannawat, P. Julserewong, and A. Julserewong, "How to fully benefit from function blocks of FOUNDATION Fieldbus for digital cascade control with high system safety," *Proc. of the 3rd International Conference on Industrial Application Engineering*, pp. 124-131, 2015.
- [12] H. L. Wade, *Basic and Advanced Regulatory Control: System Design and Application*, ISA, USA, 2004.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายณฤพนธ์ คชสินธุ์
วัน-เดือน-ปีเกิด	18 ตุลาคม 2534 ที่เพชรบูรณ์
ที่อยู่	99/2059 หมู่ที่ 2 ต.สะเตียง อ.เมืองเพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์ 67000 โทร. 086-7355-255
ประวัติการศึกษา	2557 ปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบเครื่องมือวัด (เกียรตินิยม อันดับ2) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติการทำงาน	2557-ปัจจุบัน วิศวกร ประจำส่วนบำรุงรักษาระบบควบคุม โรงแยกก๊าซธรรมชาติระยอง บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) วิศวกร Commissioning & Start up บริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด วิศวกร ประจำแผนกบำรุงรักษาเครื่องวัดและระบบควบคุม บริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้