

การเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมกระบวนการพื้นฐาน
ที่ใช้การส่งสัญญาณ 4-20 mA
SAFETY ENHANCEMENT FOR BASIC PROCESS CONTROL
USING 4-20 mA SIGNAL TRANSMISSION



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2564

KMITL-2021-EN-M-257-043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAFETY ENHANCEMENT FOR BASIC PROCESS CONTROL
USING 4-20 mA SIGNAL TRANSMISSION



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING PROGRAM IN AUTOMATION ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
KMUTL-2021-EN-M-257-043

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่ใช้การส่งสัญญาณ 4-20 mA
นักศึกษา	นายพงษ์พัฒน์ เมืองมูล
รหัสประจำตัว	61601137
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอเทคนิคที่เป็นประโยชน์ในการจัดการดำเนินการเมื่อเกิดสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติจำนวน 4 รูปแบบ เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่ส่งสัญญาณด้วยลูประแส 4-20 mA ซึ่งมี/ไม่มีการส่งสัญญาณตำแหน่งจริงของแอกทูเอเตอร์กลับมายังระบบโฮสต์ เทคนิคที่นำเสนอเป็นการออกแบบแผนผังควบคุมที่ถูกกำหนดตั้งค่าในดีซีเอสสำหรับลูควบคุมพีเอไอที่มี/ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าเพื่อปรับปรุงการดำเนินการของลูควบคุมในกรณีที่เซนเซอร์และแอกทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลว โดยมีการอธิบายในส่วนการออกแบบการกำหนดตั้งค่าเพื่อให้มีการส่งต่อสถานะความล้มเหลวและการเปลี่ยนโหมดการทำงานเมื่อเกิดความล้มเหลวสำหรับ 8 แผนผังควบคุม ซึ่งแต่ละแผนผังควบคุมประกอบด้วยฟังก์ชันบล็อกทางซอฟต์แวร์ซึ่งประมวลผลบนโฮสต์ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP จากผลการเลียนแบบการทำงานโดยใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสยืนยันได้ว่า แผนผังควบคุมที่ออกแบบทั้งหมดสามารถดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติตามที่กำหนดได้อย่างถูกต้องเพื่อเพิ่มความปลอดภัยของกระบวนการ

คำสำคัญ : ลูประแส, ดีซีเอส, สถานะความผิดปกติ, การกู้คืนความผิดปกติ, ฟังก์ชันบล็อก, การควบคุมกระบวนการ, ความปลอดภัย

Thesis	Safety Enhancement for Basic Process Control Using 4-20 mA Signal Transmission
Student	Mr. Phongphiphat Muangmool
Student ID	61601137
Degree	Master of Engineering
Program	Automation Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Amphawan Julsereewong

ABSTRACT

To enhance safety of basic process control using traditional 4-20 mA current loops with/without transmitting a return signal of actual actuator position back to a host, this thesis presents a useful technique to provide fault-state and fault-recovery actions in four patterns. The proposed technique is a design of control drawings configured in a distributed control system (DCS) host for conventional proportional-integral-derivative (PID) loops with/without feedforward path to improve actions of the control loops in response to sensor and actuator failures. The configuration design based on functions of failure status propagation and failure mode shedding for eight control drawings that contain software function blocks for running on the DCS host modeled CENTUM VP is described. Simulation results from virtual test function of the DCS host used verify that all designed control drawings can successfully perform the desired fault-state and fault-recovery actions for process safety enhancement.

Keywords : Current loop, Distributed control system, Fault-state, Fault-recovery, Function block, Process control, Safety

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัมพวัน จุฬเสรีวงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้การช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงสอนเทคนิคต่าง ๆ ให้สามารถนำไปพัฒนา และประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบคุณคณาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่สั่งสอนวิชาความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ต่าง ๆ และนำความรู้นั้นมาใช้ในการทำวิจัยนี้

ขอขอบคุณบริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการทำงาน ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่สำคัญ และพื้นฐานในการประกอบอาชีพ รวมไปถึงบริษัทที่เคยได้ร่วมงาน และหัวหน้าทุกท่านที่ให้การสนับสนุน

ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ น้อง และทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำหวังไว้เป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจ และผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมอัตโนมัติ เครื่องมือวัด และระบบควบคุม เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

พงษ์พิพัฒน์ เมืองมูล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	IX
สารบัญรูป.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	4
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์.....	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 กล่าวนำ.....	7
2.2 การเพิ่มความปลอดภัยของรูปควบคุมโดยใช้เทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส.....	7
2.2.1 พารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย.....	7
2.2.2 ผลการทดลองตัวอย่างการเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย.....	9
2.3 ระดับสัญญาณสำหรับทรานสมิตเตอร์ 4-20 mA.....	11
2.4 ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	11
2.4.1 ภาพรวมของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	11
2.4.2 ฟังก์ชันบล็อกในดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุม.....	12
2.4.2.1 บล็อกแสดงอินพุต (PVI).....	12
2.4.2.2 บล็อกตัวควบคุม (PID).....	13
2.4.2.3 บล็อกโหลดแมนวอลด้วยสวิตช์โหมด Auto/Man (MLD-SW).....	14
2.4.2.4 บล็อกแสดงค่าอินพุตที่มีสัญญาณแจ้งเตือนการเบี่ยงเบน (PVI-DV).....	15
2.4.2.5 บล็อกตารางลำดับ (ST16).....	16
2.4.3 สัญญาณแจ้งเตือน.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.3.1 สัญญาณแจ้งเตือนแบบเกินค่าจำกัด IOP และ IOP-.....	17
2.4.3.2 สัญญาณแจ้งเตือนแบบเบี่ยงเบน DV+ และ DV-.....	17
2.4.4 ฟังก์ชันทดสอบของดีซีเอสที่ใช้.....	18
บทที่ 3 การเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่นำเสนอ.....	19
3.1 กล่าวนำ.....	19
3.2 พลาตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	19
3.3 การดำเนินการโดยทั่วไปและแนวคิดการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย.....	20
3.3.1 การดำเนินการโดยทั่วไปของลูปควบคุมในการตอบสนองต่อความล้มเหลว.....	20
3.3.2 แนวคิดของการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย.....	21
3.4 การออกแบบแผนผังควบคุมที่มีการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัยที่นำเสนอ.....	24
3.4.1 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 1.....	24
3.4.1.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P1.....	25
3.4.1.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P1.....	26
3.4.2 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 2.....	26
3.4.2.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P2.....	27
3.4.2.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P2.....	28
3.4.3 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 3.....	29
3.4.3.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P3.....	31
3.4.3.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P3.....	32
3.4.4 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 4.....	32
3.4.4.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P4.....	34
3.4.4.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P4.....	35
3.4.5 รายละเอียดแอดเดรส/แท็กที่ใช้.....	36
3.4.6 แผนผังงานของแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัย.....	37
บทที่ 4 ผลการเลียนแบบการทำงานด้วยฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอส.....	39
4.1 กล่าวนำ.....	39
4.2 การทดสอบกระบวนการด้วยแผนผังควบคุมที่ออกแบบ.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P1.....	40
4.3.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	40
4.3.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	42
4.4 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P1.....	45
4.4.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	45
4.4.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	46
4.5 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P2.....	49
4.5.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	49
4.5.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	50
4.6 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P2.....	53
4.6.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	53
4.6.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	54
4.7 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P3.....	57
4.7.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	57
4.7.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	58
4.7.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	61
4.8 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P3.....	64
4.8.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	64
4.8.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	65
4.8.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	68
4.9 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P4.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.9.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	70
4.9.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	72
4.9.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	74
4.10 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P4.....	77
4.10.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ.....	77
4.10.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	78
4.10.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	81
4.11 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV2 สำหรับรูปพีไอดีที่มีส่วน ป้อนล่วงหน้า.....	84
บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ.....	90
5.1 กล่าวนำ.....	90
5.2 การดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติ.....	90
5.3 การเปรียบเทียบเทคนิคที่น่าเสนอกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต.....	94
5.4 ปริมาณการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกสำหรับแต่ละแผนผังควบคุมในดีซีเอส.....	97
บทที่ 6 ผลสรุปและข้อเสนอแนะ.....	99
6.1 สรุป.....	99
6.2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้.....	99
6.3 ข้อเสนอแนะ.....	100
เอกสารอ้างอิง.....	101
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ ระดับนานาชาติ.....	104
ภาคผนวก ข. วิธีการใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก ค. รายละเอียดเพิ่มเติมในการสร้างฟังก์ชันความปลอดภัยสำหรับดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	130
ภาคผนวก ง. วิธีการเข้าหน้ากราฟิก DRAW เพื่อการแสดงค่าและสถานะออนไลน์ของ แผนผังควบคุมสำหรับดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	132



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวเลือกสถานะที่สนใจของบล็อก AI.....	8
2.2 ตัวเลือกสถานะที่สนใจของบล็อก PID.....	8
2.3 ตัวเลือกควบคุมที่สนใจของบล็อก PID.....	8
2.4 ตัวเลือกอินพุต/เอาต์พุตที่สนใจของบล็อก AO.....	9
2.5 ตัวอย่างตัวเลือกพารามิเตอร์ที่ถูกเลือกใช้.....	10
2.6 เทอร์มินัลการเชื่อมต่อของบล็อก PVI.....	12
2.7 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PVI.....	12
2.8 เทอร์มินัลการเชื่อมต่อของบล็อก PID.....	13
2.9 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PID.....	13
2.10 เทอร์มินัลการเชื่อมต่อของบล็อก MLD-SW.....	14
2.11 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก MLD-SW.....	15
2.12 เทอร์มินัลการเชื่อมต่อของบล็อก PVI-DV.....	15
2.13 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PVI-DV.....	15
3.1 ลูบพีไอดี 4 แบบ ที่สนใจสำหรับการควบคุมระดับของในถังของรูปที่ 3.1.....	21
3.2 การดำเนินการที่ถูกออกแบบเพื่อเพิ่มความปลอดภัยทั้ง 4 รูปแบบ.....	21
3.3 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P1 และ SQ1-L2P1.....	25
3.4 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P2 และ SQ1-L2P2.....	27
3.5 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P3, SQ1-L4P3, SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3.....	30
3.6 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P4, SQ1-L4P4, SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4.....	34
3.7 แอดเดรส/ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้สำหรับแผนผังควบคุมทั้ง 8 แบบ.....	36
4.1 เงื่อนไขสำหรับการทดสอบ.....	40
5.1 การดำเนินการเมื่อเกิดสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ.....	90
5.2 โมดการทำงานเป้าหมายและปัจจุบันของ 'LIC-OP' และ 'LCV-MO' ในกรณีที่เกิด ความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	93
5.3 โมดการทำงานเป้าหมายและปัจจุบันของ 'LIC-OP' และ 'LCV-MO' ในกรณีที่เกิด ความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	93
5.4 การเปรียบเทียบฟังก์ชันสำหรับแผนผังควบคุม L1P1/L2P1 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต.....	94
5.5 การเปรียบเทียบฟังก์ชันสำหรับแผนผังควบคุม L1P2/L2P2 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต.....	94
5.6 การเปรียบเทียบฟังก์ชันสำหรับแผนผังควบคุม L3P3/L4P3 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต.....	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.7 การเปรียบเทียบฟังก์ชันสำหรับแผนผังควบคุม L3P4/L4P4 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต.....	96
5.8 ปริมาณการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกสำหรับแต่ละแผนผังควบคุม.....	97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิที่ใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส.....	10
2.2 รูปควบคุมในโมดออนไลน์ขณะทำการทดลองเมื่อเกิดสถานะ ‘Bad’ ที่ AI1.....	10
2.3 สัญญาณแจ้งเตือนและระดับความอึดตัวสำหรับการทรานสมิตเตอร์ 4-20 mA.....	11
2.4 สถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อขนาดเล็กของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP.....	12
2.5 ไดอะแกรมบล็อก PVI.....	12
2.6 ไดอะแกรมบล็อก PID.....	13
2.7 ไดอะแกรมบล็อก MLD-SW.....	14
2.8 ไดอะแกรมบล็อก PVI-DV.....	15
2.9 ไดอะแกรมบล็อก ST16.....	16
2.10 หน้าต่างการตั้งค่าระดับการตรวจจับสัญญาณแจ้งเตือน IOP และ IOP-.....	17
2.11 สถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อสำหรับฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริง (Virtual Test).....	18
2.12 สถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อสำหรับฟังก์ชันทดสอบเป้าหมาย (Target Test).....	18
3.1 ตัวอย่างของพลาเน็ตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา.....	20
3.2 การดำเนินการทั่วไปในการตอบสนองสำหรับรูปพีไอดีที่มี/ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าเมื่อเกิด ความล้มเหลว PV1 และ PV2.....	20
3.3 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 1.....	22
3.4 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 2.....	23
3.5 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 3.....	23
3.6 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 4.....	23
3.7 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P1 และ SQ1-L2P1.....	24
3.8 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P1.....	25
3.9 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P1.....	26
3.10 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P2 และ SQ1-L2P2.....	26
3.11 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P2.....	28
3.12 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P2.....	28
3.13 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3.....	29
3.14 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3.....	30
3.15 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P3.....	31
3.16 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P3.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.17 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4.....	33
3.18 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4.....	33
3.19 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P4.....	35
3.20 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P4.....	36
3.21 ผังงานของบล็อก SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3.....	37
3.22 ผังงานของบล็อก SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4.....	38
3.23 ผังงานของบล็อก SQ2-L3P3 และSQ2-L4P3.....	38
3.24 ผังงานของบล็อก SQ2-L3P3 และSQ2-L4P3.....	38
4.1 ตัวอย่างหน้าต่างของ ‘Set Data’ ที่ใช้สำหรับการทดสอบความล้มเหลวที่ PV1.....	40
4.2 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	41
4.3 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	41
4.4 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	41
4.5 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	42
4.6 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	43
4.7 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	44
4.8 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	44
4.9 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	45
4.10 การทำงานของ SQ1-L1P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	45
4.11 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	45
4.12 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	46
4.13 การทำงานของ SQ1-L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	46
4.14 การทำงานของ SQ1-L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	47
4.15 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	47
4.16 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	48
4.17 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	48
4.18 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	49
4.19 การทำงานของ SQ1-L2P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	49
4.20 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	49
4.21 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.22 การทำงานของ SQ1-L1P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	50
4.23 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	51
4.24 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	51
4.25 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	52
4.26 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	52
4.27 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	53
4.28 การทำงานของ SQ1-L1P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	53
4.29 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	53
4.30 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	54
4.31 การทำงานของ SQ1-L2P2 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	54
4.32 การทำงานของ SQ1-L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	55
4.33 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	55
4.34 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	56
4.35 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	56
4.36 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	57
4.37 การทำงานของ SQ1-L2P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	57
4.38 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	57
4.39 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	58
4.40 การทำงานของ SQ1- L3P3, SQ2-L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	58
4.41 การทำงานของ SQ1-L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	59
4.42 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	60
4.43 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	60
4.44 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	60
4.45 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	61
4.46 การทำงานของ SQ1-L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	61
4.47 การทำงานของ SQ2-L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3	61
4.48 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	62
4.49 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	62
4.50 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.51 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	63
4.52 การทำงานของ SQ2-L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	63
4.53 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	64
4.54 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	64
4.55 การทำงานของ SQ1- L4P3, SQ2-L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	64
4.56 การทำงานของ SQ1-L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	65
4.57 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1	66
4.58 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	66
4.59 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	67
4.60 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	67
4.61 การทำงานของ SQ1- L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	67
4.62 การทำงานของ SQ2-L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3	68
4.63 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	68
4.64 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	69
4.65 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	69
4.66 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	70
4.67 การทำงานของ SQ2-L4P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	70
4.68 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	71
4.69 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	71
4.70 การทำงานของ SQ1- L3P4, SQ2-L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	71
4.71 การทำงานของ SQ1- L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	72
4.72 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	73
4.73 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	73
4.74 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	74
4.75 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	74
4.76 การทำงานของ SQ1-L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	74
4.77 การทำงานของ SQ2-L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	75
4.78 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	75
4.79 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.80 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	76
4.81 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	76
4.82 การทำงานของ SQ2-L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	77
4.83 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	77
4.84 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	77
4.85 การทำงานของ SQ1- L4P4, SQ2-L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ.....	78
4.86 การทำงานของ SQ1-L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	79
4.87 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	79
4.88 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1.....	80
4.89 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	80
4.90 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	81
4.91 การทำงานของ SQ1-L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข.....	81
4.92 การทำงานของ SQ2-L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	81
4.93 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	82
4.94 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3.....	82
4.95 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	83
4.96 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	83
4.97 การทำงานของ SQ2-L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข.....	83
4.98 กราฟิก HMI ของ L1P1 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	84
4.99 กราฟิก HMI ของ L1P2 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	85
4.100 กราฟิก HMI ของ L3P3 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	86
4.101 กราฟิก HMI ของ L3P4 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	87
4.102 กราฟิก DRAW ของ L1P1 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	88
4.103 กราฟิก DRAW ของ L1P2 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	88
4.104 กราฟิก DRAW ของ L3P3 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	89
4.105 กราฟิก DRAW ของ L3P4 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2.....	89

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เพื่อเป็นการป้องกันและ/หรือบรรเทาเหตุการณ์อันตรายที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทั้งปกติและผิดปกติสำหรับพื้นที่กระบวนการในโรงงานกระบวนการไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon Processing) จำเป็นต้องมีการปกป้องกันหลายชั้น (Multiple Protection Layers) เนื่องจากไม่มีวิธีการใดวิธีการหนึ่งสำหรับความปลอดภัยที่สามารถจัดการความเสี่ยงได้อย่างสมบูรณ์แบบ [1-3] ในแต่ละชั้นของการป้องกันนั้นได้รับการออกแบบและจัดการตามที่ต้องการเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดด้านความปลอดภัย [4-7] หนึ่งในชั้นของการป้องกันสำหรับการควบคุมกระบวนการพื้นฐานโดยทั่วไปถูกนำไปใช้ไม่เพียงแต่เพื่อรักษาประสิทธิภาพของกระบวนการให้อยู่ในขอบเขตข้อกำหนดภายใต้สภาวะการทำงานปกติเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่ผิดปกติ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความผิดปกติของกระบวนการหรือความล้มเหลว (Failure) ของเครื่องมือวัด [8,9] โดยทั่วไปแล้วการตอบสนองต่อความล้มเหลวที่ตรวจพบ คือ กำหนดให้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อลดเวลาการหยุดทำงานซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายด้านความพร้อมใช้งาน (Availability Goal) แต่ในทางตรงกันข้ามอุปกรณ์ที่ได้รับความเสียหายต้องปิดกระบวนการอัตโนมัติเพื่อเป็นการป้องกันสถานการณ์อันตรายซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายด้านความปลอดภัย (Safety Goal) ดังนั้นเป้าหมายที่แตกต่างกันของทั้งสองนี้สามารถใช้เพื่อกำหนดเป้าหมายสำหรับแต่ละอุปกรณ์ควบคุมและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการความเสี่ยงของโรงงานได้ [10] ทรานสมิตเตอร์อัจฉริยะ (Smart Transmitter) ที่มีความสามารถในการตรวจสอบตัวเอง (Self Diagnosis) ด้วยการตรวจจับความล้มเหลวภายในและการวัดที่ไม่ถูกต้องสามารถนำไปปรับปรุงกลยุทธ์ด้านความปลอดภัยและการบำรุงรักษาของโรงงานได้ เนื่องจากความสามารถในการบ่งชี้เป็นประโยชน์ในการเลือกเปิด/ปิดการใช้งาน (Enable/Disable) ด้านความปลอดภัยที่กำหนดไว้และการดำเนินการแจ้งเตือน (Alarm Action) รวมทั้งช่วยในการแก้ไขปัญหา (Troubleshooting) [10-14] อีกทางเลือกหนึ่งคือระบบควบคุมที่ใช้เครื่องมือวัดภาคสนามแบบดิจิทัล (Digital Field Instrument) ที่ใช้มาตรฐาน IEC 61158 เช่น อุปกรณ์ Foundation Fieldbus (FF) หรือฟาวนด์ชันฟิลด์บัส H1 ซึ่งอุปกรณ์มีความสามารถในการดำเนินการสถานะความผิดปกติ (Fault-State Action) ด้วยการตรวจสอบสถานะคุณภาพของการวัดค่ากระบวนการ [15-17] โดยมีการบ่งชี้สถานะของการวัด ได้แก่ ‘ดี’ (Good), ‘ไม่แน่นอน’ (Uncertain) หรือ ‘ไม่ดี’ (Bad) คุณภาพการวัดจะแพร่กระจายด้วยการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ในระบบควบคุมโดยการแจ้งเตือนที่เวิร์กสเตชันของผู้ปฏิบัติงาน/วิศวกรรม (Operator/Engineering Workstation) เพื่อให้สามารถจัดการกับสถานการณ์และการตอบสนองที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสมของอุปกรณ์ที่ได้รับข้อมูลคุณภาพการวัดซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการควบคุม [15] การดำเนินการสถานะความผิดปกติเป็นวิธีแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพในการนำรูปควบคุมเข้าสู่การปิดระบบอย่างมีนวลเมื่อตรวจพบสถานะการวัดเป็น 'Bad' จากเครื่องมือวัดที่ใช้ในการควบคุมเกิดความล้มเหลวขึ้น [16] ซึ่งค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าของแอกทูเอเตอร์ (Actuator) สำหรับฟังก์ชันการปิดตัว (Shutdown Functionality) สามารถกำหนดค่าได้ โดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ (Parameter) ที่เกี่ยวข้องในบล็อกคลาสเอาต์พุต (Output Class Block) ซึ่งถูกเชื่อมต่อกับบล็อกคลาสควบคุม (Control Class Block) ที่ใช้ในการสร้างกลยุทธ์การควบคุม (Control Strategy) อย่างไรก็ตามฟังก์ชันสถานะความผิดปกติ (Fault-State Function) ในตัว (Built-In) สามารถใช้งานได้ต่อเมื่อกำหนดใช้บล็อกคลาสควบคุมภายในหน่วยความจำของอุปกรณ์ภาคสนาม (Field Device) H1 ซึ่งรองรับตัวเลือกของการประมวลผลสถานะความผิดปกติ สำหรับกรณีที่มีการกำหนดใช้บล็อกคลาสควบคุมภายในหน่วยความจำของโหนดโฮสต์คอนโทรลเลอร์ (Host Controller: CONT) จะไม่มีพารามิเตอร์ตัวเลือกสำหรับฟังก์ชันสถานะความผิดปกติให้เลือก [17] นอกจากนี้บล็อกฟังก์ชัน FF ตามมาตรฐาน IEC 61804 ยังมีการกำหนดพารามิเตอร์ตัวเลือกที่เป็นประโยชน์ เช่น ตัวเลือกอินพุต-เอาต์พุต (IO_OPTS) และตัวเลือกสถานะ (STATUS_OPTS) สำหรับการกำหนดลักษณะการทำงานของบล็อกเพื่อตอบสนองต่อเงื่อนไขสถานะที่แตกต่างกัน [18,19] เป็นผลจากการเลือกตัวเลือกพารามิเตอร์สำหรับอินเตอร์ล็อก (Interlock) ในฟังก์ชันบล็อกตลอดจนกลไกตอบสนองต่อความล้มเหลวได้อย่างปลอดภัย (Fail-Safe) สำหรับกลยุทธ์การควบคุมพีไอดี (Proportional-Integral-Derivative: PID Control) และกลยุทธ์การควบคุมคาสเคด (Cascade Control) ที่ใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัสได้มีการกล่าวถึง [20] เมื่อเร็ว ๆ นี้มีการแนะนำวิธีการใช้การวินิจฉัยความผิดปกติ (Fault Diagnosis) ของเครื่องมือวัดสำหรับการปรับปรุงความปลอดภัยในกระบวนการควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า (Feedforward Control) ที่ใช้ฟาว์นเดชันฟิลด์บัส (FF) [21] แม้ว่าจะมีประโยชน์มากมายรวมถึงการประหยัดต้นทุนจากค่าวัสดุในการติดตั้งระบบดิจิทัลฟิลด์บัสเพื่อทดแทนเครื่องมือวัดระบบแอนะล็อกดั้งเดิม (Traditional Analog Instrumentation) [22] ซึ่งระบบควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่มีอยู่จำนวนมากในโรงงานกระบวนการไฮโดรคาร์บอนโดยเฉพาะในประเทศไทยปัจจุบันยังคงใช้งานรูปควบคุมตามมาตรฐานกระแสดั้งเดิม โดยทั่วไปไม่เพียงแต่เกิดจากกระบวนการผลิตที่ใช้เงินลงทุนมากและมีวัฏจักรการใช้งานของระบบที่ยาวนาน แต่ยังขาดบุคลากรในโรงงานที่มีทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัล (Digital Technology) อีกด้วย ซึ่งเป็นอุปสรรคสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการลงทุนในโรงงานไฮโดรคาร์บอนที่ได้ติดตั้งเทคโนโลยีภาคสนามอัจฉริยะ (Smart Field Technology) นอกจากนี้การใช้งานเครื่องมืออัจฉริยะและโพรโตคอลการสื่อสาร (Communication Protocols) แบบใหม่ส่งผลกระทบต่อรายละเอียดการทำงานของปฏิบัติการสำหรับผู้ปฏิบัติงานสำหรับ ช่างเทคนิคและวิศวกร อย่างไรก็ตามการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเป็นหนึ่งในขั้นตอนการเปลี่ยนไปสู่ความทันสมัยของโรงงานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันระดับโลกในยุคของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สี่ (Industry 4.0) [23,24] สิ่งนี้กลายเป็นความท้าทายของการเปลี่ยนแปลงในการเปลี่ยนระบบธรรมดาให้เป็นระบบที่ทันสมัย ดังนั้นควรระบุแผนงานและกลยุทธ์ให้เพียงพอสำหรับการเปลี่ยนระบบไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 ให้ประสบความสำเร็จ [25] ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสนับสนุนโรงงานผลิตในการปรับปรุงให้ทันสมัยโดยการปรับปรุงควบคุมพื้นฐานดั้งเดิมที่มีอยู่ให้มีความปลอดภัยที่สูงขึ้น นอกจากนี้ในการปรับปรุงระบบที่ได้นำเสนอสามารถทำให้บุคลากรในโรงงานคุ้นเคยกับลักษณะการทำงานของระบบที่มีความคล้ายคลึงกับระบบดิจิทัลฟิลด์บัสเพื่อลดความอนุรักษ์นิยมของบุคลากรในโรงงานในการนำเทคโนโลยีมาใช้

เครื่องมือภาคสนามส่วนใหญ่ในมาตรฐานลูประแส (Current Loop) ถูกเชื่อมต่อกับโมดูลอินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Module: I/O) ของระบบควบคุมดีซีเอสโดยใช้การส่งสัญญาณ 4-20 mA ซึ่งมีการติดตั้งสายเคเบิลแบบเดินสายไฟหนึ่งคู่สายสำหรับการส่งตัวแปรกระบวนการ (Process Variable: PV) จากเครื่องมือวัดมายังโมดูลแอนะล็อกอินพุต (Analog Input Module: AI) หรือส่งตัวแปรการจัดการ (Manipulated Variable: MV) จากโมดูลแอนะล็อกเอาต์พุต (Analog Output Module: AO) ไปยังแอกทูเอเตอร์ ซึ่งไม่มีการตรวจสอบโดยตรงสำหรับสถานะของอุปกรณ์ภาคสนามแบบดั้งเดิมที่เวิร์กสเตชันของผู้ปฏิบัติงาน/วิศวกร เนื่องจากลูประแสแอนะล็อกไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลการวินิจฉัยของเครื่องมือวัด (Instrument Diagnostic Information) ดังนั้นสถานะของโมดูลแอนะล็อกอินพุตของดีซีเอส (Distributed Control System: DCS) มักถูกใช้เพื่อดำเนินการสำหรับรับสัญญาณฮาร์ดแวร์ผิดพลาดจากความล้มเหลวของเครื่องมือวัดภาคสนาม [26] โดยปกติการทำงานของลูประแสที่มีความล้มเหลว (Failure) จะเปลี่ยนโหมดของการควบคุม (Operating Mode) จากโหมดการควบคุมอัตโนมัติ (Automatic Mode: AUT) เป็นโหมดการควบคุมด้วยตนเอง (Manual Mode: MAN) โดยไม่มีการแทรกแซงของผู้ปฏิบัติงานและฟังก์ชันบล็อก PID จะค้างค่าเอาต์พุตที่ค่าสุดท้ายที่มีสถานะ 'Good' ก่อนจะเกิดความล้มเหลวขึ้น สำหรับกรณีที่แอกทูเอเตอร์ทำงานล้มเหลว (Actuator Failure) ในทางกลไกจะให้อุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element/Final Element) เคลื่อนที่สู่ไปยังตำแหน่งล้มเหลวปลอดภัย (Fail-Safe) โดยการคืนสปริงหรือตำแหน่งที่กำหนดไว้ล่วงหน้าโดยใช้อุปกรณ์เสริม เช่น วาล์วล็อกอัพ (Lock-up Valve) และวาล์วล็อกอากาศ (Air Lock Valve) เพื่อให้มีการดำเนินการเพิ่มเติมนี้โดยปกติแล้วจะไม่พบในการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่ใช้ลูประแส 4-20 mA ทั้งแบบดั้งเดิมที่มี/ไม่มีสัญญาณส่งกลับของตำแหน่งแอกทูเอเตอร์จริง

ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้เสนอเทคนิคเพื่อการออกแบบแผนผังควบคุม (Control Drawing) 8 แบบโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกซอฟต์แวร์ที่กำหนดค่าในโฮสต์ดีซีเอสสำหรับลูประแสพีไอดีซึ่งเป็นอัลกอริทึมการควบคุม (Control Algorithm) ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรม โดยได้ใช้แนวคิดเกี่ยวกับฟังก์ชันของการแพร่กระจายด้วยการส่งข้อมูลสถานะความล้มเหลว (Failure Status Propagation) และการเปลี่ยนโหมดการทำงานเมื่อเกิดความล้มเหลว (Failure Mode Shedding) ในลูประแสที่เพิ่มความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปลอดภัยโดยใช้ฟิลด์บัส [10,20,21] สำหรับการจัดสร้างการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ (Fault-Recovery Action) ทั้งหมด 4 รูปแบบ โดยดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ถูกใช้เพื่ออธิบายความเป็นไปได้ทางเทคนิคของการเพิ่มความปลอดภัยที่นำเสนอ นอกจากนี้เพื่อเป็นการยืนยันความสามารถของฟังก์ชันความปลอดภัยที่ได้เพิ่มขึ้นมานั้นได้ใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริง (Virtual Test) ของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ในการเลียนแบบการทำงานของแผนผังควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

เพื่อนำเสนอเทคนิคที่เป็นประโยชน์ในการจัดสร้างการดำเนินการเมื่อเกิดสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติจำนวน 4 รูปแบบ สำหรับการเพิ่มความปลอดภัยของการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่ส่งสัญญาณด้วยลูปกระแส 4-20 mA ซึ่งไม่มีการส่งสัญญาณตำแหน่งจริงของแอกทูเอเตอร์กลับมายังระบบโฮสต์ ซึ่งเทคนิคที่นำเสนอเป็นการออกแบบแผนผังควบคุมที่ถูกกำหนดตั้งค่าในดีซีเอสสำหรับลูปควบคุมพีไอดีทีที่มี/ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าเพื่อปรับปรุงการดำเนินการของลูปควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันบล็อกบอดีซีเอสในกรณีที่เซนเซอร์และแอกทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลว

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

1. ออกแบบการเพิ่มความปลอดภัยสำหรับลูปควบคุมเพื่อปรับปรุงการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติของลูปควบคุมในกรณีที่เซนเซอร์และแอกทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลวสำหรับลูปควบคุมทั้ง 4 แบบ ได้แก่ ลูปพีไอดีทีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า (Loop 1) ลูปพีไอดีทีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า (Loop 2) ลูปพีไอดีทีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง (Loop 3) และลูปพีไอดีทีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง (Loop 4) โดยการจัดสร้างการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติทั้งหมด 4 รูปแบบ เรียกว่า รูปแบบที่ 1 (Pattern 1) รูปแบบที่ 2 (Pattern 2) รูปแบบที่ 3 (Pattern 3) และรูปแบบที่ 4 (Pattern 4) ซึ่งการเพิ่มความปลอดภัยได้ใช้การเพิ่มความปลอดภัยของระบบฟาวนด์ชันฟิลด์บัสจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตเป็นแนวทางในการเพิ่มความปลอดภัยที่นำเสนอ

2. ใช้ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ในการสร้างแผนผังควบคุม โดย Loop 1 และ Loop 2 ได้นำความปลอดภัย Pattern 1 และ Pattern 2 มาประยุกต์ใช้ ส่วน Loop 3 และ Loop 4 ได้นำความปลอดภัย Pattern 3 และ Pattern 4 มาประยุกต์ใช้ ดังนั้นสำหรับวิทยานิพนธ์นี้จึงมีแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัยทั้งหมด 8 แบบ ได้แก่ L1P1, L2P1, L1P2, L2P2, L3P3, L4P3, L3P4 และ L4P4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้กระบวนการควบคุมระดับของเหลวในถังเป็นระบบควบคุมอ้างอิง โดยใช้ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP เป็นระบบโฮสต์นอกจากนี้ ยังมีการเลียนแบบการทำงานด้วยการใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงกับแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัยทั้ง 8 แบบ เพื่อยืนยันการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเซนเซอร์และแอกทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลวอีกด้วย

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์

1. ศึกษาการเพิ่มความปลอดภัยของลูปควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัสจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต [20,21] มาใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ

2. ศึกษาการข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พลาเน็ตโมเดลระบบควบคุมระดับของเหลวในถังที่ใช้การควบคุมโดยลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าและลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ระบบควบคุมดีซีเอสรุ่น CENTUM VP รวมไปถึงฟังก์ชันบล็อกที่จำเป็นสำหรับการทำอินเตอร์ล็อกและงานวิจัยในอดีตที่เกี่ยวข้อง

3. สร้างลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง และลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริงที่ใช้การส่งสัญญาณแบบ 4-20 mA ซึ่งถูกเพิ่มรูปแบบความปลอดภัยตามที่ได้จัดสร้างสำหรับการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติที่ได้ออกแบบไว้ทั้ง 4 รูปแบบ

4. ทดสอบการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวขึ้นที่เซนเซอร์และแอกทูเอเตอร์ของแผนผังควบคุมทั้ง 8 แบบ ด้วยการเลียนแบบการทำงานโดยใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดสอบและเปรียบเทียบฟังก์ชันความปลอดภัยที่เพิ่มขึ้นกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

5. สรุปผลการทดสอบ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถดัดแปลงลูปควบคุมที่ใช้การส่งสัญญาณแบบ 4-20 mA ได้แก่ ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง และลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง ให้มีการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเซนเซอร์หรือแอกทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลว โดยสามารถเทียบเคียงลูปควบคุมแบบระบบฟาว์นเดชันฟิลด์บัสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เป็นแนวทางในการเลือกใช้ทรานสมิตเตอร์แบบ 4-20 mA และอุปกรณ์ระบบฟาว์เดชั่นฟิลด์บัสได้

3. สร้างความคุ้นเคยลักษณะฟังก์ชันการทำงานของลูบควบคุมดั้งเดิมที่ใช้การส่งสัญญาณ 4-20 mA ให้ฟังก์ชันการดำเนินการคล้ายคลึงกับลูบควบคุมที่ใช้เทคโนโลยีฟาว์เดชั่นฟิลด์บัสได้

4. สามารถนำแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยที่ได้จัดสร้างขึ้นมาขึ้นไปประยุกต์ใช้กับระบบโฮสต์ควบคุมอื่น ๆ ได้

5. ผลการออกแบบและทดสอบวิทยานิพนธ์นี้สามารถนำไปประเมินปริมาณการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ในกรณีการสร้างลูบพีไอดีทีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูบพีไอดีทีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า ลูบพีไอดีทีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง และลูบพีไอดีทีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริงที่ใช้การส่งสัญญาณ 4-20 mA ซึ่งถูกเพิ่มรูปแบบความปลอดภัยตามแนวคิดที่ได้จัดสร้างไว้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการเพิ่มความปลอดภัยของลูบควบคุมโดยใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส ซึ่งได้แสดงเกี่ยวกับตัวเลือกพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยและตัวอย่างผลการทดลองจากการเลือกใช้ตัวเลือกพารามิเตอร์ด้านความปลอดภัยจากผลงานการวิจัยในอดีต และได้กล่าวถึงระดับสัญญาณที่ใช้เพื่อบ่งบอกสถานะความล้มเหลวสำหรับทรานสมิตเตอร์ 4-20 mA สุดท้ายกล่าวถึงระบบควบคุมดิจิทัล CENTUM VP ที่ใช้เพื่อเป็นเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้ โดยอธิบายถึงภาพรวมฟังก์ชันบล็อก สัญญาณแจ้งเตือนที่สนใจ และฟังก์ชันการทดสอบ (Test Function)

2.2 การเพิ่มความปลอดภัยของลูบควบคุมโดยใช้เทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส

2.2.1 พารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อกที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย [20]

พารามิเตอร์อินพุต (Input Parameters) และเอาต์พุต (Output Parameters) ของฟังก์ชันบล็อกเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัส (FF Function Blocks) ประกอบด้วยสององค์ประกอบคือ ค่า (Value) และสถานะ (Status) สถานะพารามิเตอร์ (Parameter Status) ประกอบด้วยข้อมูลการตรวจสอบที่เกี่ยวกับค่าการระบุฮาร์ดแวร์ การสื่อสาร การกำหนดค่า และข้อผิดพลาดอื่น ๆ ส่วนคุณภาพขององค์ประกอบสถานะ (Status Element) ได้แก่ 'Good', 'Bad' และ 'Uncertain' สำหรับสถานะ 'Good' หมายถึงใช้ค่านี้เพื่อการควบคุมได้ สำหรับสถานะ 'Bad' พร้อมด้วยสถานะย่อย 'อุปกรณ์ล้มเหลว' (Device Failure) หมายถึงฮาร์ดแวร์เอาต์พุตที่เกี่ยวข้องล้มเหลว และสถานะ 'Bad' ที่มีสถานะย่อย 'เซนเซอร์ล้มเหลว' (Sensor Failure) หมายถึงเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องล้มเหลว และสำหรับสถานะ 'Uncertain' หมายถึงค่าที่น่าสงสัยเนื่องจากค่าที่วัดได้อยู่นอกช่วงการวัดหรือค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้องด้วยเหตุผลบางประการ

ตัวเลือกฟังก์ชันบล็อกมีสามกลุ่ม ซึ่งในการออกแบบระบบโดยละเอียดสามารถระบุประโยชน์ด้านความปลอดภัยและความพร้อมใช้งานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับความล้มเหลว ได้แก่ ตัวเลือกสถานะ ตัวเลือกควบคุม และตัวเลือกอินพุต/เอาต์พุต สำหรับตัวเลือกสถานะในฟังก์ชันบล็อกมีตัวเลือกสำหรับการจัดการและการประมวลผลของสถานะบล็อกเอาต์พุต สำหรับตัวเลือกการควบคุมสามารถปรับแต่งลักษณะการทำงานของฟังก์ชันบล็อกควบคุมได้ โดยสามารถเลือกตัวเลือกในฟังก์ชันบล็อก AI, PID และ AO ที่ใช้สำหรับการสร้างลูบควบคุมได้ดังตารางที่ 2.1 – 2.4

ตารางที่ 2.1 ตัวเลือกสถานะที่สนใจของบล็อก AI

ตัวเลือก	รายละเอียด
Uncertain if Limited	ตั้งสถานะเอาต์พุตเป็น 'Uncertain' ถ้าค่าการวัดสูงกว่าหรือต่ำกว่าที่เซนเซอร์จำกัด (Sensor Limit)
Bad if Limited	ตั้งสถานะเอาต์พุตเป็น 'Bad' ถ้าค่าการวัดสูงกว่าหรือต่ำกว่าที่เซนเซอร์จำกัด
Uncertain if Man mode	ตั้งสถานะเอาต์พุตเป็น 'Uncertain' ถ้าโหมดปัจจุบันเป็นโหมด 'MAN'
Propagated Fault Forward	หากสถานะจากเซนเซอร์เป็น 'Bad' หรืออุปกรณ์ทำงานล้มเหลวให้ส่งต่อสถานะ 'Bad' ที่ 'OUT' โดยไม่ต้องส่งต่อสัญญาณแจ้งเตือน

ตารางที่ 2.2 ตัวเลือกสถานะที่สนใจของบล็อก PID

ตัวเลือก	รายละเอียด
IFS if BAD IN	ตั้งค่าสถานะ 'Initiate Fault State' ของพารามิเตอร์ OUT หากสถานะของพารามิเตอร์ IN คือสถานะ 'Bad'
IFS if BAD CAS_IN	ตั้งค่าสถานะ 'Initiate Fault State' ของพารามิเตอร์ OUT หากสถานะของพารามิเตอร์ CAS_IN คือสถานะ 'Bad'
Use Uncertain as Good	หากสถานะของพารามิเตอร์ IN คือ 'Uncertain' ให้พิจารณาว่าคือสถานะ 'Good'
Target to Manual if BAD IN	ตั้งค่าโหมดเป้าหมายเป็น 'MAN' หากสถานะของพารามิเตอร์ IN คือสถานะ 'Bad'

ตารางที่ 2.3 ตัวเลือกควบคุมสนใจของบล็อก PID

ตัวเลือก	รายละเอียด
Bypass Enable	อนุญาตให้ตั้งค่า 'BYPASS' สำหรับแอปพลิเคชันควบคุมบางตัวที่ไม่สามารถทำการควบคุมลูปปิดได้หากข้าม
SP-PV Track in Man	อนุญาตให้ค่าเป้าหมาย (Set Point Value: SP) ติดตามตัวแปรกระบวนการเมื่อโหมดเป้าหมายของบล็อกเป็นโหมด 'MAN'
SP-PV Track in LO or IMan	อนุญาตให้ค่าเป้าหมายติดตาม (Tracking) ตัวแปรกระบวนการเมื่อโหมดจริงของบล็อกคือโหมด 'LO' (Local Override Mode) หรือโหมด 'IMan' (Initialization Manual Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตัวเลือกอินพุต/เอาต์พุตที่สนใจของบล็อก AO

ตัวเลือก	รายละเอียด
SP-PV Track in Man	อนุญาตให้ค่าเป้าหมายติดตามตัวแปรกระบวนการเมื่อโหมดปัจจุบันของบล็อกคือโหมด 'MAN'
SP-PV Track in LO	อนุญาตให้ค่าเป้าหมายติดตามตัวแปรกระบวนการเมื่อโหมดปัจจุบันของบล็อกคือโหมด 'LO'
Fault State to value	กำหนดค่าการดำเนินการเอาต์พุตที่จะใช้เมื่อเกิดสถานะผิดปกติ (0: คงค่าสุดท้าย 1: ใช้ค่าที่ตั้งไว้ล่วงหน้า)
Target to Manual if Fault St Act	หากเปิดใช้งาน 'Initiate Fault State' ให้กำหนดโหมดเป้าหมายของบล็อกเป็นโหมด 'MAN'
Use Fault State value on restart	ใช้ค่าของพารามิเตอร์ FSTATE_VAL หากรีสตาร์ทอุปกรณ์ (Device Restart) มิฉะนั้นให้ใช้ค่าเอาต์พุตสุดท้ายในหน่วยความจำ
Use PV for BKCAL_OUT	ให้ใช้ตัวค่า PV เป็นค่าสำหรับ BKCAL_OUT

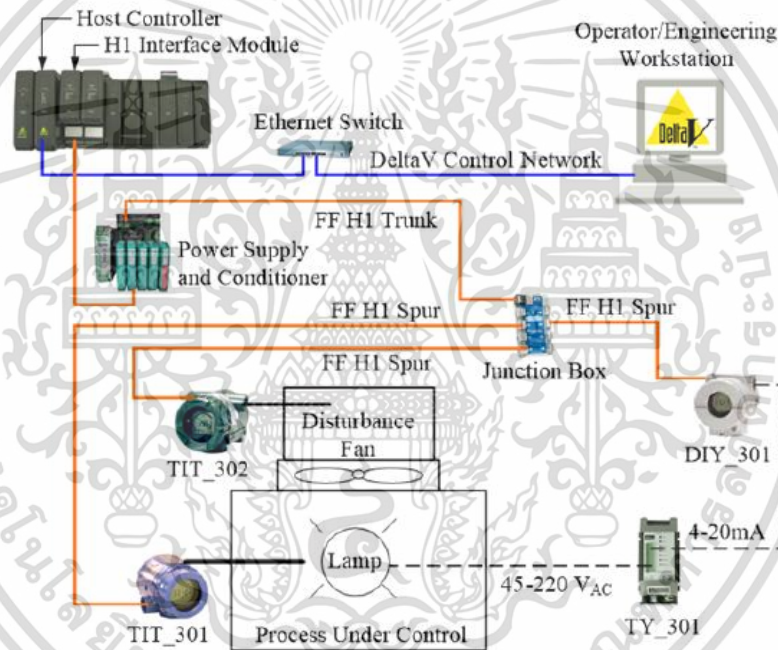
2.2.2 ผลการทดลองตัวอย่างของการเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย [21]

รูปที่ 2.1 เป็นระบบควบคุมอุณหภูมิแบบพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าที่ได้กำหนดตัวเลือกพารามิเตอร์และใช้การควบคุมบนโฮสต์ดีซีเอสรุ่น DeltaV โดยบล็อกอินพุตแอนะล็อก AI1 ใช้สำหรับการวัดค่าตัวแปรที่ควบคุม และ AI2 ใช้สำหรับการวัดค่าสัญญาณอินพุตรบกวน ซึ่งบล็อก AI1 และบล็อก AI2 ถูกกำหนดไว้ที่เครื่องมือวัด TIT_301 และ TIT_302 ตามลำดับ สำหรับบล็อกนำหน้า-ล่าช้า (Lead-Lag Block) LL1 ถูกกำหนดไว้ที่โมดูลอินเทอร์เฟซ H1 (H1 Interface Module) ซึ่งใช้สำหรับการชดเชย (Lead-Lag Compensation) ค่าสัญญาณอินพุตรบกวนซึ่งเป็นส่วนป้อนล่วงหน้าของการควบคุมพีไอดีแบบมีส่วนป้อนล่วงหน้า สำหรับบล็อกตัวควบคุมพีไอดี PID1 ถูกกำหนดไว้ที่ตัวแปลงสัญญาณ DIY_301 ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณฟาวด์เซ็นฟิลด์บัสเป็นสัญญาณ 4-20 mA โดยบล็อก PID1 ใช้สำหรับปรับค่าควบคุมกระบวนการและฟังก์ชันการรวมค่าป้อนล่วงหน้า และสำหรับบล็อกเอาต์พุตแอนะล็อก AO1 ถูกกำหนดไว้ที่ DIY_301 ใช้สำหรับสร้างสัญญาณควบคุมสำหรับ TY_301 ซึ่งตัวเลือกพารามิเตอร์สำหรับบล็อก AI1, AI2, PID1 และ AO1 ถูกกำหนดดังตารางที่ 2.5 สำหรับรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างในการทดลองการทำงานของลูบควบคุมที่แสดงอยู่ในโหมดออนไลน์ในขณะที่ AI1 เกิดสถานะ 'Bad' มีการดำเนินการสถานะความผิดปกติที่บล็อก AO1 และการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติที่บล็อก PID1 และ AO1 ซึ่งตั้งโหมดเป้าหมายเป็นโหมด 'MAN' สำหรับตัวอย่างกรณีศึกษาที่แสดงอยู่นี้ได้ให้ระดับสูงสุดสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพความปลอดภัยของการควบคุมพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า

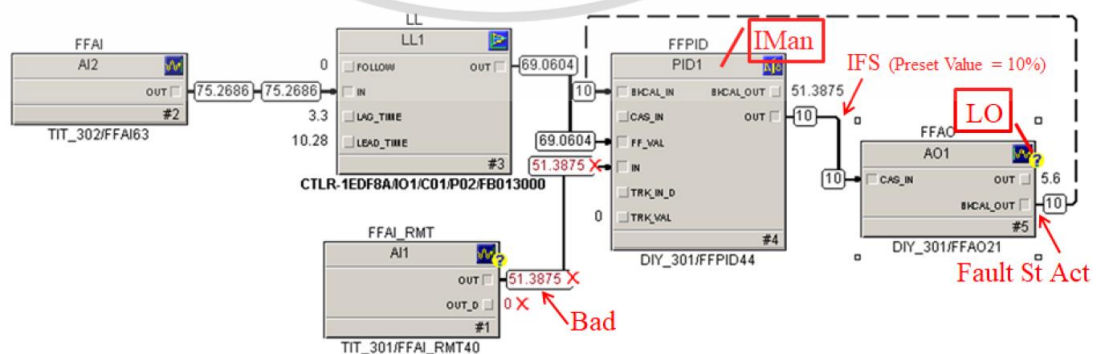
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 ตัวอย่างตัวเลือกพารามิเตอร์ที่ถูกเลือกใช้

พารามิเตอร์	ตัวเลือกที่ถูกเลือก
STATUS_OPTS ของบล็อก AI1 และ AI2	Uncertain if Man mode Bad if Limited Propagated Fault Forward
STATUS_OPTS ของบล็อก PID1	Target to Man if Bad IN IFS if Bad IN
IO_OPTS ของบล็อก AO1	Fault State to value Target to Manual if Fault St Act



รูปที่ 2.1 ระบบควบคุมอุณหภูมิที่ใช้เทคโนโลยีฟาวน์เดชันฟิลด์บัส [21]

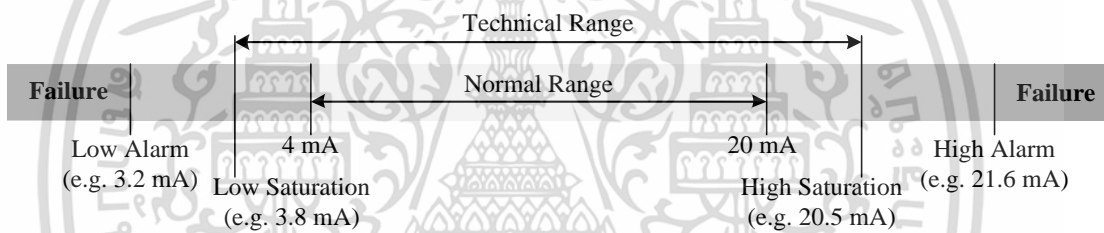


รูปที่ 2.2 ลูปควบคุมในโมดออนไลน์ขณะทำการทดลองเมื่อเกิดสถานะ ‘Bad’ ที่ AI1 [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระดับสัญญาณสำหรับทรานสมิตเตอร์ 4-20 mA

ทรานสมิตเตอร์ที่ส่งสัญญาณ 4-20 mA มีความสามารถในการรองรับช่วงสัญญาณที่ต่ำกว่า 4 mA และสูงกว่า 20 mA ได้เล็กน้อย สำหรับทรานสมิตเตอร์จะใช้ค่ากระแสที่ต่ำกว่า 4 mA และสูงกว่า 20 mA เพื่อส่งสัญญาณความผิดปกติ เช่น ความล้มเหลวของเซนเซอร์ (Sensor Failure) หรือ การแจ้งเตือนอื่น ๆ ซึ่งจากรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงระดับสัญญาณสองประเภทที่อยู่นอกช่วงปกติ ได้แก่ ระดับสัญญาณแจ้งเตือนสูง/ต่ำ (High/Low Alarm) เพื่อระบุถึงความล้มเหลวของฮาร์ดแวร์ (Hardware Failures) และระดับความอิ่มตัวสูง/ต่ำ (High/Low Saturation) เพื่อระบุถึงเหตุการณ์ที่อยู่นอกช่วง (Out-Of-Range) โดยปกติแล้วระดับความอิ่มตัวต่ำควรมากกว่าระดับสัญญาณแจ้งเตือนต่ำ และระดับความอิ่มตัวสูงควรน้อยกว่าระดับสัญญาณแจ้งเตือนสูง ซึ่งความแตกต่างขั้นต่ำระหว่างระดับความอิ่มตัวและระดับสัญญาณแจ้งเตือนควรแตกต่างกันอย่างน้อย 0.1 mA อย่างไรก็ตามผู้ผลิตเครื่องมือวัดภาคสนามหลายรายระบุการเตือนภัยและระดับความอิ่มตัวของผลิตภัณฑ์ของตนเอง [27-30] โดยระดับการแจ้งเตือนนั้นอาจแตกต่างกันไปตามประเภทของ ทรานสมิตเตอร์ [31,32]



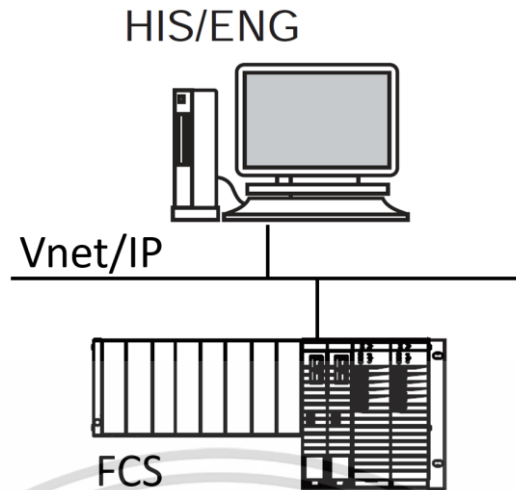
รูปที่ 2.3 สัญญาณแจ้งเตือนและระดับความอิ่มตัวสำหรับทรานสมิตเตอร์ 4-20 mA

2.4 ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP [34,35]

2.4.1 ภาพรวมของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP

ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP เป็นระบบควบคุมการผลิตแบบบูรณาการสำหรับการควบคุมกระบวนการที่ใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ เช่น การกลั่นปิโตรเลียม น้ำมัน อุตสาหกรรมเหล็ก อาหาร/เครื่องดื่มและพลังงานไฟฟ้า ซึ่งดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งถูกเชื่อมต่อกันผ่านบัสควบคุม (Control Bus) และอีเธอร์เน็ต (Ethernet) โดยมีสถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อกัน (System Architecture) ขนาดเล็กดังรูปที่ 2.4 ซึ่ง ได้แก่ ส่วนอินเทอร์เฟซผู้ปฏิบัติงาน/วิศวกรรม (Human Interface Station/Engineering Station: HIS/ENG) ทำหน้าที่แสดงค่าเพื่อตรวจสอบและสั่งการควบคุมจากผู้ใช้งาน ส่วนควบคุมภาคสนาม (Field Control Station: FCS) ทำหน้าที่ในการรับ/ส่งค่าที่ได้จากอุปกรณ์ภาคสนามและทำหน้าที่รับการสั่งการจาก HIS/ENG เพื่อประมวลผลและสั่งการไปยังอุปกรณ์ภาคสนาม และสำหรับ Vnet/IP ซึ่งเป็นอีเธอร์เน็ตโพรโตคอล (Ethernet Protocol) ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการเชื่อมต่อกันระหว่างผลิตภัณฑ์ของบริษัทโยโกกาว่า (Yokogawa Electric Corporation) ทำหน้าที่เชื่อมต่อ HIS/ENG และ FCS เข้าด้วยกันโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

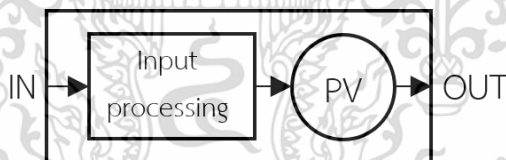


รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรมการเชื่อมต่อขนาดเล็กของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP [34]

2.4.2 ฟังก์ชันบล็อกในดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ที่ใช้ในการสร้างรูปควบคุม

2.4.2.1 บล็อกแสดงอินพุต (PVI)

บล็อกแสดงอินพุต (PVI) ใช้เพื่อแสดงค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดโดยเชื่อมต่อที่เทอร์มินอล (Terminal) 'IN' และสามารถส่งค่าที่อ่านได้ไปประมวลผลต่อยังบล็อกถัดไปที่เทอร์มินอล 'OUT' โดยมีไดอะแกรม (Diagram) การเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.5 และมีรายละเอียดเทอร์มินอลการเชื่อมต่อดังตารางที่ 2.6 และมีพารามิเตอร์ของบล็อกที่สนใจดังตารางที่ 2.7



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมบล็อก PVI

ตารางที่ 2.6 เทอร์มินอลการเชื่อมต่อของบล็อก PVI

เทอร์มินอล I/O	รายละเอียด
IN	อินพุตการวัด (Measurement Input)
OUT	เอาต์พุตที่มีการจัดการ (Manipulated Output)

ตารางที่ 2.7 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PVI

รายการข้อมูล	รายละเอียด
MODE	บล็อกโหมด (Block Mode)
ALRM	สถานะแจ้งเตือน (Alarm Status)

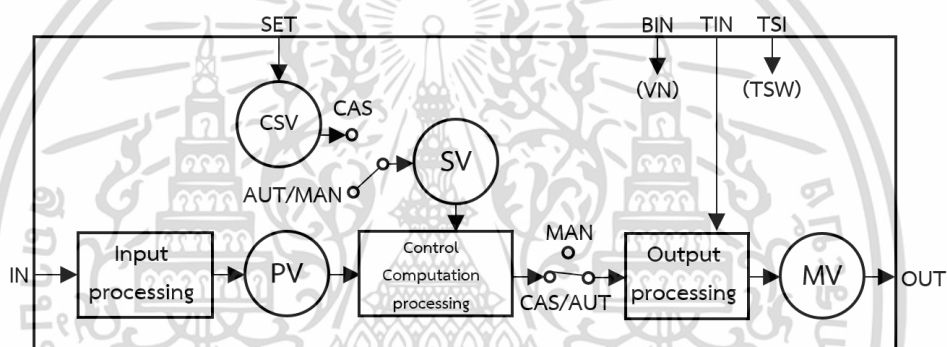
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

รายการข้อมูล	รายละเอียด
PV	อินพุตการวัด (Measurement Input)
RAW	ข้อมูลอินพุตดิบ (Raw Input Data)

2.4.2.2 บล็อกตัวควบคุม (PID)

บล็อกตัวควบคุมพีไอดีใช้เพื่อการประมวลผลค่า PID โดยเชื่อมต่อกับค่าที่วัดได้ที่เทอร์มินอล 'IN' และนำค่าประมวลผลการควบคุมที่ได้ที่เทอร์มินอล 'OUT' ซึ่งบล็อก PID มีไดอะแกรมการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.6 และมีรายละเอียดเทอร์มินอลการเชื่อมต่อดังตารางที่ 2.8 และมีพารามิเตอร์ของบล็อกที่สนใจดังตารางที่ 2.9



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมบล็อก PID

ตารางที่ 2.8 เทอร์มินอลการเชื่อมต่อของบล็อก PID

เทอร์มินอล I/O	รายละเอียด
IN	อินพุตการวัด
SET	อินพุตค่าเป้าหมาย (Setting Input)
OUT	เอาต์พุตที่มีการจัดการ
BIN	อินพุตค่าทดแทน (Compensation Input)
TIN	อินพุตค่าที่ใช้ของโมดแทรคกิง (Tracking Input)
TSI	สวิตช์อินพุตเพื่อใช้โมดแทรคกิง (Tracking SW Input)

ตารางที่ 2.9 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PID

รายการข้อมูล	รายละเอียด
MODE	บล็อกโหมด
ALRM	สถานะแจ้งเตือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในข้อมูลและข้อมูลอื่น ๆ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

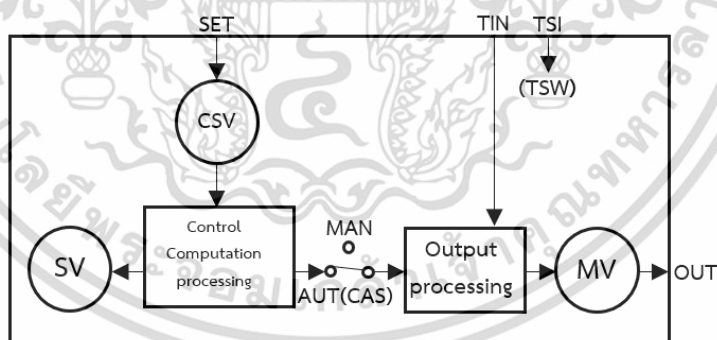
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 (ต่อ)

รายการข้อมูล	รายละเอียด
PV	อินพุตการวัด
RAW	ข้อมูลอินพุตดิบ
MV	ค่าเอาต์พุตที่มีการจัดการ (Manipulated Output Value)
SV	ค่าเป้าหมาย (Setpoint Value)
P	Proportional band
I	Integral time
D	Derivative time

2.4.2.3 บล็อกโหลดแมนวลด้วยสวิตช์โหมด Auto/Man (MLD-SW)

บล็อกโหลดแมนวลด้วยสวิตช์โหมด Auto/Man (MLD-SW) เป็นฟังก์ชันบล็อกที่สามารถเลือกสัญญาณเอาต์พุตที่จะส่งไปยังตัวควบคุมกระบวนการโดยเป็นการเลือกระหว่างสัญญาณเอาต์พุตที่จัดการด้วยตนเองเมื่ออยู่ในโหมด 'MAN' หรือจะเลือกสัญญาณเอาต์พุตที่ได้รับจากบล็อกก่อนหน้านี้เมื่ออยู่ในโหมด 'CAS' ไดอะแกรมของบล็อกโหลดแมนวลด้วยสวิตช์โหมด Auto/Man (MLD-SW) แสดงดังรูปที่ 2.7 และมีรายละเอียดเทอร์มินอลการเชื่อมต่อดังตารางที่ 2.10 และมีพารามิเตอร์ของบล็อกที่สนใจดังตารางที่ 2.11



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมบล็อก MLD-SW

ตารางที่ 2.10 เทอร์มินอลการเชื่อมต่อของบล็อก MLD-SW

เทอร์มินอล I/O	รายละเอียด
SET	อินพุตค่าเป้าหมาย
OUT	เอาต์พุตที่มีการจัดการ
TIN	อินพุตค่าที่ใช้ของโหมดแทรกคิง (Tracking Input)
TSI	สวิตช์อินพุตเพื่อใช้โหมดแทรกคิง (Tracking SW Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

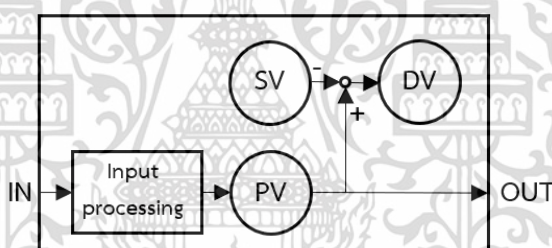
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก MLD-SW

รายการข้อมูล	รายละเอียด
MODE	บล็อกโหมด
ALRM	สถานะแจ้งเตือน
MV	ค่าเอาต์พุตที่มีการจัดการ

2.4.2.4 บล็อกแสดงค่าอินพุตพร้อมสัญญาณแจ้งเตือนการเบี่ยงเบน (PVI-DV)

บล็อกแสดงค่าอินพุตพร้อมสัญญาณแจ้งเตือนการเบี่ยงเบน (PVI-DV) ใช้เพื่อแสดงค่าที่อ่านได้จากโมดูล I/O หรือฟังก์ชันบล็อกที่มีการส่งค่ากระบวนการซึ่งสามารถแสดงค่าพร้อมด้วยสัญญาณแจ้งเตือนการเบี่ยงเบนได้ โดยมีไดอะแกรมการเชื่อมต่อดังรูปที่ 2.8 และมีรายละเอียดเทอร์มินอลการเชื่อมต่อดังตารางที่ 2.12 และมีพารามิเตอร์ของบล็อกที่สนใจดังตารางที่ 2.13



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมบล็อกแสดงอินพุต (PVI-DV)

ตารางที่ 2.12 เทอร์มินอลการเชื่อมต่อของบล็อก PVI-DV

เทอร์มินอล I/O	รายละเอียด
IN	อินพุตการวัด
OUT	เอาต์พุตที่มีการจัดการ
SUB	เอาต์พุตเสริม

ตารางที่ 2.13 รายการข้อมูลที่สนใจของบล็อก PVI-DV

รายการข้อมูล	รายละเอียด
MODE	บล็อกโหมด
ALRM	สถานะแจ้งเตือน
PV	อินพุตการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 (ต่อ)

รายการข้อมูล	รายละเอียด
RAW	ข้อมูลอินพุตดิบ
SV	ค่าเป้าหมาย
DV	ค่าเบี่ยงเบน (Deviation Value)
DL	ค่าจำกัดเบี่ยงเบน (Deviation Limit Value)

2.4.2.5 บล็อกตารางลำดับ (ST16)

บล็อกตารางลำดับ (ST16) เป็นฟังก์ชันบล็อกที่ระบุความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตในลักษณะ 'ใช่/ไม่ใช่' (Y/N) ดังรูปที่ 2.9 โดยเชื่อมต่อข้อมูลที่ต้องการด้วยการระบุเชื่อมต่อในพื้นที่ 'Input connection information setting area' และ 'Output connection information setting area' และสามารถตั้งเงื่อนไขในพื้นที่ 'Condition rule setting area' และผลของการเป็นไปตามเงื่อนไขในพื้นที่ 'Action rule setting area' ซึ่งบล็อกนี้สามารถสร้างการทำงานเป็นขั้นตอนเพื่อให้เกิดการทำงานเป็นลูปได้โดยกำหนดที่ 'Step label' โดยบล็อกตารางลำดับ (ST16) สามารถจัดการได้ทั้งหมด 64 แท็กข้อมูล (64 Tags Information) และสามารถสร้างได้ 32 กฎ (32 Rule Number)

No.	Tag name Data item	Data	Rule number												
			01	02	03	04	05	06	07	08	~	32			
			Step label											~	
			Comment											~	
														~	
	Input connection information setting area	Condition specification setting area												~	
														~	
														~	
														~	
	Output connection information setting area	Operation specification setting area												~	
														~	
														~	
														~	

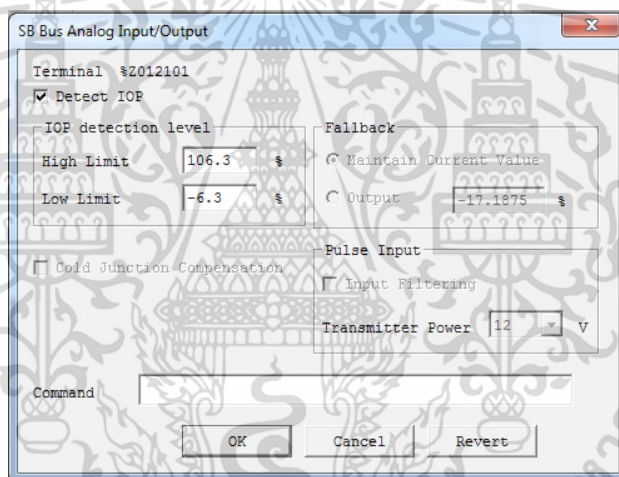
รูปที่ 2.9 ไดอะแกรมบล็อก ST16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 สัญญาณแจ้งเตือน

2.4.3.1 สัญญาณแจ้งเตือนแบบเกินค่าจำกัด IOP และ IOP-

สัญญาณแจ้งเตือนอินพุตเปิดจำกัดด้านสูง (High-Limit Input Open Alarm: IOP) โดยจะเกิดขึ้นเมื่อค่าอินพุตเกินค่ากำหนดอินพุตเปิดการตรวจจับได้สูงและในทำนองเดียวกันสัญญาณแจ้งเตือนอินพุตเปิดจำกัดด้านต่ำ (Low-Limit Input Open Alarm: IOP-) โดยจะเกิดขึ้นเมื่อค่าอินพุตต่ำกว่าค่ากำหนดเปิดจำกัดด้านต่ำ ซึ่งการตั้งค่าจำกัดตรวจจับระดับ IOP (IOP Detection Level) สามารถตั้งค่าได้ที่หน้าต่าง System View หน้าต่างโมดูล I/O และเลือกพอยท์ที่ต้องการจากนั้นตั้งค่าให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ดังตัวอย่างรูป ที่ 2.10 ซึ่งที่ IOP ที่ค่าเริ่มต้น (Default Setting) ถูกตั้งค่าไว้ 106.3% และที่ IOP- ที่ค่าเริ่มต้นถูกตั้งค่าไว้ -6.3% ทั้งนี้สัญญาณแจ้งเตือน IOP, IOP- นั้นเป็นสัญญาณบ่งชี้ว่าเกิดความล้มเหลว เช่น สายไฟที่ขาดในขั้วตรวจจับหรือทรานสมิตเตอร์ส่งแจ้งความล้มเหลวในช่วงสัญญาณล้มเหลวดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.10 หน้าต่างการตั้งค่าระดับการตรวจจับสัญญาณแจ้งเตือน IOP และ IOP-

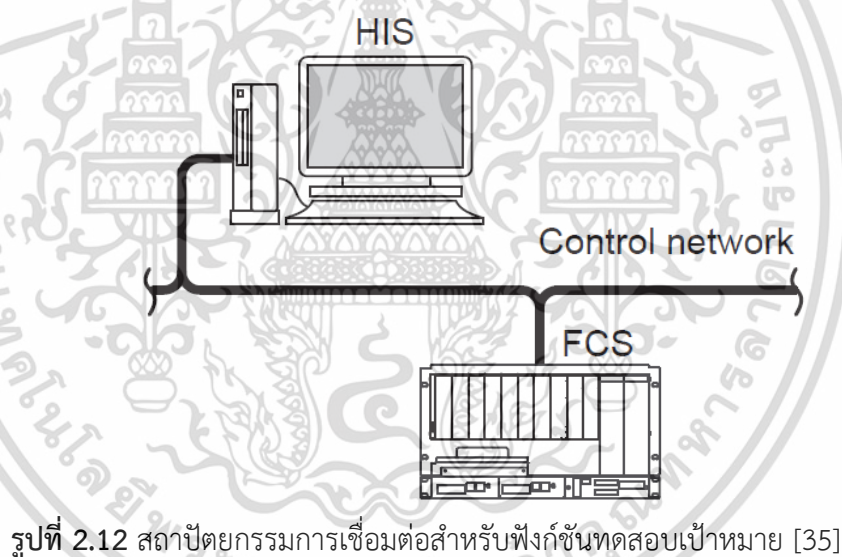
2.4.3.2 สัญญาณแจ้งเตือนแบบเบี่ยงเบน DV+ และ DV-

สัญญาณแจ้งเตือนการเบี่ยงเบนเป็นสัญญาณแจ้งเตือนเพื่อบ่งชี้ว่าส่วนเบี่ยงเบนในทิศทางบวก (Deviation Alarm Positive Direction: DV+) หรือส่วนเบี่ยงเบนในทิศทางลบ (Deviation Alarm Negative Direction: DV-) โดยค่าเบี่ยงเบน (Deviation Value: DV) คือค่าที่ได้จากการวัด (PV) ลบกับค่าที่ตั้งไว้ (SV) โดยถ้าค่าเบี่ยงเบน (DV) ที่ได้ มีค่ามากกว่าค่าจำกัดการเบี่ยงเบน (Deviation Limit: DL) จะเกิดสัญญาณแจ้งเตือน DV+ ในทำนองเดียวกันถ้าค่าเบี่ยงเบน (DV) ที่ได้ มีค่าน้อยกว่าค่าจำกัดการเบี่ยงเบน (DL) จะเกิดสัญญาณแจ้งเตือน DV- ซึ่งสามารถนำสัญญาณแจ้งเตือนแบบเบี่ยงเบนไปประยุกต์ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่า MV ที่ส่งออกไปกับที่วัดได้จากตำแหน่งแอกทูเอเตอร์จริงเพื่อตรวจสอบการเกิดความล้มเหลวในการเปลี่ยนแปลง

ตำแหน่งของคอนโทรลวาล์ว (Control Valve)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ฟังก์ชันทดสอบของดีซีเอสที่ใช้

ฟังก์ชันทดสอบการทำงานบน HIS เพื่อการเลียนแบบสภาพแวดล้อมสำหรับการทดสอบแอปพลิเคชัน (Application) ต่าง ๆ สำหรับระบบควบคุมดีซีเอสรุ่น CENTUM VP สามารถแบ่งฟังก์ชันการทดสอบได้ 2 แบบ คือการทดสอบเสมือนจริง (Virtual Test) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ไม่ต้องเชื่อมต่อ FCS ดังรูปที่ 2.11 และการทดสอบเป้าหมาย (Target Test) เป็นการทดสอบโดยการเชื่อมต่อ FCS ดังรูปที่ 2.12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การเพิ่มความปลอดภัยสำหรับการควบคุม กระบวนการพื้นฐานที่นำเสนอ

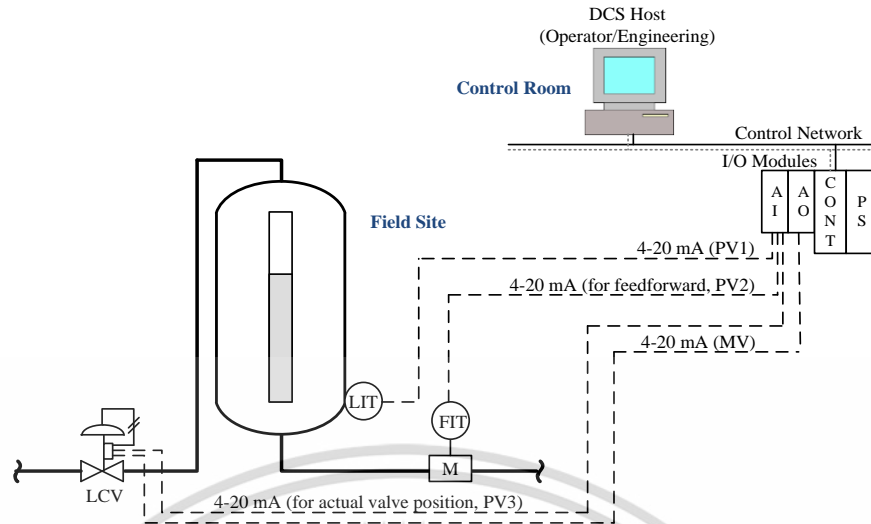
3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงระบบควบคุมของเหลวในถังที่ใช้เป็นกรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์นี้และจากนั้นแสดงถึงการดำเนินการโดยทั่วไปในการตอบสนองต่อความล้มเหลวและรายละเอียดแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยทั้ง 4 รูปแบบ ที่นำไปประยุกต์ใช้กับรูปควบคุม 4 แบบ ซึ่งเป็นที่มาในการสร้างแผนผังควบคุมทั้งหมด 8 แบบและสุดท้ายได้แสดงผังงาน (Flow Chart) ของแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัย

3.2 พลาเน็ตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

เพื่อนำเสนอและการทดสอบการดำเนินการของรูปควบคุมที่ได้เพิ่มความปลอดภัยได้ใช้พลาเน็ตโมเดล (Plant Model) ระบบควบคุมของเหลวในถังโดยการควบคุมแบบลูปีโอดีทีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าและลูปีโอดีทีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าเป็นกระบวนการควบคุมอ้างอิง ซึ่งได้แสดงตัวอย่างการติดตั้งอุปกรณ์ 4-20 mA ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งได้แก่ ทรานสมิตเตอร์วัดระดับของเหลวหรือ LIT (PV1) ใช้สำหรับวัดระดับของเหลวในถัง ทรานสมิตเตอร์วัดอัตราการไหลหรือ FIT (PV2) ใช้สำหรับวัดอัตราการไหลด้านออก และคอนโทรลวาล์วหรือ LCV (MV) ใช้สำหรับการจัดการอัตราการไหลเข้าถังทั้งหมดถูกติดตั้งในพื้นที่ภาคสนาม ซึ่งโดยปกติแบบดั้งเดิมนั้นค่าตำแหน่งแอกทูเอเตอร์จริงส่วนใหญ่จะไม่มีสัญญาณส่งกลับเพื่อใช้สำหรับการตรวจสอบจากระยะไกลที่เวิร์กสเตชันของผู้ปฏิบัติงาน/วิศวกร (Operator/Engineering Work Station) อย่างไรก็ตามสามารถตรวจสอบตำแหน่งจริงของ LCV ได้ โดยการติดตั้งตัวอ่านตำแหน่งวาล์วหรือ Valve Positioner (PV3) และเพิ่มคู่สายสัญญาณในการเชื่อมต่อ ทำให้เมื่อเกิดเหตุการณ์ล้มเหลวขึ้นสามารถแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงทีจึงเป็นที่มาของการบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพ ส่วนระบบดีซีเอสและอินเทอร์เฟซ (Interface) ถูกติดตั้งในห้องควบคุม (Control Room) โดยมีตัวโมดูล CONT ทำหน้าที่ประมวลผลอัลกอริทึมการควบคุมและตรรกะการสั่งการแบบลำดับ (Sequence) ซึ่งมีการเชื่อมต่อรับ/ส่งค่าโดยโมดูลต่าง ๆ ได้แก่ โมดูล AI ใช้เพื่อส่งข้อมูลกระบวนการจากเครื่องมือวัดไปยังโมดูล CONT โมดูล AO ใช้เพื่อส่งค่า MV ที่ได้จากการประมวลผลของโมดูล CONT ไปยังอุปกรณ์ภาคสนาม และพาวเวอร์ซัพพลาย (Power Supply: PS) ติดตั้งเพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานของโมดูล CONT, AI และ AO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

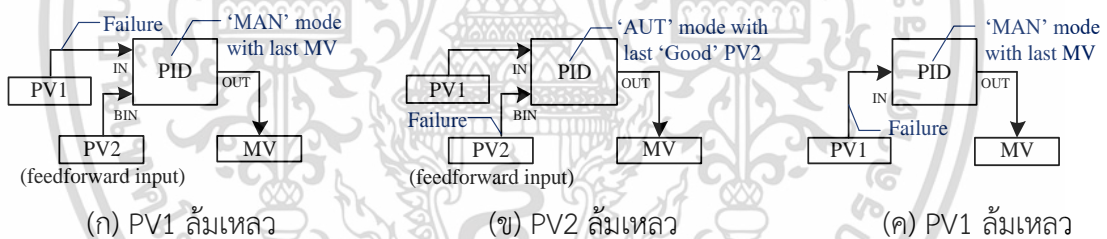


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างของพลาเน็ตโมเดลที่ใช้เป็นกรณีศึกษา

3.3 การดำเนินการโดยทั่วไปและแนวความคิดการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย

3.3.1 การดำเนินการโดยทั่วไปของลูปควบคุมในการตอบสนองต่อความล้มเหลว

ล้มเหลว



(ก) PV1 ล้มเหลว

(ข) PV2 ล้มเหลว

(ค) PV1 ล้มเหลว

รูปที่ 3.2 การดำเนินการทั่วไปในการตอบสนองสำหรับลูปพีไอดีที่มี/ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าเมื่อเกิดความล้มเหลว PV1 และ PV2

สำหรับลูปที่ใช้เพื่อทำการศึกษาค่าที่วัดได้มีสถานะเป็น ‘Bad’ ใช้สำหรับการพิจารณาความล้มเหลวของ PV1 และ PV2 ซึ่งการดำเนินการโดยทั่วไปนั้นมีการตอบสนองต่อความล้มเหลว ดังรูปที่ 3.2 ในกรณีที่เกิดความล้มเหลวที่ PV1 สำหรับลูปพีไอดีที่มี/ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าดังรูปที่ 3.2(ก) และ 3.2(ค) ตามลำดับ ซึ่งมีการดำเนินการที่คล้ายคลึงกัน คือมีการเปลี่ยนโหมดการทำงานของบล็อก PID เป็น ‘MAN’ และคงค่าเอาต์พุตของบล็อก PID ที่ค่า MV สุดท้าย แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดความล้มเหลว PV2 จะไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการดำเนินการบล็อก PID ดังรูปที่ 3.2(ข) [21] ซึ่งบล็อก PID ยังคงทำงานในโหมด ‘AUT’ โดยใช้ค่าล่าสุดของ PV2 ในขณะที่มีสถานะเป็น ‘Good’ ในการประมวลผลเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 แนวคิดของการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย

ตารางที่ 3.1 ลูปพีไอดี 4 แบบ ที่สนใจสำหรับการควบคุมระดับของในถังของรูปที่ 3.1

ลูป	คำอธิบาย	สัญญาณแอนะล็อกที่เกี่ยวข้อง			
		PV1	PV2	PV3	MV
1	ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	√	√		√
2	ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	√			√
3	ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง	√	√	√	√
4	ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง	√		√	√

จากตารางที่ 3.1 แสดงลูปพีไอดีที่สนใจทั้ง 4 แบบ สำหรับระบบควบคุมระดับของเหลวในถังดังพลานต์โมเดลรูปที่ 3.1 ซึ่งได้แก่

- Loop 1 คือ ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า
- Loop 2 คือ ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า
- Loop 3 คือ ลูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง
- Loop 4 คือ ลูปพีไอดีที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง

สำหรับการนำเสนอแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยเมื่อเกิดความล้มเหลวของเซนเซอร์หรือแอกทูเอเตอร์โดยการจัดการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติมีทั้งหมด 4 รูปแบบ ซึ่งรายละเอียดรูปแบบความปลอดภัยที่นำเสนอแสดงดังตารางที่ 3.2 และมีการนำรูปแบบความปลอดภัยที่นำเสนอไปใช้กับลูปพีไอดีที่สนใจทั้ง 4 แบบ ดังนี้

- Pattern 1 แสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งนำไปใช้กับ Loop 1 และ Loop 2
- Pattern 2 แสดงดังรูปที่ 3.4 ซึ่งนำไปใช้กับ Loop 1 และ Loop 2
- Pattern 3 แสดงดังรูปที่ 3.5 ซึ่งนำไปใช้กับ Loop 3 และ Loop 4
- Pattern 4 แสดงดังรูปที่ 3.6 ซึ่งนำไปใช้กับ Loop 3 และ Loop 4

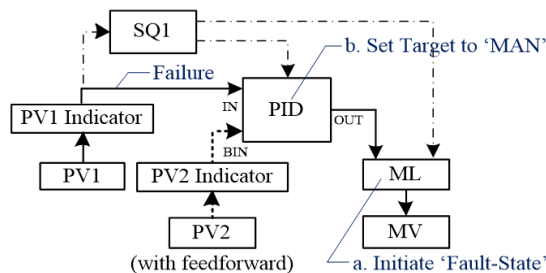
ตารางที่ 3.2 การดำเนินการที่ถูกรอกแบบเพื่อเพิ่มความปลอดภัยทั้ง 4 รูปแบบ

รูปแบบ	การดำเนินการสถานะความผิดปกติ	การดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ
1	a. บังคับให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า (Preset Safe Value) เป็นสัญญาณ MV เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1	b. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

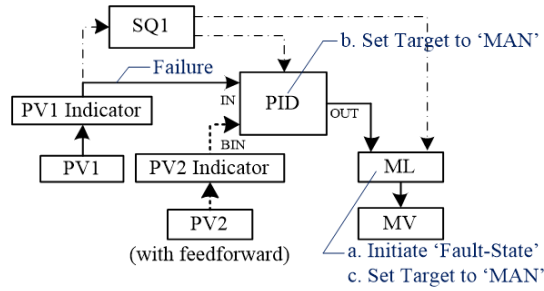
ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

รูปแบบ	การดำเนินการสถานะความผิดปกติ	การดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ
2	a. บังคับให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้าเป็นสัญญาณ MV เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1	b. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1
		c. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก ML เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1
3	a. บังคับให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้าเป็นสัญญาณ MV เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1	b. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1
		d. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV3
4	a. บังคับให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้าเป็นสัญญาณ MV เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1	b. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1
		c. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก ML เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV1
		d. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก PID เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV3
		e. บังคับให้โหมดเป้าหมายของบล็อก ML เป็น 'MAN' เมื่อตรวจพบความล้มเหลว PV3

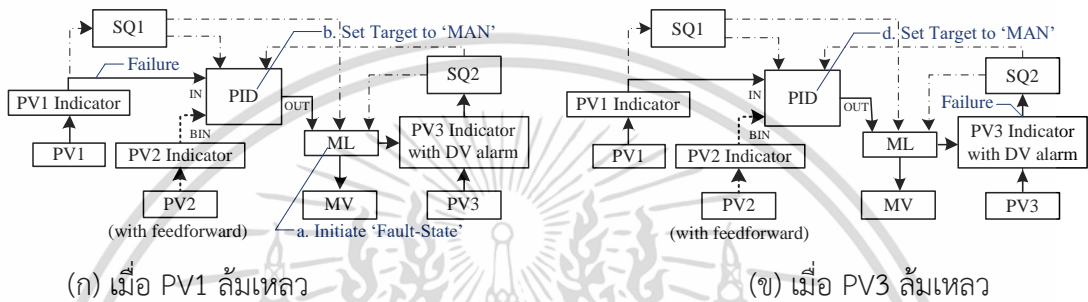


รูปที่ 3.3 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 1

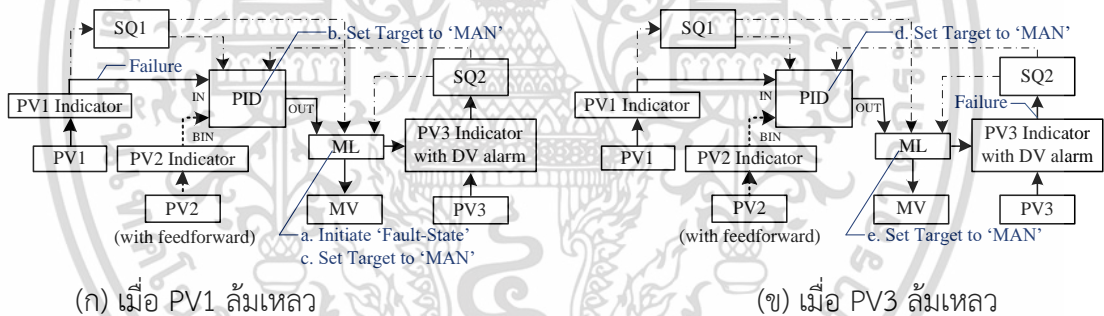
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นใบใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 2



รูปที่ 3.5 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 3



รูปที่ 3.6 แนวคิดในการปรับปรุงความปลอดภัย Pattern 4

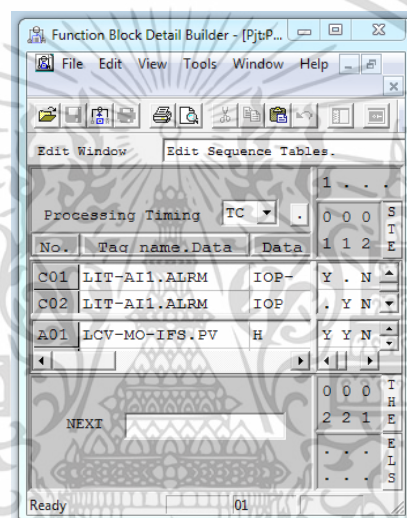
จากรูปที่ 3.3 - 3.6 สำหรับบล็อกแสดงค่า PV1 (PV1 Indicator) และบล็อกแสดงค่า PV2 (PV2 Indicator) ทำหน้าที่ดำเนินการประมวลผลอินพุตและสัญญาณเตือนเพื่อตรวจจับความล้มเหลวของทรานสมิตเตอร์ LIT และ FIT ตามลำดับ สำหรับบล็อกแสดงค่า PV3 พร้อมการตรวจสอบสัญญาณเตือนความเบี่ยงเบน (PV3 Indicator with DV alarm) ทำหน้าที่ดำเนินการประมวลผลอินพุตและสามารถส่งสัญญาณแจ้งเตือนเพื่อตรวจสอบความเบี่ยงเบนของค่า PV3 เมื่อเทียบกับค่า MV เพื่อแสดงสถานะความล้มเหลวของ LCV สำหรับบล็อก ML ทำหน้าที่เลือกที่มาของค่า MV โดยถ้าโหมดเป้าหมายคือ 'CAS' (Cascade Mode) จะใช้ค่า MV ที่ได้จากการประมวลผลจากบล็อก PID และถ้าโหมดเป้าหมายคือ 'MAN' จะใช้ค่า MV ในบล็อก ML ที่กำหนดด้วยตนเองจากผู้ปฏิบัติงาน สำหรับบล็อก SQ1 และ SQ2 ทำหน้าที่การดำเนินการแบบลำดับ (Sequential Operations) เพื่อใช้

สำหรับการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติ โดยเมื่อเกิดความล้มเหลวที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขเปลี่ยนแปลงเอกสารนี้โดยไม่ผ่านการอนุมัติจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV1 ใช้บล็อก SQ1 ในการดำเนินการและเมื่อเกิดความล้มเหลวที่ PV3 จะใช้บล็อก SQ2 ในการดำเนินการ ซึ่งเส้นขีด-ประ (Dash-Dotted) แสดงถึงการเชื่อมต่อเสมือนระหว่างบล็อกสำหรับบล็อก SQ1 และ SQ2 นอกจากนี้สำหรับการดำเนินการกรณีเมื่อเกิดความล้มเหลวที่ PV2 จะใช้ค่าสุดท้ายของ PV2 ที่มีสถานะ ‘Good’ ในการส่งค่าไปประมวลผลที่บล็อกพีไอดีและไม่ส่งผลในการเปลี่ยนโหมดบล็อกใด ๆ

3.4 การออกแบบแผนผังควบคุมที่มีการดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัยที่นำเสนอ

3.4.1 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 1



รูปที่ 3.7 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P1 และ SQ1-L2P1

สำหรับการนำแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัย Pattern 1 ที่ใช้กับ Loop 1 และ Loop 2 สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ฟังก์ชันบล็อกชนิด ST16 เพื่อจัดสร้างการดำเนินการดังแนวคิดที่ต้องการ และได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ1-L1P1 สำหรับ Loop 1 ที่ใช้ Pattern 1 และ SQ1-L2P1 สำหรับ Loop 2 ที่ใช้ Pattern 1 ซึ่งภายในบล็อกแท็ก SQ1-L1P1 และ SQ1-L2P1 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นการดำเนินการของข้อ a. Fault-State ดังตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.3 ใกล้เคียง

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบไปด้วย 2 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LIT-AI1.ALRM มีสถานะเป็น ‘IOP-’ จะเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LIT-AI1.ALRM มีสถานะเป็น ‘IOP’ จะเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบไปด้วย 1 กฎ คือ

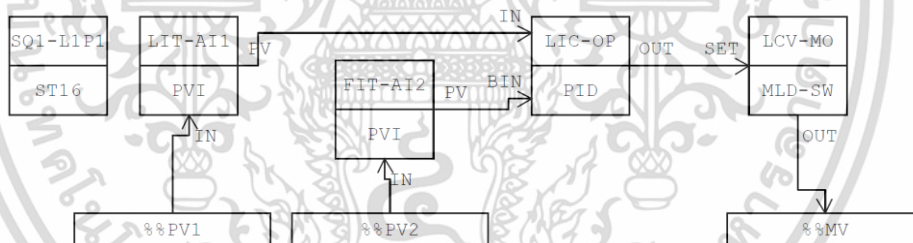
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- กฎข้อที่ 3 ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะปิดการใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 1

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P1 และ SQ1-L2P1

บล็อกแท็ก	ขั้นตอน	กฎ	เงื่อนไขของบล็อกอินพุต	การดำเนินการของบล็อกเอาต์พุต	การดำเนินการในตารางที่ 3.2
SQ1-L1P1, SQ1-L2P1	1	1	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-'	LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 2	a. Fault-State
		2	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP'		
	2	3	ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูกปิดการใช้งานจากนั้นไป ที่ขั้นตอนที่ 1	

3.4.1.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P1



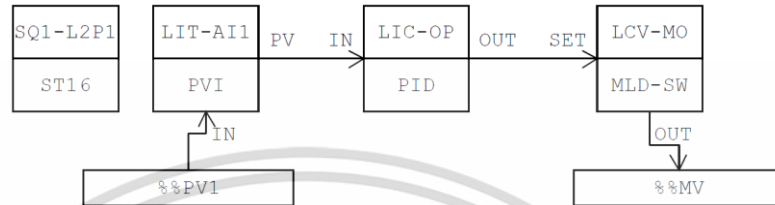
รูปที่ 3.8 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P1

เมื่อ Loop 1 ที่ใช้ Pattern 1 หรือที่เรียกว่า L1P1 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.8 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และในขณะเดียวกันส่วนป้อนล่วงหน้ามี %%PV2 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ FIT และได้เชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของ บล็อกแท็ก FIT-AI2 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ FIT และ FIT-AI2 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล BIN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP นำค่าที่ได้ไปประมวลผลค่า MV สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อรู้เหตุเห็นแจ้งขอสงวนสิทธิ์ในการนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การชดเชยสัญญาณรบกวน (Disturbance) และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 1 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L1P1 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติพร้อมเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1

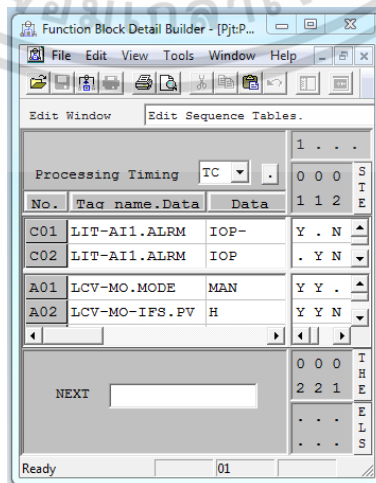
3.4.1.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P1



รูปที่ 3.9 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P1

เมื่อ Loop 2 ที่ใช้ Pattern 1 หรือที่เรียกว่า L2P1 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.9 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 1 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L2P1 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติพร้อมเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1

3.4.2 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 2



รูปที่ 3.10 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P2 และ SQ1-L2P2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานในองค์กรเท่านั้น เมื่อผู้ยูเอชเห็นแป๊ะใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการนำแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัย Pattern 2 ที่ใช้กับ Loop 1 และ Loop 2 สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ฟังก์ชันบล็อกชนิด ST16 เพื่อจัดสร้างการดำเนินการดังแนวคิดที่ต้องการได้ และได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ1-L1P2 สำหรับ Loop 1 ที่ใช้ Pattern 2 และ SQ1-L2P2 สำหรับ Loop 2 ที่ใช้ Pattern 2 ซึ่งภายในบล็อกแท็ก SQ1-L1P2 และ SQ1-L2P2 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นการดำเนินการของข้อ a. Fault-State และ c. Fault-Recovery ดังตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.4 ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบไปด้วย 2 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE เป็น โหมด 'MAN' และเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE เป็น โหมด 'MAN' และเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบไปด้วย 1 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 3 ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะปิดการใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 1

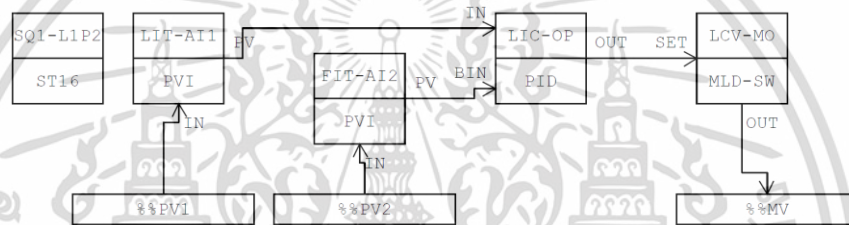
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L1P2 และ SQ1-L2P2

บล็อกแท็ก	ขั้นตอน	กฎ	เงื่อนไขของบล็อกอินพุต	การดำเนินการของบล็อกเอาต์พุต	การดำเนินการในตารางที่ 3.2
SQ1-L1P2, SQ1-L2P2	1	1	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-'	LCV-MO.MODE ถูกบังคับให้เป็น โหมด 'MAN' และ	a. Fault-State c. Fault-Recovery
		2	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 2	
	2	3	ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูกปิดการใช้งานจากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 1	

3.4.2.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P2

เมื่อ Loop 1 ที่ใช้ Pattern 2 หรือที่เรียกว่า L1P2 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.11 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

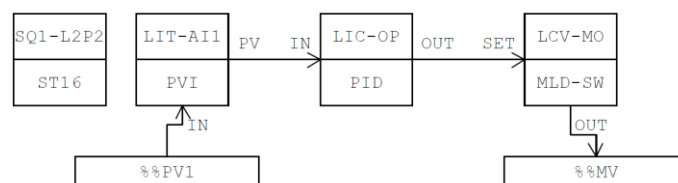
ของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และในขณะเดียวกัน ส่วน บ่อนล่างหน้ามี %%PV2 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ FIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของ บล็อกแท็ก FIT-AI2 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ FIT และ FIT-AI2 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล BIN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP นำค่าที่ได้ไปประมวลผลค่า MV สำหรับการชดเชย สัญญาณรบกวนและสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 2 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L1P2 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกักเก็บความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1



รูปที่ 3.11 แผนผังควบคุมสำหรับ L1P2

3.4.2.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P2

เมื่อ Loop 2 ที่ใช้ Pattern 2 หรือที่เรียกว่า L2P2 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.12 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 1 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L2P2 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกักเก็บความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1

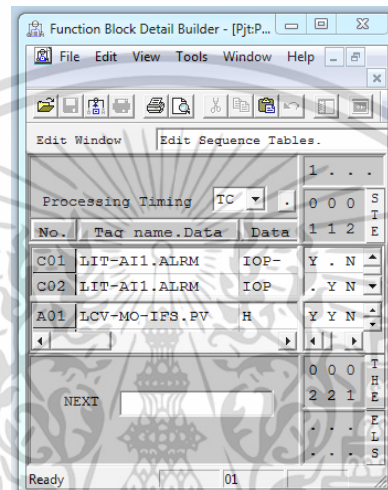


รูปที่ 3.12 แผนผังควบคุมสำหรับ L2P2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 3

สำหรับการนำแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัย Pattern 3 ที่ใช้กับ Loop 3 และ Loop 4 สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ฟังก์ชันบล็อกชนิด ST16 เพื่อจัดสร้างการดำเนินการดังแนวคิดที่ต้องการได้ ซึ่งได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3 สำหรับการดำเนินการเมื่อเซนเซอร์ PV1 เกิดความล้มเหลวและได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3 สำหรับการดำเนินการเมื่อแอกทูเอเตอร์ PV3 เกิดความล้มเหลว



รูปที่ 3.13 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3

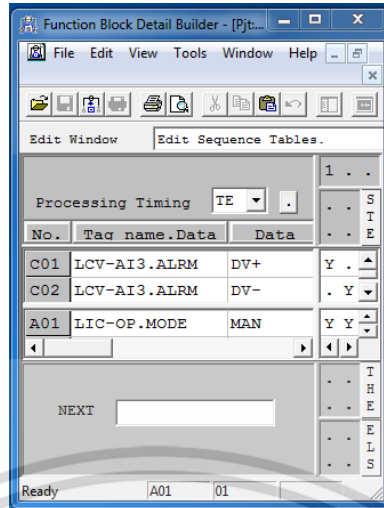
ภายในบล็อกแท็ก SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.13 ซึ่งเป็นการดำเนินการของข้อ a. Fault-State ดังตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.3 ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบไปด้วย 2 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' จะเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP' จะเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบไปด้วย 1 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 3 ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะปิดการใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 3.14 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3

ภายในได้ใช้บล็อกแท็ก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.14 ซึ่งเป็นการดำเนินการของข้อ d. Fault-Recovery ดังตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.5 ได้แก่

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+' จะบังคับโหมดของ LIC-OP.MODE เป็น โหมด 'MAN'
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV-' จะบังคับโหมดของ LIC-OP.MODE เป็น โหมด 'MAN'

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P3, SQ1-L4P3, SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3

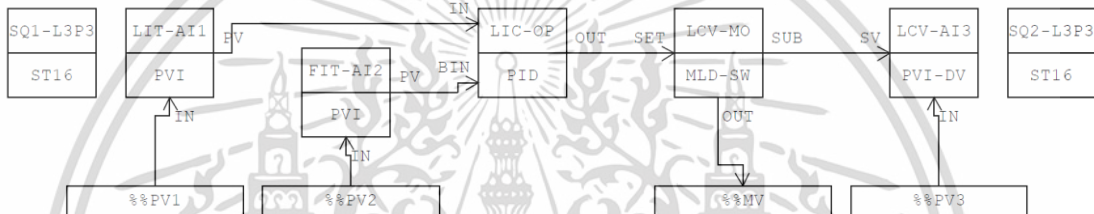
บล็อกแท็ก	ขั้นตอน	กฎ	เงื่อนไขของบล็อก อินพุต	การดำเนินการของ บล็อกเอาต์พุต	การดำเนินการ ในตารางที่ 3.2
SQ1-L3P3, SQ1-L4P3	1	1	ถ้า LIT-AI1.ALARM มี สถานะเป็น 'IOP-'	LCV-MO.MODE ถูก บังคับให้เป็น โหมด 'MAN' และ	a. Fault-State
		2	ถ้า LIT-AI1.ALARM มี สถานะเป็น 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูก เปิดใช้งาน จากนั้นไป ที่ขั้นตอนที่ 2	
	2	3	ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูก ปิดการใช้งานจากนั้น ไปที่ขั้นตอนที่ 1	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

บล็อกแท็ก	ขั้นตอน	กฎ	เงื่อนไขของบล็อกอินพุต	การดำเนินการของบล็อกเอาต์พุต	การดำเนินการในตารางที่ 3.2
SQ2-L3P3, SQ2-L4P3	-	1	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+'	LIC-OP.MODE ถูก บังคับให้เป็น โมด 'MAN'	d. Fault-Recovery
		2	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV-'		

3.4.3.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P3



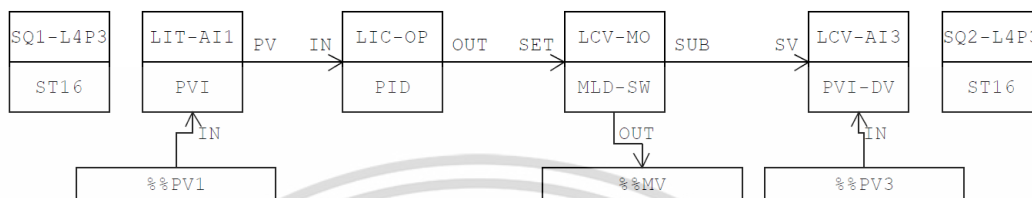
รูปที่ 3.15 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P3

เมื่อ Loop 3 ที่ใช้ Pattern 3 หรือที่เรียกว่า L3P3 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.15 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และในขณะเดียวกันส่วนป้อนล่วงหน้ามี %%PV2 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ FIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก FIT-AI2 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ FIT และ FIT-AI2 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล BIN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP นำค่าที่ได้ไปประมวลผลค่า MV สำหรับการชดเชยสัญญาณรบกวนนั่นเองและในส่วนของ %%PV3 เป็นแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับค่าตำแหน่งวาล์วจริงของ LCV ซึ่งเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LCV-AI3 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LCV (PV3) และยังมี การเชื่อมต่อเทอร์มินอล SUB ของ LCV-MO ซึ่งทำหน้าที่ส่งค่า MV ไปยังเทอร์มินอล SV เพื่อนำค่า MV ที่ส่งออกไปเปรียบเทียบกับค่าตำแหน่ง LCV จริงสำหรับการแจ้งเตือน 'DV+' และ 'DV-' และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 3 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L3P3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 และได้ใช้บล็อกแท็ก SQ2-L3P3 ในการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3

3.4.3.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P3



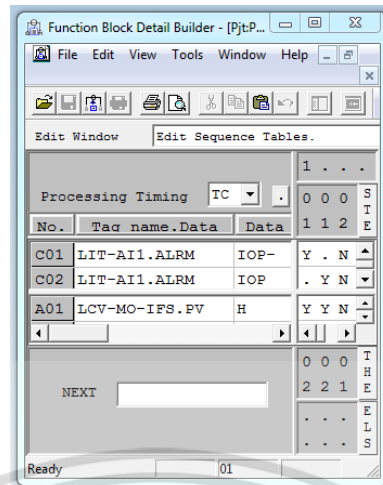
รูปที่ 3.16 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P3

เมื่อ Loop 4 ที่ใช้ Pattern 3 หรือที่เรียกว่า L3P3 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.16 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และในส่วนของ %%PV3 เป็นแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับค่าตำแหน่งวาล์วจริงของ LCV ซึ่งเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LCV-AI3 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LCV (PV3) และยังมีการเชื่อมต่อเทอร์มินอล SUB ของ LCV-MO ซึ่งทำหน้าที่ส่งค่า MV ไปยังเทอร์มินอล SV เพื่อนำค่า MV ที่ส่งออกไปเปรียบเทียบกับค่าตำแหน่ง LCV จริงสำหรับการแจ้งเตือน 'DV+' และ 'DV-' และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 3 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L4P3 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 และได้ใช้ บล็อกแท็ก SQ2-L4P3 ในการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3

3.4.4 การดำเนินการเพื่อเพิ่มความปลอดภัย Pattern 4

สำหรับการนำแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัย Pattern 4 ที่ใช้กับ Loop 3 และ Loop 4 สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ฟังก์ชันบล็อกชนิด ST16 เพื่อจัดสร้างการดำเนินการดังแนวคิดที่ต้องการได้ ซึ่งได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4 สำหรับการดำเนินการเมื่อเซนเซอร์ PV1 เกิดความล้มเหลวและได้ตั้งชื่อบล็อกแท็ก SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4 สำหรับการดำเนินการเมื่อแอกทูเอเตอร์ PV3 เกิดความล้มเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4

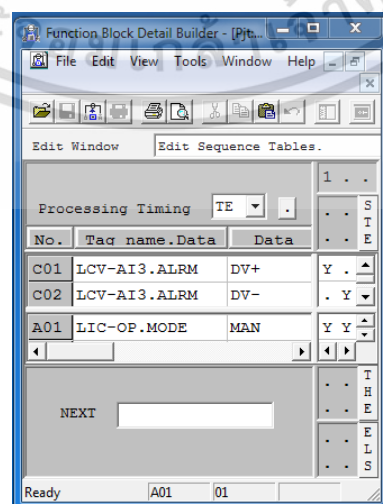
ภายในบล็อกแท็ก SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.17 ซึ่งเป็นการดำเนินการของข้อ a. Fault-State และ c. Fault-Recovery ดังตารางที่ 3.2 และมีรายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.6 ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบไปด้วย 2 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE เป็นโหมด 'MAN' และเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE เป็นโหมด 'MAN' และเปิดใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 2 ประกอบไปด้วย 1 กฎ คือ

- กฎข้อที่ 3 ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะปิดการใช้งาน LCV-MO-IFS.PV จากนั้นไปขั้นตอนที่ 1



รูปที่ 3.18 ฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในได้ใช้บล็อกแท็ก SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4 ถูกสร้างฟังก์ชันไว้ดังรูปที่ 3.18 ซึ่งเป็น การดำเนินการของข้อ d. Fault-Recovery และ e. Fault-Recover ดังตารางที่ 3.2 และมี รายละเอียดฟังก์ชันดังตารางที่ 3.6 ได้แก่

- กฎข้อที่ 1 ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็นโหมด'MAN'
- กฎข้อที่ 2 ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV-' จะบังคับโหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็นโหมด'MAN'

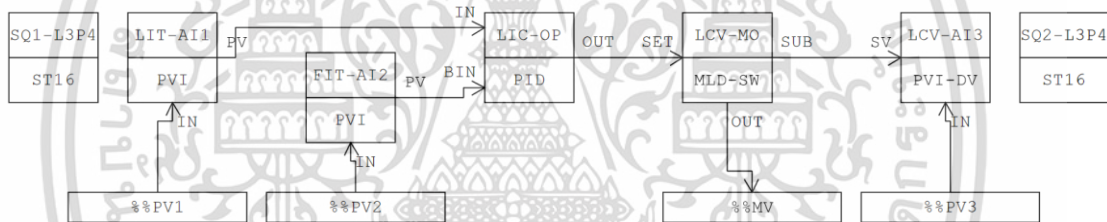
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดฟังก์ชันสำหรับบล็อก SQ1-L3P4, SQ1-L4P4, SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4

บล็อกแท็ก	ขั้นตอน	กฎ	เงื่อนไขของบล็อก อินพุต	การดำเนินการของ บล็อกเอาต์พุต	การดำเนินการ ในตารางที่ 3.2
SQ1-L3P4, SQ1-L4P4	1	1	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-'	LCV-MO.MODE ถูกบังคับให้เป็น โหมด 'MAN' และ LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน จากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 2	a. Fault-State c. Fault-Recovery
		2	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP'		
	2	3	ถ้า LIT-AI1.ALARM ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP'	LCV-MO-IFS.PV ถูกปิดการใช้งานจากนั้นไปที่ขั้นตอนที่ 1	
SQ2-L3P4, SQ2-L4P4	-	1	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+'	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ถูกบังคับให้เป็น โหมด 'MAN'	d. Fault-Recovery
		2	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+'		e. Fault-Recovery

3.4.4.1 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P4

เมื่อ Loop 3 ที่ใช้ Pattern 4 หรือที่เรียกว่า L3P4 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.19 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้นถูกส่งผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV นอกจากนี้ Loop 3 และในขณะเดียวกันส่วนป้อนล่วงหน้ามี %%PV2 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ FIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก FIT-AI2 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ FIT และ FIT-AI2 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล BIN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP นำค่าที่ได้ไปประมวลผลค่า MV สำหรับการชดเชยสัญญาณรบกวนนั่นเองและในส่วนของ %%PV3 เป็นแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับค่าตำแหน่งวาล์วจริงของ LCV ซึ่งเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LCV-AI3 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LCV (PV3) และยังมีการเชื่อมต่อเทอร์มินอล SUB ของ LCV-MO ซึ่งทำหน้าที่ส่งค่า MV ไปยังเทอร์มินอล SV เพื่อนำค่า MV ที่ส่งออกไปเปรียบเทียบกับค่าตำแหน่ง LCV จริงสำหรับการแจ้งเตือน 'DV+' และ 'DV-' และสำหรับการดำเนินการความปลอดภัย Pattern 4 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L3P4 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกักกันความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 และได้ใช้บล็อกแท็ก SQ2-L3P4 ในการดำเนินการ กักกันความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3



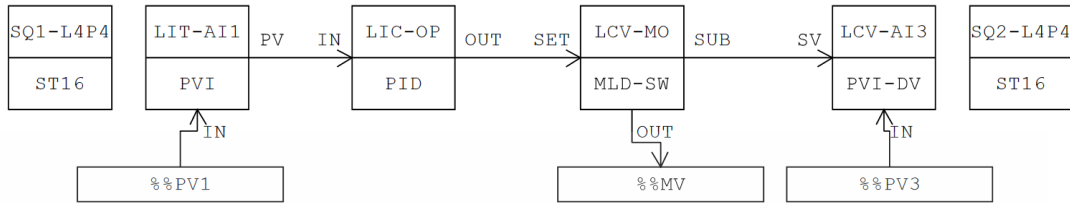
รูปที่ 3.19 แผนผังควบคุมสำหรับ L3P4

3.4.4.2 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P4

เมื่อ Loop 4 ที่ใช้ Pattern 4 หรือเรียกว่า L4P4 มีการเชื่อมต่อบล็อกและสร้างเป็นแผนผังควบคุมดังรูปที่ 3.20 โดย %%PV1 เป็นแอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตจากทรานสมิตเตอร์ LIT และเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LIT-AI1 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LIT และ LIT-AI1 เชื่อมต่อค่า PV โดยผ่านทางเทอร์มินอล IN ของ LIC-OP เพื่อให้ LIC-OP สามารถดำเนินการประมวลผลเพื่อปรับค่า MV และเชื่อมต่อค่า MV ผ่านทางเทอร์มินอล OUT ไปยังเทอร์มินอล SET ของบล็อกแท็ก LCV-MO โดย LCV-MO ใช้เพื่อเลือกแหล่งที่มาของ MV และค่า MV ที่ได้เลือกแหล่งที่มา นั้น จะถูกส่งไปยัง LCV โดยการเชื่อมต่อเทอร์มินอล OUT ไปยังแอดเดรส %%MV และในส่วนของ %%PV3 เป็นแอดเดรสสำหรับเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับค่าตำแหน่งวาล์วจริงของ LCV ซึ่งเชื่อมต่อกับเทอร์มินอล IN ของบล็อกแท็ก LCV-AI3 เพื่อแสดงค่าและสถานะของ LCV (PV3) และยังมีการเชื่อมต่อเทอร์มินอล SUB ของ LCV-MO ซึ่งทำหน้าที่ส่งค่า MV ไปยังเทอร์มินอล SV เพื่อนำค่า MV ที่ส่งออกไปเปรียบเทียบกับค่าตำแหน่ง LCV จริงสำหรับการแจ้งเตือน 'DV+' และ 'DV-' และสำหรับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินการความปลอดภัย Pattern 4 ได้ใช้บล็อกแท็ก SQ1-L3P4 ในการดำเนินการสถานะความผิดปกติ และการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 และได้ใช้บล็อกแท็ก SQ2-L3P4 ในการดำเนินการ กู้คืนความผิดปกติเมื่อเกิดความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3



รูปที่ 3.20 แผนผังควบคุมสำหรับ L4P4

3.4.5 รายละเอียดแอดเดรส/แท็กที่ใช้

ตารางที่ 3.7 แอดเดรส/ฟังก์ชันบล็อกที่ใช้สำหรับแผนผังควบคุมทั้ง 8 แบบ

แอดเดรส/แท็ก	ชนิดบล็อก	รายละเอียด
%%PV1		แอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับการวัดค่า LIT
%%PV2		แอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับการวัดค่า FIT
%%PV3		แอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่ออินพุตเพื่อรับค่าตำแหน่ง LCV จริง
%%MV		แอดเดรสสำหรับการเชื่อมต่อเอาต์พุตเพื่อตั้งค่าตำแหน่ง LCV
LIT-AI1	PVI	แท็กแสดงค่าและสถานะของ LIT
FIT-AI2	PVI	แท็กแสดงค่าและสถานะของ FIT (PV2)
LCV-AI3	PVI-DV	แท็กแสดงค่าและสถานะของ LCV (PV3)
LIC-OP	PID	แท็กดำเนินการคำนวณการควบคุมเพื่อปรับค่า MV
LCV-MO	MLD-SW	แท็กสำหรับการเลือกแหล่งที่มาของ MV ที่จะส่งไปยัง LCV
SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3, SQ1-L4P3	ST16	แท็กการดำเนินการสถานะความผิดปกติของบล็อก 'LCV-MO' เพื่อตอบสนองต่อความล้มเหลวของเซนเซอร์ PV1
SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4, SQ1-L4P4	ST16	แท็กการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติของบล็อก 'LCV-MO' เพื่อตอบสนองต่อความล้มเหลวของเซนเซอร์ PV1
SQ2-L3P3, SQ2-L4P3	ST16	แท็กดำเนินการกู้คืนความผิดปกติของบล็อก 'LCV-MO' เพื่อตอบสนองต่อความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในองค์กรเท่านั้น ไม่สามารถเผยแพร่ไปให้บุคคลภายนอกได้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.7 (ต่อ)

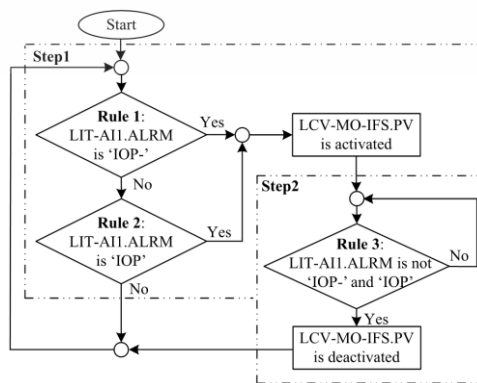
แอดเดรส/แท็ก	ชนิดบล็อก	รายละเอียด
SQ2-L3P4, SQ2-L4P4	ST16	แท็กดำเนินการกู้คืนความผิดปกติของบล็อก 'LIC-OP' และ 'LCV-MO' เพื่อตอบสนองต่อความล้มเหลวของแอกทูเอเตอร์ PV3

ในการสร้างลูปควบคุมเพื่อให้ได้ฟังก์ชันความปลอดภัยดังแนวคิดที่ได้นำเสนอโดยใช้ดีซีเอส รุ่น CENTUM VP ทำให้ได้แผนผังควบคุมตามรูปแนวคิดในการเพิ่มความปลอดภัยดังระบุไว้ในตารางที่ 3.2 จึงมีฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ ได้แก่ บล็อก PVI, บล็อก PVI-DV, บล็อก PID, บล็อก MLD-SW และ บล็อก ST16 โดยตารางที่ 3.7 ได้แสดงแอดเดรส/แท็กต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการออกแบบแผนผังควบคุม ทั้ง 8 แบบ สำหรับโหมดการทำงานปกติสำหรับบล็อก PVI, PVI-DV, ST16 และ PID คือ โหมด 'AUT' และโหมดการทำงานปกติของบล็อก MLD-SW คือ โหมด 'CAS'

3.4.6 แผนผังงานของแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัย

เมื่อวิเคราะห์แนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยสำหรับลูปควบคุมทั้ง 4 แบบ โดยการ จัดสร้างการดำเนินสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติทั้งหมด 4 รูปแบบ สามารถสร้างแผนผังควบคุมที่เพิ่มความปลอดภัยทั้งหมด 8 แบบ ได้แก่ L1P1, L2P1, L1P2, L2P2, L3P3, L4P3, L3P4 และ L4P4 จะเห็นได้ว่า

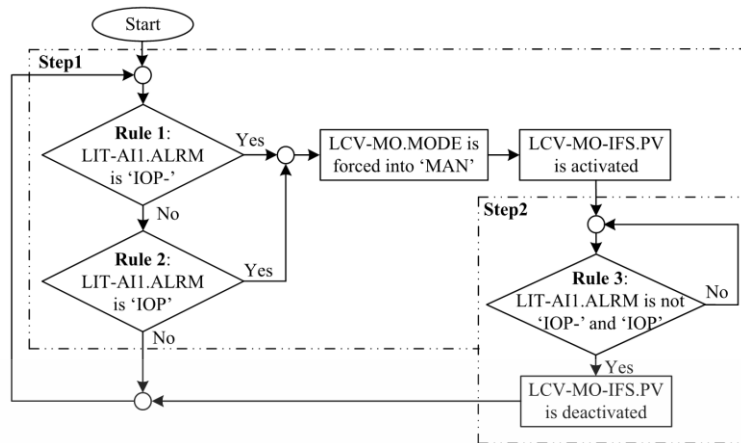
- สำหรับบล็อก SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3 มีการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังผังงานรูปที่ 3.21
- สำหรับบล็อก SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4 มีการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังผังงานรูปที่ 3.22
- สำหรับบล็อก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3 มีการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังผังงานรูปที่ 3.23
- สำหรับบล็อก SQ2-L3P4 และ SQ2-L4P4 มีการทำงานที่คล้ายคลึงกันดังผังงานรูปที่ 3.24



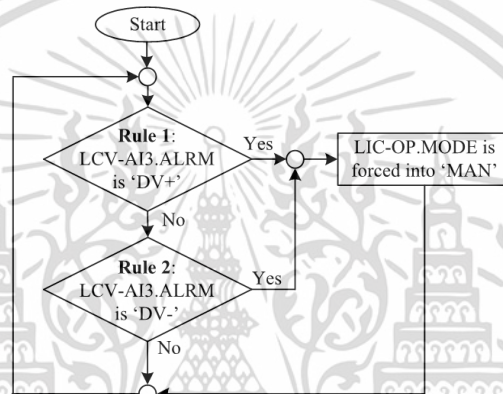
รูปที่ 3.21 ผังงานของบล็อก SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3 และ SQ1-L4P3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็น ใบเขียวระบบงานด้านการค้า

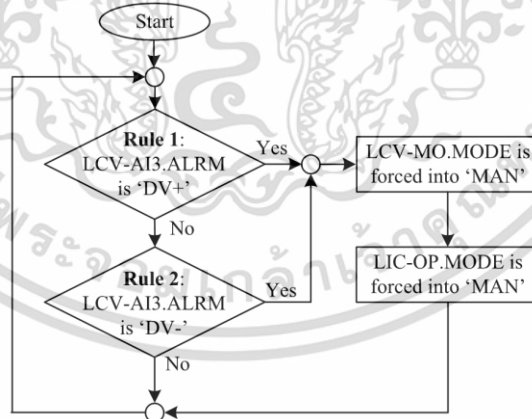
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ผังงานของบล็อก SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4 และ SQ1-L4P4



รูปที่ 3.23 ผังงานของบล็อก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3



รูปที่ 3.24 ผังงานของบล็อก SQ2-L3P3 และ SQ2-L4P3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการเลียนแบบการทำงานด้วยฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริง ของดีซีเอส

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้แสดงผลของการทดสอบทั้ง 8 แผนผังควบคุม ได้แก่ L1P1, L2P1, L1P2, L2P2, L3P3, L4P3, L3P4 และ L4P4 ซึ่งผลการทดสอบของแต่ละแผนผังควบคุมนั้นได้มาจากการเลียนแบบกระบวนการควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP สำหรับการทดสอบแบบต่าง ๆ ได้แก่ การทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ การทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 หรือแอกทูเอเตอร์ PV3 และภายหลังจากความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 หรือแอกทูเอเตอร์ PV3 ถูกแก้ไข รวมไปถึงการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลวของเซนเซอร์ PV2 สำหรับแผนผังควบคุมที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า

4.2 การทดสอบกระบวนการด้วยแผนผังควบคุมที่ออกแบบ

สำหรับการยืนยันความเป็นไปได้ของการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยที่นำเสนอที่ได้ ออกแบบและจัดสร้างขึ้นมาโดยทำการทดสอบการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติของแผนผังควบคุมทั้ง 8 แบบ ซึ่งการเลียนแบบกระบวนการควบคุมได้ ใช้ฟังก์ชันการทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP สำหรับการทดสอบแบบต่าง ๆ ได้แก่

- การทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ
- การทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 แอกทูเอเตอร์ PV3 และภายหลังจากความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 หรือแอกทูเอเตอร์ PV3 ถูกแก้ไข
- การทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV2 สำหรับแผนผังควบคุมที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า

โดยมีเงื่อนไขสำหรับการทดสอบดังตารางที่ 4.1 โดยรูปที่ 4.1(ก) และ 4.1(ข) แสดงตัวอย่าง หน้าต่าง 'Set Data' ซึ่งเป็นหน้าต่างของการบังคับค่าหรือสถานะสำหรับฟังก์ชันการทดสอบสำหรับการตั้งค่าสถานะของ 'LIT-AI1.RAW' และ 'FIT-AI2.RAW' ซึ่งใช้สำหรับการทดสอบสถานะเงื่อนไข 'PV1-IOP-', 'PV1-IOP', 'PV2-IOP-' และ 'PV2-IOP' และสำหรับการทดสอบสถานะเงื่อนไข 'PV3-DV-' และ 'PV3-DV+' ก็ใช้หน้าต่างเดียวกันนั้น โดยตั้งค่า 'LCV-AI3.RAW' ที่ช่อง Data เพื่อ กำหนดค่าตำแหน่งของตำแหน่งแอกทูเอเตอร์จริงตามที่ต้องการ โดยในการทดสอบนี้สำหรับค่าความปลอดภัยล่วงหน้า (Initiate Fault State) สำหรับการดำเนินการเมื่อเกิดสถานะความล้มเหลวคือ

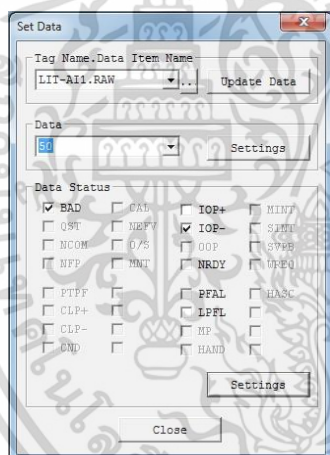
10% และค่าเป้าหมายการควบคุมคือ 50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

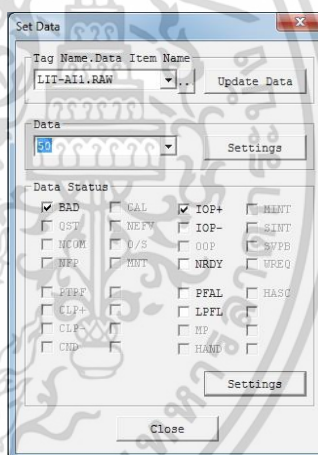
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 เงื่อนไขสำหรับการทดสอบ

สถานะ	รายละเอียด
PV1-NR	ตั้งค่าสถานะข้อมูลของ LIT-AI1.RAW ให้เป็นปกติโดยใช้หน้าต่าง 'Set Data'
PV1-IOP-	ตั้งค่าสถานะข้อมูลของ LIT-AI1.RAW เป็น 'IOP-' โดยใช้หน้าต่าง 'Set Data'
PV1-IOP	ตั้งค่าสถานะข้อมูลของ LIT-AI1.RAW เป็น 'IOP' โดยใช้หน้าต่าง 'Set Data'
PV2-IOP-	ตั้งค่าสถานะข้อมูลของ FIT-AI2.RAW เป็น 'IOP-' โดยใช้หน้าต่าง 'Set Data'
PV2-IOP	ตั้งค่าสถานะข้อมูลของ FIT-AI2.RAW เป็น 'IOP' โดยใช้หน้าต่าง 'Set Data'
PV3-NR	ตั้งค่าความแตกต่างระหว่าง LCV-AI3.RAW และ LCV-MO.MV ให้น้อยกว่า 10%
PV3-DV-	ตั้งค่า LCV-AI3.RAW ให้น้อยกว่า LCV-MO.MV และความแตกต่างน้อยกว่า 10% จากนั้นจะทำให้ตรวจพบ 'DV-'
PV3-DV+	ตั้งค่า LCV-AI3.RAW ให้มากกว่า LCV-MO.MV และความแตกต่างมากกว่า 10% จากนั้นจะทำให้ตรวจพบ 'DV+'



(ก) การทดสอบเงื่อนไข 'PV1-IOP-'



(ข) การทดสอบเงื่อนไข 'PV1-IOP'

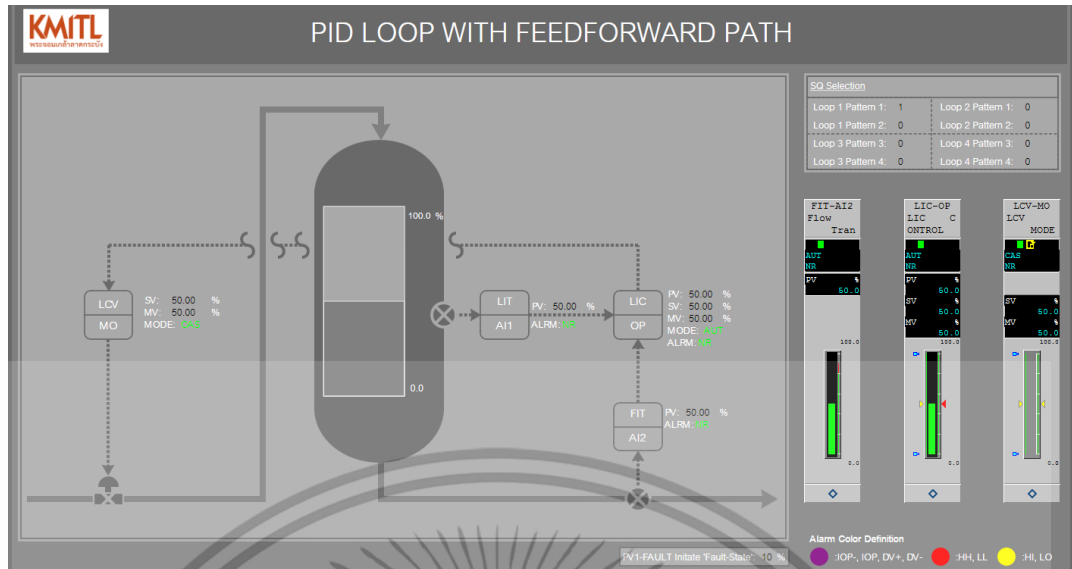
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างหน้าต่างของ 'Set Data' ที่ใช้สำหรับการทดสอบความล้มเหลวที่ PV1

4.3 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P1

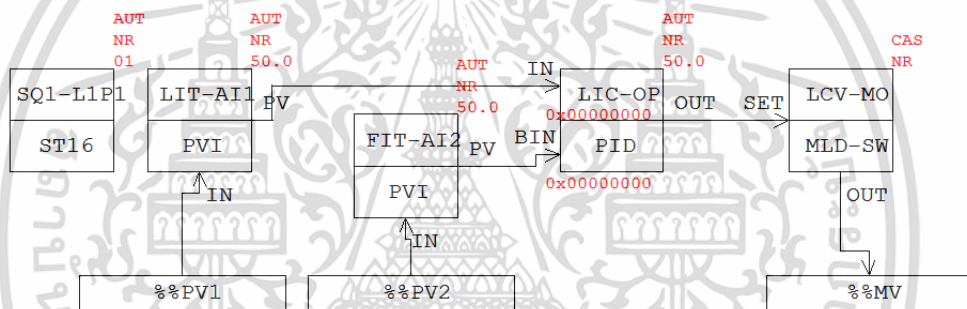
4.3.1 ผลการทดสอบในสถานะการทำงานปกติ

สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P1 ขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW (กราฟิกแสดงค่าและสถานะของแผนผังควบคุมแบบออนไลน์) ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับซึ่งโหมดของ 'LIC-OP.MODE' อยู่ในโหมด 'AUT' และ 'LIC-OP.SV' ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ 'LCV-MO.MODE' อยู่ในโหมด 'CAS' เพื่อรับค่า MV จาก 'LIC-OP.MV' ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และจากรูปที่ 4.4 บล็อก 'SQ1-L1P1' อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1

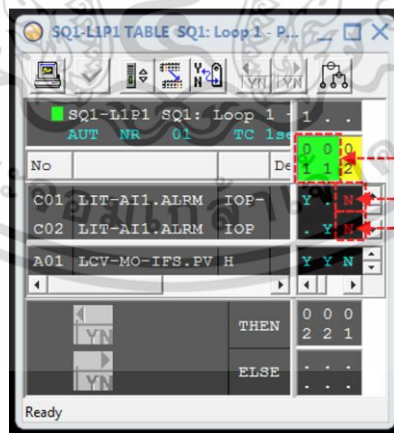
ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้ไปยัง 'LIT-AI1.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ



รูปที่ 4.3 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ



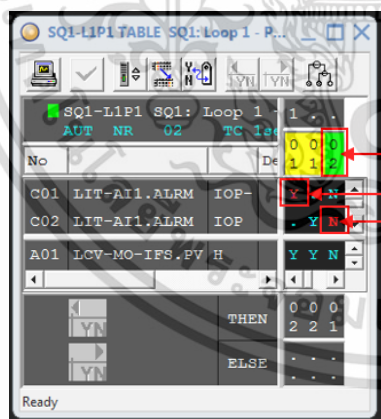
รูปที่ 4.4 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

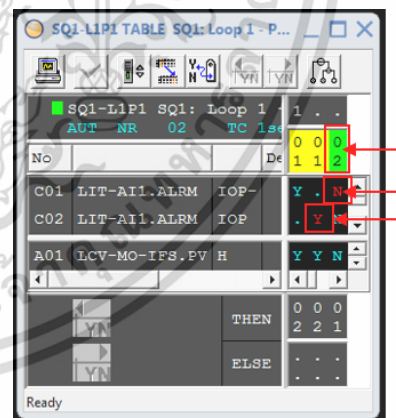
4.3.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ1-L1P1' สามารถตรวจจับสถานะ 'IOP-' หรือ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.5(ก) และ 4.5(ข) ตามลำดับ จึงทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' ถูกเปลี่ยนจากโหมด 'CAS' เป็นโหมด 'TRK' (Tracking Mode) ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น 'SQ1-L1P1' เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เป็นโหมด 'TRK' จึงส่งผลให้โหมดของ 'LIC-MO.MODE' เป็นโหมด 'IMAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP-' ดังรูปที่ 4.6(ก) และ 4.7(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP' ดังรูปที่ 4.6(ข) และ 4.7(ข)

เมื่อสถานะ 'IOP-' และ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ถูกแก้ไขซึ่งจากรูปที่ 4.8 และ 4.9 โหมดของ 'LIC-OP.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'IMAN' เป็นโหมด 'MAN' และโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'TRK' เป็นโหมด 'CAS' ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก 'SQ1-L1P1' ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ 'LIT-AI1.ALARM' ไม่มีสถานะเป็น 'IOP' และ 'IOP-' ทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก High เป็น Low และกลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.10 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโหมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโหมด 'MAN' เป็นโหมด 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง



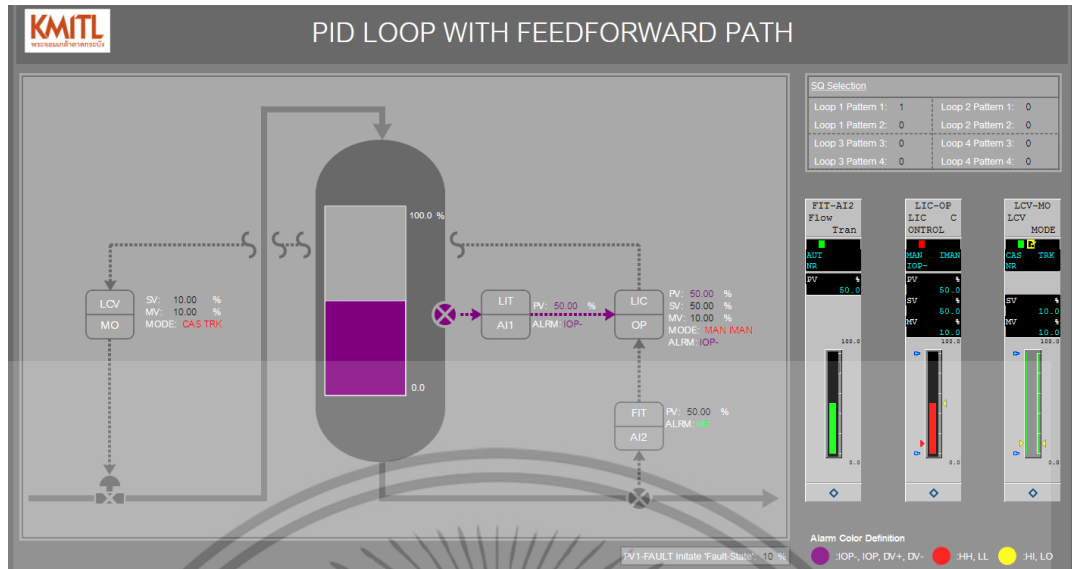
(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-



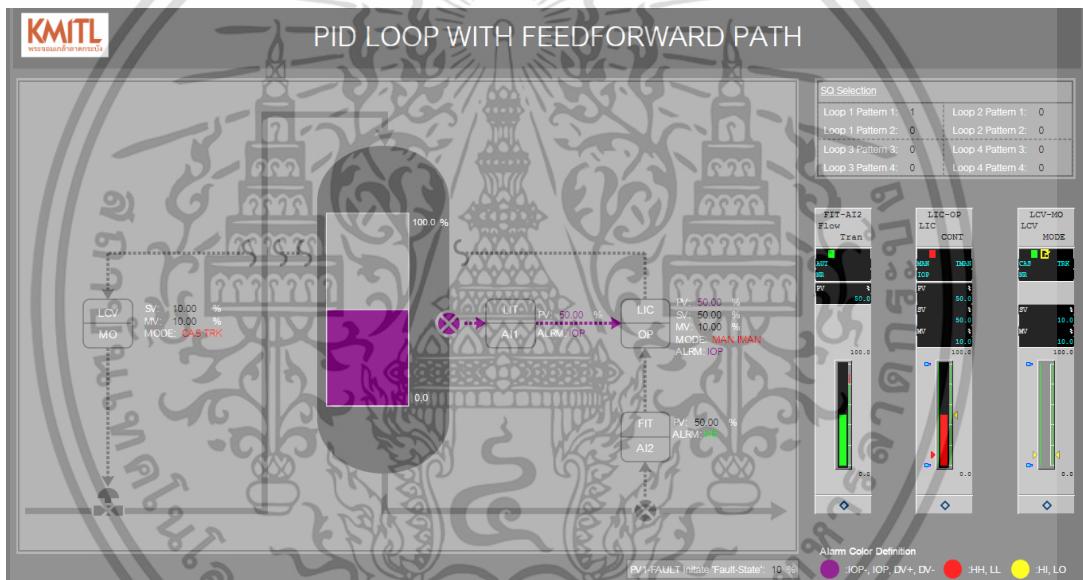
(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.5 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลวขึ้น PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



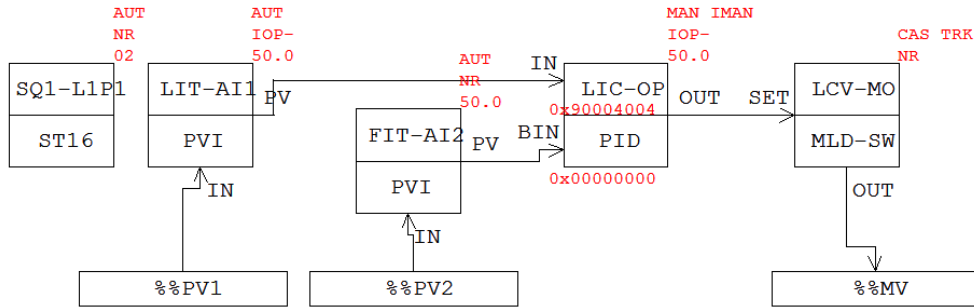
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



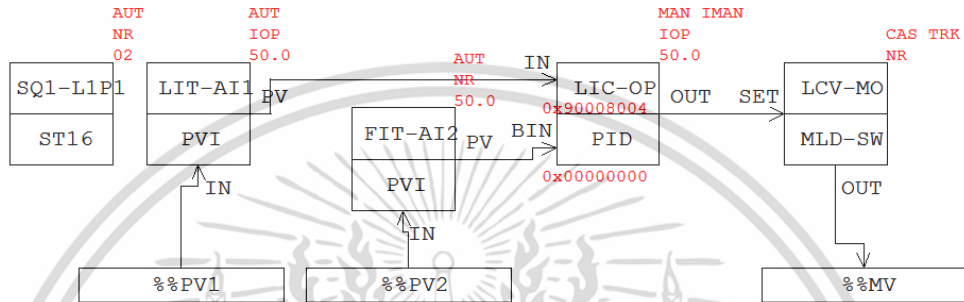
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.6 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

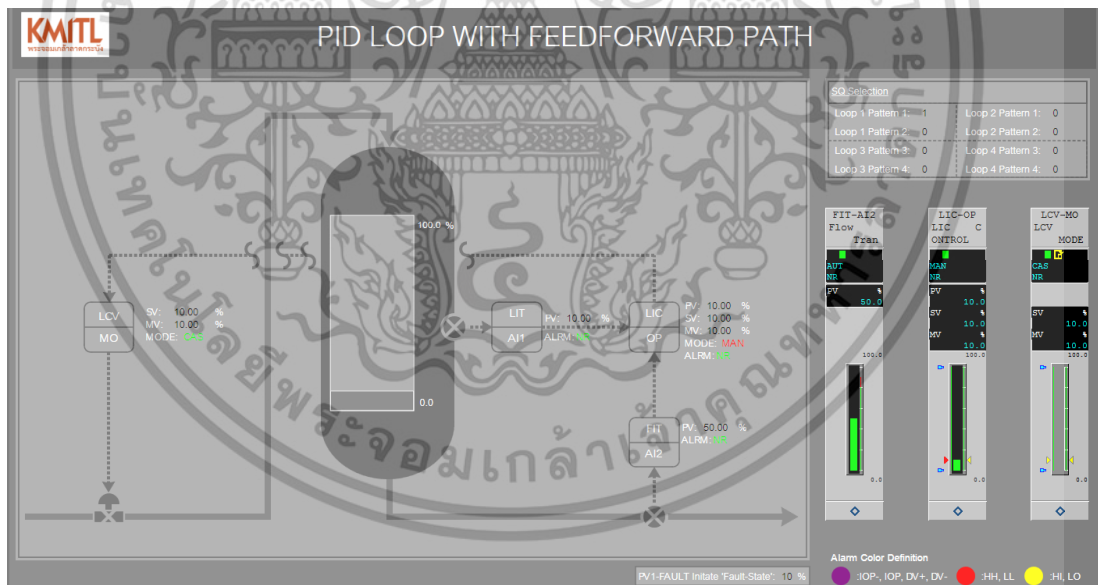


(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



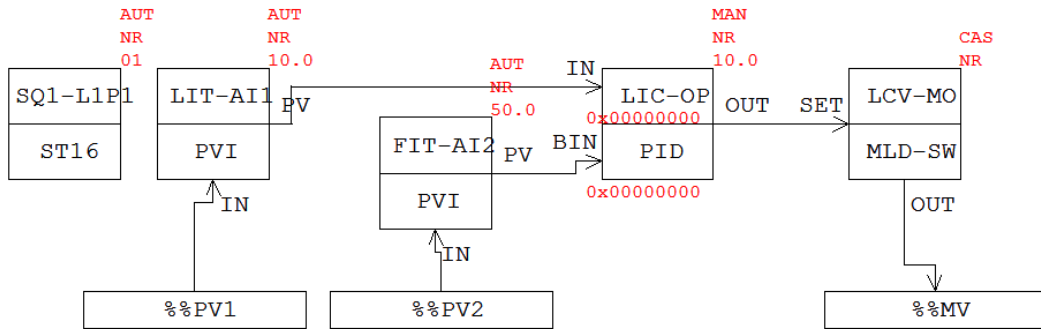
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลวขึ้น PV1 แบบ IOP (PV1-IOP)

รูปที่ 4.7 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

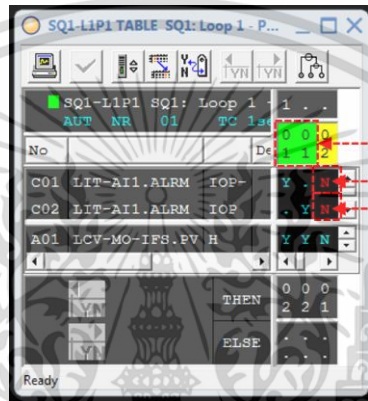


รูปที่ 4.8 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P1 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



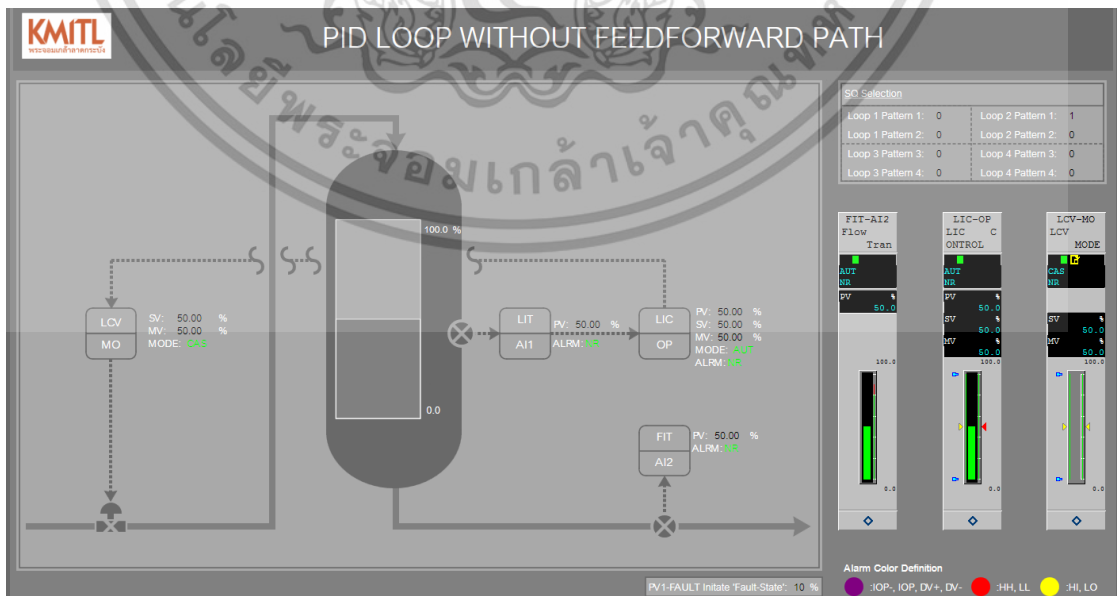
รูปที่ 4.9 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P1 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.10 การทำงานของ SQ1-L1P1 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

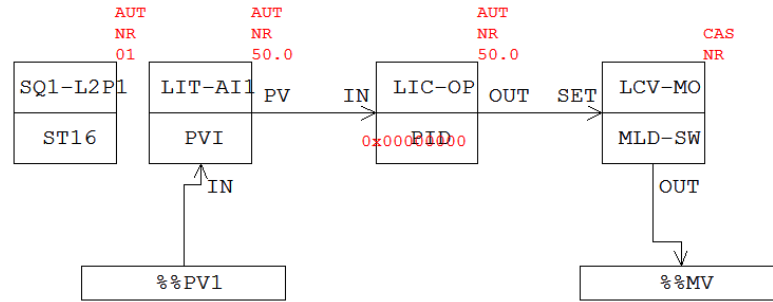
4.4 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P1

4.4.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ

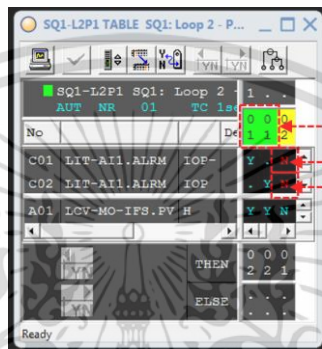


รูปที่ 4.11 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ



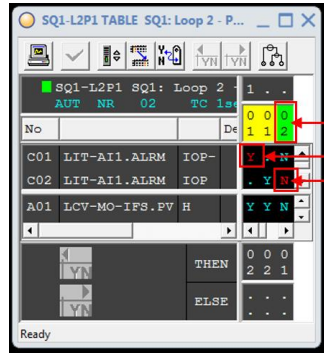
รูปที่ 4.13 การทำงานของ SQ1-L2P1 ขณะที่ควบคุมปกติ

สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P1 ขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.11 และ 4.12 ตามลำดับซึ่งโหมดของ ‘LIC-OP.MODE’ อยู่ในโหมด ‘AUT’ และ ‘LIC-OP.SV’ ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ อยู่ในโหมด ‘CAS’ เพื่อรับค่า MV จาก ‘LIC-OP.MV’ ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และจากรูปที่ 4.13 บล็อก ‘SQ1-L1P1’ อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง ‘LIT-AI1.ALRM’ ยังไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’

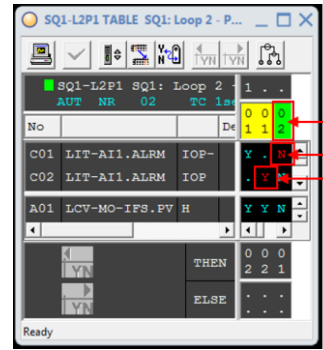
4.4.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ ‘SQ1-L2P1’ สามารถตรวจจับสถานะ ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1.ALRM’ ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร ‘Y’ สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.14(ก) และ 4.14(ข) ตามลำดับจึงทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ ถูกเปลี่ยนจากโหมด ‘CAS’ เป็นโหมด ‘TRK’ ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยถูกตั้งไว้ 10% ถูกใช้เป็น MV ส่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น ‘SQ1-L2P1’ เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘TRK’ จึงส่งผลให้โหมดของ ‘LIC-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘IMAN’ แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ ‘IOP-’ ดังรูปที่ 4.15(ก) และ 4.16(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ ‘IOP’ แสดงรูปที่ 4.15(ข) และ 4.16(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

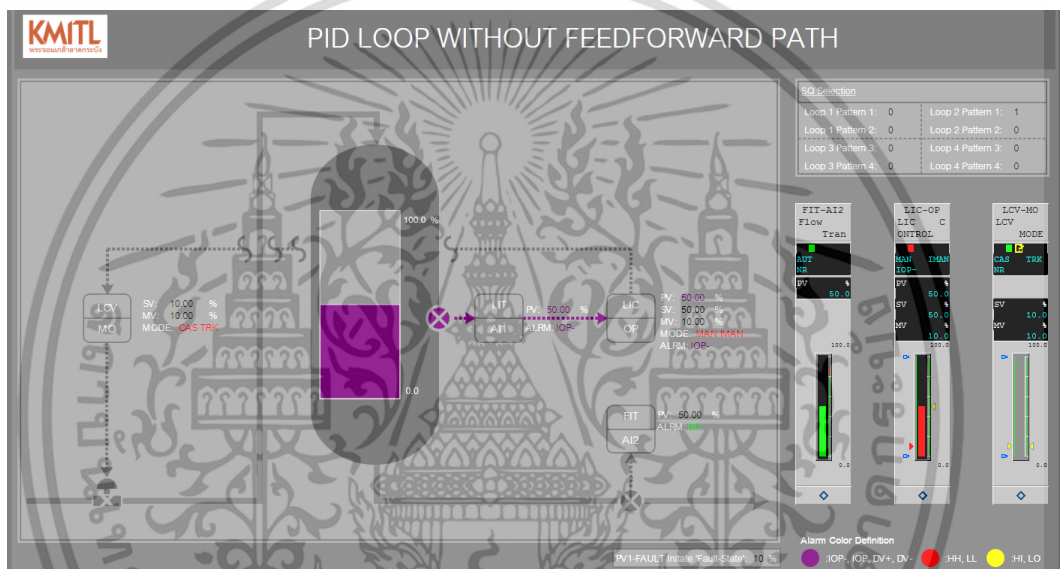


(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

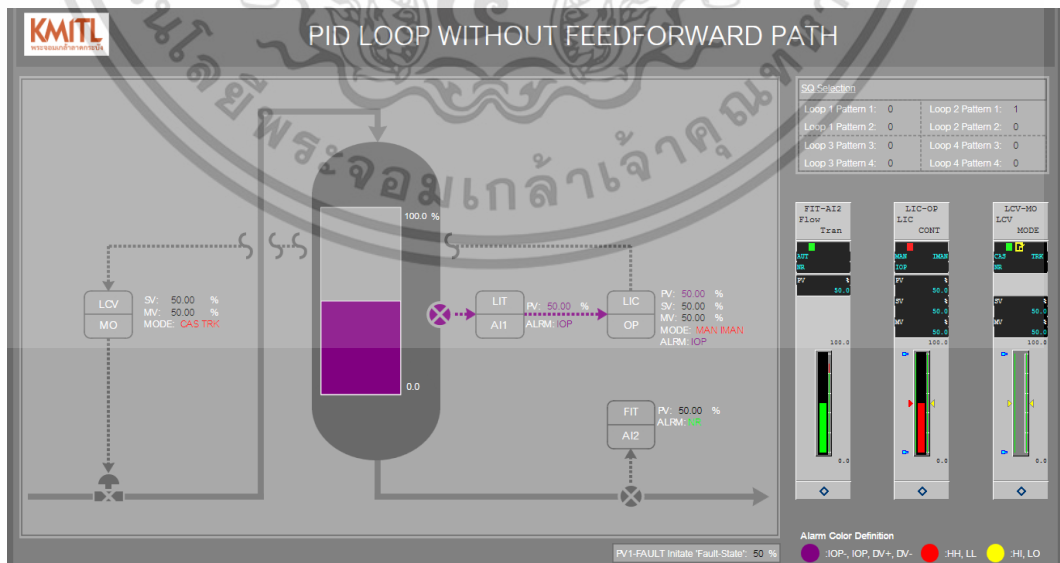


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.14 การทำงานของ SQ1-L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



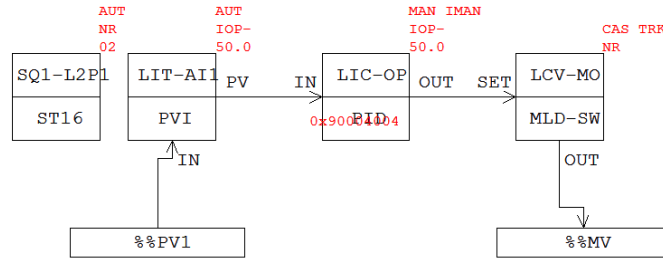
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



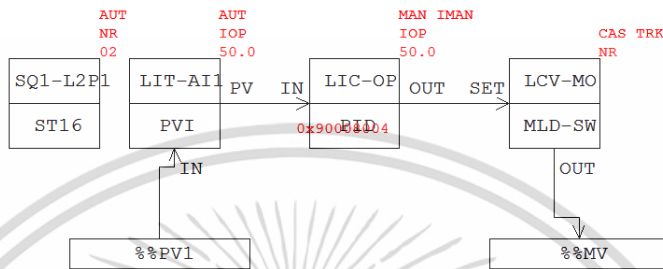
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.14 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



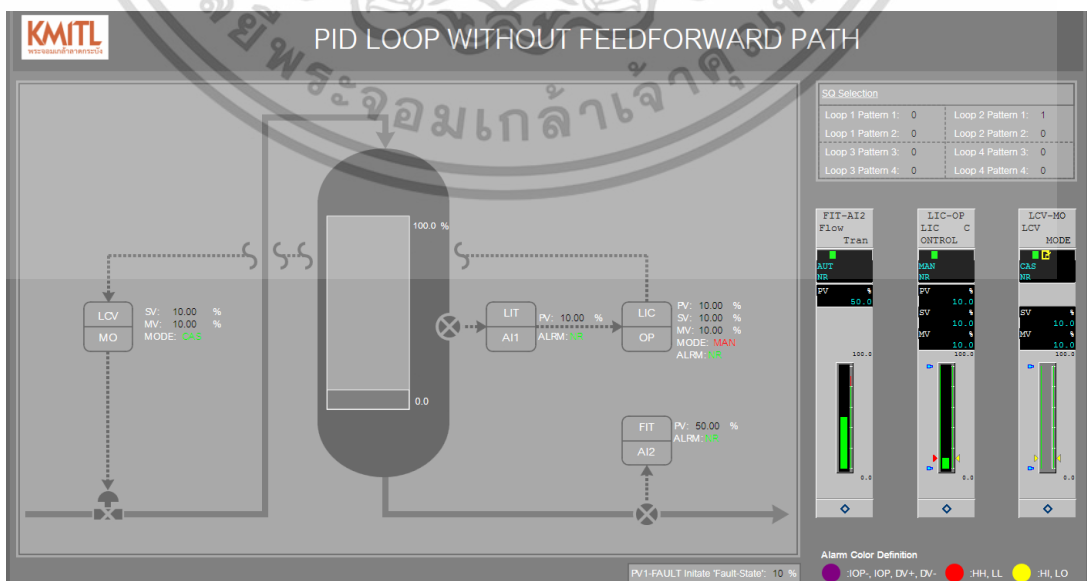
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

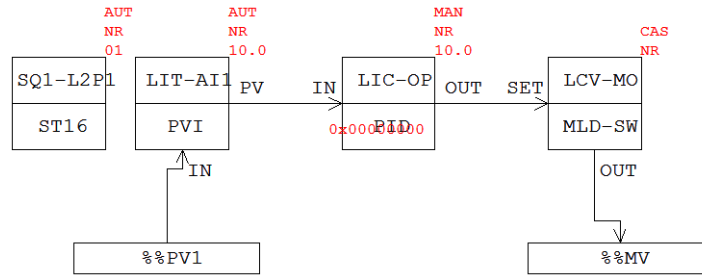
รูปที่ 4.15 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เมื่อสถานะ ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1’ ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 โมดของ ‘LIC-OP.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘IMAN’ เป็นโมด ‘MAN’ และโมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘TRK’ เป็นโมด ‘CAS’ ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก ‘SQ1-L2P1’ ในขั้นตอนที่ 2 กวข้อที่ 3 เป็นจริงคือ ‘LIT-AI1.ALARM’ ไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ ‘SQ1-L2P1’ กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.19 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ ‘LIC-OP.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘AUT’ และตั้งค่า ‘LIC-OP.SV’ ที่ต้องการเอง

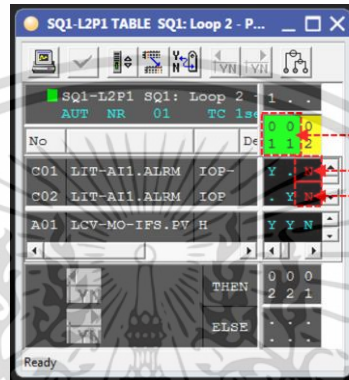


รูปที่ 4.17 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P1 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



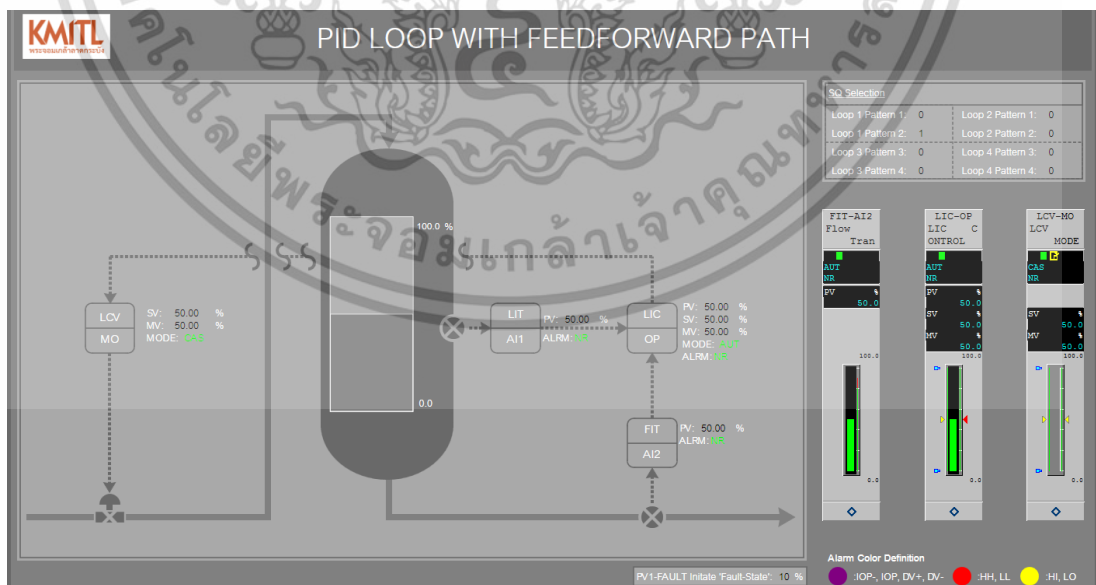
รูปที่ 4.18 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P1 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.19 การทำงานของ SQ1-L2P1 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

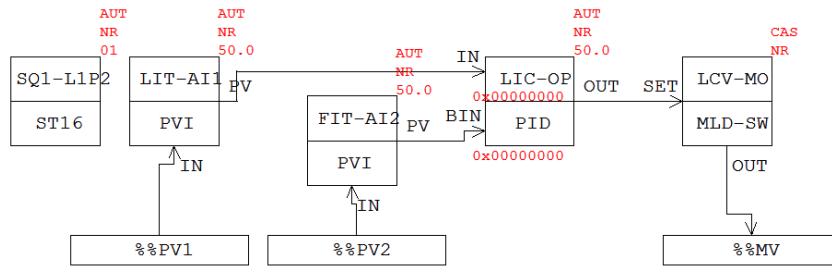
4.5 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P2

4.5.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ

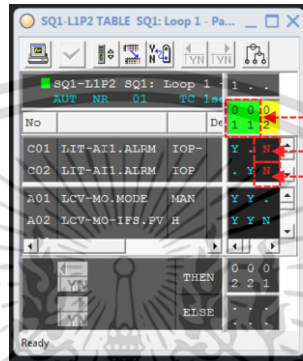


รูปที่ 4.20 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ขณะทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ขณะที่ควบคุมปกติ



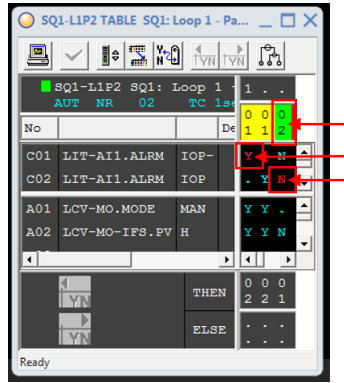
รูปที่ 4.22 การทำงานของ SQ1-L1P2 ขณะที่ควบคุมปกติ

สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L1P2 ขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.20 และ 4.21 ตามลำดับซึ่งโหมดของ ‘LIC-OP.MODE’ อยู่ในโหมด ‘AUT’ และ ‘LIC-OP.SV’ ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ อยู่ในโหมด ‘CAS’ เพื่อรับค่า MV จาก ‘LIC-OP.MV’ ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และจากรูปที่ 4.22 บล็อก ‘SQ1-L1P1’ อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง ‘LIT-AI1.ALARM’ ยังไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’

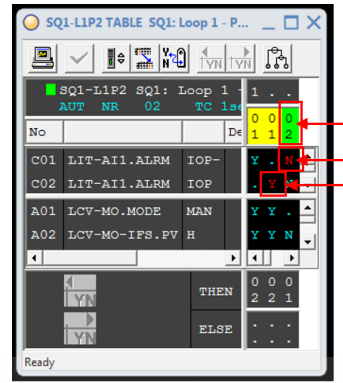
4.5.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ ‘SQ1-L1P2’ สามารถตรวจจับสถานะ ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1.ALARM’ ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร ‘Y’ สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.23(ก) และ 4.23(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ ถูกบังคับให้เป็นโหมด ‘MAN’ และ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจาก ‘MAN’ เป็น ‘TRK’ ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น ‘SQ1-L1P2’ เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘TRK’ จึงส่งผลให้โหมดของ ‘LIC-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘IMAN’ แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่ เกิดสถานะแบบ ‘IOP-’ ดังรูปที่ 4.24(ก) และ 4.25(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ ‘IOP’ ดังรูปที่ 4.24(ข) และ 4.25(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

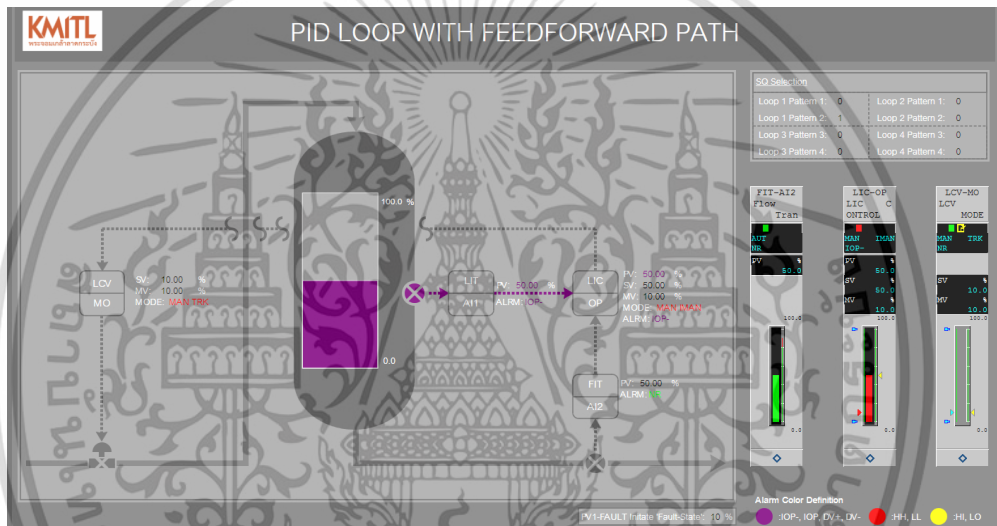


(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

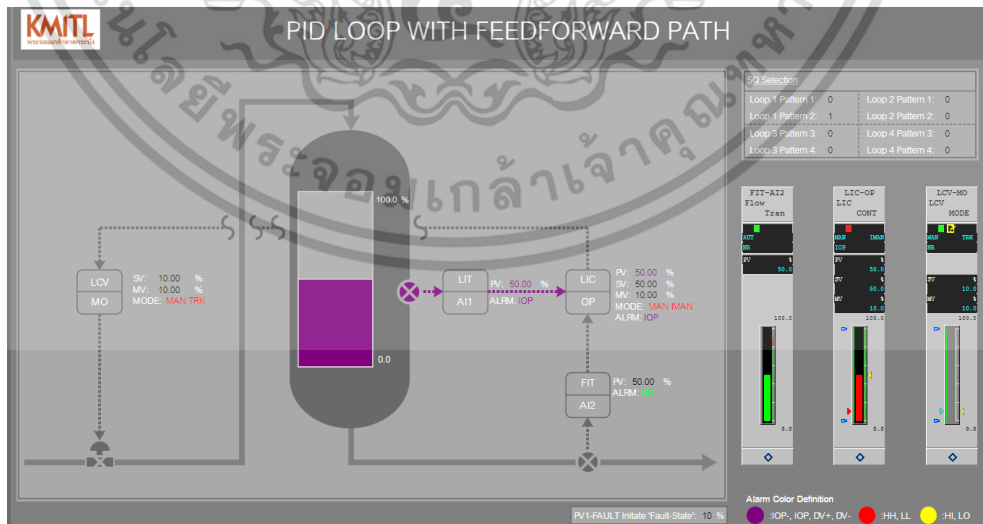


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.23 การทำงานของ SQ1-L1P1 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



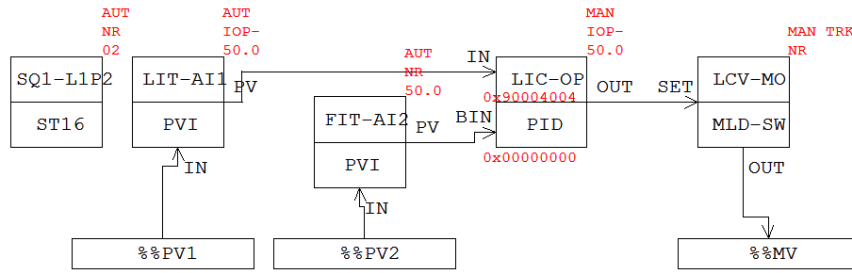
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



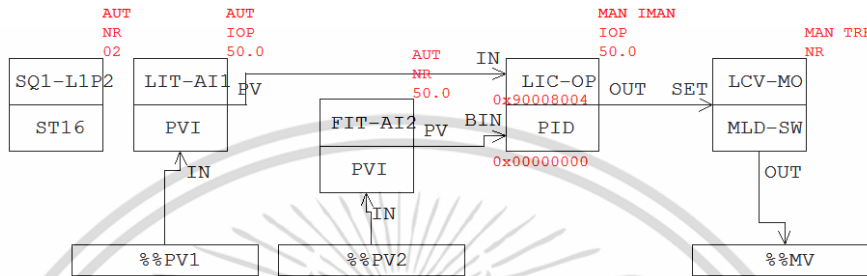
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.24 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



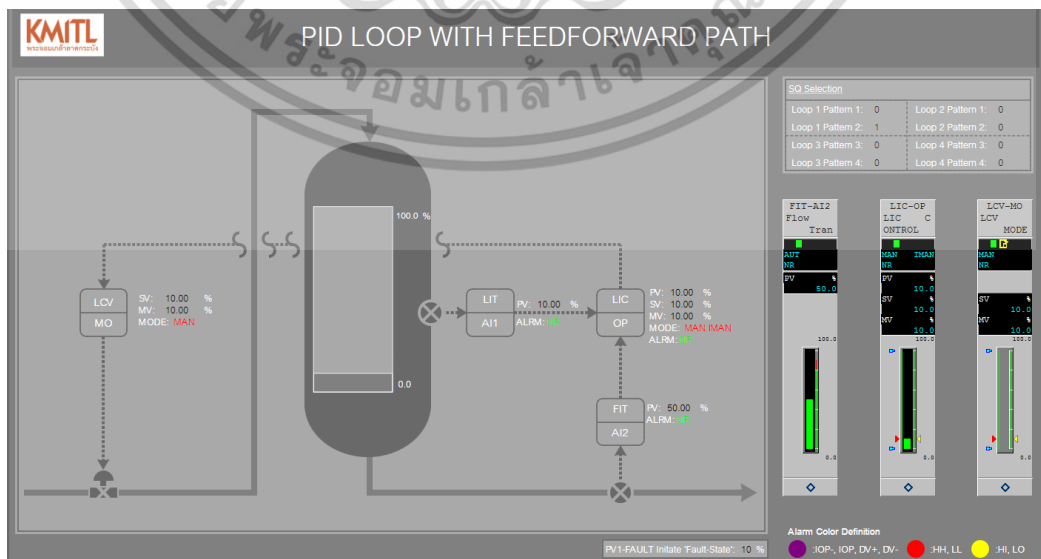
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

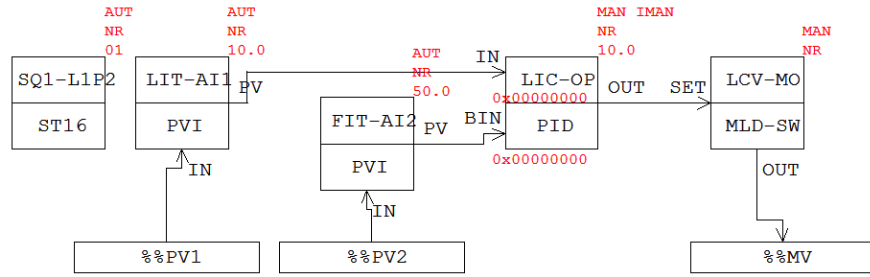
รูปที่ 4.25 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เมื่อสถานะ ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1’ ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.26 และ 4.27 โมดของ ‘LIC-OP.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘IMAN’ เป็นโมด ‘MAN’ และโมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘TRK’ เป็นโมด ‘MAN’ ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก ‘SQ1-L1P2’ ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ ‘LIT-AI1.ALARM’ ไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ ‘SQ1-L1P2’ กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.28 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ ‘LIC-OP.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘AUT’ และตั้งค่า ‘LIC-OP.SV’ ที่ต้องการเอง

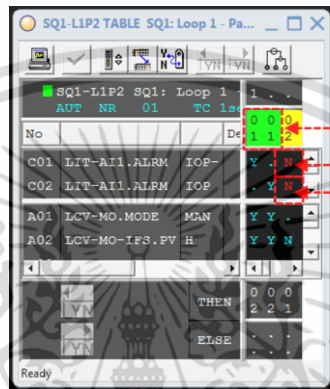


รูปที่ 4.26 การแสดงกราฟิก HMI ของ L1P2 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



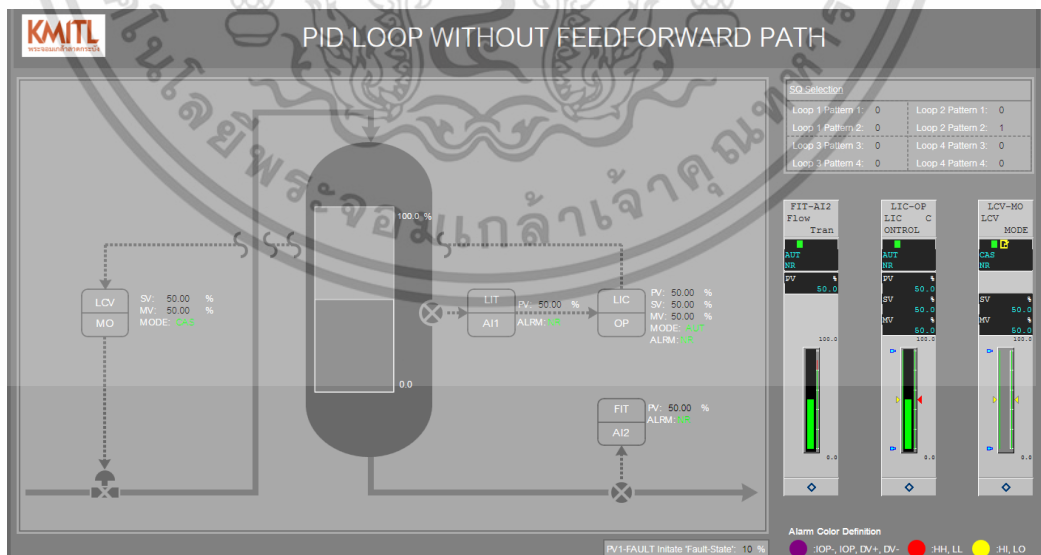
รูปที่ 4.27 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L1P2 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.28 การทำงานของ SQ1-L1P2 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

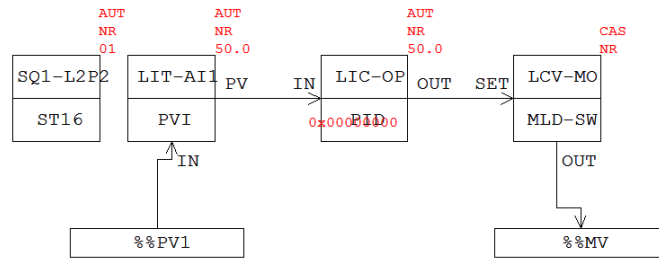
4.6 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P2

4.6.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ

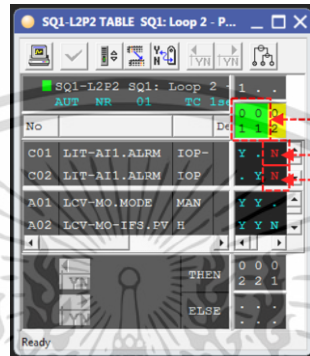


รูปที่ 4.29 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ขณะที่ยังควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ขณะที่ควบคุมปกติ



รูปที่ 4.31 การทำงานของ SQ1-L2P2 ขณะที่ควบคุมปกติ

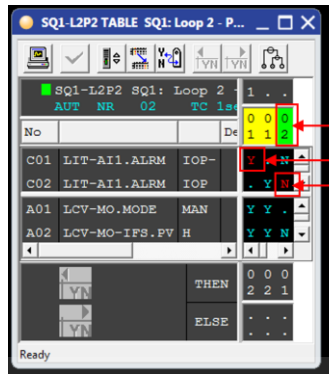
สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L2P2 ขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.29 และ 4.30 ตามลำดับซึ่งโหมดของ ‘LIC-OP.MODE’ อยู่ในโหมด ‘AUT’ และ ‘LIC-OP.SV’ ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ อยู่ในโหมด ‘CAS’ เพื่อรับค่า MV จาก ‘LIC-OP.MV’ ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และจากรูปที่ 4.31 บล็อก ‘SQ1-L2P2’ อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง ‘LIT-AI1.ALARM’ ยังไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’

4.6.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

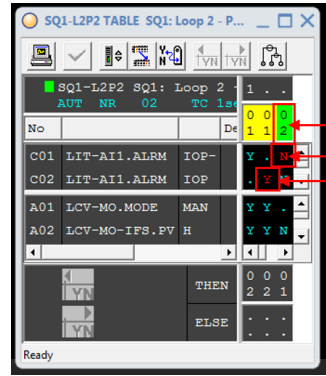
เมื่อ ‘SQ1-L2P2’ สามารถตรวจจับสถานะ ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1.ALARM’ ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร ‘Y’ สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.32(ก) และ 4.32(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ ถูกบังคับให้เป็นโหมด ‘MAN’ และ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจาก ‘MAN’ เป็น ‘TRK’ ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น ‘SQ1-L2P2’ เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘TRK’ จึงส่งผลให้โหมดของ ‘LIC-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘IMAN’ แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ ‘IOP-’ ดังรูปที่ 4.33(ก) และ 4.34(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ ‘IOP’ ดัง

รูปที่ 4.33(ข) และ 4.34(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารให้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

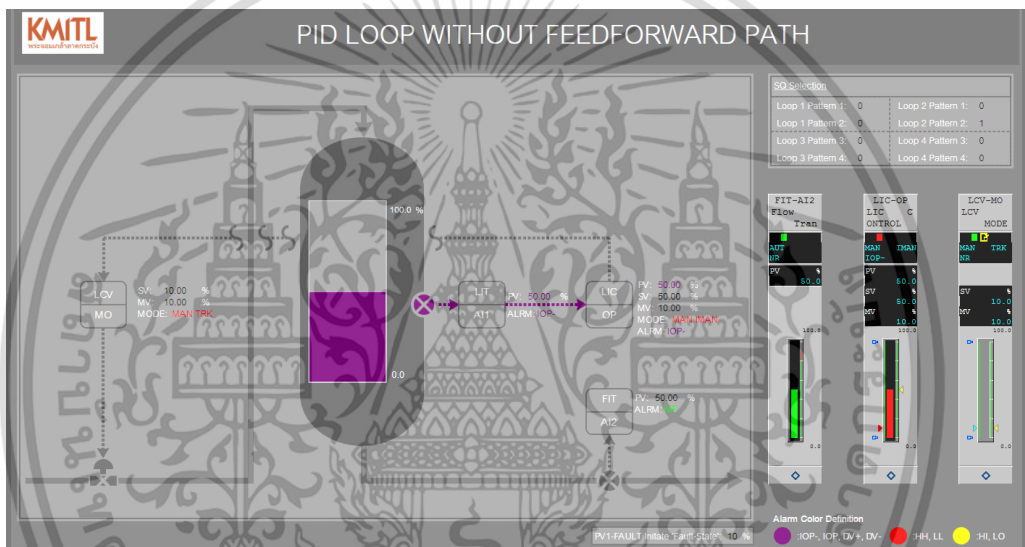


(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

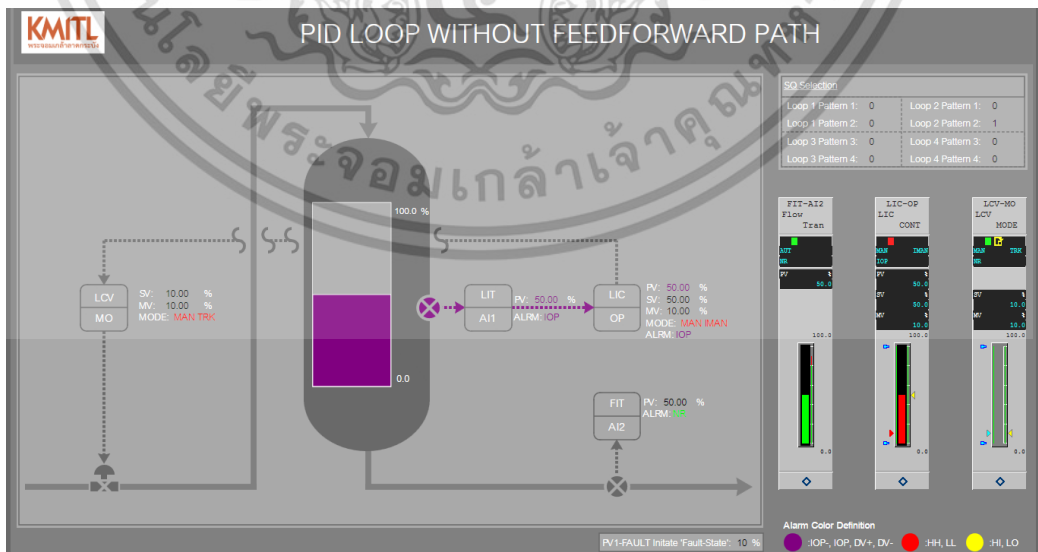


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.32 การทำงานของ SQ1-L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-

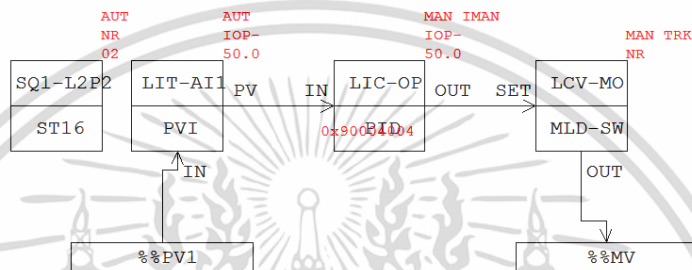


(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

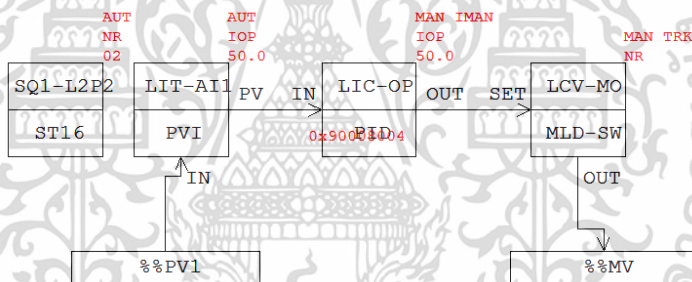
รูปที่ 4.33 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสถานะ 'IOP-' และ 'IOP' ของ 'LIC-AI1' จากรูปที่ 4.35 และ 4.36 โหมดของ 'LIC-OP.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'IMAN' เป็นโหมด 'MAN' และโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'TRK' เป็นโหมด 'MAN' ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก 'SQ1-L2P2' ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ 'LIC-AI1.ALARM' ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP' ทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ 'SQ1-L2P2' กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.37 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโหมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโหมด 'MAN' เป็นโหมด 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง

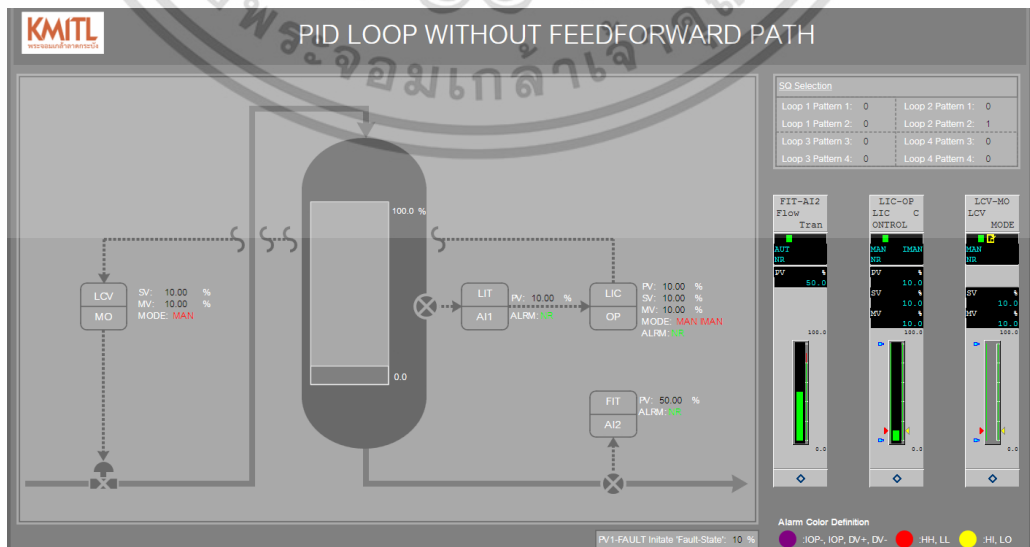


(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



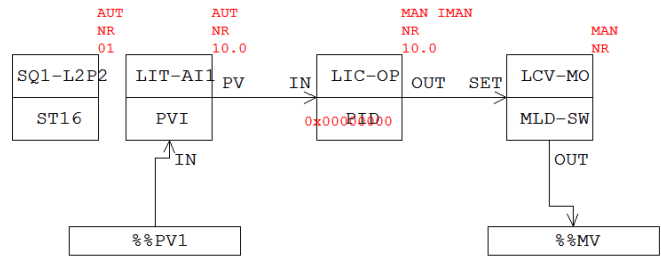
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.34 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



รูปที่ 4.35 การแสดงกราฟิก HMI ของ L2P2 ภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



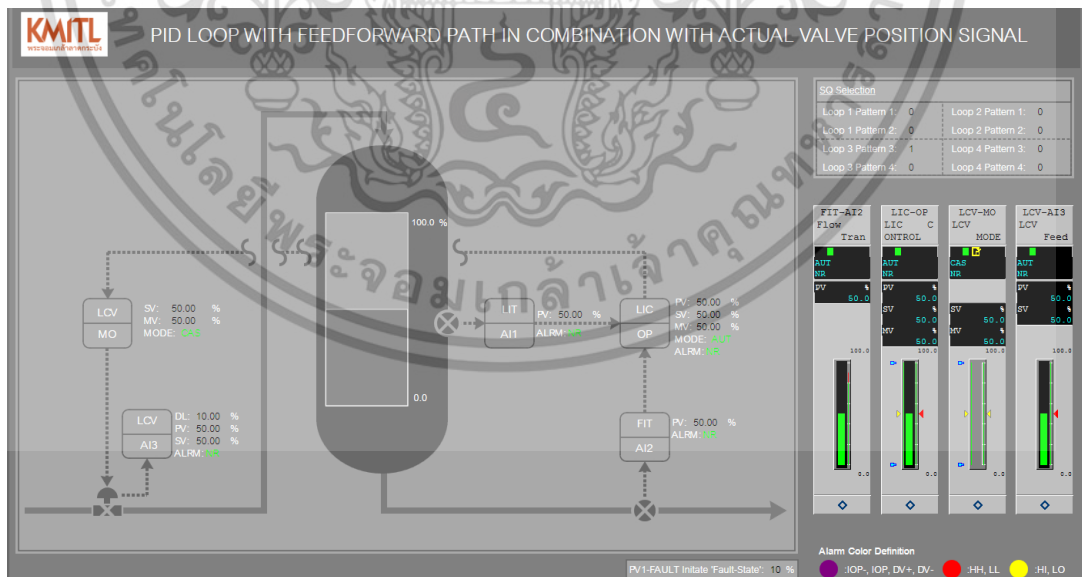
รูปที่ 4.36 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L2P2 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

No	De	TC	1
C01	LIT-AI1.ALRM	IOP-	Y . N .
C02	LIT-AI1.ALRM	IOP-	. Y . N .
A01	LCV-MO.MODE	MAN	Y Y .
A02	LCV-MO-IFS.EV	H	Y Y N

รูปที่ 4.37 การทำงานของ SQ1-L2P2 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

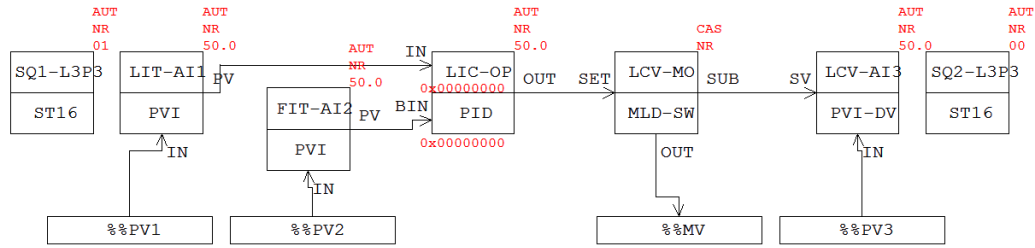
4.7 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P3

4.7.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ

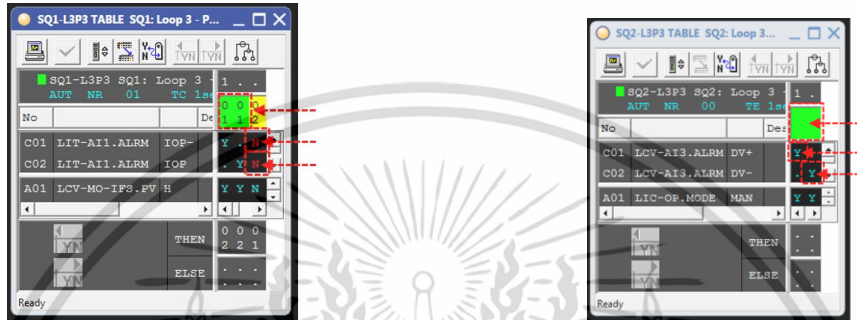


รูปที่ 4.38 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ



(ก) SQ1-L3P3

(ข) SQ2-L3P3

รูปที่ 4.40 การทำงานของ SQ1- L3P3, SQ2-L3P3 ขณะที่ควบคุมปกติ

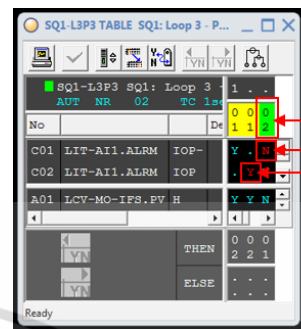
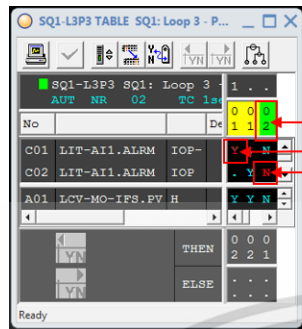
สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P3 ในขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.38 และ 4.39 ตามลำดับซึ่งโหมดของ ‘LIC-OP.MODE’ อยู่ในโหมด ‘AUT’ และ ‘LIC-OP.SV’ ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ อยู่ในโหมด ‘CAS’ เพื่อรับค่า MV จาก ‘LIC-OP.MV’ ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และที่ ‘LCV-AI3.PV’ ก็แสดงค่าตำแหน่งวาล์วจริงอยู่ที่ 50% เช่นกันและจากรูปที่ 4.40(ก) บล็อก ‘SQ1-L3P3’ อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง ‘LIT-AI1.ALARM’ ยังไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’ และ ‘SQ2-L3P3’ ที่ ‘LCV-AI3.ALARM’ ยังไม่มีสถานะเป็น ‘DV+’ หรือ ‘DV-’ ดังรูปที่ 4.40(ข)

4.7.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ ‘SQ1-L3P3’ สามารถตรวจจับสถานะ ‘IOP-’ หรือ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1.ALARM’ ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร ‘Y’ สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.41(ก) และ 4.41(ข) ตามลำดับจึงทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ ถูกเปลี่ยนจากโหมด ‘CAS’ เป็นโหมด ‘TRK’ ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น ‘SQ1-L3P3’ เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘TRK’ จึงส่งผลให้โหมดของ ‘LIC-MO.MODE’ เป็นโหมด ‘IMAN’

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

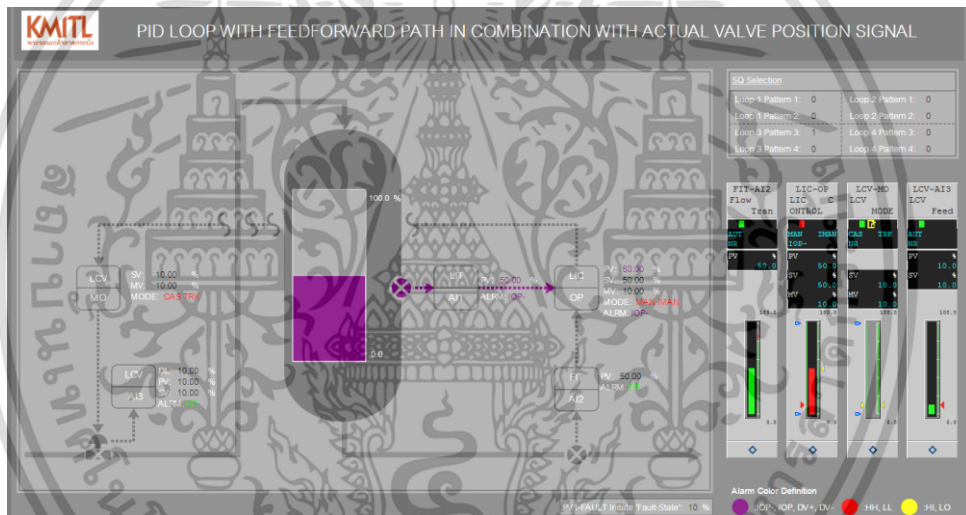
แสดงดั่งกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP-' ดังรูปที่ 4.42(ก) และ 4.43(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP' ดังรูปที่ 4.42(ข) และ 4.43(ข)



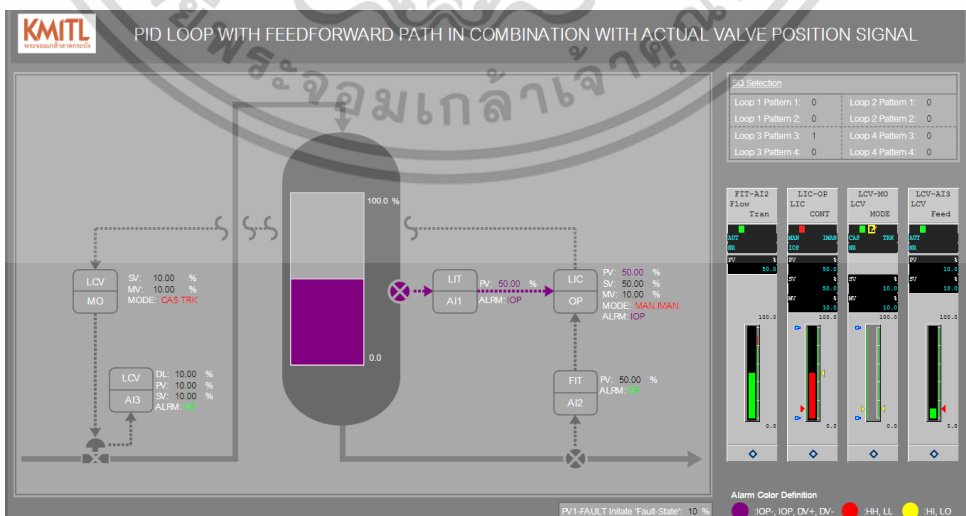
(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.41 การทำงานของ SQ1-L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



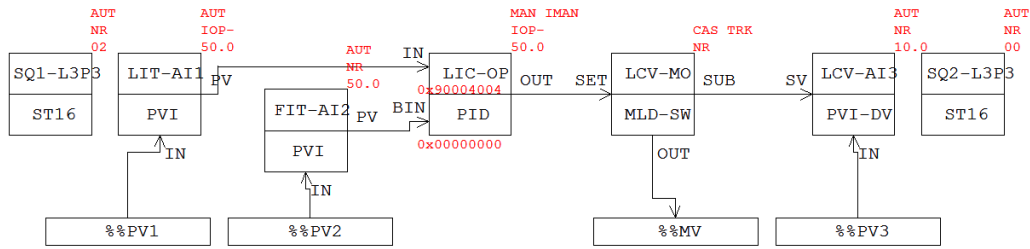
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



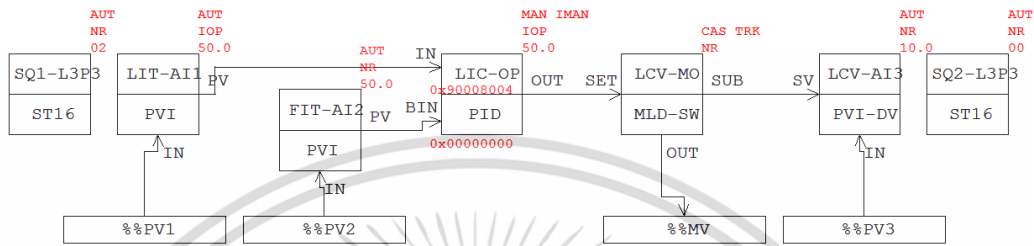
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.42 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือมีการขังในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



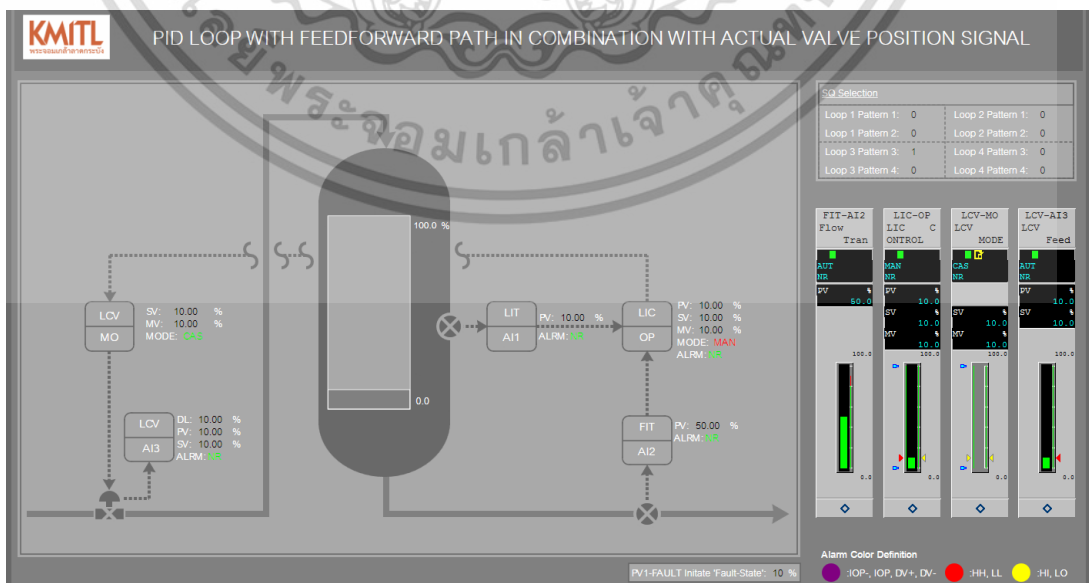
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

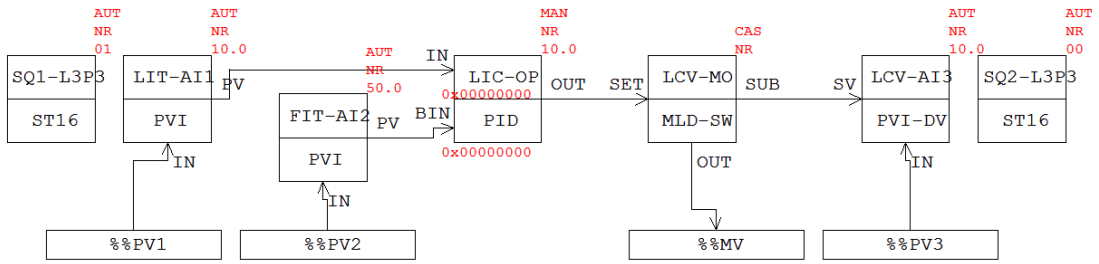
รูปที่ 4.43 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เมื่อสถานะ ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1’ ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.44 และ 4.45 โมดของ ‘LIC-OP.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘IMAN’ เป็นโมด ‘MAN’ และโมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘TRK’ เป็นโมด ‘CAS’ ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก ‘SQ1-L3P3’ ในขั้นตอนที่ 2 กวข้อที่ 3 เป็นจริงคือ ‘LIT-AI1.ALARM’ ไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ ‘SQ1-L3P3’ กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.46 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ ‘LIC-OP.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘AUT’ และตั้งค่า ‘LIC-OP.SV’ ที่ต้องการเอง

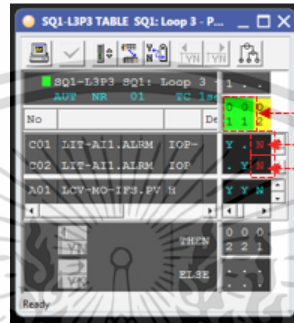


รูปที่ 4.44 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



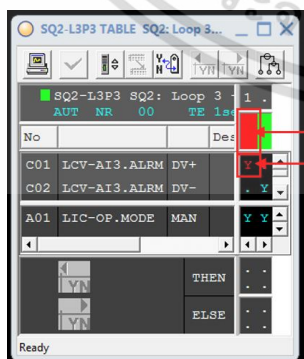
รูปที่ 4.45 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



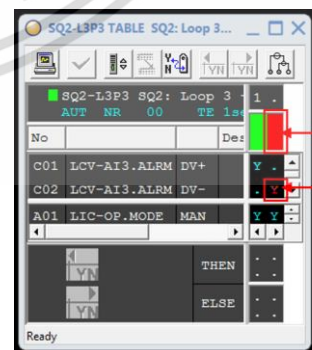
รูปที่ 4.46 การทำงานของ SQ1-L3P3 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

4.7.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ2-L3P3' สามารถตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.47(ก) และ 4.47(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LIC-OP.MODE' ถูกบังคับเป็นโหมด 'MAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV+' ดังรูปที่ 4.48(ก) และ 4.49(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV-' ดังรูปที่ 4.48(ข) และ 4.49(ข)



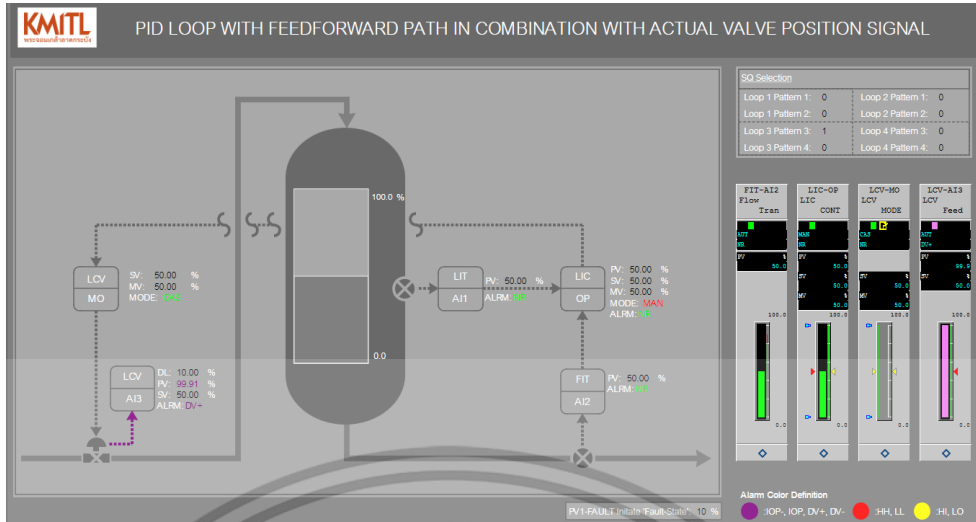
(ก) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV+



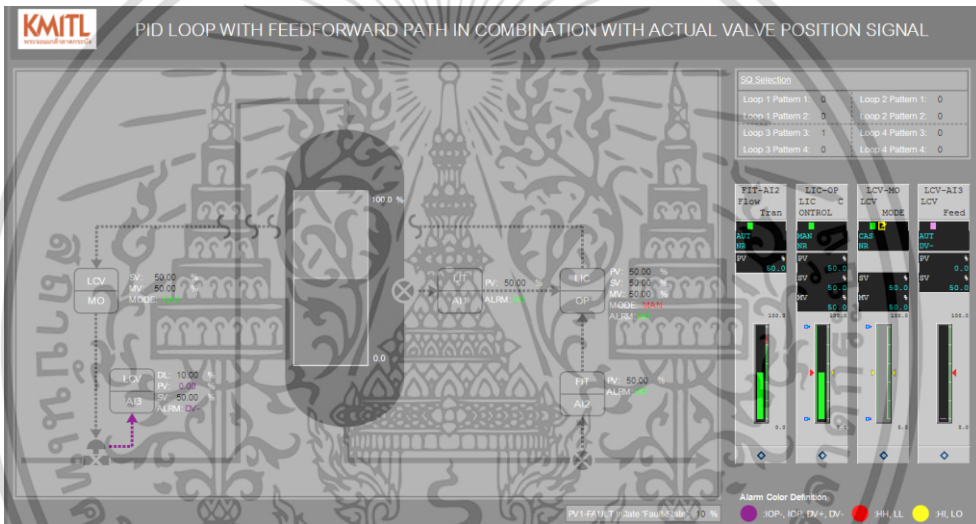
(ข) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV-

รูปที่ 4.47 การทำงานของ SQ2-L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

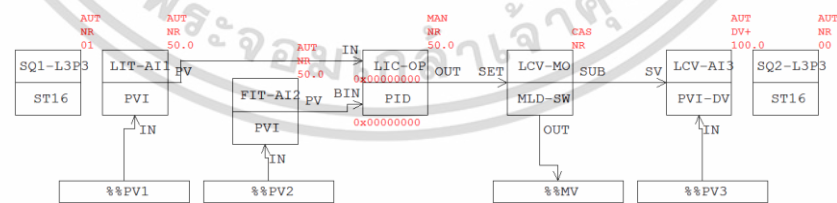
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



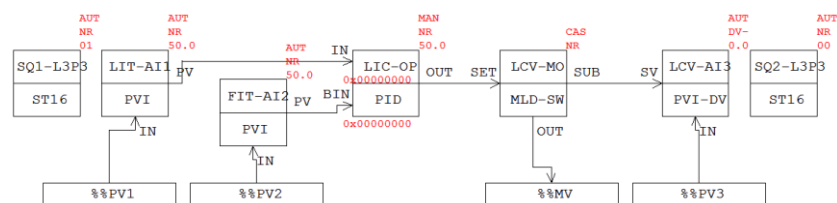
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-
รูปที่ 4.48 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3



(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+

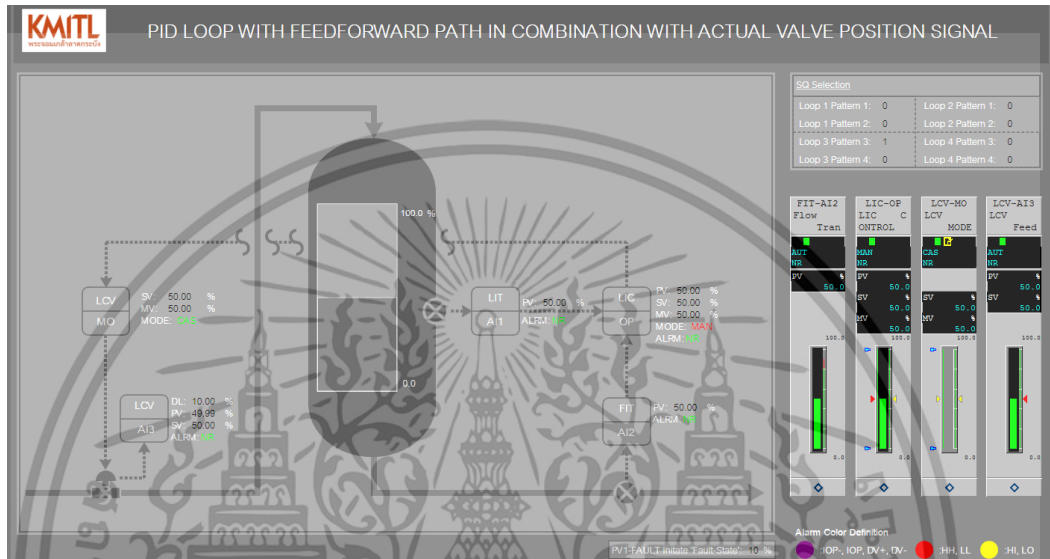


(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

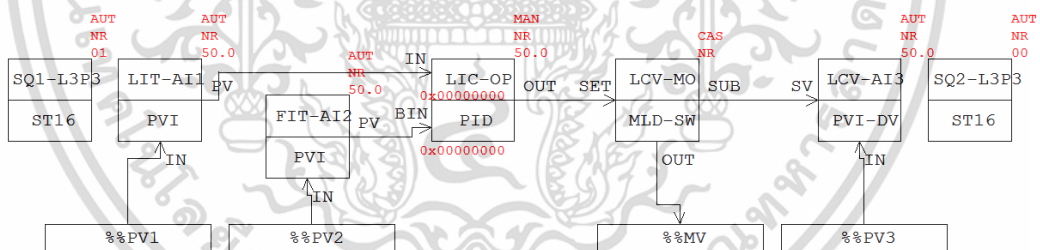
รูปที่ 4.49 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสถานะ 'DV+' และ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.50 และ 4.51 โหมดของ 'LIC-OP.MODE' ยังคงเป็นโหมด 'MAN' และ 'SQ2-L3P3' ตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ไม่ได้ ดังรูปที่ 4.52 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโหมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโหมด 'MAN' เป็นโหมด 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง



รูปที่ 4.50 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P3 ภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.51 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P3 ภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

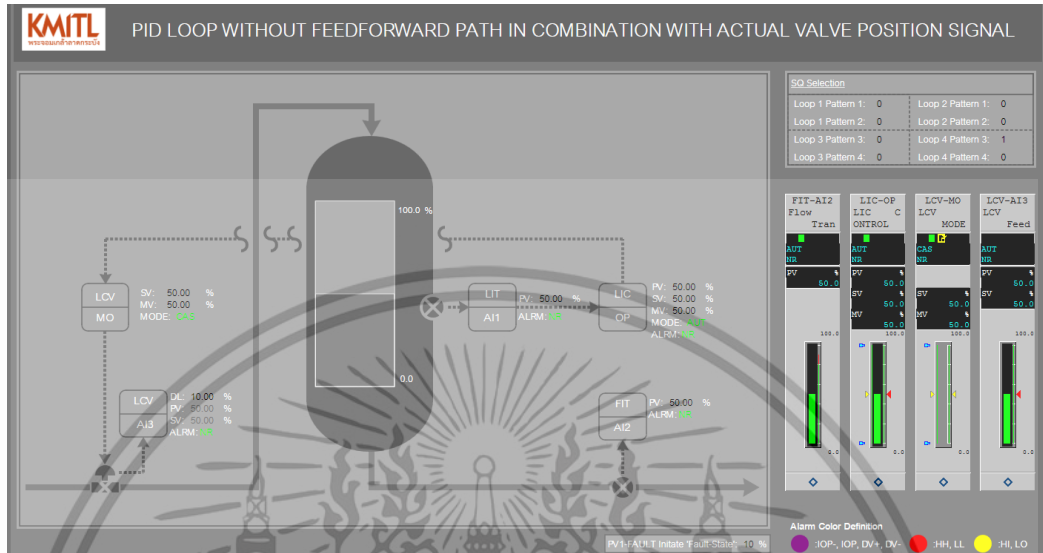
No	Desc	Status
C01	LCV-AI3.ALARM DV+	Y
C02	LCV-AI3.ALARM DV-	Y
A01	LIC-OP.MODE MAN	Y Y

รูปที่ 4.52 การทำงานของ SQ2-L3P3 ภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

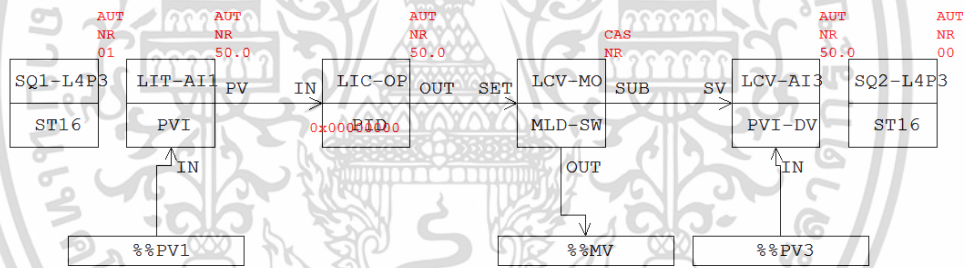
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P3

4.8.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ



รูปที่ 4.53 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ



รูปที่ 4.54 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ

Table 4.55(a): SQ1-L4P3 TABLE SQ1: Loop 4 - P...

No	De	Y	N
C01	LIT-AI1.ALARM	IOP	Y N
C02	LIT-AI1.ALARM	IOP	Y N
A01	LCV-MO-IFS.PV	H	Y Y N

(ก) SQ1-L4P3

Table 4.55(b): SQ2-L4P3 TABLE SQ2: Loop 4...

No	De	Y	N
C01	LCV-AI3.ALARM	DV+	Y N
C02	LCV-AI3.ALARM	DV-	Y N
A01	LIC-OP.MODE	MAN	Y Y

(ข) SQ2-L4P3

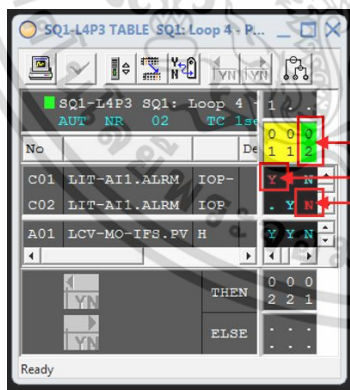
รูปที่ 4.55 การทำงานของ SQ1- L4P3, SQ2-L4P3 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

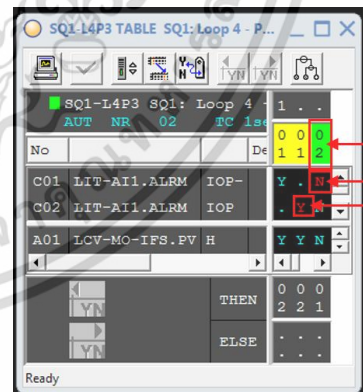
สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P3 ในขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.53 และ 4.54 ตามลำดับซึ่งโหมดของ 'LIC-OP.MODE' อยู่ในโหมด 'AUT' และ 'LIC-OP.SV' ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ 'LCV-MO.MODE' อยู่ในโหมด 'CAS' เพื่อรับค่า MV จาก 'LIC-OP.MV' ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และที่ 'LCV-AI3.PV' ก็แสดงค่าตำแหน่งวาล์วจริงอยู่ที่ 50% เช่นกันและจากรูปที่ 4.55(ก) บล็อก 'SQ1-L4P3' อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง 'LIT-AI1.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' และ 'SQ2-L4P3' ที่ 'LCV-AI3.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' ดังรูปที่ 4.55(ข)

4.8.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ1-L4P3' สามารถตรวจจับสถานะ 'IOP-' หรือ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.56(ก) และ 4.56(ข) ตามลำดับจึงทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'MAN' เป็น 'TRK' ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น 'SQ1-L4P3' เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เป็นโหมด 'TRK' จึงส่งผลให้โหมดของ 'LIC-MO.MODE' เป็นโหมด 'IMAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP-' ดังรูปที่ 4.57(ก) และ 4.58(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP' ดังรูปที่ 4.57(ข) และ 4.58(ข)



(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

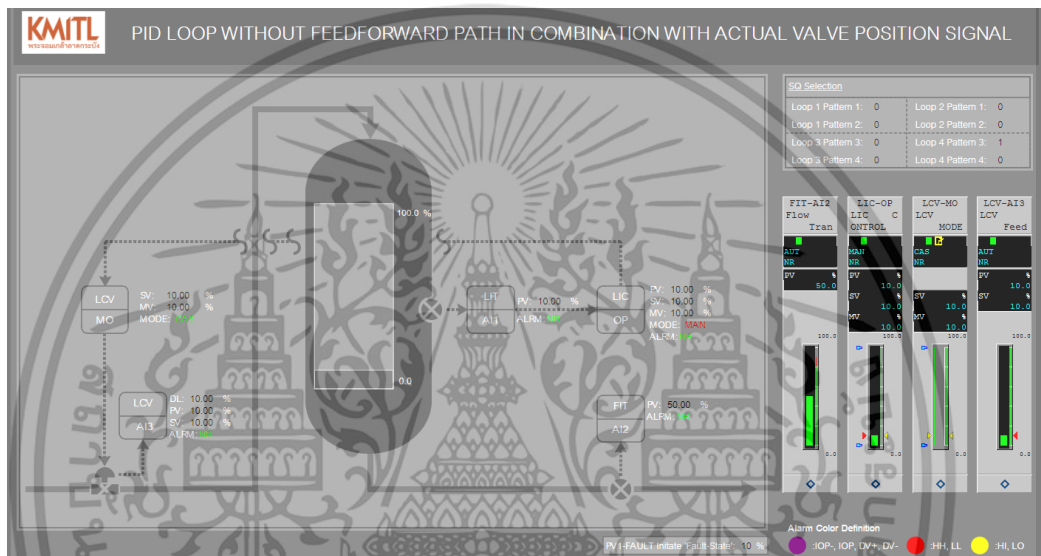


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

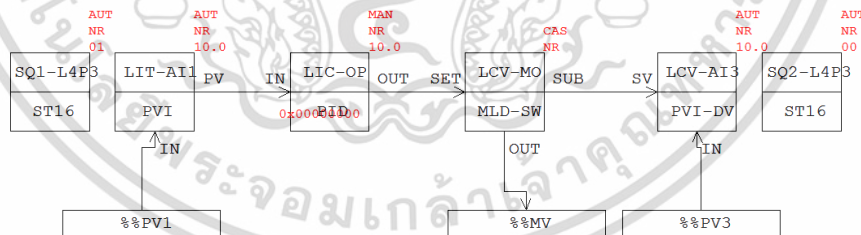
รูปที่ 4.56 การทำงานของ SQ1-L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสถานะ 'IOP-' และ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ถูกแก้ไขซึ่งจากรูปที่ 4.59 และ 4.60 โหมดของ 'LIC-OP.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'IMAN' เป็นโหมด 'MAN' และโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'TRK' เป็นโหมด 'CAS' ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก 'SQ1-L4P3' ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ 'LIT-AI1.ALARM' ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP' ทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ 'SQ1-L4P3' กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.61 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่อการควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโหมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโหมด 'MAN' เป็นโหมด 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง



รูปที่ 4.59 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



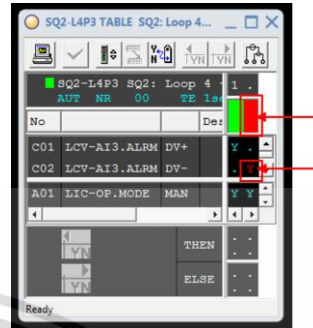
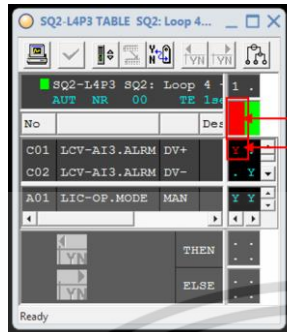
รูปที่ 4.60 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

No	De	St
C01	LIT-AI1.ALARM	IOP-
C02	LIT-AI1.ALARM	IOP
A01	LCV-MO-IFS.PV	H

รูปที่ 4.61 การทำงานของ SQ1- L4P3 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลระบบแก้ไขข้อมูลใดๆ จะใช้ขั้นตอนการดำเนินการที่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

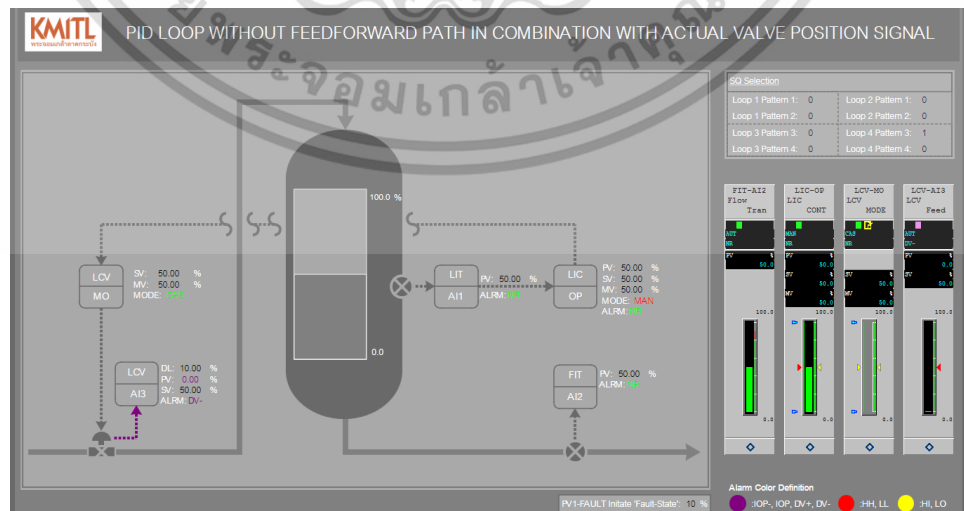
4.8.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข



(ก) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV+ (ข) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV-
รูปที่ 4.62 การทำงานของ SQ2-L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3



(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+

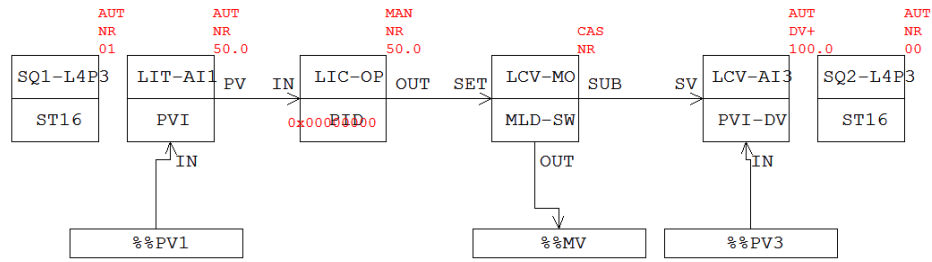


(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

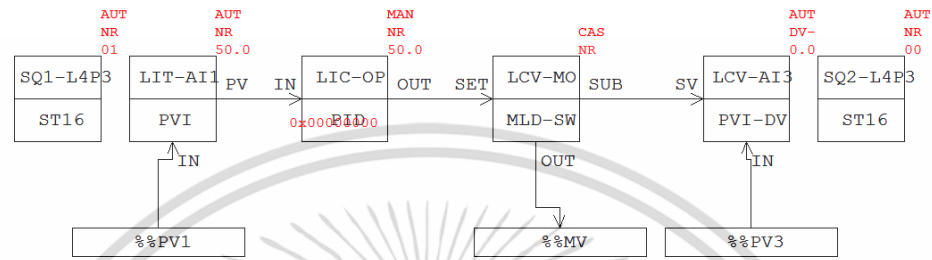
รูปที่ 4.63 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



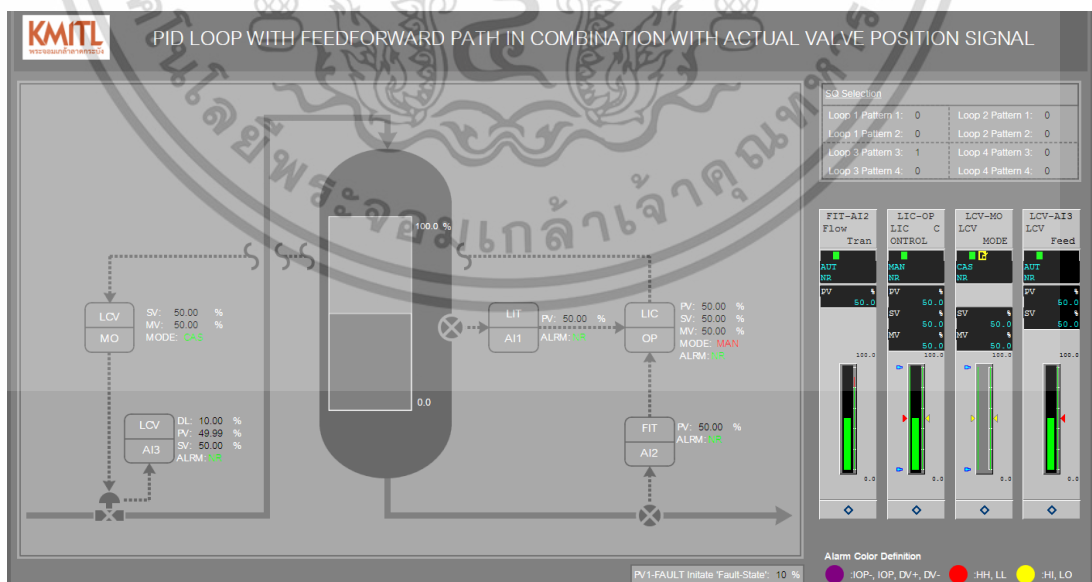
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

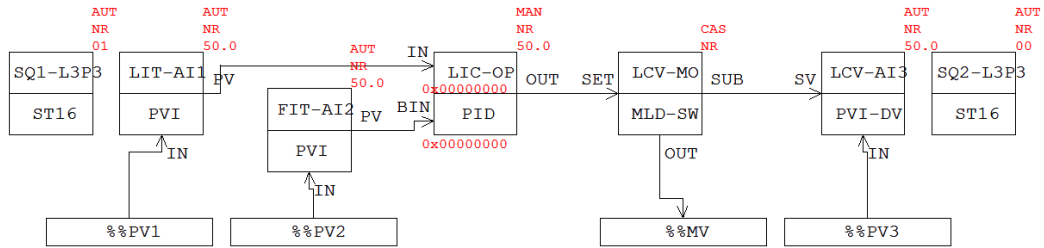
รูปที่ 4.64 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เมื่อ 'SQ2-L4P3' สามารถตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.61(ก) และ 4.61(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LIC-OP.MODE' ถูกบังคับเป็นโหมด 'MAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV+' ดังรูปที่ 4.63(ก) และ 4.64(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV-' รูปที่ 4.63(ข) และ 4.64(ข)

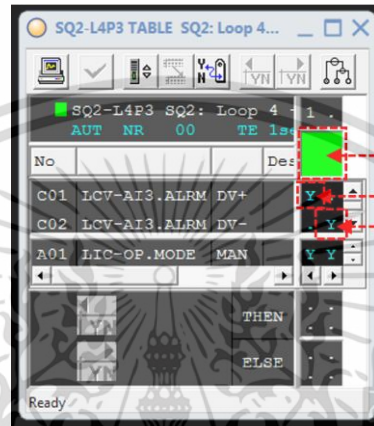


รูปที่ 4.65 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P3 ภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.66 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P3 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.67 การทำงานของ SQ2-L4P3 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

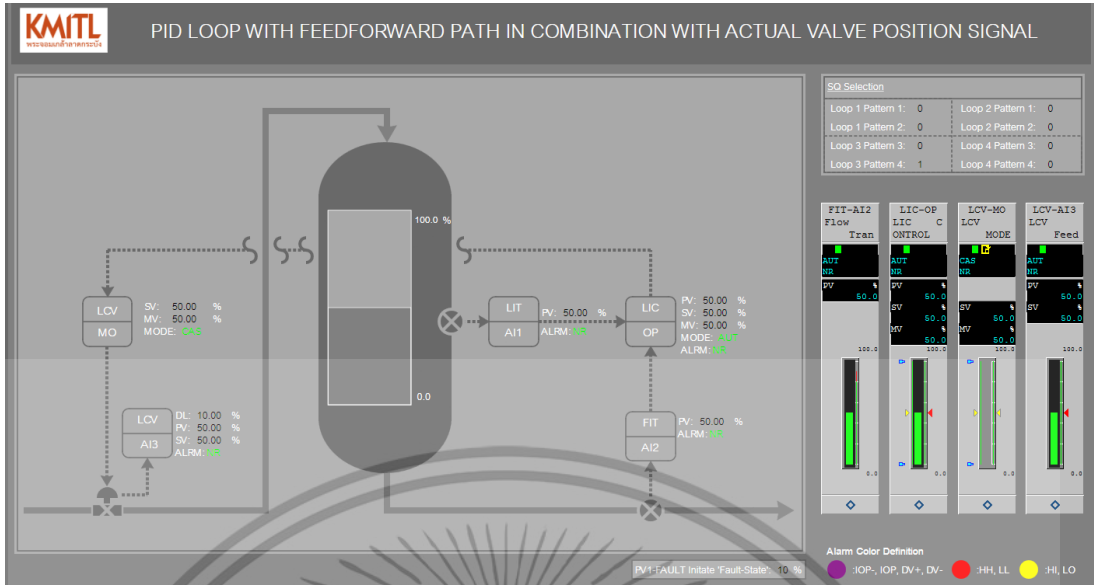
เมื่อสถานะ 'DV+' และ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.65 และ 4.66 โมดของ 'LIC-OP.MODE' ยังคงเป็นโมด 'MAN' และ 'SQ2-L4P3' ตรวจสอบสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ไม่ได้ ดังรูปที่ 4.67 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโมด 'MAN' เป็นโมด 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง

4.9 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P4

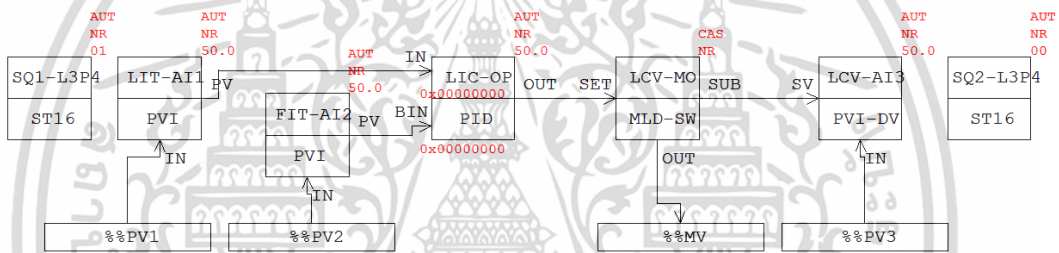
4.9.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ

สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L3P4 ในขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.68 และ 4.69 โมดของ 'LIC-OP.MODE' อยู่ในโมด 'AUT' และ 'LIC-OP.SV' ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะที่เดียวกันโมดของ 'LCV-MO.MODE' อยู่ในโมด 'CAS' เพื่อรับค่า MV จาก 'LIC-OP.MV' ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และที่ 'LCV-AI3.PV' ก็แสดงค่าตำแหน่งวาล์วจริงอยู่ที่ 50% เช่นกันและจากรูปที่ 4.70(ก) บล็อก 'SQ1-L3P4' อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้อยู่ซึ่ง 'LIT-AI1.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' และ 'SQ2-L3P4' ที่ 'LCV-AI3.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' ดังรูปที่ 4.70(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.68 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ



รูปที่ 4.69 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ

Table 4.70(a): SQ1-L3P4 Alarm and Control Table

No	Code	Description	Alarm	Control
C01	LIT-AI1.ALARM	IOP-	Y	N
C02	LIT-AI1.ALARM	IOP	Y	N
A01	LCV-MO.MODE	MAN	Y	Y
A02	LCV-MO-IFS.PV	H	Y	Y

(ก) SQ1-L3P4

Table 4.70(b): SQ2-L3P4 Alarm and Control Table

No	Code	Description	Alarm	Control
C01	LCV-AI3.ALARM	DV+	Y	N
C02	LCV-AI3.ALARM	DV-	Y	N
A01	LCV-MO.MODE	MAN	Y	Y
A02	LIC-OP.MODE	MAN	Y	Y

(ข) SQ2-L3P4

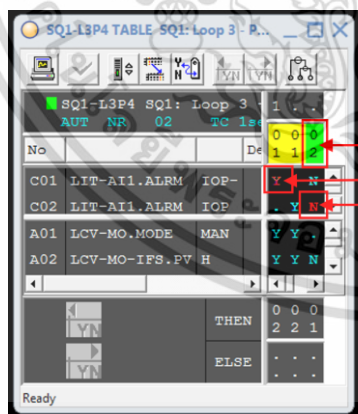
รูปที่ 4.70 การทำงานของ SQ1- L3P4, SQ2-L3P4 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

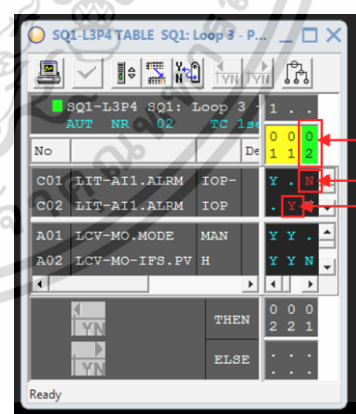
4.9.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ1-L3P4' สามารถตรวจจับสถานะ 'IOP-' หรือ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.71(ก) และ 4.71(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนเป็นโหมด 'MAN' และ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจาก 'MAN' เป็น 'TRK' ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ถูกตั้งไว้ 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น 'SQ1-L3P4' เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เป็นโหมด 'TRK' จึงส่งผลให้โหมดของ 'LIC-MO.MODE' เป็นโหมด 'IMAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP-' ดังรูปที่ 4.72(ก) และ 4.73(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP' ดังรูปที่ 4.72(ข) และ 4.73(ข)

เมื่อสถานะ 'IOP-' และ 'IOP' ของ 'LIT-AI1' ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.74 และ 4.75 โหมดของ 'LIC-OP.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'IMAN' เป็นโหมด 'MAN' และโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจากโหมด 'TRK' เป็นโหมด 'MAN' ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก 'SQ1-L3P4' ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ 'LIT-AI1.ALARM' ไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' และ 'IOP' ทำให้ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ 'SQ1-L3P4' กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.76 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโหมดของ 'LIC-OP.MODE' และ 'LCV-MO.MODE' จาก 'MAN' เป็น 'AUT' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง

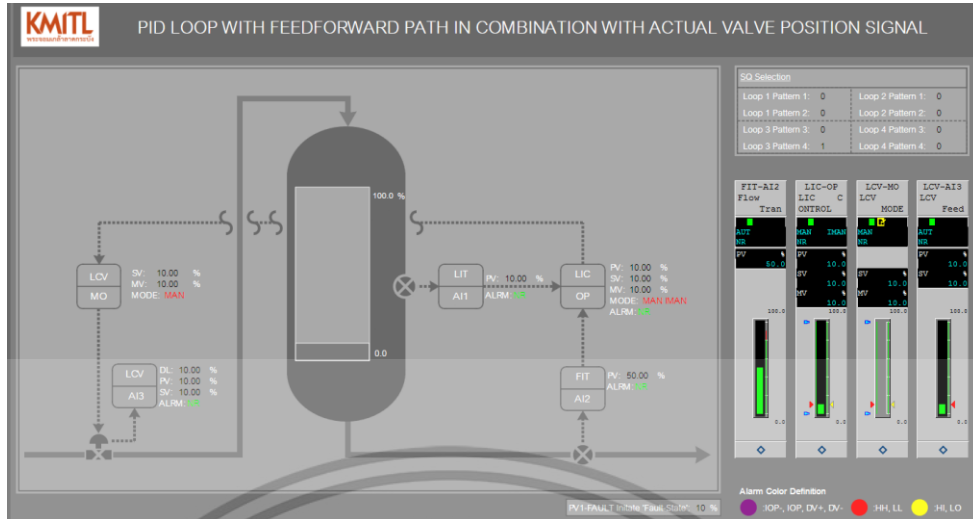


(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

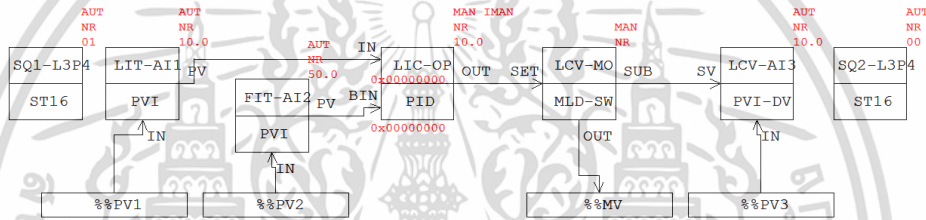


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.71 การทำงานของ SQ1- L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



รูปที่ 4.74 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.75 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

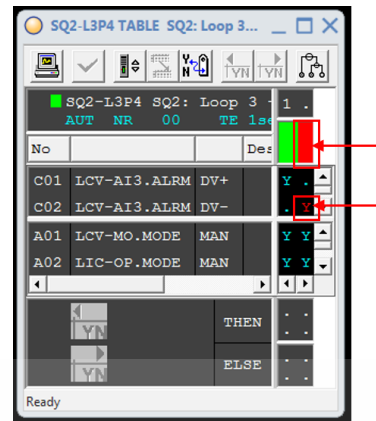
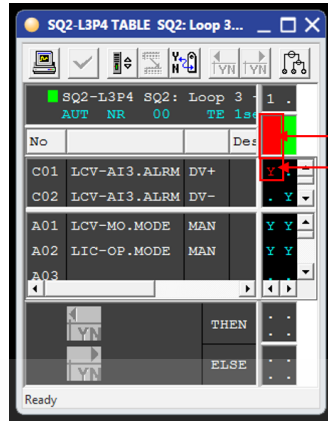
No	Condition	ICF	De
C01	LIT-AI1.ALARM	Y	N
C02	LIT-AI1.ALARM	Y	N
A01	LCV-MO.MODE	Y	Y
A02	LCV-MO-IFS.PV	Y	Y

รูปที่ 4.76 การทำงานของ SQ1-L3P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

4.9.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ2-L3P4' สามารถตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.77(ก) และ 4.77(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' และ 'LIC-OP.MODE' ถูกบังคับเป็นโหมด 'MAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV+' ดังรูปที่ 4.78(ก) และ 4.79(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV-' ดังรูปที่ 4.78(ข) และ 4.79(ข)

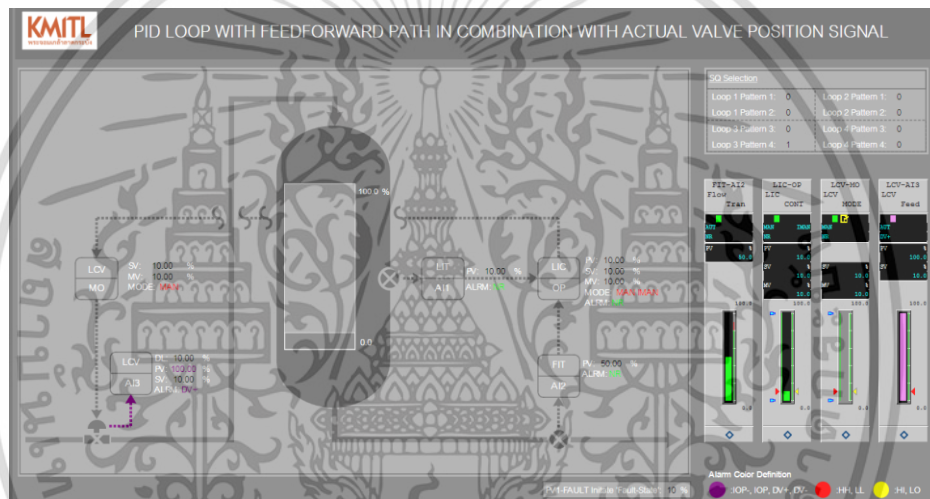
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



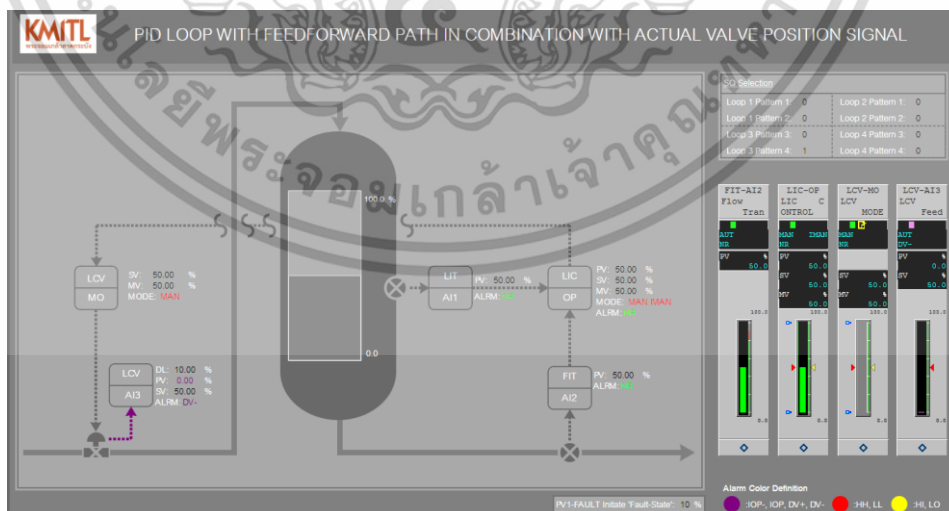
(ก) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV+

(ข) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV-

รูปที่ 4.77 การทำงานของ SQ2-L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3



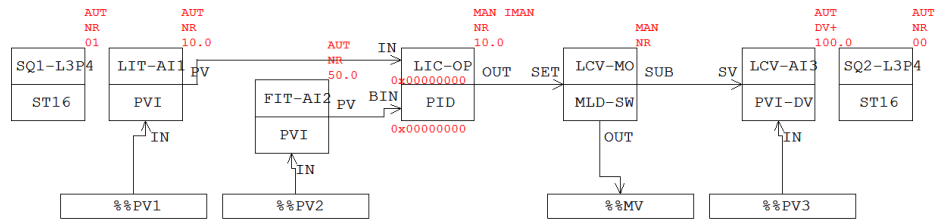
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+



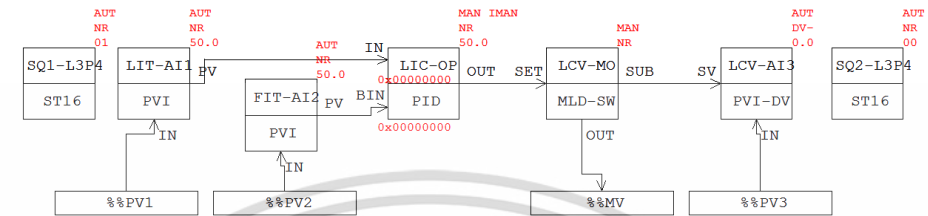
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

รูปที่ 4.78 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



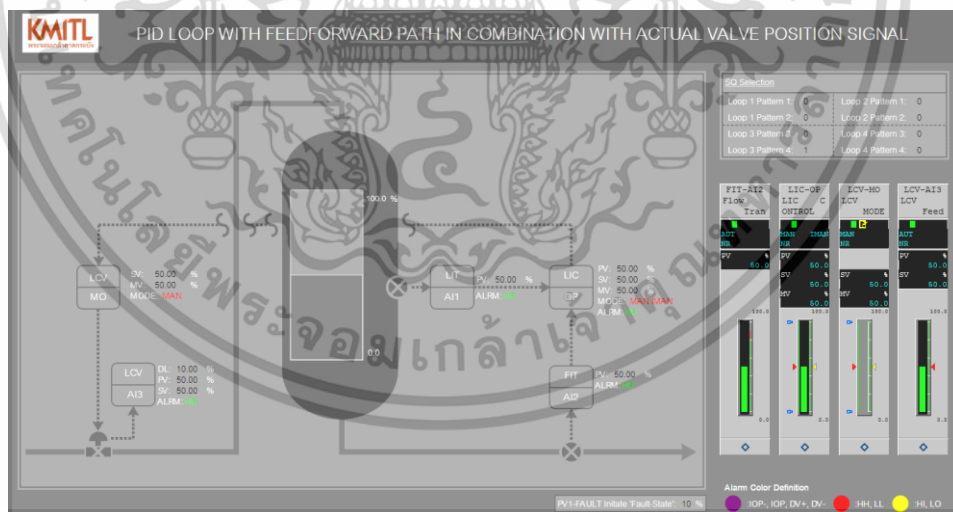
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+



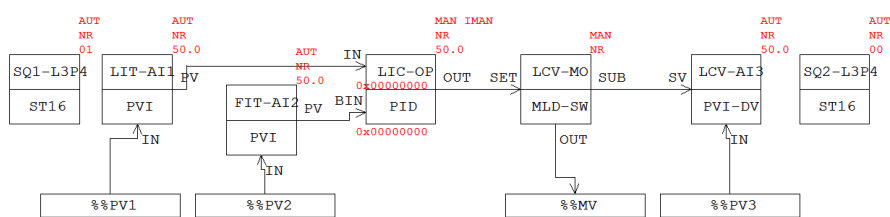
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

รูปที่ 4.79 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เมื่อสถานะ ‘DV+’ และ ‘DV-’ ของ ‘LCV-AI3.ALARM’ ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.80 และ 4.81 โมดของ ‘LIC-OP.MODE’ และ ‘LCV-MO.MODE’ ยังคงเป็นโมด ‘MAN’ และ ‘SQ2-L3P4’ ตรวจสอบสถานะ ‘DV+’ หรือ ‘DV-’ ของ ‘LCV-AI3.ALARM’ ไม่ได้ ดังรูปที่ 4.82 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสูการควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ ‘LIC-OP.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘AUT’ ‘LCV-MO.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘CAS’ และตั้งค่า ‘LIC-OP.SV’ ที่ต้องการเอง

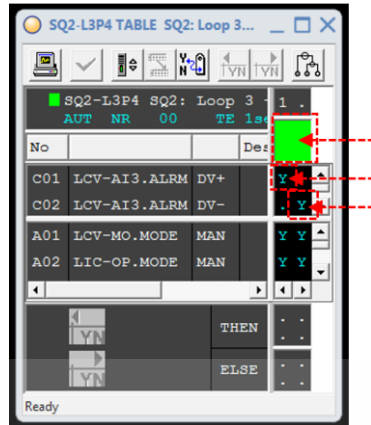


รูปที่ 4.80 การแสดงกราฟิก HMI ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.81 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L3P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเขียวหรือใบเหลืองในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



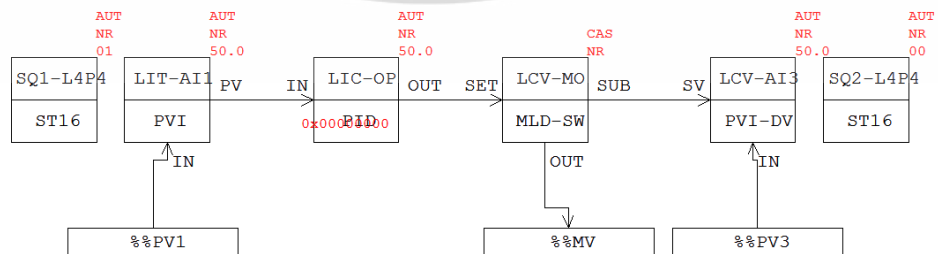
รูปที่ 4.82 การทำงานของ SQ2-L3P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

4.10 ผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P4

4.10.1 ผลการทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ



รูปที่ 4.83 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ



รูปที่ 4.84 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No	Description	De	Status
C01	LIT-AI1.ALARM IOP-		Y . N
C02	LIT-AI1.ALARM IOP		. Y N
A01	LCV-MO.MODE MAN		Y Y .
A02	LCV-MO-IFS.PV H		Y Y N

(ก) SQ1-L4P4

No	Description	De	Status
C01	LCV-AI3.ALARM DV+		Y . N
C02	LCV-AI3.ALARM DV-		. Y N
A01	LCV-MO.MODE MAN		Y Y .
A02	LIC-OP.MODE MAN		Y Y .

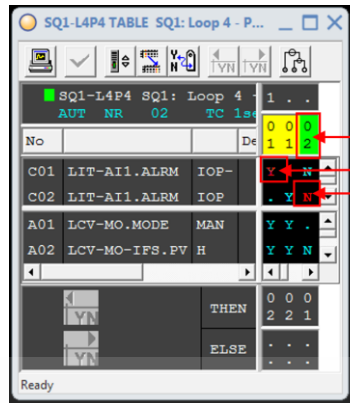
(ข) SQ2-L4P4

รูปที่ 4.85 การทำงานของ SQ1- L4P4, SQ2-L4P4 ขณะที่ควบคุมปกติ

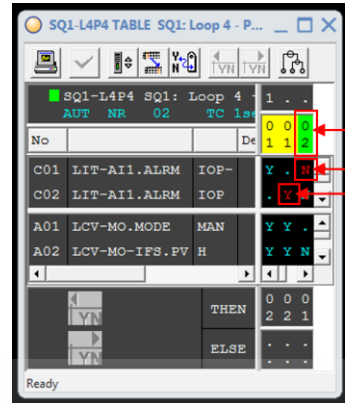
สำหรับผลการทดสอบแผนผังควบคุมสำหรับ L4P4 ในขณะการทำงานปกติที่หน้ากราฟิก HMI และกราฟิก DRAW ดังรูปที่ 4.83 และ 4.84 ตามลำดับซึ่งโหมดของ 'LIC-OP.MODE' อยู่ในโหมด 'AUT' และ 'LIC-OP.SV' ถูกตั้งค่าที่ 50% ในขณะเดียวกันโหมดของ 'LCV-MO.MODE' อยู่ในโหมด 'CAS' เพื่อรับค่า MV จาก 'LIC-OP.MV' ซึ่งถูกส่งไปที่ตำแหน่งที่ 50% และที่ 'LCV-AI3.PV' ก็แสดงค่าตำแหน่งวาล์วจริงอยู่ที่ 50% เช่นกันและจากรูปที่ 4.85(ก) บล็อก 'SQ1-L4P4' อยู่ที่ขั้นตอนที่ 1 ดังที่แสดงเป็นพื้นหลังสีเขียวที่มีลูกศรชี้ไปยัง 'LIT-AI1.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' และ 'SQ2-L4P4' ที่ 'LCV-AI3.ALARM' ยังไม่มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' ดังรูปที่ 4.85(ข)

4.10.2 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ1-L4P4' สามารถตรวจจับสถานะ 'IOP-' หรือ 'IOP' ของ 'LIT-AI1.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้ดังรูปที่ 4.85(ก) และ 4.85(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนเป็นโหมด 'MAN' และ 'LCV-MO-IFS.PV' เปลี่ยนจาก Low เป็น High ส่งผลให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' เปลี่ยนจาก 'MAN' เป็น 'TRK' ซึ่งทำให้ค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้า 10% ถูกใช้เป็น MV สั่งการไปที่แอกทูเอเตอร์ และจากนั้น 'SQ1-L4P4' เปลี่ยนจากขั้นตอนที่ 1 เป็นขั้นตอนที่ 2 และเนื่องจากโหมดของ 'LCV-MO.MODE' เป็นโหมด 'TRK' จึงส่งผลให้โหมดของ 'LIC-MO.MODE' เป็นโหมด 'IMAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP-' ดังรูปที่ 4.87(ก) และ 4.88(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'IOP' ดังรูปที่ 4.87(ข) และ 4.88(ข)

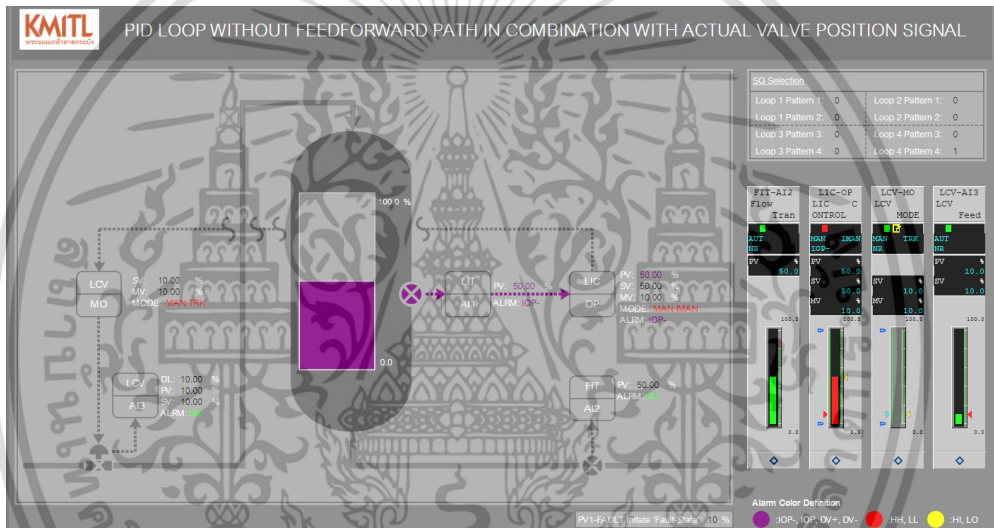


(ก) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP-

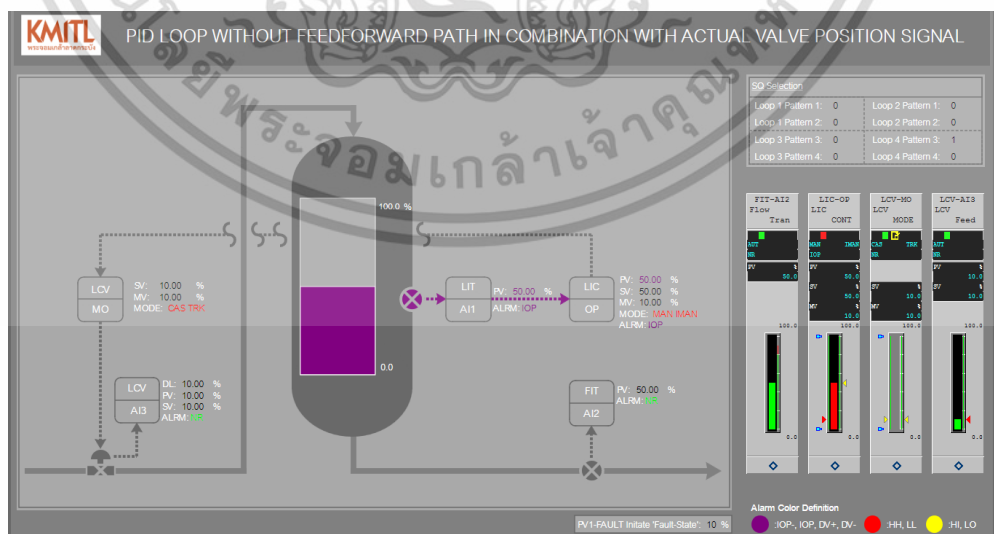


(ข) เมื่อ PV1 ล้มเหลวแบบ IOP

รูปที่ 4.86 การทำงานของ SQ1-L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1



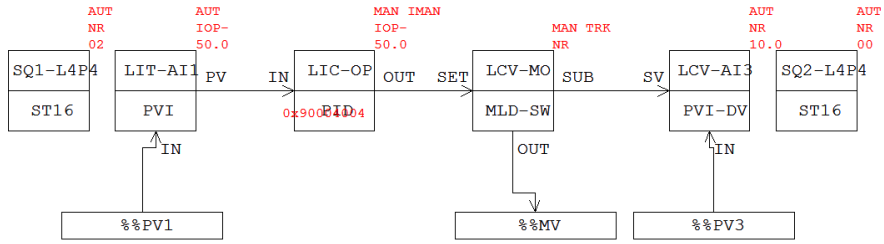
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



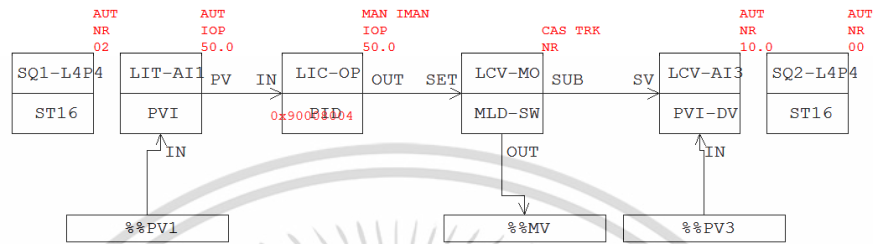
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

รูปที่ 4.87 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



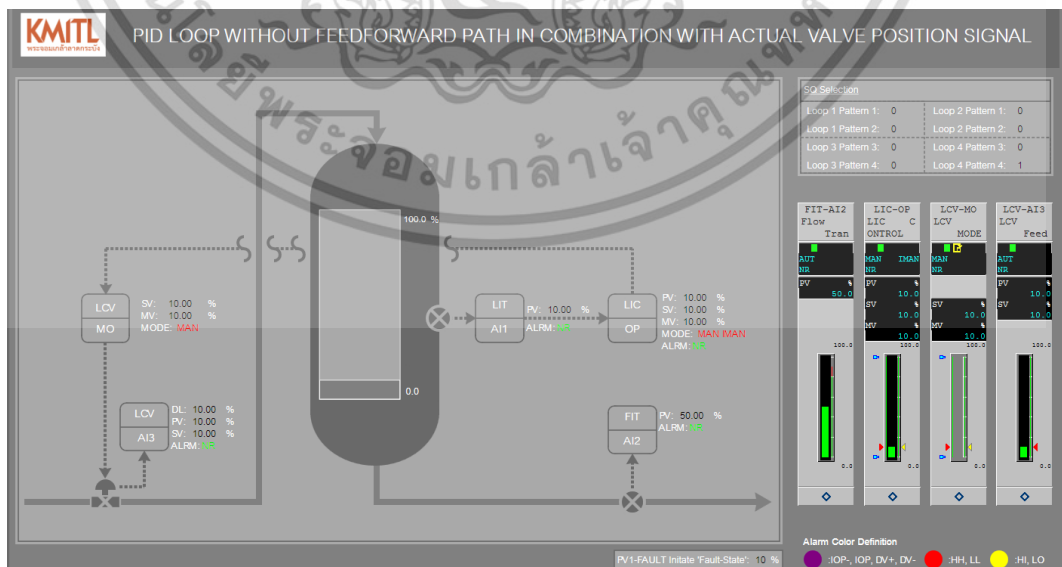
(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP-



(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1 แบบ IOP

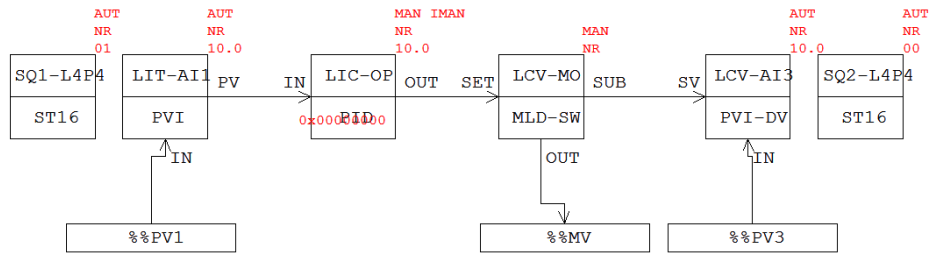
รูปที่ 4.88 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1

เมื่อสถานะ ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ของ ‘LIT-AI1.ALARM’ ถูกแก้ไขซึ่งจากรูปที่ 4.89 และ 4.90 โมดของ ‘LIC-OP.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘IMAN’ เป็นโมด ‘MAN’ และโมดของ ‘LCV-MO.MODE’ เปลี่ยนจากโมด ‘TRK’ เป็นโมด ‘MAN’ ซึ่งเป็นผลมาจากบล็อก ‘SQ1-L4P4’ ในขั้นตอนที่ 2 กฎข้อที่ 3 เป็นจริงคือ ‘LIT-AI1.ALARM’ ไม่มีสถานะเป็น ‘IOP-’ และ ‘IOP’ ทำให้ ‘LCV-MO-IFS.PV’ เปลี่ยนจาก High เป็น Low และ ‘SQ1-L4P4’ กลับเข้าสู่ขั้นตอนที่ 1 ดังรูปที่ 4.91 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ ‘LIC-OP.MODE’ จากโมด ‘MAN’ เป็นโมด ‘AUT’ และโมดของ ‘LCV-MO.MODE’ จาก ‘MAN’ เป็น ‘CAS’ และตั้งค่า ‘LIC-OP.SV’ ที่ต้องการเอง

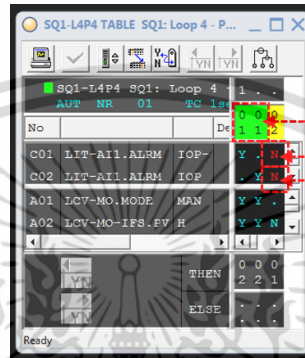


รูปที่ 4.89 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ภายหลังจากความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



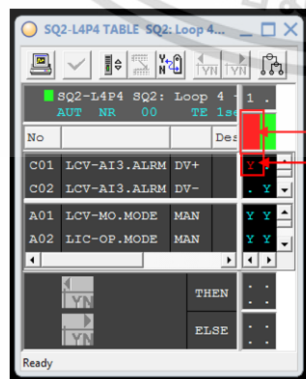
รูปที่ 4.90 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข



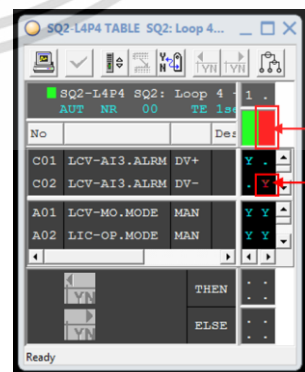
รูปที่ 4.91 การทำงานของ SQ1-L4P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

4.10.3 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

เมื่อ 'SQ2-L4P4' สามารถตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ที่ 'LCV-AI3.ALARM' ซึ่งแสดงเป็นตัวอักษร 'Y' สีแดงและมีลูกศรชี้อยู่ดังรูปที่ 4.92(ก) และ 4.92(ข) ตามลำดับจึงทำให้โหมดของ 'LCV-MO.MODE' และ 'LIC-OP.MODE' ถูกบังคับเป็นโหมด 'MAN' แสดงดังกราฟิก HMI และกราฟิก DRAW สำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV+' ดังรูปที่ 4.93(ก) และ 4.94(ก) และสำหรับกรณีที่เกิดสถานะแบบ 'DV-' รูปที่ 4.93(ข) และ 4.94(ข)



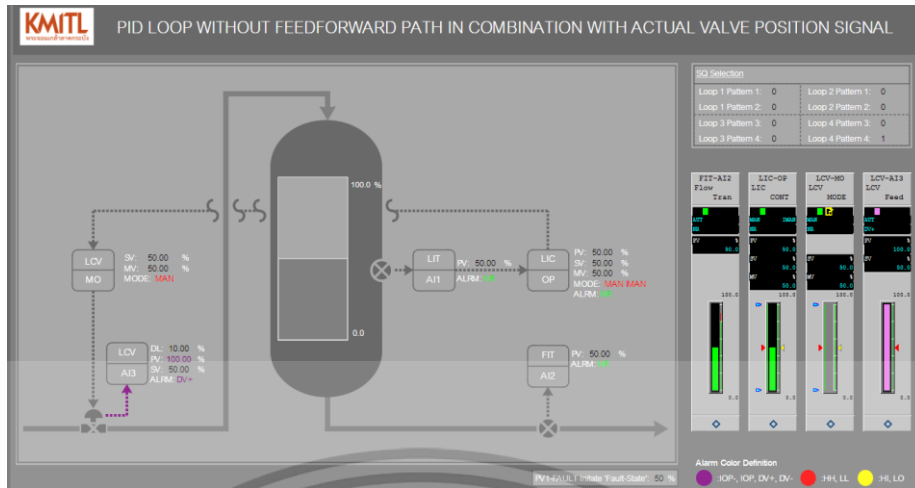
(ก) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV+



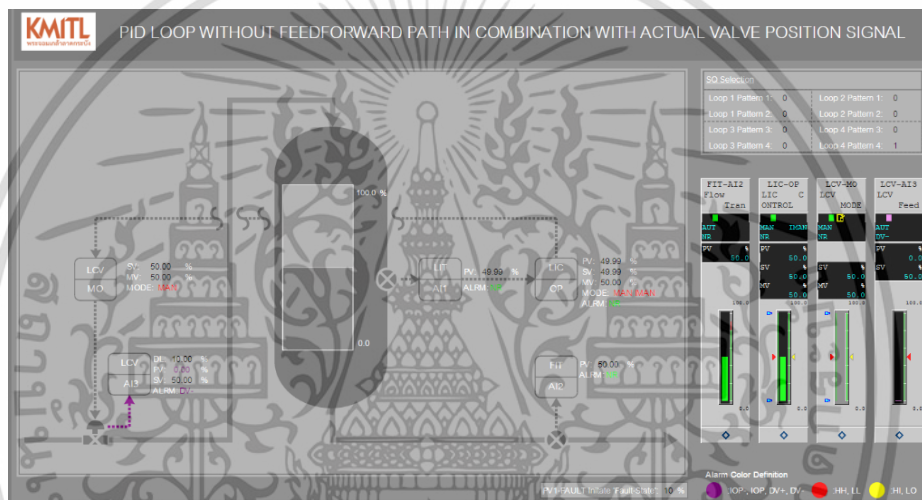
(ข) เมื่อ PV3 ล้มเหลวแบบ DV-

รูปที่ 4.92 การทำงานของ SQ2-L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

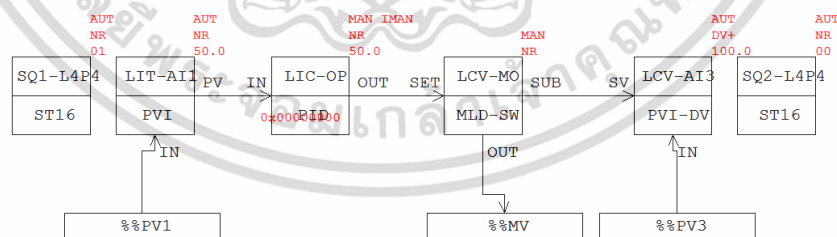


(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+

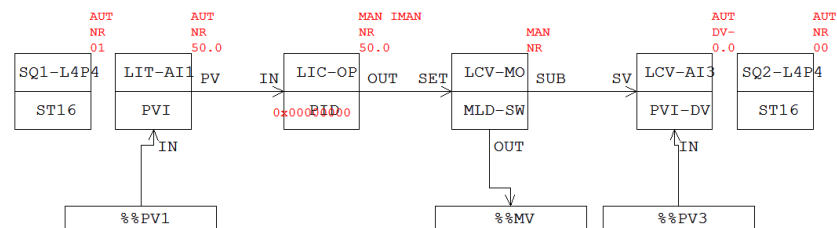


(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

รูปที่ 4.93 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3



(ก) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV+



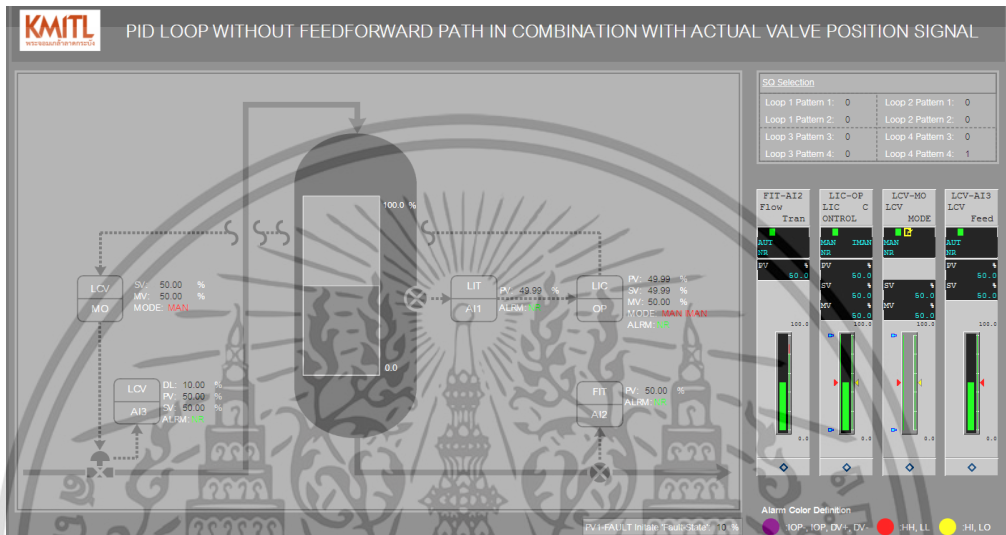
(ข) ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3 แบบ DV-

รูปที่ 4.94 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3

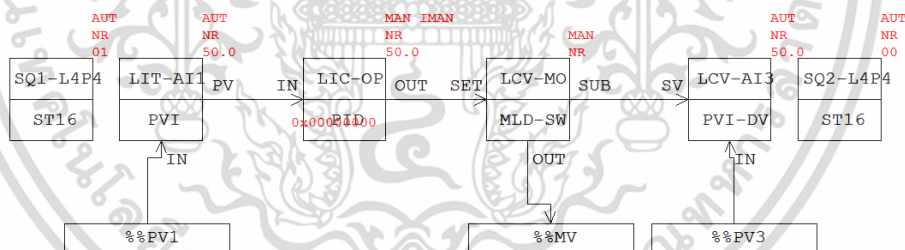
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือมีการขังนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้แก้ไขข้อมูลใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสถานะ 'DV+' และ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ถูกแก้ไขดังรูปที่ 4.95 และ 4.96 โมดของ 'LIC-OP.MODE' ยังคงเป็นโมด 'MAN' และ 'SQ2-L4P4' ตรวจจับสถานะ 'DV+' หรือ 'DV-' ของ 'LCV-AI3.ALARM' ไม่ได้ ดังรูปที่ 4.97 ซึ่งถ้าหากต้องการเข้าสู่การควบคุมปกติ ผู้ปฏิบัติงานต้องเปลี่ยนโมดของ 'LIC-OP.MODE' จากโมด 'MAN' เป็นโมด 'AUT' และโมดของ 'LCV-MO.MODE' จากโมด 'MAN' เป็นโมด 'CAS' และตั้งค่า 'LIC-OP.SV' ที่ต้องการเอง



รูปที่ 4.95 การแสดงกราฟิก HMI ของ L4P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข



รูปที่ 4.96 การแสดงกราฟิก DRAW ของ L4P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

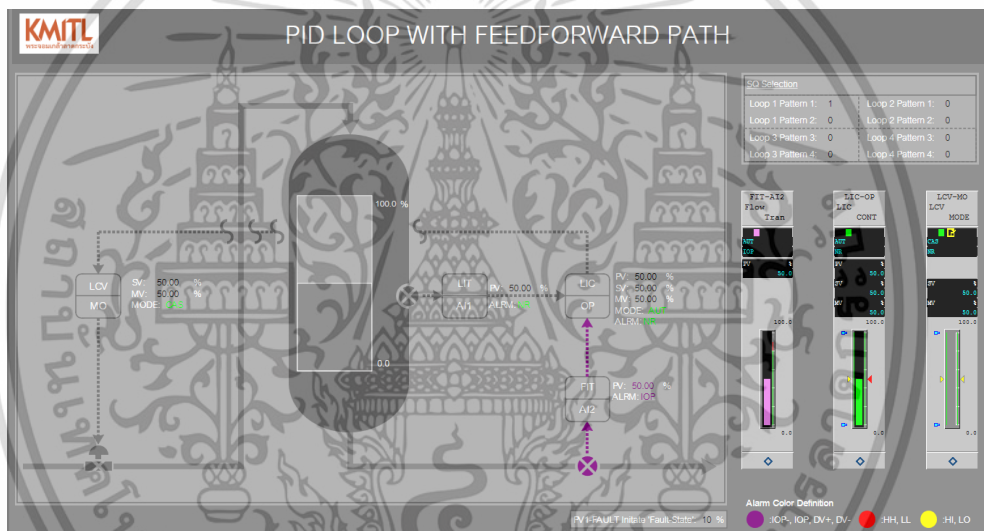
No	Des	Y	N
C01	LCV-AI3.ALARM DV+	Y	.
C02	LCV-AI3.ALARM DV-	.	Y
A01	LCV-MO.MODE MAN	Y	Y
A02	LIC-OP.MODE MAN	Y	Y
THEN		.	.
ELSE		.	.

รูปที่ 4.97 การทำงานของ SQ2-L4P4 ภายหลังจากที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

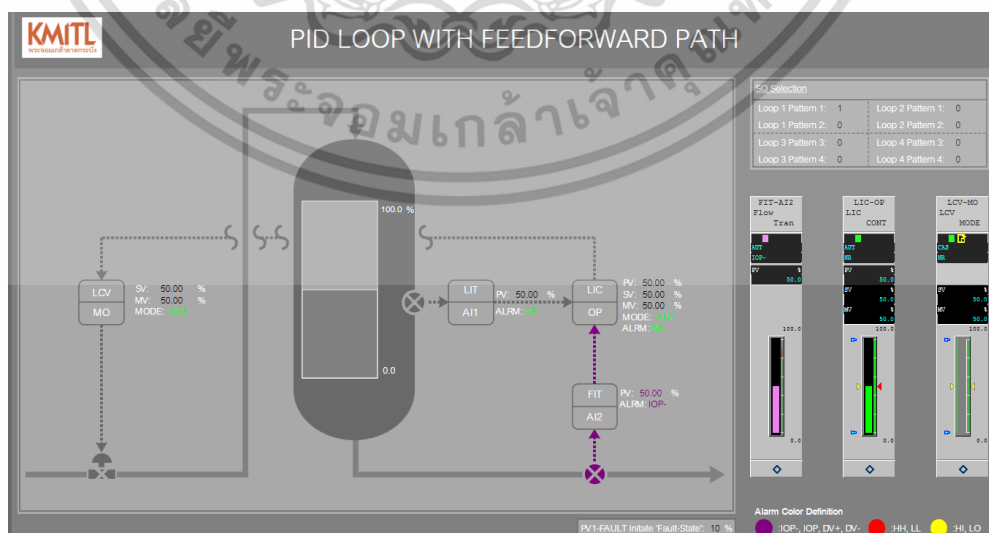
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเป็นประโยชน์ในการดำเนินการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ผลการทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลว PV2 สำหรับรูปพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า

เพื่อเป็นการยืนยันการดำเนินการของรูปที่ได้ทำการเพิ่มความปลอดภัยตามแนวคิดที่นำเสนอ เมื่อเกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV2 สำหรับรูปพีไอดีที่มีส่วนของการป้อนล่วงหน้า ซึ่งได้แก่แผนผังควบคุม L1P1, L1P2, L3P3 และ L3P4 จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อความล้มเหลวที่เซนเซอร์ PV2 จะไม่ส่งผลให้โหมดของ 'LIC-OP' และ 'LCV-MO' มีการเปลี่ยนแปลงและยังคงใช้ค่าสุดท้าย PV2 ประมวลผลที่ PID เพื่อใช้ในการชดเชยค่าตามแนวคิดการควบคุมพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า สำหรับการแสดงผลบนกราฟิก HMI เมื่อเกิดสถานะความล้มเหลวที่ PV2 ดังรูปที่ 4.98, 4.99, 4.100 และ 4.101 ตามลำดับ สำหรับการแสดงผลบนกราฟิก DRAW เมื่อเกิดสถานะความล้มเหลวที่ PV2 ของ L1P1, L1P2, L3P3 และ L3P4 ดังรูปที่ 4.102, 4.103, 4.104 และ 4.105 ตามลำดับ



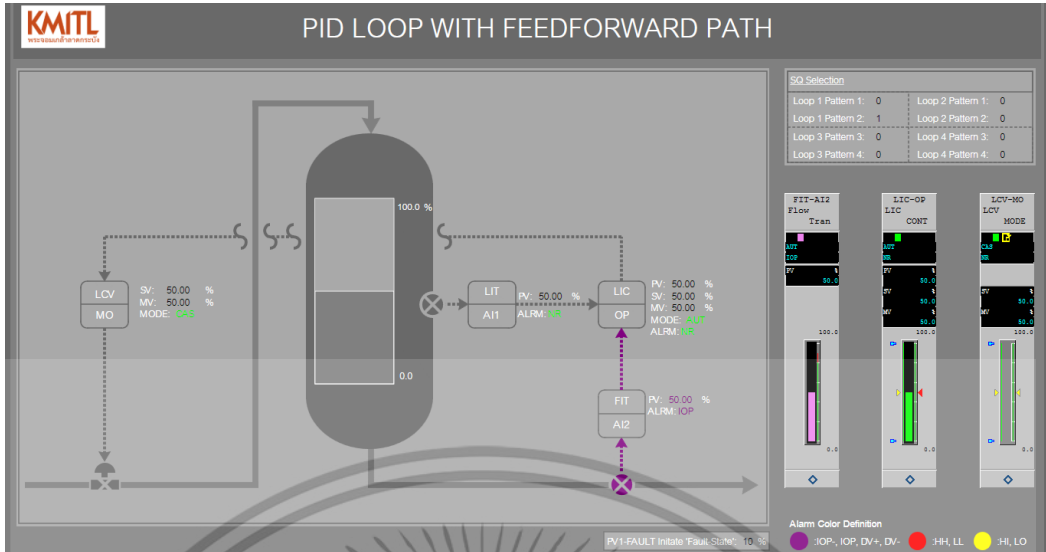
(ก) การล้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'



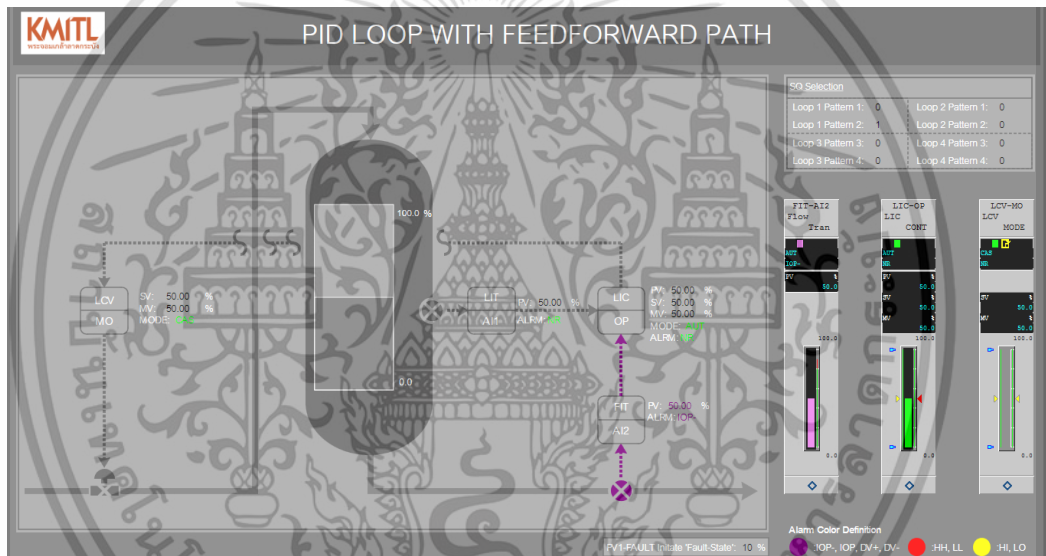
(ข) การล้มเหลว PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.98 กราฟิก HMI ของ L1P1 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังเว็บไซต์ภายนอกโดยไม่ผ่านการอนุมัติจากหน่วยงานต้นสังกัด ไม่สามารถนำออกจากรายงานได้ ห้ามนำไปเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



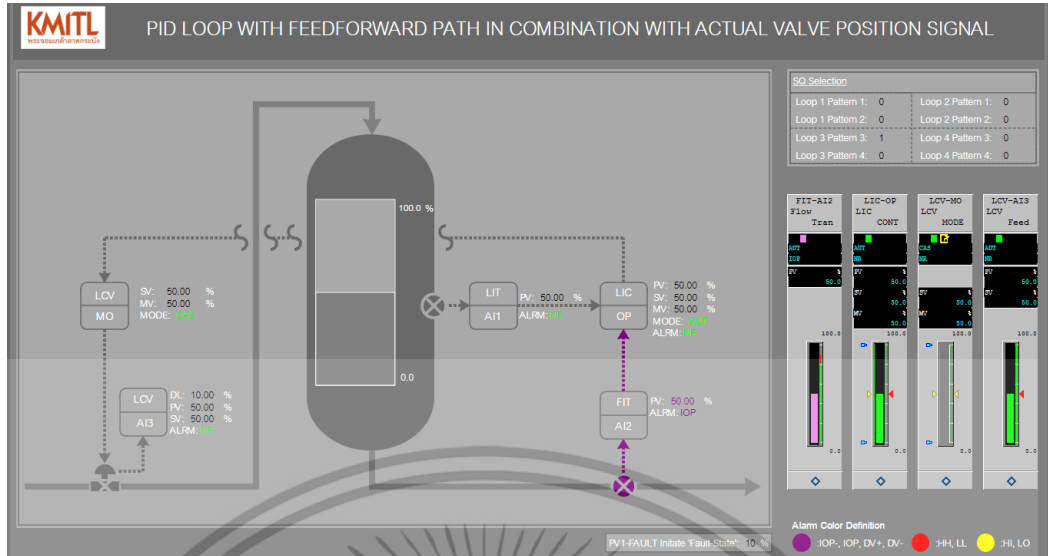
(ก) การลืมหเลล PV2 แบบ 'IOP'



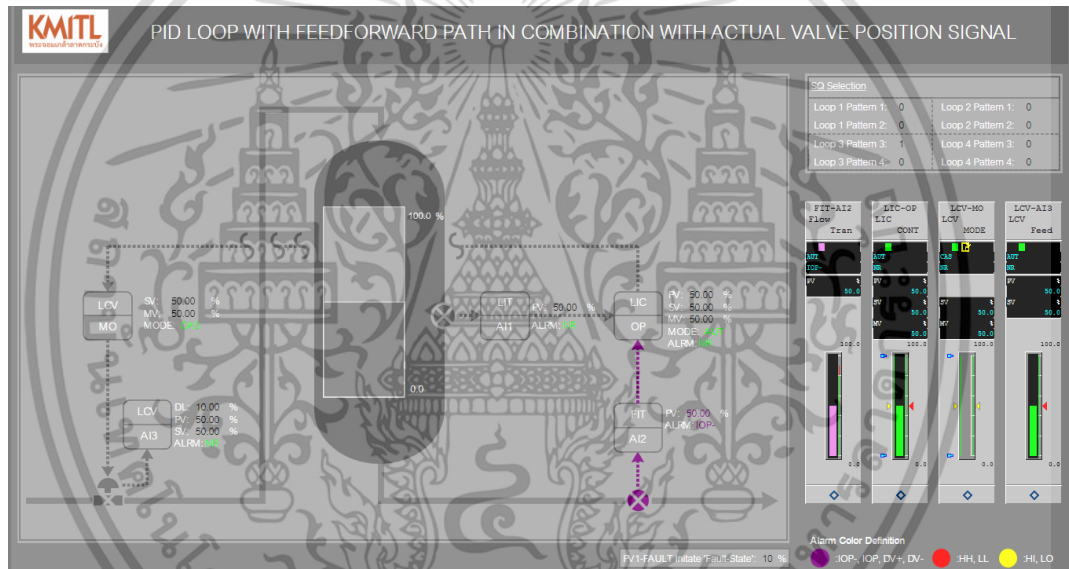
(ข) การลืมหเลล PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.99 กราฟฟิก HMI ของ L1P2 เมื่อการเกิดควมลืมหเลล PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



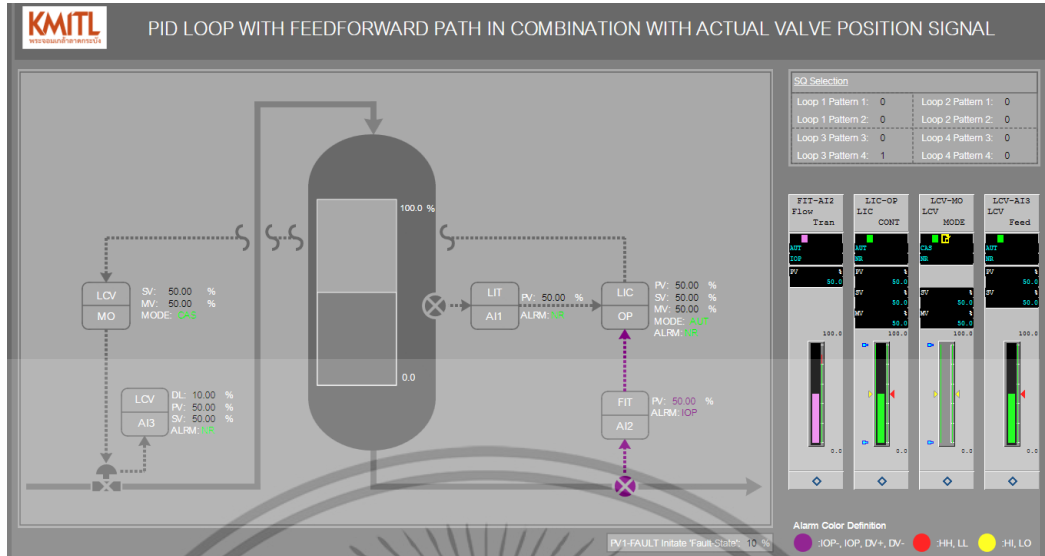
(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'



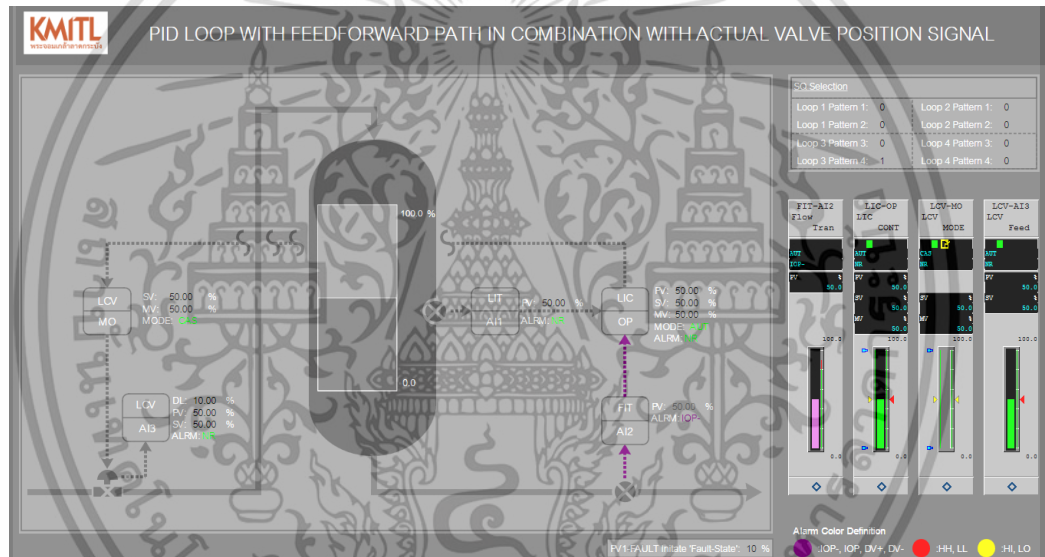
(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.100 กราฟิก HMI ของ L3P3 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



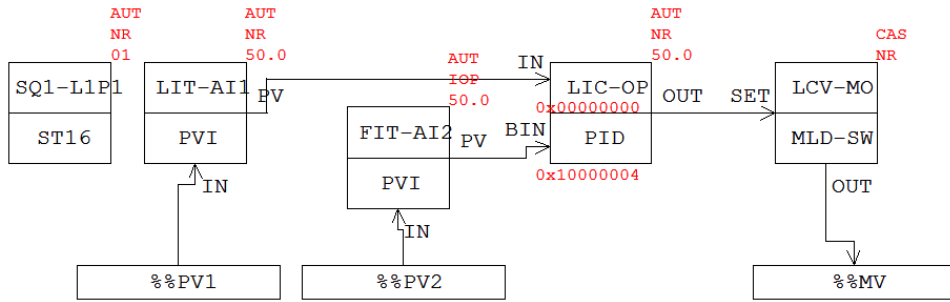
(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'



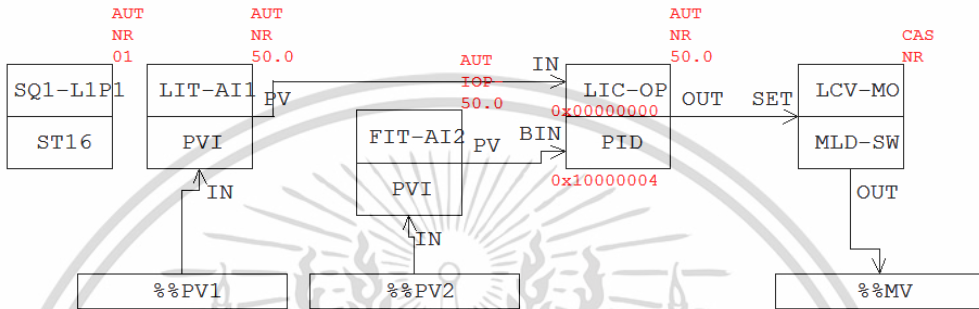
(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.101 กราฟิก HMI ของ L3P4 เมื่อการเกิดความล้มเหลว PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

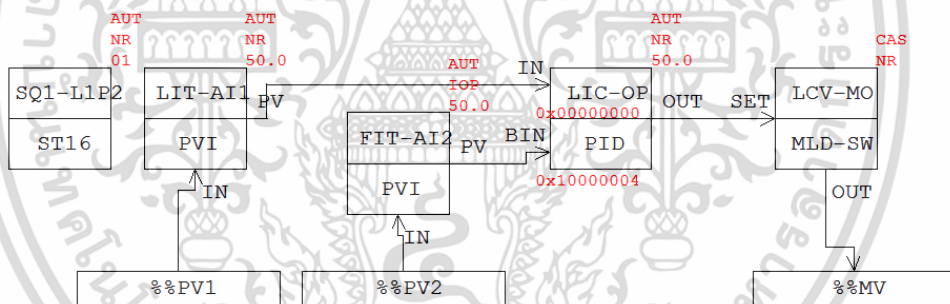


(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'

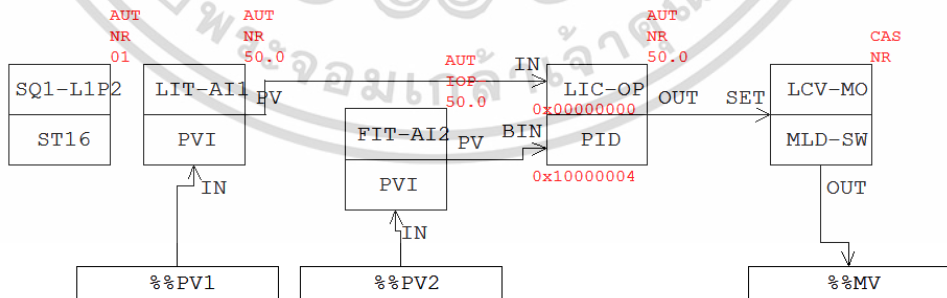


(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.102 กราฟิก DRAW ของ L1P1 เมื่อการเกิดความล้้มเหลว PV2



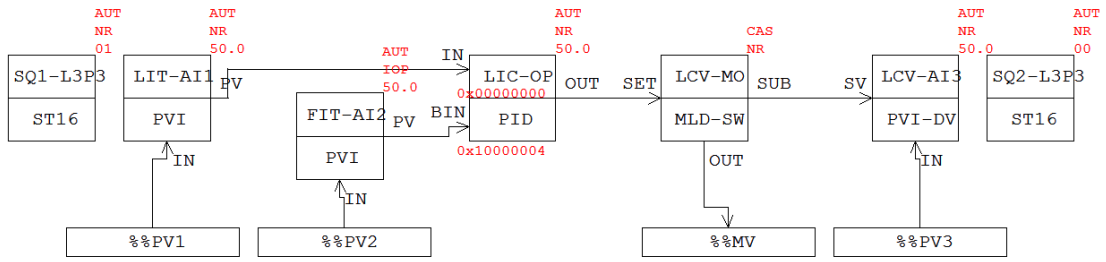
(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'



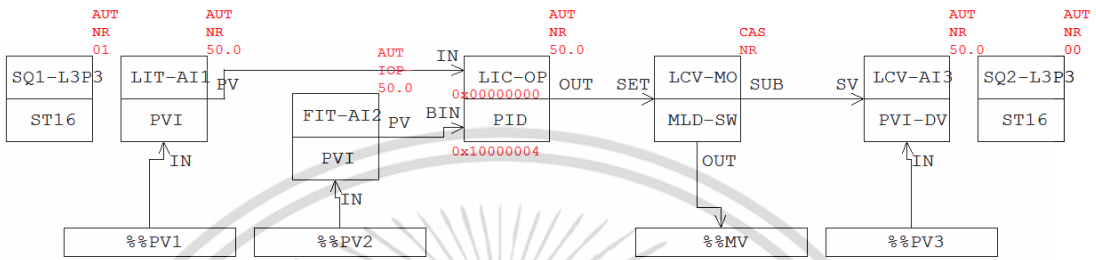
(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP-'

รูปที่ 4.103 กราฟิก DRAW ของ L1P2 เมื่อการเกิดความล้้มเหลว PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

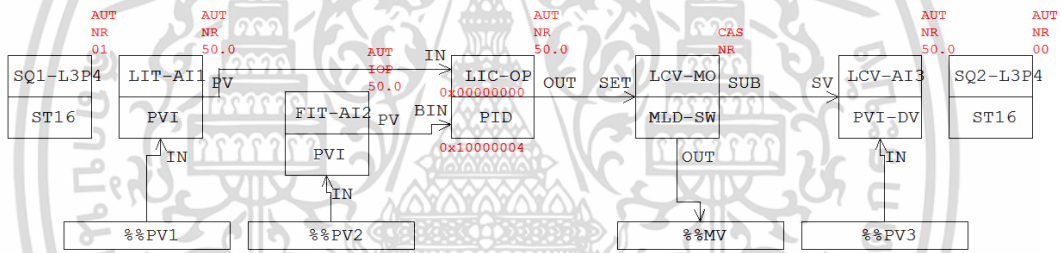


(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'

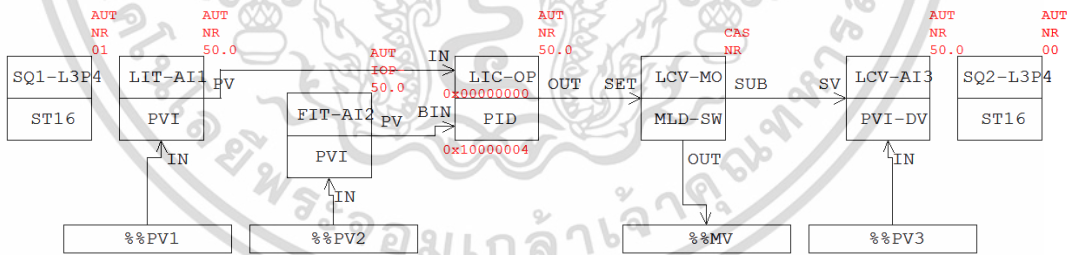


(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'

รูปที่ 4.104 กราฟิก DRAW ของ L3P3 เมื่อการเกิดความล้้มเหลว PV2



(ก) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'



(ข) การล้้มเหลว PV2 แบบ 'IOP'

รูปที่ 4.105 กราฟิก DRAW ของ L3P4 เมื่อการเกิดความล้้มเหลว PV2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดสอบแผนผังควบคุมทั้ง 8 แบบ ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ผลการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 หรือแอกทูเอเตอร์ PV3 และภายหลังจากความล้มเหลวที่ถูกแก้ไข รวมไปถึงโหมดเป้าหมายและโหมดปัจจุบันของบล็อกแท็ก LIC-OP และบล็อกแท็ก LCV-MO จากนั้นแสดงการเปรียบเทียบเทคนิคที่นำเสนอกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต และสุดท้ายกล่าวถึงปริมาณทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกที่ใช้ไปของแต่ละแผนผังควบคุม

5.2 การดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติ

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติตั้งแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยที่ได้นำเสนอ โดยการเลียนแบบกระบวนการควบคุมโดยการใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP ในการทดสอบทั้ง 8 แผนผังควบคุม

ตารางที่ 5.1 การดำเนินการเมื่อเกิดสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ

แผนผัง รูปควบคุม	เงื่อนไขที่ กำหนด	การดำเนินการสถานะ ความผิดปกติ	การดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ
L1P1, L2P1	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV เป็น High.	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low.	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV เป็น High.	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
L1P2, L2P2	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

แผนผัง รูปควบคุม	เงื่อนไขที่ กำหนด	การดำเนินการสถานะ ความผิดปกติ	การดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ
L3P3, L4P3	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV3-DV-	-	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV3-NR	-	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV3-DV+	-	LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV3-NR	-	LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
L3P4, L4P4	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV เป็น High	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV เป็น Low	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV3-DV-	-	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV3-NR	-	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'
	PV3-DV+	-	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็น 'MAN'
	PV3-NR	-	LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด 'MAN'

ผลของการทดสอบแผนผังควบคุมแบบ L1P1 และ L2P1 มีความคล้ายคลึงกันคือขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 การดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น High ซึ่งหมายถึง Initiate Fault-State ถูกใช้เป็น MV เพื่อสั่งแอกทูเอเตอร์ไปยังตำแหน่งปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ และมีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมดของ LIC-OP.MODE เป็นโหมดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับอยู่ใต้เงื่อนไขเบเซประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‘MAN’ และภายหลังที่ความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 ถูกแก้ไขการดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น Low หมายถึงหยุดการใช้ Initiate Fault-State และการดำเนินการกู้ความผิดปกติคือโหมดของ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’

ผลของการทดสอบแผนผังควบคุมแบบ L1P2 และ L2P2 มีความคล้ายคลึงกันคือขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 การดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น High ซึ่งหมายถึง Initiate Fault-State ถูกใช้เป็น MV เพื่อสั่งแอกทูเอเตอร์ไปยังตำแหน่งปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ และมีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมด ของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็นโหมด ‘MAN’ และภายหลังที่ความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 ถูกแก้ไขการดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น Low หมายถึงหยุดการใช้ Initiate Fault-State และการดำเนินการกู้ความผิดปกติคือโหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’

ผลของการทดสอบแผนผังควบคุมแบบ L3P3 และ L4P3 มีความคล้ายคลึงกันคือขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 การดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น High ซึ่งหมายถึง Initiate Fault-State ถูกใช้เป็น MV เพื่อสั่งแอกทูเอเตอร์ไปยังตำแหน่งปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ และมีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมดของ LIC-OP.MODE เป็นโหมด ‘MAN’ และภายหลังที่ความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 ถูกแก้ไขการดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น Low หมายถึงหยุดการใช้ Initiate Fault-State และการดำเนินการกู้ความผิดปกติ โหมดของ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’ และขณะที่เกิดความล้มเหลวแอกทูเอเตอร์ PV3 มีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมดของ LIC-OP.MODE เป็นโหมด ‘MAN’ เมื่อ PV3 กลับมามีสถานะเป็น NR การดำเนินการกู้ความผิดปกติคือโหมดของ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’

ผลของการทดสอบแผนผังควบคุมแบบ L3P4 และ L4P4 มีความคล้ายคลึงกันคือขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 การดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น High ซึ่งหมายถึง Initiate Fault-State ถูกใช้เป็น MV เพื่อสั่งแอกทูเอเตอร์ไปยังตำแหน่งปลอดภัยที่ได้กำหนดไว้ และมีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็นโหมด ‘MAN’ และภายหลังที่ความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 ถูกแก้ไขการดำเนินการสถานะความผิดปกติคือ LCV-MO-IFS.PV เป็น Low หยุดการใช้ Initiate Fault-State และการดำเนินการกู้ความผิดปกติคือโหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’ และขณะที่เกิดความล้มเหลวแอกทูเอเตอร์ PV3 มีการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติคือบังคับให้โหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE เป็นโหมด ‘MAN’ เมื่อ PV3 กลับมามีสถานะเป็น NR การดำเนินการกู้ความผิดปกติ โหมดของ LCV-MO.MODE และ LIC-OP.MODE ยังคงเป็นโหมด ‘MAN’

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้างต้นสามารถเทียบเคียงโมดการทำงานเป้าหมายและปัจจุบันของเทคโนโลยีฟาว์เดชั่นฟิลด์บัสสำหรับ ‘LIC-OP’ และ ‘LCV-MO’ ในกรณีที่เกิดความล้มเหลวและภายหลังที่ความล้มเหลวถูกแก้ไขสำหรับ PV1 และ PV3 ดังตารางที่ 5.2 และตารางที่ 5.3 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.2 โมดการทำงานเป้าหมายและปัจจุบันของ ‘LIC-OP’ และ ‘LCV-MO’ ในกรณีที่เกิดความล้มเหลว PV1 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV1 ถูกแก้ไข

แผนผัง รูปควบคุม	ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV1				ภายหลังที่ความล้มเหลวเซนเซอร์ PV1 ถูกแก้ไข			
	โมดของ LIC-OP (PID)		โมดของ LCV-MO (ML)		โมดของ LIC-OP (PID)		โมดของ LCV-MO (ML)	
	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน
L1P1	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L2P1	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L1P2	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L2P2	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L3P3	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L4P3	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L3P4	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L4P4	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN

ตารางที่ 5.3 โมดการทำงานเป้าหมายและปัจจุบันของ ‘LIC-OP’ และ ‘LCV-MO’ ในกรณีที่เกิดความล้มเหลว PV3 และภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข

แผนผัง รูปควบคุม	ขณะที่เกิดความล้มเหลว PV3				ภายหลังที่ความล้มเหลว PV3 ถูกแก้ไข			
	โมดของ LIC-OP (PID)		โมดของ LCV-MO (ML)		โมดของ LIC-OP (PID)		โมดของ LCV-MO (ML)	
	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน	เป้าหมาย	ปัจจุบัน
L3P3	MAN	MAN	CAS	CAS	MAN	MAN	CAS	CAS
L4P3	MAN	MAN	CAS	CAS	MAN	MAN	CAS	CAS
L3P4	MAN	IMAN	MAN	MAN	MAN	IMAN	MAN	MAN
L4P4	MAN	IMAN	MAN	MAN	MAN	IMAN	MAN	MAN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเปรียบเทียบเทคนิคที่นำเสนอกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

ในการเปรียบเทียบเทคนิคที่นำเสนอกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตเป็นการเปรียบเทียบระหว่างแผนผังควบคุมที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับวิทยานิพนธ์นี้กับลูปควบคุมที่สร้างด้วยเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัสจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต โดยในการเปรียบเทียบได้แบ่งตามรูปแบบความปลอดภัยที่นำเสนอทั้ง 4 รูปซึ่งสามารถแสดงเป็นตารางเปรียบเทียบโดยแบ่งแผนผังลูปควบคุมได้เป็น L1P1/L2P1, L1P2/L2P2, L3P3/L4P3 และ L3P4/L4P4 ดังตารางที่ 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบฟังก์ชันแผนผังควบคุม L1P1/L2P1 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

แผนผังควบคุมแบบ L1P1 และ L2P1		ลูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
SQ1-L1P1/ SQ1-L2P1 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' ทำให้ LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน	PID	'IFS if Bad IN' สำหรับการตั้งสถานะ 'Initiate Fault State' ของเอาต์พุตในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]
LCV- MO (ML)	ถ้า LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน โมดจริงจะกลายเป็น 'TRK' และเอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า	AO	'Fault State to value' สำหรับการบังคับให้เอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ตั้งไว้ล่วงหน้าเมื่อได้รับสถานะ 'Initiate Fault State' จาก PID [20,21]
LIC-OP (PID)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' อัลกอริทึมเริ่มต้นตั้งโมดเป้าหมายเป็น 'MAN'	PID	'Target to Manual if Bad IN' สำหรับการตั้งค่าโมดเป้าหมายเป็น 'MAN' ในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบฟังก์ชันแผนผังควบคุม L1P2/L2P2 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

แผนผังควบคุมแบบ L1P2 และ L2P2		ลูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
SQ1-L1P2/ SQ1-L2P2 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' ทำให้ LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน	PID	'IFS if Bad IN' สำหรับการตั้งสถานะ 'Initiate Fault State' ของเอาต์พุตในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 (ต่อ)

แผนผังควบคุมแบบ L1P2 และ L2P2		รูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
LCV- MO (ML)	ถ้า LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน โมดจริงจะกลายเป็น 'TRK' และเอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า	AO	'Fault State to value' สำหรับการบังคับให้เอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเมื่อได้รับสถานะ 'Initiate Fault State' จาก PID [20,21]
LIC-OP (PID)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' อัลกอริทึมเริ่มต้นตั้งโมดเป้าหมายเป็น 'MAN'	PID	'Target to Manual if Bad IN' สำหรับการตั้งค่าโมดเป้าหมายเป็น 'MAN' ในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]
SQ1-L1P2/ SQ1-L2P2 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะบังคับให้ LCV-MO.MODE เป็น 'MAN'	AO	'Target to Manual if Fault State Act' สำหรับการตั้งค่าโมดเป้าหมายเป็น 'MAN' ในกรณีที่เกิดสถานะความผิดพลาด [21]
LCV-MO (ML)	เมื่อ LCV-MO.MODE ถูกบังคับให้เป็น 'MAN' โมดเป้าหมายจะกลายเป็น 'MAN'		

ตารางที่ 5.6 การเปรียบเทียบฟังก์ชันแผนผังควบคุม L3P3/L4P3 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

แผนผังควบคุมแบบ L3P3 และ L4P3		รูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
SQ1-L3P3/ SQ1-L4P3 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' ทำให้ LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน	PID	'IFS if Bad IN' สำหรับการตั้งสถานะ 'Initiate Fault State' ของเอาต์พุตในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]
LCV- MO (ML)	ถ้า LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน โมดจริงจะกลายเป็น 'TRK' และเอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า	AO	'Fault State to value' สำหรับการบังคับให้เอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเมื่อได้รับสถานะ 'Initiate Fault State' จาก PID [20,21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 (ต่อ)

แผนผังควบคุมแบบ L3P3 และ L4P3		รูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
LIC-OP (PID)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' อัลกอริทึมเริ่มต้นตั้งโหมดเป้าหมายเป็น 'MAN'	PID	'Target to Manual if Bad IN' สำหรับการตั้งค่าโหมดเป้าหมายเป็น 'MAN' ในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]
SQ2-L3P3 (ST16)	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' จะบังคับให้ LIC-MO.MODE ให้เป็น 'MAN'	PID	ตัวเลือกรังนี้ยังไม่ให้ใช้งานแต่อัลกอริทึมเริ่มต้นบังคับให้โหมดจริงเป็น 'IMAN' ในกรณีที่เกิดสถานะ 'Bad' ที่ BKCAL_OUT [10]
LIC-OP (PID)	ถ้า LIC-OP.MODE ถูกบังคับให้เป็น 'MAN' โหมดเป้าหมายจะกลายเป็น 'MAN'		

ตารางที่ 5.7 การเปรียบเทียบฟังก์ชันแผนผังควบคุม L3P4/L4P4 กับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต

แผนผังควบคุมแบบ L3P3 และ L4P3		รูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
SQ1-L3P4/ SQ1-L4P4 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' ทำให้ LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน	PID	'IFS if Bad IN' สำหรับการตั้งสถานะ 'Initiate Fault State' ของเอาต์พุตในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]
LCV- MO (ML)	ถ้า LCV-MO-IFS.PV ถูกเปิดใช้งาน โหมดจริงจะกลายเป็น 'TRK' และเอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า	AO	'Fault State to value' สำหรับการบังคับให้เอาต์พุตเท่ากับค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าเมื่อได้รับสถานะ 'Initiate Fault State' จาก PID [20,21]
LIC-OP (PID)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' อัลกอริทึมเริ่มต้นตั้งโหมดเป้าหมายเป็น 'MAN'	PID	'Target to Manual if Bad IN' สำหรับการตั้งค่าโหมดเป้าหมายเป็น 'MAN' ในกรณีที่อินพุตมีสถานะเป็น 'Bad' [20,21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 (ต่อ)

แผนผังควบคุมแบบ L3P3 และ L4P3		รูปควบคุมพีไอดีที่มีและไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า	
บล็อก	การดำเนินการของฟังก์ชันบล็อก	บล็อก	ตัวเลือกของฟังก์ชันบล็อก FF
SQ1-L3P4/ SQ1-L4P4 (ST16)	ถ้า LIT-AI1.ALARM มีสถานะเป็น 'IOP-' หรือ 'IOP' จะบังคับให้ LCV-MO.MODE เป็น 'MAN'	AO	'Target to Manual if Fault State Act' สำหรับการตั้งค่าโหมดเป้าหมาย เป็น 'MAN' ในกรณีที่เกิดสถานะ ความผิดพลาด [21]
LCV-MO (ML)	เมื่อ LCV-MO.MODE ถูกบังคับให้ เป็น 'MAN' โหมดเป้าหมายจะ กลายเป็น 'MAN'		
SQ2-L3P4/ SQ2-L4P4 (ST16)	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' จะบังคับให้ LCV-MO.MODE ให้เป็น 'MAN'	AO	ตัวเลือกนี้ยังไม่มีให้ใช้งานแต่อัลกอริทึม เริ่มต้นจะตั้งค่าสถานะ 'Bad' ที่ BKCAL_OUT และบังคับให้โหมดจริง เปลี่ยนไปตามความผิดพลาดของแอกทูเอเตอร์ที่ตรวจพบ [10]
LCV-MO (ML)	ถ้า LCV-MO.MODE ถูกบังคับให้ เป็น 'MAN' โหมดเป้าหมายจะ กลายเป็น 'MAN'		
SQ2-L3P4 (ST16)	ถ้า LCV-AI3.ALARM มีสถานะเป็น 'DV+' หรือ 'DV-' จะบังคับให้ LIC-MO.MODE ให้เป็น 'MAN'	PID	ตัวเลือกนี้ยังไม่มีให้ใช้งานแต่อัลกอริทึม เริ่มต้นบังคับให้โหมดจริงเป็น 'IMAN' ในกรณีที่เกิดสถานะ 'Bad' ที่ BKCAL_OUT [10]
LIC-OP (PID)	ถ้า LIC-OP.MODE ถูกบังคับให้ เป็น 'MAN' โหมดเป้าหมายจะ กลายเป็น 'MAN'		

5.4 ปริมาณการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกสำหรับแต่ละแผนผังควบคุม

ตารางที่ 5.8 ปริมาณการใช้ทรัพยากรฟังก์ชันบล็อกสำหรับแต่ละแผนผังควบคุม

ชนิดของฟังก์ชันบล็อก	แผนผังรูปควบคุม							
	L1P1	L2P1	L1P2	L2P2	L3P3	L4P3	L3P4	L4P4
Regulatory Control Blocks / Calculation Blocks	4	3	4	3	5	4	5	4
Sequence	1	1	1	1	2	2	2	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีซีเอสรุ่น CENTUMP VP ได้แบ่ง ฟังก์ชันบล็อก ไว้หลายชนิด ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ฟังก์ชัน บล็อกชนิด ‘Regulatory Control Blocks / Calculation Blocks’ ได้แก่ PVI, PID และ MLD-SW ฟังก์ชันบล็อกอีกชนิดที่ถูกใช้คือฟังก์ชันบล็อกชนิด ‘Sequence’ ได้แก่ ST16 จากการสร้าง ลูปควบคุมแต่ละแผนผังควบคุมสามารถแสดงปริมาณการใช้ทรัพยากรดังตารางที่ 5.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

ผลสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุป

เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับอุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณ 4-20 mA วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอเทคนิคที่เป็นประโยชน์ในการจัดสร้างการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติทั้งหมด 4 รูปแบบ สำหรับการเพิ่มความปลอดภัยของการควบคุมกระบวนการพื้นฐานในกรณีที่เซนเซอร์หรือแอคทูเอเตอร์เกิดความล้มเหลว ซึ่งได้อ้างอิงแนวคิดมาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตที่มีการเพิ่มความปลอดภัยอุปกรณ์ควบคุมโดยใช้เทคโนโลยีฟาว์เดชันฟิลด์บัส โดยรูปแบบความปลอดภัยที่นำเสนอได้นำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ควบคุม 4 แบบ ได้แก่ อุปกรณ์ที่มีส่วนป้อนล่วงหน้า อุปกรณ์ที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้า อุปกรณ์ที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง และอุปกรณ์ที่ไม่มีส่วนป้อนล่วงหน้าร่วมกับสัญญาณตำแหน่งวาล์วจริง เพื่อเป็นการยืนยันแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยที่นำเสนอ วิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้ระบบควบคุมของเหลวในถังเป็นระบบควบคุมอ้างอิงเพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาและได้ใช้ดีซีเอสรุ่น CENTUM VP มาเป็นเครื่องมือสำหรับการจัดสร้างอุปกรณ์ควบคุม โดยการใช้ฟังก์ชันบล็อกในการออกแบบและการกำหนดค่า ซึ่งแผนผังควบคุมที่จัดสร้างมีทั้งหมด 8 แบบ ได้แก่ L1P1, L2P1, L1P2, L2P2, L3P3, L4P3, L3P4 และ L4P4 และได้ทำการเลียนแบบกระบวนการควบคุมโดยใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของไฮสดีซีเอสสำหรับการทดสอบระบบควบคุมในเงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่ การทดสอบในสภาวะการทำงานปกติ การทดสอบในขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์หรือแอคทูเอเตอร์ และภายหลังที่ความล้มเหลวถูกแก้ไข ซึ่งจากการวิเคราะห์ผลการทดสอบในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ผลการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการดำเนินการกู้คืนความผิดปกติ ผลการเปลี่ยนโหมดเป้าหมายและโหมดปัจจุบันของบล็อกขณะที่เกิดความล้มเหลวเซนเซอร์หรือแอคทูเอเตอร์และภายหลังที่ความล้มเหลวถูกแก้ไข และผลการเปรียบเทียบเทคนิคที่นำเสนอกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีต สามารถยืนยันได้ว่าแผนผังควบคุมทั้งหมดมีความสามารถในการดำเนินการสถานะความผิดปกติและการกู้คืนความผิดปกติตามแนวคิดการเพิ่มความปลอดภัยของการควบคุมกระบวนการพื้นฐานที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

6.2 ปัญหาและอุปสรรคในการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้

1. เนื่องจากอุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการทั้งฮาร์ดแวร์ของดีซีเอสและเครื่องมือวัดมีราคาค่อนข้างสูงหากเกิดความเสียหายขึ้นอาจจะต้องใช้งบประมาณในการจัดซื้อมาทดแทนค่อนข้างสูงจึงต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดความเสียหายอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เนื่องจากระบบแบบดีซีเอสเป็นระบบควบคุมที่ค่อนข้างเฉพาะด้านในฟังก์ชันที่มีความซับซ้อนจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจ

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. ผู้จัดทำควรศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีฟาว์นเดชันฟิลด์บัสก่อน เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเลือกตัวเลือกพารามิเตอร์ของแต่ละบล็อก
2. ผู้จัดทำควรศึกษาและวางแผนจัดเตรียมอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มทำการวิจัยเนื่องจากระบบควบคุมดีซีเอสและเครื่องมือวัดมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและหากต้องการสั่งซื้อจะใช้เวลาานาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. Gruhn and H. L. Cheddie, **Safety Instrumented Systems: Design, Analysis and Justification**, ISA Press, USA, 2006.
- [2] N. A. Alonso, **Integrated control and safety systems design considerations to guarantee IEC61508/IEC61511 compliance throughout the lifecycle**, Proc. of the 10th IET System Safety and Cyber-Security Conference, Bristol, UK, pp.1-6, 2015.
- [3] J. Poomhuang, P. Julsereewong and T. Thepmanee, **SIL assessment for tail gas treating process using layer of protection analysis**, ICIC Express Letters Part B: Applications, vol.9, no.6, pp.525-531, 2018.
- [4] R. J. Willey, **Layer of protection analysis**, Procedia Engineering, vol.84, pp.12-22, 2014.
- [5] J. Jin, B. Shuai, X. Wang and Z. Zhu, **Theoretical basis of quantification for layer of protection analysis (LOPA)**, Annals of Nuclear Energy, vol.87, pp.69-73, 2016.
- [6] A. Gabriel, **Design and evaluation of safety instrumented systems: a simplified and enhanced approach**, IEEE Access, vol.5, pp.3813-3823, 2017.
- [7] A. Klose, C. Bramsipe, S. Szmaiz, C. Schäfer, N. Krink and W. Welscher, **Safety-lifecycle of modular process plants – Information model and workflow**, Proc. of the 2019 4th International Conference on System Reliability and Safety, Rome, Italy, pp.509-517, 2019.
- [8] T. Vollmer, K. Borcharding, G. Hellriegel and R.-D. Penzhorn, **Process control under safety aspects**, Fusion Engineering and Design, vol.48, no.1-2, pp.57-61, 2000.
- [9] T. Blevins and M. Nixon, **Control Loop Foundation—Batch and Continuous Processes**, ISA Press, USA, 2011.
- [10] J. Berge, **Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance**, ISA Press, USA, 2004.
- [11] F. Beaudouin, J. M. Favennec and M. Piguet, **Intelligent transmitters for process control — What, how, when, how much? A user’s point of view**, ISA Transactions, vol.34, pp.199-207, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] R. Dettmer, **Self validation in process control**, IEE Review, vol.46, no.4, pp.29-32, 2000.
- [13] B. G. Liptak, **Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization**, CRC Press in Cooperation with ISA Press, USA, 2006.
- [14] S. Kumool, T. Thepmanee and S. Pongswatd, **Condition monitoring based on failure modes and effects analysis using SCADA software for WirelessHART devices**, ICIC Express Letters, vol.12, no.4, pp.393-400, 2018.
- [15] T. Blevins and W. Wojsznis, **Fieldbus support for process analysis**, ISA Transactions, vol.35, pp.177-183, 1996.
- [16] 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, Scotland, U.K., pp.1022-1026, 2002.
- [17] A. Julsereewong, N. Whatphat, T. Sangsuwan, J. Chanwuttitum and T. Thepmanee, **Comparative analysis between control in the host and control in the field in terms of safety and availability for Foundation Fieldbus-based process control**, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.14, no.2, pp.737-745, 2018.
- [18] C. Diedrich, F. Russo, L. Winkel and T. Blevins, **Function block application in control system based on IEC 61804**, ISA Transactions, vol.43, pp.123-131, 2004.
- [19] Fieldbus Foundation, **FF-890-1.10: Foundation Specification-Function Block Application Process**, Part 1, USA, 2012.
- [20] T. Sangsuwan, T. Thepmanee and A. Julsereewong, **Safety and availability of basic process control using Foundation Fieldbus with control in the field – an experimental analysis**, International Journal of Intelligent Engineering & Systems, vol.10, no.4, pp.135-146, 2017.
- [21] A. Julsereewong and S. Kumool, **Process safety enhancement of feedforward control using Foundation Fieldbus**, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.16, no.2, pp.621-630, 2020.
- [22] T. Thepmanee, A. Julsereewong, P. Julsereewong and C. Jetanacheawchankij, **Replacement of existing analog with digital fieldbus: a case study of raw cane sugar production**, ICIC Express Letters, vol.7, no.3(B), pp.1157-1162, 2013.
- [23] T. Nguyen, R. G. Gosine and P. Warrian, **A systematic review of big data analytics for oil and gas Industry 4.0**, IEEE Access, vol.8, pp.61138-61201, 2020.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นเป็นประโยชน์ควรนำเอกสารนี้ไปใช้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [24] T. R. Wanasinghe, R. G. Gosine, L. A. James, G. K. I. Mann, O. de Silva, P. J. Warrian, **The Internet of Things in the oil and gas industry: A systematic review**, IEEE Internet of Things Journal, vol.7, no.9, pp.8654-8672, 2020.
- [25] A. Cala, A. Luder, F. Boschi, G. Tavola and M. Taisch, **Migration towards digital manufacturing automation – an assessment approach**, Proc. of the 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems, St. Petersburg, Russia, pp.714-719, 2018.
- [26] N. Khochasin, T. Trisuwannawat, P. Julsereewong and A. Julsereewong, **Comparative study on cascade control configuration in engineering phase for analog system and FF system**, Proc. of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Sapporo, Japan, pp.881-886, 2016.
- [27] Azbil Corporation, **CM2-GTX100-2001: Advanced Transmitter Electronic Differential Pressure/ Pressure Transmitter**, 2020.
- [28] Emerson, **00809-0100-4007: Rosemount™ 3051 Pressure Transmitter with 4–20 mA HART® Revision 5 and 7 Selectable Protocol**, 2020.
- [29] Endress+Hauser, **TI00383P/ 00/ EN/ 34.20: Technical Information Cerabar S PMC71, PMP71, PMP75 Process pressure measurement**, 2020.
- [30] Yokogawa, **FPG-190: FieldGuide — Analog Output Signal**, 2014.
- [31] Yokogawa, **IM 01C50T01-02EN: YTA610 and YTA710 Temperature Transmitters (HART Protocol)**, 2020.
- [32] Yokogawa, **GS 01C31C01-01EN: EJA210E Flange Mounted Differential Pressure Transmitter**, 2020.
- [33] Yokogawa, **GS 33K01A10-50E: Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (Vnet/IP Edition)**, 2017.
- [34] Yokogawa, **GS 33J01A10-01EN: Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview**, 2020.
- [35] Yokogawa, **GS 33J10D50-01EN: Model VP6E5420 Test Function**, 2020.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับ
นานาชาติ

1. Amphawan Julsereewong, Phongphiphat Muangmool and Teerawat Thepmanee. (2021) "Safety Enhancement for Basic Process Control Using 4-20 mA Signal Transmission" International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Volume 17, Number 5 (tentative), October 2021.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

May 11, 2021

OFFICIAL RECEIPT (No. Receipt-IJICIC-2102-002)

Name: Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewong

Organization: School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology
Ladkrabang (KMITL)

Address: 1 Soi Chalongkrung 1, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

Page Charges Paid: JPY120,000

This is to acknowledge the receipt of the Publication Paper Charges for the paper
"Safety Enhancement for Basic Process Control Using 4-20 mA Signal
Transmission", in International Journal of Innovative Computing, Information and
Control (ISSN 1349-4198), Volume 17, Number 5 (tentative), October 2021.



IJICIC Editorial Office
Tokai University, Kumamoto Campus
9-1-1, Toroku, Kumamoto 862-8652, Japan
Tel: +81-96-386-2666
Fax: +81-96-381-7956
E-mail: office@ijicic.net
URL: <http://www.ijicic.org>; <http://www.ijicic.net>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Safety Enhancement for Basic Process Control Using 4-20 mA Signal Transmission

Amphawan Julsereewong, Phongphiphat Muangmool and Teerawat Thepmanee

School of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand

{ amphawan.ju; teerawat.th }@kmitl.ac.th; phongphiphat.muangmool@gmail.com

Received February 2021; revised April 2021

ABSTRACT. *To enhance safety of basic process control using traditional 4-20 mA current loops with/without transmitting a return signal of actual actuator position back to a host, this article presents a useful technique to provide fault-state and fault-recovery actions in four patterns. The proposed technique is a design of control drawings configured in a distributed control system (DCS) host for conventional proportional-integral-derivative (PID) loops with/without feedforward path to improve actions of the control loops in response to sensor and actuator failures. The configuration design based on functions of failure status propagation and failure mode shedding for eight control drawings that contain software function blocks for running on the DCS host modeled CENTUM VP is described. Simulation results by employing the DCS virtual test function verify that all designed control drawings can successfully perform the desired fault-state and fault-recovery actions for process safety enhancement.*

Keywords: Current loop, Distributed control system, Fault-state, Fault-recovery, Function block, Process control, Safety

1. Introduction. To prevent and/or mitigate hazardous events associated with both normal and abnormal operations for process areas in hydrocarbon processing plants, the need for multiple protection layers is well known because no single safety method can completely eliminate risk [1,2]. Each layer of protection is designed and managed to perform its intended functions for satisfying safety requirements [3-5]. A basic process control, one of protection layers, is generally implemented not only to maintain process performance within specification limits under normal operating conditions, which relate to production facility, but also to react to abnormal events, which occur because of process upsets or instrument failures [6,7]. In general, a response to the detected failure is the continuity of ongoing process operations to minimize downtime for availability goal. On the contrary, the affected control loop must shut the automatic process down to prevent dangerous situations for safety goal. These two conflicting goals can be targeted for each control loop to optimize productivity and risk management of the production plant [8]. A smart

transmitter with self-diagnostic capability to detect internal failures and anomalies can improve plant safety and maintenance strategy because its health indication can be useful to enable/disable predetermined safe and alarm actions as well as helpful in troubleshooting effort [9,10]. Alternatively, regulatory control systems using IEC 61158-based digital field instruments such as Foundation Fieldbus (FF) H1 devices are capable of executing fault-state actions using quality status of process measurements [11-13]. The status indication of ‘Good’, ‘Uncertain’, or ‘Bad’ measurement is propagated between control system devices for alert notification at an operator/engineering workstation to handle situations and for appropriate response of the receiving device to achieve control purposes [11]. The fault-state action is an effective solution to bring the loop to graceful shutdown when detecting ‘Bad’ measurement from failure measuring devices used in control [12]. A predefined safe value of an actuator for shutdown functionality can be configured by setting related parameters of an output class function block, which is virtually connected to a control class function block for creating control strategy. However, built-in fault-state functions are available when assigning the control class block to run in H1 field devices that support options of fault-state status processing. In case of assignment of the control class block to execute in a host controller (CONT) module, built-in fault-state functions are unavailable [13]. In addition, FF function blocks based on IEC 61804 standard provide useful option parameters such as input-output options and status options for configuring the block behavior in response to different status conditions [14,15]. Effects of option parameters on function block interlocks and fail-safe mechanisms for FF-based proportional-integral-derivative (PID) and cascade control strategies have been discussed [16]. Recently, a method based on instrument fault diagnosis to improve process safety of an FF-based feedforward control has been suggested [17]. Although there are considerable benefits including material cost saving from digital fieldbus system installation to replace traditional analog instrumentation [18], many existing basic process control systems in hydrocarbon processing plants, especially in Thailand, are currently still in operations based on traditional current loops. Commonly, this is due not only to their capital-intensive production process, which has long system life cycle, but also to lack of plant personnel with digital skills, which is one of serious obstacles to investment in production plants equipped with smart field technologies. In addition, a practical implementation of smart instruments and new communication protocols has a great impact on job descriptions of operators, technicians, and engineers. However, utilizing digitalization technologies is one of transformation steps for plant modernization to enhance competitiveness in global scale in the era of the fourth industrial revolution (Industry 4.0) [19,20]. This becomes a challenge of smooth migration to transform conventional systems into modern systems. Therefore, adequate roadmaps and strategies for successful migration towards the Industry 4.0 should be identified [21]. This article aims to support hydrocarbon processing plants in their modernization at the starting point by improving existing traditional basic control loops for higher degree of safety. Moreover, the proposed improvement also provides an opportunity for plant personnel to be familiar with new tasks in similar way of digital fieldbus systems to mitigate their conservatism in technology adoption.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Most field instruments in standard current loops are connected to conventional input/output (I/O) modules of a distributed control system (DCS) by using 4-20 mA signal transmissions. One hardwired cable is installed for either transmitting a process variable from a measuring device to an analog input (AI) module or sending a manipulated variable from an analog output (AO) module to an actuating device. There is no measure of directly checking the operation status of traditional field instruments from the operator/engineering workstation. Analog current loops do not access instrument diagnostic information. Thus, statuses of the DCS AI module are typically utilized by control strategies to take actions when receiving hardware fault signals from failed field instruments [22]. Usually, the defected loop operation is switched from automatic (AUT) to manual (MAN) control without operator intervention, and the PID function block holds its output at the last ‘Good’ value. In the event of actuator failure, the failed final element moves to its mechanical fail-safe position by spring return or its predetermined position by supplemental equipment such as lock-up valve and air lock valve. In order to take additional actions, which are not normally found in basic process control operated as traditional 4-20 mA current loops with/without return signal of actual actuator position, this article proposes a technique to design eight control drawings including software function blocks configured in the DCS host for PID loops, which are common control algorithms in process industry plants. Based on functions of failure status propagation and failure mode shedding in fieldbus-based control loops with increased safety [8,16,17], four patterns to provide fault-state and fault-recovery actions for four interested current loops by employing the CENTUM VP DCS are described. The technical feasibility of the proposed safety enhancement technique is demonstrated through virtual test function of the DCS host used.

The rest of this article is organized as follows. The concepts and descriptions of the proposed safety enhancement for the interested PID control loops with/without feedforward path are detailed in Section 2 and Section 3, respectively. The DCS virtual test results to verify the validity of the proposed technique are given in Section 4. Lastly, conclusions and possible future work are stated in Section 5.

2. Concepts of Proposed Safety Enhancement. To clarify the proposed concepts, Figure 1 shows an example of conventional 4-20 mA device installation for PID loops with/without feedforward path to control liquid level in a tank. The level transmitter (LIT) for measuring tank level (PV1), flow transmitter (FIT) for measuring outlet flow rate (PV2), and level control valve (LCV) for manipulating inlet flow rate (MV) are installed in a field site. Usually, most traditional valve positioners do not provide a return signal of actual valve position to be remotely monitored at the operator/engineering workstation. It is, however, possible to check an actual position of the LCV by adding the new wiring (PV3) to achieve less-time consuming troubleshooting for effective maintenance. The DCS components and interfaces are installed in a control room. The CONT module is connected to execute sequential algorithms and logical expressions for regulating control loops. The AI module is used to transfer process data from the field devices to the CONT module, while the AO module is used to transfer executed data from the CONT module to the field devices. The

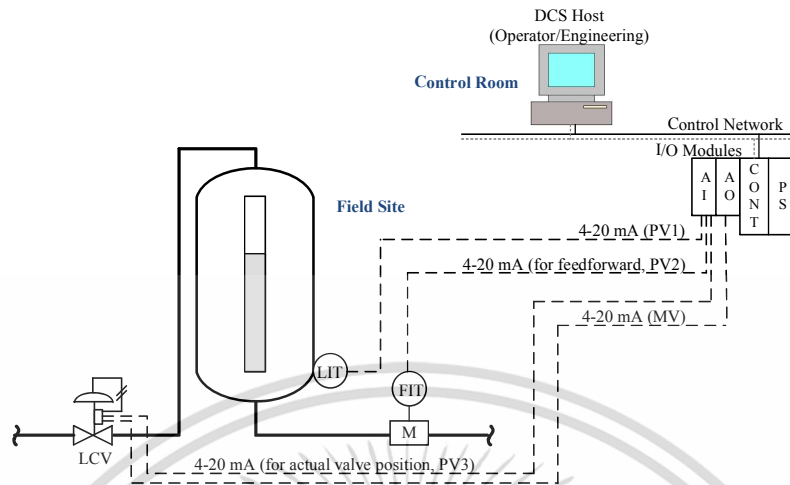


FIGURE 1. Example of device installation for PID loops with/without feedforward path

TABLE 1. Four interested PID loops for controlling the tank level of Figure 1

Loop	Description	Related Analog Signals			
		PV1	PV2	PV3	MV
1	PID loop with feedforward path	√	√		√
2	PID loop without feedforward path	√			√
3	PID loop with feedforward path in combination with actual valve position signal	√	√	√	√
4	PID loop without feedforward path in combination with actual valve position signal	√		√	√

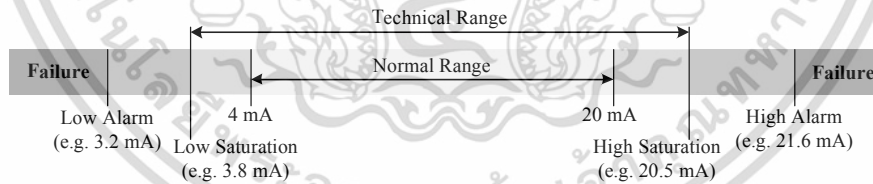


FIGURE 2. Alarm and saturation levels for 4-20 mA signal transmission

power supply (PS) is installed to distribute energy to the CONT, AI, and AO modules. Table 1 gives four interested PID loops and their related analog signals for controlling the tank level of Figure 1. For 4-20 mA transmission, Figure 2 shows two kinds of signal levels outside a normal range, which are the high/low alarm levels for indicating hardware failures and the high/low saturation levels for indicating out-of-range events. Usually, the low saturation level should be greater than the low alarm level. The high saturation level should be less than the high alarm level. The minimum difference between the saturation and alarm levels should be 0.1 mA. However, many field instrument manufacturers identify the specific alarm and saturation levels for their own products [23-25]. The alarm levels may

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

also differ according to the type of transmitters [26,27]. For the studied loops, ‘Bad’ measurements are considered by failures of the PV1 and PV2. Typical actions in response to these failures are displayed in Figure 3. In case of the PID loops with/without feedforward path (see Figures 3(a) and 3(c)), there are similar actions in the presence of PV1 failure by switching the operating mode of the PID block to ‘MAN’ and holding the output of the PID block at the last MV value. However, the presence of PV2 failure has no significant effect on the PID block operation for the loop with feedforward path (see Figure 3(b)) [17]. The PID block still operates in ‘AUT’ mode by utilizing the last valid ‘Good’ value of the PV2 for computing its output. Based on functions of failure status propagation and failure mode shedding, two concepts referred to as ‘Pattern1’ and ‘Pattern2’ in Figures 4(a)-4(b), respectively, are specified for improving safety of the PID loops with/without feedforward path when detecting PV1 sensor failure. To enhance safety of the PID control loops with/without feedforward path in combination with actual valve position signal in the event of PV1 and PV3 failures, other two concepts referred to as ‘Pattern3’ and ‘Pattern4’ in Figures 5(a)-5(b) and 5(c)-5(d), respectively, are also defined.

From Figures 4 and 5, the solid and dash-dotted lines represent the wiring and virtual interconnections between blocks for data transfers, respectively, while the dotted line represents the PV2 input connection for feedforward path. The PV1 and PV2 indicator blocks perform the input and alarm processing to detect failures of the LIT and FIT transmitters, respectively. The PV3 indicator with deviation (DV) alarm executes the input and alarm processing to detect the deviation of the PV3 from the desired MV value for indicating failure of the LCV positioner. To generate the MV, the manual loader (ML) block performs the operating mode selection between cascade (CAS) mode and ‘MAN’ mode. The output of the PID block becomes the MV when setting the target mode of the

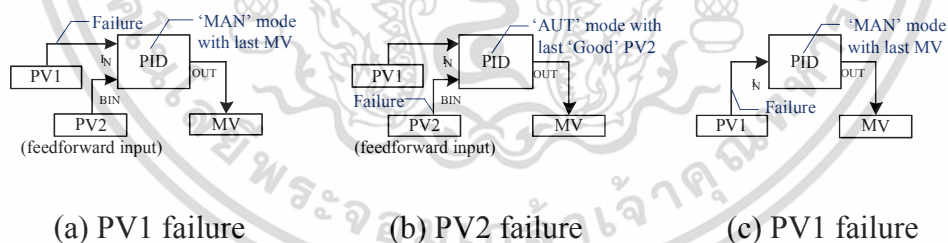


FIGURE 3. Typical actions in response to failures for PID loops with/without feedforward

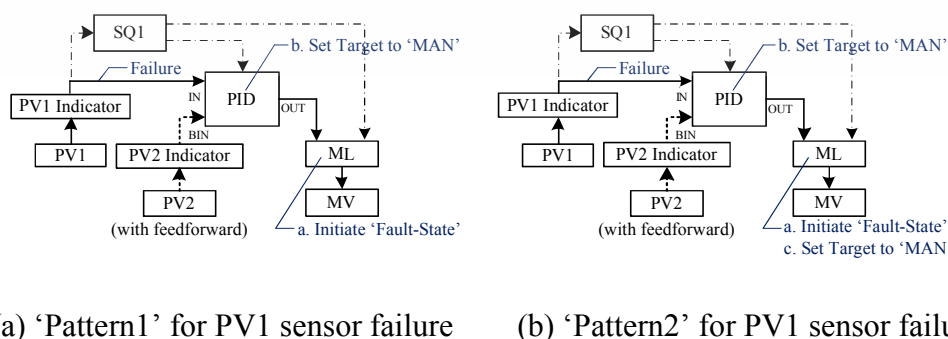
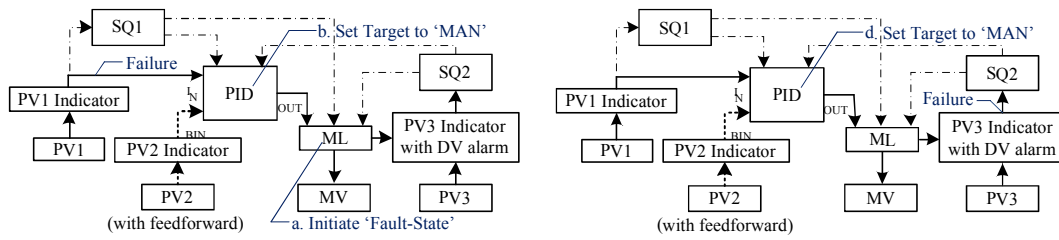
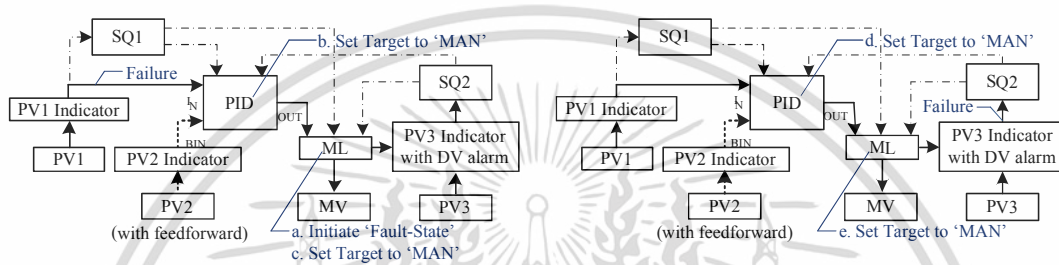


FIGURE 4. Concepts for improving safety of PID loops with/without feedforward path



(a) 'Pattern3' for PV1 sensor failure

(b) 'Pattern3' for PV3 actuator failure



(c) 'Pattern4' for PV1 sensor failure

(d) 'Pattern4' for PV3 actuator failure

FIGURE 5. Concepts for improving safety of PID loops with/without feedforward path in combination with actual valve position signal

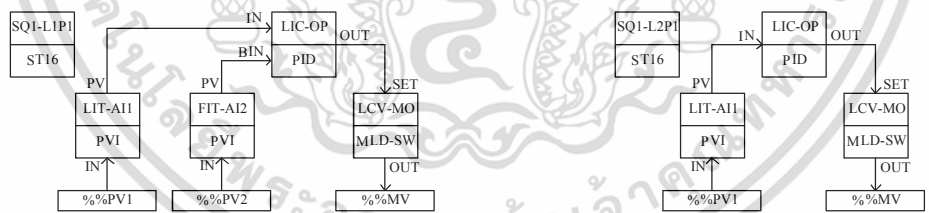
TABLE 2. Four patterns specified for safety enhancement of the interested process control

Pattern	Fault-State Action	Fault-Recovery Action
1	a. Force the preset safe value to be the MV signal when detecting PV1 failure.	b. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV1 failure.
2	a. Force the preset safe value to be the MV signal when detecting PV1 failure.	b. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV1 failure. c. Force the target mode of the ML block into 'MAN' when detecting PV1 failure.
3	a. Force the preset safe value to be the MV signal when detecting PV1 failure.	b. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV1 failure. d. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV3 failure.
4	a. Force the preset safe value to be the MV signal when detecting PV1 failure.	b. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV1 failure. c. Force the target mode of the ML block into 'MAN' when detecting PV1 failure. d. Force the target mode of the PID block into 'MAN' when detecting PV3 failure. e. Force the target mode of the ML block into 'MAN' when detecting PV3 failure.

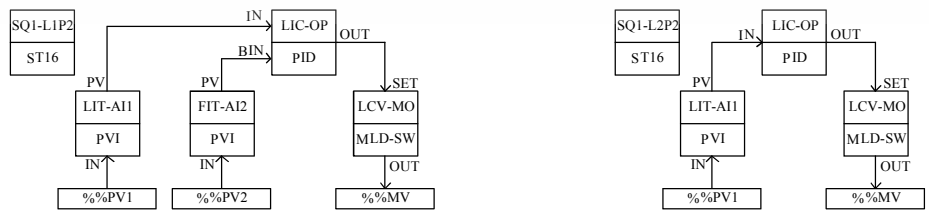
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ML block to ‘CAS’, whereas the MV is manually set by the operator when setting the target mode of the ML block to ‘MAN’. The SQ1 and SQ2 blocks are used to manage sequential operations in response to PV1 and PV3 failures, respectively. Table 2 shows four patterns specified for safety enhancement of the interested control by adding fault-state and fault-recovery actions, which are software-based mechanisms for upgrading capabilities of traditional loops. The ‘Pattern1’ and ‘Pattern2’ provide the actions specified in response to PV1 failure for the Loop1 and Loop2. The ‘Pattern3’ and ‘Pattern4’ provide the actions specified in response to PV1 and PV3 failures for the Loop3 and Loop4. It should be noted that, for fault-recovery action implemented in the PID block in the event of PV1 failure, the block itself automatically forces its desired target mode of operation into ‘MAN’.

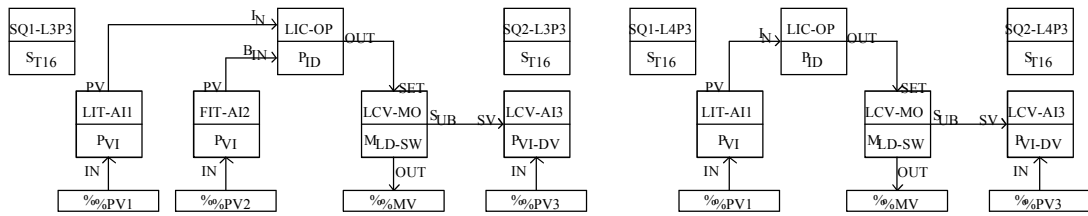
3. Descriptions of Proposed Safety Enhancement. To design control drawings based on the specified patterns shown in Table 2 for improving safety of four interested PID control loops in Table 1, the CENTUM VP DCS (version R6.02.00) [28] with the CONT module (or field control station) modeled AFV10D is utilized as an illustrative host system. Eight control drawings designed by using function blocks available in the DCS host are depicted in Figures 6-9. Based on ‘Pattern1’ and ‘Pattern2’, four control drawings referred to as L1P1, L2P1 and L1P2, L2P2 are displayed in Figures 6(a)-6(b) and 7(a)-7(b), respectively. For safety improvement based on ‘Pattern3’ and ‘Pattern4’, the remaining four control drawings referred to as L3P3, L4P3 and L3P4, L4P4 are illustrated in Figures 8(a)-8(b) and 9(a)-9(b), respectively. Table 3 gives assignments of the addresses for receiving analog inputs from the AI module and transmitting analog output to the AO module as well as the function blocks for representing logical processing units. For each function block, the tag is represented in upper part, whereas the type is represented in lower part. Five different types



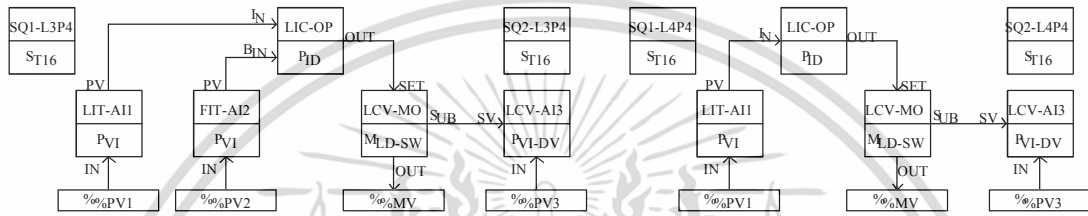
(a) Loop1 using ‘Pattern1’ (L1P1) (b) Loop2 using ‘Pattern1’ (L2P1)
 FIGURE 6. Control drawings designed for safety enhancement using ‘Pattern1’



(a) Loop1 using ‘Pattern2’ (L1P2) (b) Loop2 using ‘Pattern2’ (L2P2)
 FIGURE 7. Control drawings designed for safety enhancement using ‘Pattern2’



(a) Loop3 using 'Pattern3' (L3P3) (b) Loop4 using 'Pattern3' (L4P3)
 FIGURE 8. Control drawings designed for safety enhancement using 'Pattern3'



(a) Loop3 using 'Pattern4' (L3P4) (b) Loop4 using 'Pattern4' (L4P4)
 FIGURE 9. Control drawings designed for safety enhancement using 'Pattern4'

TABLE 3. Address/function block assignments for eight designed control drawings

Address/Tag	Block Type	Description
%%PV1		Input connection address to get the LIT measurement
%%PV2		Input connection address to get the FIT measurement
%%PV3		Input connection address to get the return of actual LCV
%%MV		Output connection address to set the LCV position
LIT-AI1	PVI	Indicating the LIT output (PV1) and its failure status
FIT-AI2	PVI	Indicating the FIT output (PV2) and its failure status
LCV-AI3	PVI-DV	Indicating the LCV position (PV3) and its failure status
LIC-OP	PID	Executing control computation to adjust the MV value
LCV-MO	MLD-SW	Selecting the source of the MV to be sent to the LCV
SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3, SQ1-L4P3	ST16	Executing fault-state action in the 'LCV-MO' block in response to PV1 sensor failure
SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4, SQ1-L4P4	ST16	Executing fault-state and fault-recovery actions in the 'LCV-MO' block in response to PV1 sensor failure
SQ2-L3P3, SQ2-L4P3	ST16	Executing fault-recovery action in the 'LCV-MO' block in response to PV3 actuator failure
SQ2-L3P4, SQ2-L4P4	ST16	Executing fault-recovery action in the 'LIC-OP' and 'LCV-MO' blocks in response to PV3 actuator failure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

of function blocks, which are supported by the CENTUM VP DCS, include the input indicator block (PVI), input indicator block with deviation alarm (PVI-DV), PID block, manual loader block with operating mode switching (MLD-SW), and sequence table block (ST16). The ‘AUT’ is the normal operating mode for the PVI, PVI-DV, ST16, and PID blocks, and the ‘CAS’ is the normal operating mode of the MLD-SW block. The ‘LIT-AI1’ and ‘FIT-AI2’ blocks perform the input and alarm processing to detect sensor failures of the PV1 and PV2 signals, respectively. During normal conditions, the ‘LIC-OP’ block’s output is determined by the target mode. The outputs of the ‘LIC-OP’ blocks in ‘AUT’ mode for ‘Loop2’ and ‘Loop4’ are computed by PID algorithms based on the deviation of the PV1 from the desired control setpoint. For ‘Loop1’ and ‘Loop3’, the PV2 feedforward inputs are added to control outputs of PID computations for providing the ‘LIC-OP’ blocks’ outputs in ‘AUT’ mode. However, the outputs of the ‘LIC-OP’ blocks in all interested loops in ‘MAN’ mode are manually set by the operator through a process visualization program running in the DCS host. The ‘LCV-AI3’ block detects actuator failure by calculating the difference between the PV3 return signal of the actual LCV position and the output of the ‘LCV-MO’

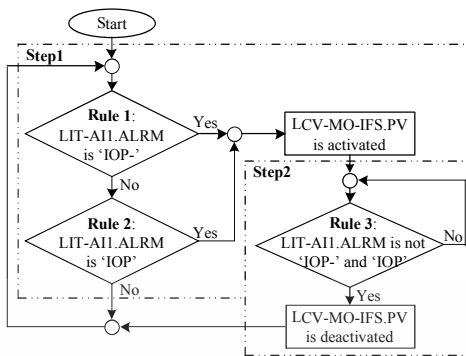
TABLE 4. ST16 block assignments for providing safety enhancement of Table 2

Block Tag	Step	Rule	Block Input Condition	Block Output Action	Action in Table 2
SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3, SQ1-L4P3	1	1	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP-’.	LCV-MO-IFS.PV is activated (or ‘high’).	a. Fault-State
		2	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP’.	Go to Step2.	
	2	3	If LIT-AI1.ALARM is not ‘IOP-’ and ‘IOP’.	LCV-MO-IFS.PV is deactivated (or ‘low’). Go to Step1.	
SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4, SQ1-L4P4	1	1	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP-’.	LCV-MO-IFS.PV is activated (or ‘high’).	a. Fault-State c. Fault-Recovery
		2	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP’.	LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’. Go to Step2.	
	2	3	If LIT-AI1.ALARM is not ‘IOP-’ and ‘IOP’.	LCV-MO-IFS.PV is deactivated (or ‘low’). Go to Step1.	
SQ2-L3P3, SQ2-L4P3	-	1	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV+’.	LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’.	d. Fault-Recovery
		2	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV-’.		
SQ2-L3P4, SQ2-L4P4	-	1	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV+’.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are forced into ‘MAN’.	d. Fault-Recovery e. Fault-Recovery
		2	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV-’.		

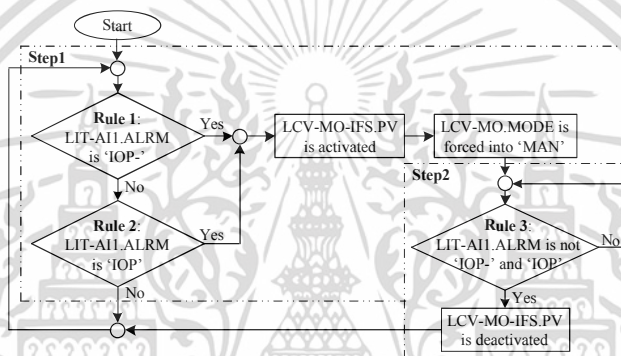
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

block, which is used for selecting the source of the MV signal to be sent to the LCV positioner. This means that the MV signal is determined by target operating mode of the 'LCV-MO' block. In 'CAS' mode, the MV is equal to the 'LIC-OP' block's output, while the operator sets the MV value directly in 'MAN' mode. In order to establish fault-state and fault-recovery actions in response to sensor and actuator failures detected by the 'LIT-AI1' and 'LCV-AI3' blocks, respectively, the sequence control functions are realized by utilizing the ST16 blocks. In the presence of PV1 failure, the 'low-alarm' and 'high-alarm' statuses of the LIT-AI1.ALARM parameter are stated as 'IOP-' and 'IOP' (or 'IOP+'), respectively. In the event of PV3 failure, the 'low-alarm' and 'high-alarm' statuses of the LCV-AI3.ALARM parameter are stated as 'DV-' and 'DV+', respectively. Table 4 illustrates the steps and rules programmed in the ST16 blocks in the designed control drawings to provide the actions specified in Table 2, which are based on functions of status propagation and mode shedding during failure conditions. Figures 10(a)-10(d) show the flowchart diagrams for sequential operations of the ST16 blocks. In addition, based on its default algorithm, the target mode of the 'LIC-OP' block is automatically set to 'MAN' when detecting the 'IOP-' or 'IOP' status (b. in Table 2). After the PV1 failure has been resolved, the target mode of the 'LIC-OP' block remains in 'MAN'. Until the operator sets 'AUT' for the target mode, the 'LIC-OP' block can resume its automatic control function.

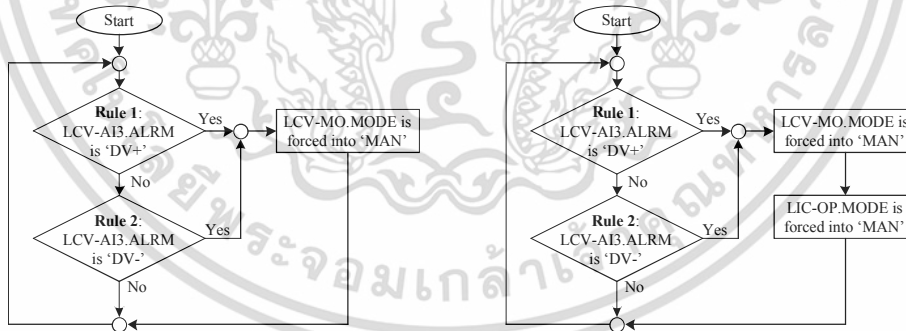
To activate the fault-state action (a. in Table 2) when detecting the 'IOP-' or 'IOP' status by performing operations of the 'SQ1-L1P1', 'SQ1-L2P1', 'SQ1-L3P3', and 'SQ1-L4P3' blocks as shown in Figure 10(a), the LCV-MO-IFS.PV parameter is set to 'high' logic state. The actual mode of the 'LCV-MO' block automatically changes to the tracking (TRK) mode then the MV signal is forced to equal the predefined safe value. After the PV1 failure has been fixed, the LIT-AI1.ALARM is not the 'IOP-' and 'IOP'. Then the LCV-MO-IFS.PV is set to 'low' state to deactivate the specified fault-state action. To provide the fault-state and fault-recovery actions (a. and c. in Table 2) during the detected 'IOP-' or 'IOP' status by running functions of the 'SQ1-L1P2', 'SQ1-L2P2', 'SQ1-L3P4', and 'SQ1-L4P4' blocks as depicted in Figure 10(b), the LCV-MO-IFS.PV and LCV-MO.MODE parameters are set to 'high' and 'MAN', respectively. Then the preset safe value becomes the MV signal, and the target mode of the 'LCV-MO' block is forced into 'MAN'. After the PV1 failure has been corrected, the LIT-AI1.ALARM is not 'IOP-' and 'IOP'. Then the fault-state action is deactivated by setting the LCV-MO-IFS.PV to 'low'. The 'LCV-MO' remains in 'MAN' actual operating mode, while the 'LIC-OP' block remains in initialization manual (IMAN) mode. To initiate the fault-recovery action (d. in Table 2) when detecting the 'DV+' or 'DV-' status by running operations of the 'SQ2-L3P3' and 'SQ2-L4P3' blocks as illustrated in Figure 10(c), the LCV-MO.MODE is set to 'MAN'. Therefore, the target mode of the 'LCV-MO' block becomes 'MAN'. After the PV3 failure has been fixed, the 'LCV-MO' remains in its 'MAN' actual mode. Until the operator sets 'CAS' for the target mode of the 'LCV-MO', the MV signal then is equal to the 'LIC-OP' block's output. To provide the fault-recovery actions (d. and e. in Table 2) during the detected 'DV+' or 'DV-' status by executing functions of the 'SQ2-L3P4' and 'SQ2-L4P4' blocks as displayed in Figure 10(d), the LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE parameters are set to 'MAN'. The



(a) SQ1-L1P1, SQ1-L2P1, SQ1-L3P3, and SQ1-L4P3 blocks



(b) SQ1-L1P2, SQ1-L2P2, SQ1-L3P4, and SQ1-L4P4 blocks



(c) SQ2-L3P3 and SQ2-L4P3 blocks

(d) SQ2-L3P4 and SQ2-L4P4 blocks

FIGURE 10. Flowchart diagrams for sequential operations of the ST16 blocks used

target modes of the ‘LIC-OP’ and ‘LCV-MO’ blocks then become ‘MAN’. This means that the actual modes of these two blocks are ‘IMAN and ‘MAN’, respectively, until the operator intervenes by changing the target modes to be their normal operating modes.

4. Simulation Results from DCS Test Function. To confirm the feasibility of the proposed safety enhancement, all control drawings designed for providing the fault-state and

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fault-recovery actions were simulated by utilizing virtual test function of the DCS host used. Simulations were carried out to test the configured functions of four control drawings in the presence of PV1 failure and four control drawings in the presence of PV1 and PV3 failures. The values for failure detections were chosen as: ‘IOP-’ = -6.3%, ‘IOP’ (or ‘IOP+’) = 106.3%, ‘DV+’ = 10%, and ‘DV-’ = 10%. The preset safe value for fault-state action was set to 10%, and the setpoint of tank level control was set to 50%.

Table 5 gives the conditions defined for simulations to observe the operability of all designed control drawings. Figure 11 illustrates an example of graphic displays created for user interface in simulations. Figures 12(a) and 12(b) show the examples of ‘Set Data’ window used to set data status of the LIT-AI1.RAW for simulating the ‘PV1-IOP-’ and ‘PV1-IOP’ conditions, respectively. To save space, only the test results of the L3P4 control drawing that provides the highest possible degree of safety among the interested current loops are illustrated in Figures 13-16 for examples of observation of fault-state and fault-recovery actions when detecting PV1 and PV3 failures.

TABLE 5. Conditions for simulations of the designed control drawings

Condition	Description
PV1-NR	Set data status of LIT-AI1.RAW to be normal by using ‘Set Data’ window.
PV1-IOP-	Set data status of LIT-AI1.RAW to be ‘IOP-’ by using ‘Set Data’ window.
PV1-IOP	Set data status of LIT-AI1.RAW to be ‘IOP+’ by using ‘Set Data’ window.
PV3-NR	Set the difference between LCV-AI3.RAW and LCV-MO.MV to be less than 10%.
PV3-DV-	Set LCV-AI3.RAW to be less than LCV-MO.MV, and their difference is greater than 10%, then ‘DV-’ is detected.
PV3-DV+	Set LCV-AI3.RAW to be greater than LCV-MO.MV, and their difference is greater than 10%, then ‘DV+’ is detected.

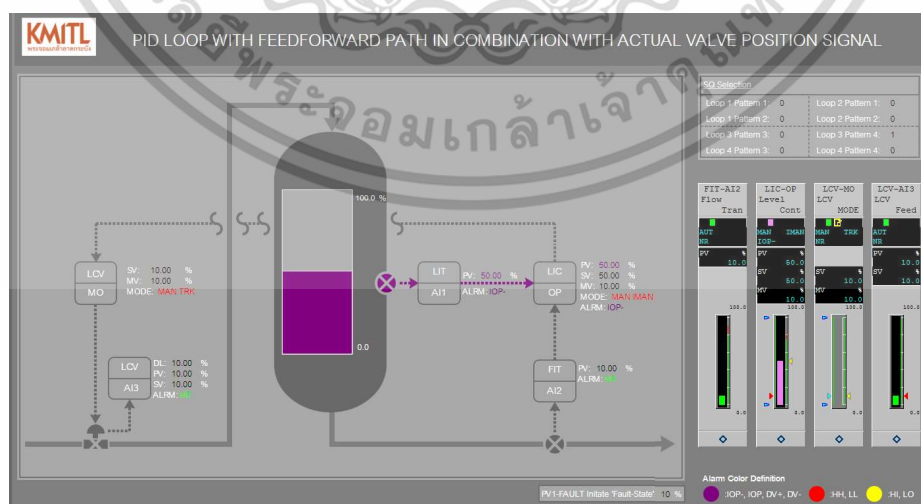
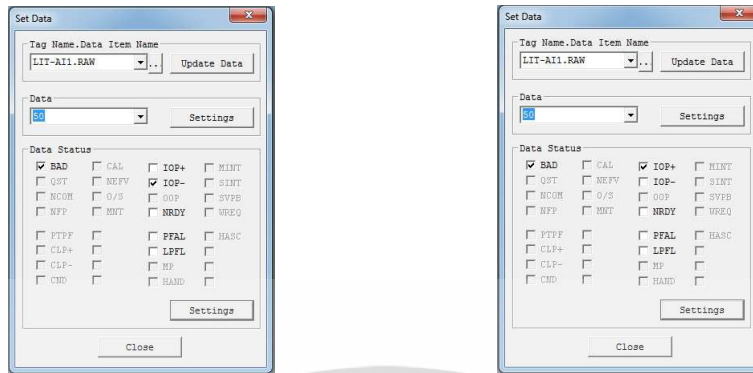


FIGURE 11. Example of graphic displays created for user interface in simulations

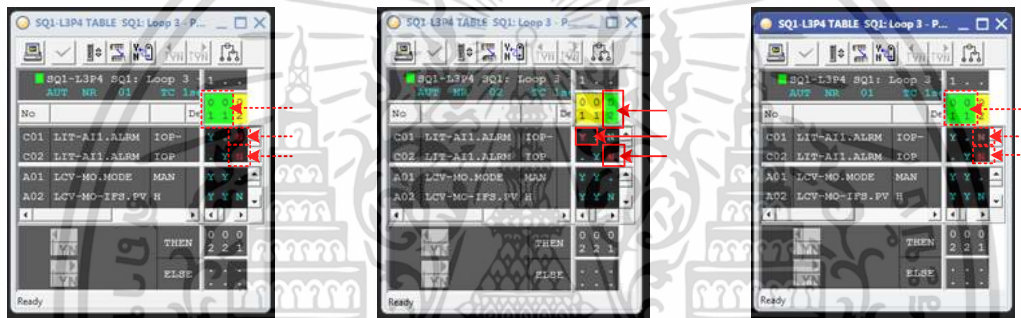
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) 'PV1-IOP-' condition

(b) 'PV1-IOP' condition

FIGURE 12. Examples of 'Set Data' window used for PV1 failure simulations



(a) before detecting 'IOP-'

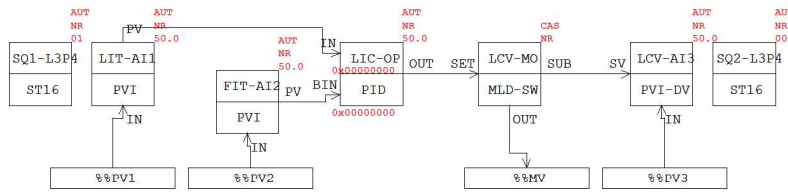
(b) when detecting 'IOP-'

(c) after clearing 'IOP-'

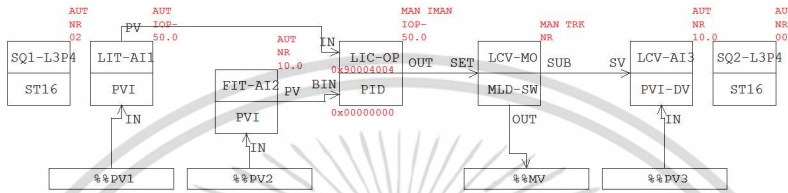
FIGURE 13. Operations of the 'SQ1-L3P4' block in response to PV1 failure

The operations of the 'SQ1-L3P4' block in response to PV1 failure before detecting the 'IOP-', when detecting the 'IOP-', and after clearing the 'IOP-' are illustrated in Figures 13(a)-13(c), respectively. Before and after experiencing the PV1 failure (see Figures 13(a) and 13(c)), the online statuses of the C01 and C02 conditions during normal operation are 'N' (shown in the red font color), and the current operation of the 'SQ1-L3P4' is in 'Step1' ('01' shown in green background) to check whether 'Rule1' (C01) or 'Rule2' (C02) is true. If the 'IOP-' status is detected under 'PV1-IOP-' condition (see Figure 13(b)), the online statuses of the C01 and C02 are 'Y' and 'N' (shown in red font color), respectively, and the current operation of the 'SQ1-L3P4' is in 'Step2' ('02' shown in green background).

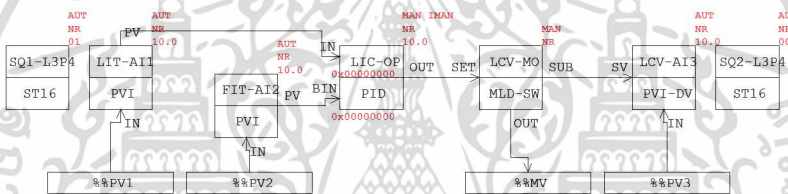
The online statuses of function blocks in the L3P4 from virtual test in response to PV1 failure are displayed in Figures 14(a)-14(c). Before detecting 'IOP-' status under 'PV1-NR' condition (see Figure 14(a)), all function blocks operate in their normal modes, and the operation of the 'SQ1-L3P4' is in 'Step1' (01). During 'PV1-IOP-' condition (see Figure 14(b)), the 'SQ1-L3P4' can detect the 'IOP-' status, and its operation is switched to 'Step2' (02). The 'LIT-A11' block propagates the 'IOP-' status to the 'LIC-OP' block, and the fault-state action in the 'LCV-MO' block is initiated by forcing the preset value of 10% to be the MV. The correctness of the desired fault-state action is determined by the 'LCV-AI3'



(a) before detecting 'IOP-' status under 'PV1-NR' condition



(b) when detecting 'IOP-' status under 'PV1-IOP-' condition



(c) after clearing 'IOP-' status under 'PV1-NR' condition

FIGURE 14. Online statuses of function blocks in the L3P4 in response to PV1 failure

block's output, which equals the actual LCV position signal. It is seen that the output of the 'LCV-AI3' block is also 10%. In addition, the target modes of the 'LIC-OP' and 'LCV-MO' blocks are forced into 'MAN'. Based on mode shedding in response to PV1 failure, the actual modes of the 'LIC-OP' and 'LCV-MO' blocks change to 'IMAN' and 'TRK', respectively. After clearing the 'IOP-' status, the actual mode of the 'LCV-MO' returns back to 'MAN' mode (see Figure 14(c)). The predefined safe value is used as the initial value to restart the LCV valve positioner. If the operator sets the target mode of the 'LCV-MO' block to 'CAS', the actual mode of the 'LIC-OP' will be placed in 'MAN'. Until the operator changes the target mode of the 'LIC-OP' to 'AUT', the L3P4 can return to its automatic control function.

The operations of the 'SQ2-L3P4' block in response to PV3 failure before detecting the 'DV-', when detecting the 'DV-', and after clearing the 'DV-' are displayed in Figures 15(a)-15(c), respectively. In the event of the 'DV-' under 'PV3-DV-' condition (see Figure 15(b)), the online (red) status of the C02 input condition is 'Y' (shown in the red font color). Before and after experiencing the failure (see Figures 15(a) and 15(c)), the online (green) statuses of the C01 and C02 conditions during normal operation are 'Y' (shown in the light blue font color). The online statuses of function blocks in the L3P4 in response to PV3 failure are illustrated in Figures 16(a)-16(c). From Figure 16(a), all function blocks

TABLE 6. Test results of eight control drawings designed for safety enhancement

Control Drawing	Defined Condition	Fault-State Action	Fault-Recovery Action
L1P1, L2P1	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV is high.	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV is high.	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
L1P2, L2P2,	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV is high.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV is high.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.
L3P3, L4P3	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV is high.	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV is high.	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
	PV3-DV-	-	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV3-NR	-	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
	PV3-DV+	-	LIC-OP.MODE is 'MAN'.
	PV3-NR	-	LIC-OP.MODE remains in 'MAN'.
L3P4, L4P4	PV1-IOP-	LCV-MO-IFS.PV is high.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.
	PV1-IOP	LCV-MO-IFS.PV is high.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV1-NR	LCV-MO-IFS.PV is low.	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.
	PV3-DV-	-	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV3-NR	-	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.
	PV3-DV+	-	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE are 'MAN'.
	PV3-NR	-	LCV-MO.MODE and LIC-OP.MODE remain in 'MAN'.

'LCV-MO' and 'LIC-OP' are changed to 'CAS' and 'AUT', respectively, the L3P4 can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

resume to its normal control operation. Additionally, the online statuses of function blocks in the L1P1, L2P1, L1P2, and L2P2 from virtual tests in response to PV1 failure as well as the online statuses of function blocks in the L3P3, L4P3, and L4P4 from virtual tests in response to PV1 and PV3 failures agree very well with the expected results.

Table 6 presents the virtual test results of eight control drawings designed for safety enhancement of two PID loops with/without feedforward path in response to PV1 failure and two PID control loops with/without feedforward path in combination with actual valve position signal in response to PV1 and PV3 failures. It is evident that fault-state and fault-recovery actions provided by the designed control drawings are in good agreement with the desired actions in Tables 2 and 4. Table 7 shows the changes of target and actual modes of the ‘LIC-OP’ and ‘LCV-MO’ blocks when detecting and after resolving PV1 failure. This ensures that the affected loops with PV1 failure shut their automatic operations down safely by fault-state action. Similarly, Table 8 gives the changes of target and actual modes of the ‘LIC-OP’ and ‘LCV-MO’ blocks when detecting and after resolving PV3 failure. It is confirmed that the control loops with failed actuator are not operated in ‘AUT’ mode, and they cannot immediately resume their automatic control function after the failure has been resolved until the operator unlocks. Therefore, functions of status propagation and mode shedding in response to sensor and actuator failures are particularly useful in basic process control. Table 9 summarizes the comparison results between the actions of the ML, PID, and ST16 blocks in the designed control drawings and the parameter options of FF function blocks in the FF-based PID control with/without feedforward [8,16,17]. The ST16 blocks are the ‘SQ1-LiPk’, ‘SQ1-LiPm’, ‘SQ2-LjPn’, and ‘SQ2-LjP4’, where i ($= 1, 2, 3, 4$) and j ($= 3, 4$) are the ‘Loop’ numbers, and k ($= 1, 2, 3, 4$), m ($= 2, 4$), and n ($= 3, 4$) are the ‘Pattern’ numbers. It is clearly seen that the fault-state and fault-recovery actions provided by all designed control drawings are in similar way as the built-in fault-state and fault-recovery options provided by the digital FF-based PID loops. Hence, the proposed technique for configuration design of control drawings of four studied PID loops with/without feedforward path can be an alternative solution for existing production plants using conventional wiring to improve their control operations for additional level of safety.

TABLE 7. Target and actual modes of the ‘LIC-OP’ and ‘LCV-MO’ in case of PV1 failure

Control Drawing	When Detecting PV1 Failure				After Resolving PV1 Failure			
	LIC-OP (PID)		LCV-MO (ML)		LIC-OP (PID)		LCV-MO (ML)	
	Target	Actual	Target	Actual	Target	Actual	Target	Actual
L1P1	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L2P1	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L1P2	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L2P2	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L3P3	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L4P3	MAN	IMAN	CAS	TRK	MAN	MAN	CAS	CAS
L3P4	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN
L4P4	MAN	IMAN	MAN	TRK	MAN	IMAN	MAN	MAN

TABLE 8. Target and actual modes of the ‘LIC-OP’ and ‘LCV-MO’ in case of PV3 failure

Control Drawing	When Detecting PV3 Failure				After Resolving PV3 Failure			
	LIC-OP (PID)		LCV-MO (ML)		LIC-OP (PID)		LCV-MO (ML)	
	Target	Actual	Target	Actual	Target	Actual	Target	Actual
L3P3	MAN	MAN	CAS	CAS	MAN	MAN	CAS	CAS
L4P3	MAN	MAN	CAS	CAS	MAN	MAN	CAS	CAS
L3P4	MAN	IMAN	MAN	MAN	MAN	IMAN	MAN	MAN
L4P4	MAN	IMAN	MAN	MAN	MAN	IMAN	MAN	MAN

TABLE 9. Comparison of the proposed technique and the previous works [8,16,17]

Designed Control Drawings		PID Control with/without Feedforward	
Block	Action of Function Block	Block	Option of FF Function Block
SQ1-LiPk (ST16)	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP-’ or ‘IOP’, LCV-MO-IFS.PV is activated.	PID	‘IFS if Bad IN’ for setting ‘Initiate Fault State’ status on its output in the event of ‘Bad’ input [16,17].
LCV-MO (ML)	If LCV-MO-IFS.PV is activated, its actual mode becomes ‘TRK’ and its output equals the preset safe value.	AO	‘Fault State to value’ for forcing its output to equal the preset safe value when receiving the ‘Initiate Fault State’ status from the PID [16,17].
LIC-OP (PID)	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP-’ or ‘IOP’, its default algorithm sets the target mode to ‘MAN’.	PID	‘Target to Manual if Bad IN’ for setting its target mode to ‘MAN’ in the event of ‘Bad’ input [16,17].
SQ1-LiPm (ST16)	If LIT-AI1.ALARM is ‘IOP-’ or ‘IOP’, LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’.	AO	‘Target to Manual if Fault State Act’ for setting its target mode to ‘MAN’ in case of fault-state action [17].
LCV-MO (ML)	If LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’, its target mode becomes ‘MAN’.		
SQ2-LjPn (ST16)	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV+’ or ‘DV-’, LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’.	AO	Option is unavailable, but its default algorithm sets ‘Bad’ status on its BKCAL_OUT and forces the actual mode to change in response to the detected actuator failure [8].
LCV-MO (ML)	If LCV-MO.MODE is forced into ‘MAN’, its target mode becomes ‘MAN’.		
SQ2-LjP4 (ST16)	If LCV-AI3.ALARM is ‘DV+’ or ‘DV-’, LIC-OP.MODE is forced into ‘MAN’.	PID	Option is unavailable, but its default algorithm forces the actual mode into ‘IMAN’ in the event of ‘Bad’ status of its BKCAL_IN [8].
LIC-OP (PID)	If LIC-OP.MODE is forced into ‘MAN’, its target mode becomes ‘MAN’.		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Conclusions. To enhance safety of conventional 4-20 mA current loops with/without actual actuator position signal in the presence of instrument failures for PID control with/without feedforward path, a configuration design technique by using software function blocks available in the CENTUM VP DCS host has been proposed. Eight control drawings designed for providing not only fault-state action to bring the affected loop to predefined safe state when detecting the failure but also fault-recovery action to return the affected loop back to normal operation with operator intervention after clearing the failure in four patterns have been introduced. With the proposed safety enhancement, four specified patterns based on functions of failure status propagation and failure mode shedding can also be applied to create control drawings that contain function blocks running on other DCS platforms. Simulation results have been utilized to demonstrate the operability of four control drawings in the presence of sensor failure and four control drawings in the presence of sensor and actuator failures. A configuration design technique to provide greater safety of multi-loop control employing traditional 4-20 mA wiring is the future work.

Acknowledgment. The authors gratefully acknowledge the helpful comments and suggestions of the reviewers, which have improved the presentation.

REFERENCES

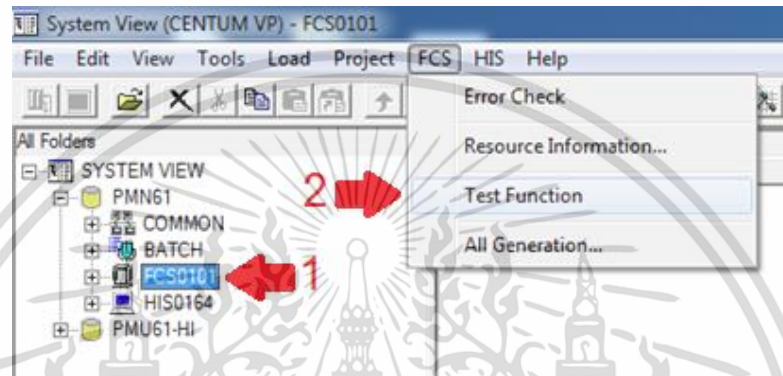
- [1] P. Gruhn and H. L. Cheddie, *Safety Instrumented Systems: Design, Analysis and Justification*, ISA Press, USA, 2006.
- [2] J. Poomhuang, P. Julsereewong and T. Thepmanee, SIL assessment for tail gas treating process using layer of protection analysis, *ICIC Express Letters Part B: Applications*, vol.9, no.6, pp.525-531, 2018.
- [3] R. J. Willey, Layer of protection analysis, *Procedia Engineering*, vol.84, pp.12-22, 2014.
- [4] J. Jin, B. Shuai, X. Wang and Z. Zhu, Theoretical basis of quantification for layer of protection analysis (LOPA), *Annals of Nuclear Energy*, vol.87, pp.69-73, 2016.
- [5] A. Gabriel, Design and evaluation of safety instrumented systems: a simplified and enhanced approach, *IEEE Access*, vol.5, pp.3813-3823, 2017.
- [6] T. Vollmer, K. Borchering, G. Hellriegel and R.-D. Penzhorn, Process control under safety aspects, *Fusion Engineering and Design*, vol.48, no.1-2, pp.57-61, 2000.
- [7] T. Blevins and M. Nixon, *Control Loop Foundation—Batch and Continuous Processes*, ISA Press, USA, 2011.
- [8] J. Berge, *Fieldbuses for Process Control: Engineering, Operation and Maintenance*, ISA Press, USA, 2004.
- [9] B. G. Liptak, *Instrument Engineers' Handbook: Process Control and Optimization*, CRC Press in Cooperation with ISA Press, USA, 2006.
- [10] S. Kumool, T. Thepmanee and S. Pongswatd, Condition monitoring based on failure modes and effects analysis using SCADA software for WirelessHART devices, *ICIC Express Letters*, vol.12, no.4, pp.393-400, 2018.
- [11] T. Blevins and W. Wojsznis, Fieldbus support for process analysis, *ISA Transactions*, vol.35, pp.177-183, 1996.

- [12] 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*, Scotland, U.K., pp.1022-1026, 2002.
- [13] A. Julsereewong, N. Whatphat, T. Sangsuwan, J. Chanwuttitum and T. Thepmanee, Comparative analysis between control in the host and control in the field in terms of safety and availability for Foundation Fieldbus-based process control, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.14, no.2, pp.737-745, 2018.
- [14] C. Diedrich, F. Russo, L. Winkel and T. Blevins, Function block application in control system based on IEC 61804, *ISA Transactions*, vol.43, pp.123-131, 2004.
- [15] Fieldbus Foundation, *FF-890-1.10: Foundation Specification-Function Block Application Process, Part 1*, USA, 2012.
- [16] T. Sangsuwan, T. Thepmanee and A. Julsereewong, Safety and availability of basic process control using Foundation Fieldbus with control in the field – an experimental analysis, *International Journal of Intelligent Engineering & Systems*, vol.10, no.4, pp.135-146, 2017.
- [17] A. Julsereewong and S. Kummool, Process safety enhancement of feedforward control using Foundation Fieldbus, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol.16, no.2, pp.621-630, 2020.
- [18] T. Thepmanee, A. Julsereewong, P. Julsereewong and C. Jetanacheawchankij, Replacement of existing analog with digital fieldbus: a case study of raw cane sugar production, *ICIC Express Letters*, vol.7, no.3(B), pp.1157-1162, 2013.
- [19] T. Nguyen, R. G. Gosine and P. Warrinan, A systematic review of big data analytics for oil and gas Industry 4.0, *IEEE Access*, vol.8, pp.61138-61201, 2020.
- [20] T. R. Wanasinghe, R. G. Gosine, L. A. James, G. K. I. Mann, O. de Silva, P. J. Warrinan, The Internet of Things in the oil and gas industry: A systematic review, *IEEE Internet of Things Journal*, vol.7, no.9, pp.8654-8672, 2020.
- [21] A. Cala, A. Luder, F. Boschi, G. Tavola and M. Taisch, Migration towards digital manufacturing automation – an assessment approach, *Proc. of the 2018 IEEE Industrial Cyber-Physical Systems*, St. Petersburg, Russia, pp.714-719, 2018.
- [22] N. Khochasin, T. Trisuwannawat, P. Julsereewong and A. Julsereewong, Comparative study on cascade control configuration in engineering phase for analog system and FF system, *Proc. of the IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, Sapporo, Japan, pp.881-886, 2016.
- [23] Azbil Corporation, *CM2-GTX100-2001: Advanced Transmitter Electronic Differential Pressure/ Pressure Transmitter*, 2020.
- [24] Emerson, *00809-0100-4007: Rosemount™ 3051 Pressure Transmitter with 4–20 mA HART® Revision 5 and 7 Selectable Protocol*, 2020.
- [25] Endress+Hauser, *TI00383P/00/EN/34.20: Technical Information Cerabar S PMC71, PMP71, PMP75 Process pressure measurement*, 2020.
- [26] Yokogawa, *IM 01C50T01-02EN: YTA610 and YTA710 Temperature Transmitters (HART Protocol)*, 2020.
- [27] Yokogawa, *GS 01C31C01-01EN: EJA210E Flange Mounted Differential Pressure Transmitter*, 2020.
- [28] Yokogawa, *GS 33K01A10-50E: Integrated Production Control System CENTUM VP System Overview (Vnet/IP Edition)*, 2017.

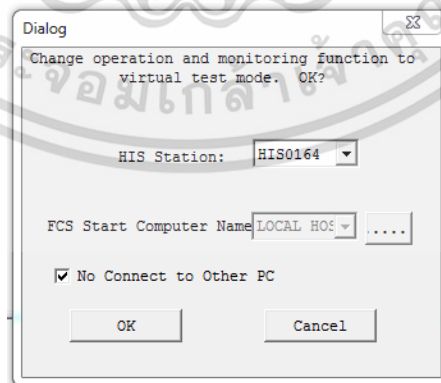
ภาคผนวก ข.

วิธีการใช้ฟังก์ชันทดสอบเสมือนจริงของดีซีเอสรุ่น CENTUM VP

1. เปิดโปรแกรม System View และเลือก FCS ที่เราต้องเราต้องทำการจำลองตั้งรูปที่ ลูกศรหมายเลข 1 ซี่อยู่ซึ่งกำลังเลือก 'FCS0101' ของโปรเจ็ค 'PMN61' จากนั้นคลิก 'FCS' ที่เมนู บาร์เลือก 'Test Function' ตั้งรูปที่ลูกศรหมายเลข 2 ซี่อยู่

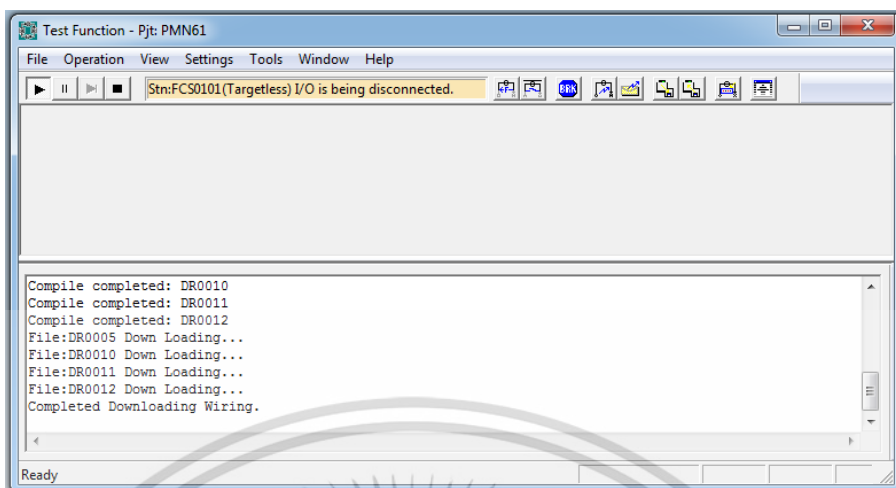


2. เมื่อทำการเริ่มใช้ 'Test Function' จะมีหน้าต่าง Dialog ขึ้นมาเพื่อให้เลือกว่า HIS เครื่องที่กำลังจำลองอยู่นี้จะให้ป็น HIS หมายเลขใดซึ่งในรูปได้เลือกเป็น 'HIS0164' และทำการเลือก 'No Connect to Other PC' เพื่อไม่เชื่อมต่อไปยัง HIS อื่นที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่ายจากนั้นคลิก 'OK' แต่ถ้าหากต้องการเชื่อมต่อกับ HIS เครื่องอื่นในเครือข่ายเพื่อให้สามารถทำการ Virtual Test ในเวลาเดียวกันได้ HIS หลายเครื่องให้ไม่เลือก 'No Connect to Other PC' จากนั้นคลิก 'OK' เช่นกัน

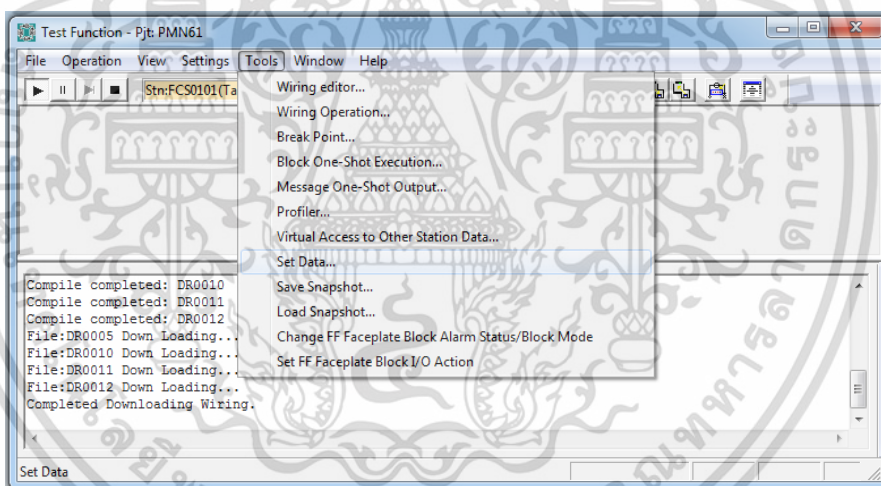


3. เมื่อทำการโหลด 'Test Function' แบบ Virtual Test สำเร็จจะมีหน้าต่าง "Test Function - Pjt: PMN61" ขึ้นมาหน้าต่างนี้มีฟังก์ชันที่ทำให้สามารถจำลองกระบวนการมี รายละเอียดมากขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

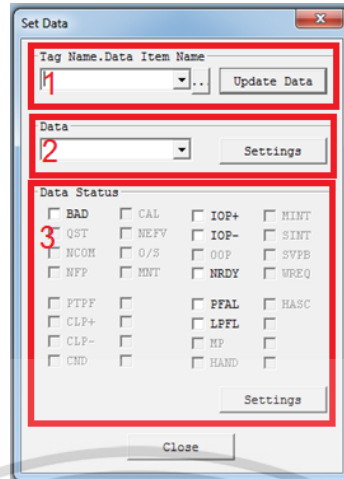



4. วิธีการเปิดใช้งานฟังก์ชัน ‘Set Data’ ให้เข้าไปที่ Tools ที่อยู่เมนูบาร์ในหน้าต่าง “Test Function – Pjt: PMN61” ดังรูป

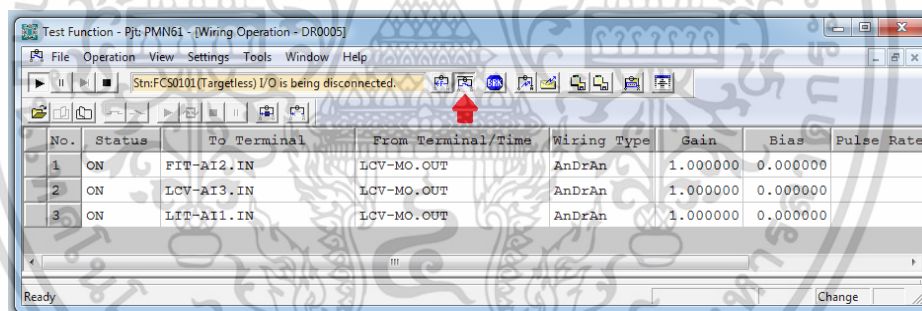



5. หน้าต่างฟังก์ชัน Set Data แสดงดังรูปโดยส่วน 1 คือ “Tag Name.Data Item Name” ให้ระบุชื่อแท็กและชื่อไอเทมที่ต้องการเปลี่ยนค่าหรือสถานะข้อมูล เช่น ต้องการเปลี่ยนค่าและสถานะของบล็อกแท็ก LIT-AI1 ให้ระบุในช่องเป็น “LIT-AI1.RAW” และคลิก “Update Data” เมื่อทำการระบุ “Tag Name.Data Item Name” สำเร็จ ในส่วนที่ 2 คือ “Data” เป็นส่วนที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าของบล็อกแท็กที่ระบุไว้ในส่วนที่ 1 หากต้องการเปลี่ยนแปลงให้ระบุในช่องและคลิก “Setting” และส่วนที่ 3 คือส่วน “Data Status” เป็นส่วนที่สามารถเปลี่ยนแปลงสถานะของค่าของบล็อกแท็กที่ระบุไว้ในส่วนที่ 1 หากต้องการเปลี่ยนแปลงให้เลือกสถานะที่ต้องการเปลี่ยน จากนั้นคลิก “Setting”

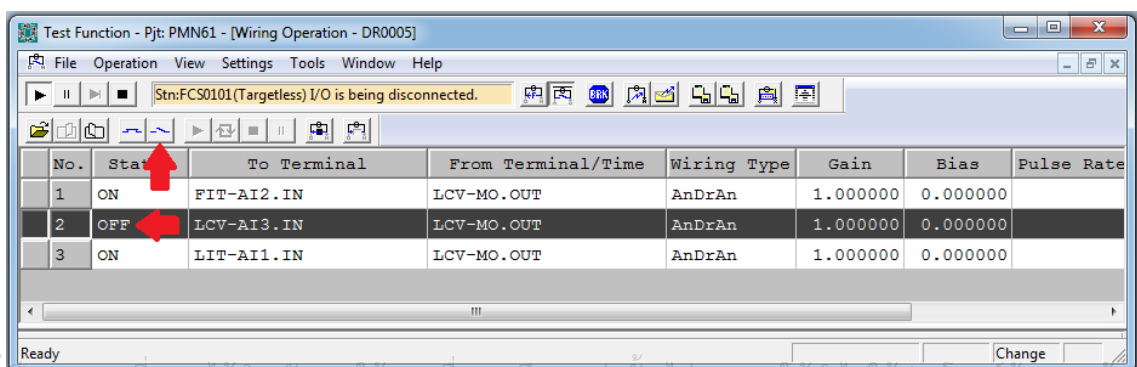
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



6. เนื่องจากการทำ Virtual Test สำหรับดีซีเอสรุ่น CENTUM VP มีความสามารถในการประมวลผลและจำลองการเปลี่ยนแปลงกระบวนการได้อย่างอัตโนมัติดังนั้นจึงจำเป็นต้องปิดการจำลองอัตโนมัติบางความสามารถลง เช่น ในการทดลองให้ตำแหน่งวาล์วจริงต้องเกิดความผิดพลาดขึ้นจำเป็นต้องปิดความสามารถในการจำลองตำแหน่งวาล์วจริง เปลี่ยนแปลงตามค่า MV ที่บล็อก LCV-MO สั่งการ ไปยังวาล์วจริง โดยทำการคลิก  ดังรูปที่ลูกศรกำลังชี้อยู่



7. ทำการเลือกบล็อกแท็กที่จะให้หยุดการเปลี่ยนแปลงค่ากระบวนการอัตโนมัติโดยในที่นี้คือ 'LCV-AI3.IN' จากนั้นคลิก  ดังที่ ลูกศรกำลังชี้อยู่ในรูปถ้าหากที่ไม่สามารถ 'LCV-AI3.IN' เปลี่ยนแปลงค่ากระบวนการอัตโนมัติได้สามารถสังเกตได้จากคำว่า 'OFF' ดังที่ลูกศรชี้อยู่ในรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นไปใช้ประโยชน์ใด ๆ ก็ตาม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดเพิ่มเติมในการสร้างฟังก์ชันความปลอดภัยสำหรับดีซีเอสรุ่น CENTUM VP

- การทำให้ค่าเป้าหมาย (SV) ติดตามค่ากระบวนการ (PV) ขณะที่บล็อกพีไอดี (PID) อยู่โหมด 'MAN'

เพื่อความปลอดภัยในการควบคุมและไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันจึงจำเป็นต้องให้ SV มีค่าตาม PV ในขณะที่บล็อก PID คืออยู่โหมด 'MAN' สำหรับบล็อก PID ใน CENTUM VP DCS นั้นให้เข้าไปเลือกตัวเลือก 'MAN mode' ของ 'Measurement Tracking' ในฟังก์ชันบล็อก PID เป็น 'Yes' ดังรูป จะทำให้ SV มีค่าตาม PV ในขณะที่บล็อกพีไอดีอยู่โหมด 'MAN'

Basic	Tag	Input	Alarm	Control	Calculation	Output
Measurement Tracking						
MAN mode						Yes

- การกำหนดฟังก์ชันการใช้ค่าปลอดภัยที่กำหนดไว้ล่วงหน้าของบล็อก MLD-SW

ในการเพิ่มความปลอดภัยตามแนวคิดที่ได้ออกแบบไว้ทั้งสี่รูปแบบนั้นฟังก์ชันบล็อกชนิด MLD-SW หรือบล็อกแท็กที่ชื่อ 'LCV-MO' ต้องมีการเข้าโหมด 'TRK' เพื่อใช้ค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าขณะที่เกิด 'Fault-State' ดังรูปค่า 'Tracking Switch Input' (TSI) ถูกกำหนดให้ใช้ 'LCV-MO-IFS.PV' ซึ่งในที่นี้ได้ใช้เป็นซอฟต์แวร์สวิตช์เพื่อใช้สำหรับการสั่งการเปลี่ยนโหมด โดยถ้า 'LCV-MO-IFS.PV' มีสถานะเป็น 'High' จะทำให้โหมดปัจจุบันของ 'LCV-MO' เปลี่ยนเป็นโหมด 'TRK' และใช้ค่า 'Tracking Signal Input' (TIN) ในที่นี้ได้กำหนดไว้ให้เรียกใช้ค่าจากแอดเดรส 'LCV-MO.PMV' ซึ่งเป็นแอดเดรสที่กำหนดไว้เก็บค่าปลอดภัยที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าและถ้า 'LCV-MO-IFS.PV' มีสถานะเป็น 'Low' โหมดของ 'LCV-MO' ก็จะเปลี่ยนไปตามโหมดเป้าหมาย

Basic	Tag	Input	Alarm	Control	Calculation	Output	Connection	Others
Operation Output (OUT)				LIC-MV				
Set Value Input (SET)				LIC-OP.OUT				
Auxiliary Output (SUB)								
Tracking Signal Input (TIN)				LCV-MO.PMV				
Tracking Switch Input (TSI)				LCV-MO-IFS.PV				
Interlock Switch Input (INT)								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกำหนดฟังก์ชันการคำนวณค่าที่ได้รับจาก PV2 เพื่อใช้ในการประมวลผลและชดเชยอัตราผิดพลาด

ในการสร้างลูปควบคุมพีไอดีที่มีส่วนป้อนล่วงหน้าจะต้องใช้ค่า PV2 ที่วัดค่ากระบวนการมาประมวลผลและชดเชยที่บล็อกพีไอดีสำหรับบล็อก PID ใน CENTUM VP DCS เมื่อทำการเชื่อมต่อแผนผังควบคุม (Control drawing) สำหรับลูปที่มีการป้อนล่วงหน้าแล้วจะต้องเข้าไปทำการเลือกตัวเลือกที่บล็อก PID ดังรูปที่ 3.17 ที่ 'I/O Compensation' เลือกตัวเลือก 'Input Compensation' เพื่อให้บล็อกพีไอดีคำนวณค่าชดเชย

Basic	Tag	Input	Alarm	Control Calculation	Output	Connection	Others
PID Control Algorithm				Automatic Determination 2			
Control Period				Automatic Determination			
I/O Compensation				Input Compensation			

และเพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดส่งต่อมายังบล็อกพีไอดีจะต้องเข้าไปเลือกตัวเลือก 'Inhibit IOP Reactions' เป็น 'Valid' ที่บล็อกแสดงอินพุต (PVI) ดังรูป

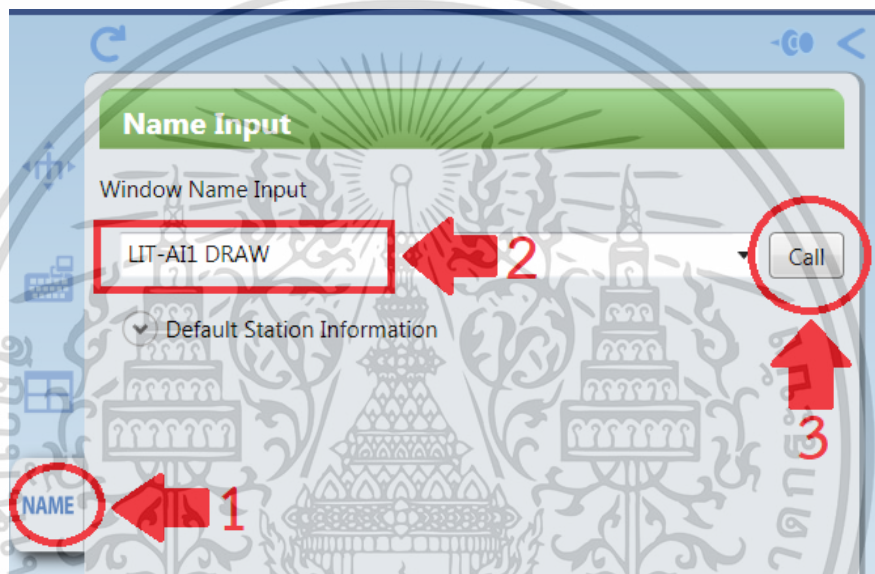
Basic	Tag	Input	Alarm	Output	Connection	Others
Process Variable Range						
High limit value		100.0				
Low limit value		0.0				
Engineering Unit Symbol		%				
Input Signal Filtering		Automatic Determination				
PV Overshoot		Holding PV				
PV Limit		No				
Inhibit IOP Reactions		Valid				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

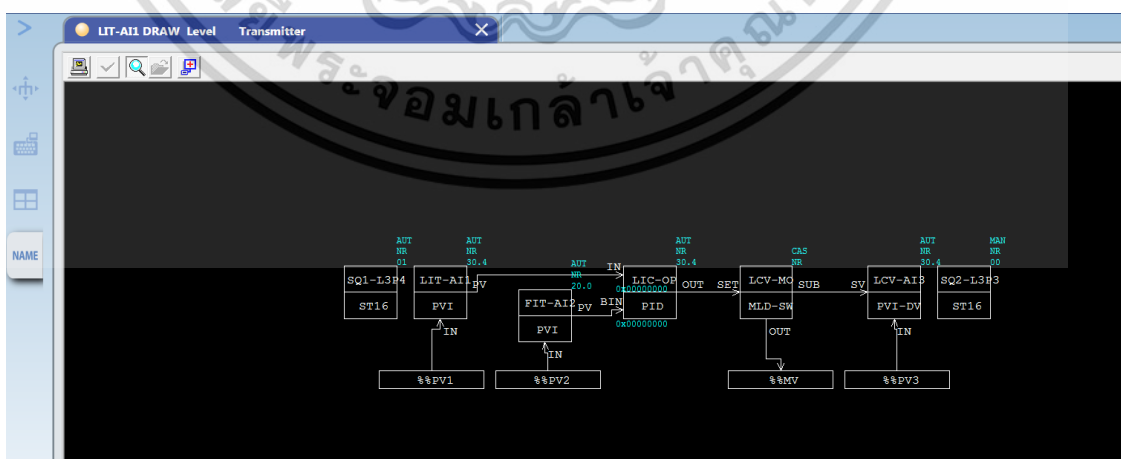
ภาคผนวก ง.

วิธีการเข้าหน้ากราฟิก DRAW เพื่อการแสดงค่าและสถานะออนไลน์ของ แผนผังควบคุมสำหรับดีซีเอสรุ่น CENTUM VP

วิธีการเข้าหน้ากราฟิก DRAW เพื่อการแสดงค่าออนไลน์ของฟังก์ชันบล็อกที่เชื่อมต่อกันใน
ลูปควบคุมเริ่มจากเปิดเมนู 'Name Input' จากนั้นพิมพ์ชื่อบล็อกแท็กที่ต้องการจากนั้นเว้นวรรคและ
ตามด้วย 'DRAW' ยกตัวอย่างเช่น 'LIT-AI1 DRAW' จากนั้นกด 'Call' ดังรูป



ตัวอย่างกราฟิก DRAW ที่เรียกโดยการใช้คำสั่ง 'LIT-AI1 DRAW' ที่เมนู 'Name Input'



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้