ระบบวัดคุมนิรภัย : กรณีศึกษา YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS

SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS

ชลันภัทร พราหมณนันท์
รัชชา ผูกพยนต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

ระบบวัดคุมนิรภัย : กรณีศึกษา YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS

SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS

ชลันภัทร พราหมณนันท์
รัชชา ผูกพยนต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS

CHALANPHAT PRAMANANUN
RATCHA PHUKPHAYON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG
ACADEMIC YEAR 2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบวัดคุมนิรภัย : กรณีศึกษา YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวชลันภัทร พราหมณนันท์ **รหัสนักศึกษา** 57010276 นางสาวรัชชา ผูกพยนต์ **รหัสนักศึกษา** 57011055
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
ปีกาศึกษา	2560

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	**ลายมือชื่อ**
รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบวัดคุมนิรภัย : กรณีศึกษา YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นางสาวชลันภัทร	พราหมนนันท์	รหัสนักศึกษา 57010276
	นางสาวรัชชา	ผูกพยนต์	รหัสนักศึกษา 57011055
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์สักรียา ชิตวงศ์		
ปีการศึกษา	2560		

บทคัดย่อ

โครงงานนี้จัดทำขึ้น เพื่อศึกษาเรียนรู้เกี่ยวกับระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System, SIS) ตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 โดยมีการออกแบบฟังก์ชันนิรภัยสำหรับกระบวนการผลิต การประเมินความอันตรายของกระบวนการผลิตด้วยวิธี LOPA (Layer Of Protection Analysis) และการคำนวณหาค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg}) ด้วยวิธี Reliability Block Diagram (IEC61508-6) ซึ่งโครงงานนี้มีการใช้ซอฟต์แวร์ ProSafe-RS ที่ทำงานภายใต้ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทโยโกกาวา รุ่น Centum VP R6 ในการเขียนรูปแบบการทำงานของระบบวัดคุมนิรภัยต่างๆ อีกทั้งยังได้จัดทำคู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ ProSafe-RS แบบพื้นฐานสำหรับผู้ที่สนใจอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	SAFETY INSTRUMENTED SYSTEM : STUDY CASE YOKOGAWA CENTUM VP R6 PROSAFE-RS
Authors	Ms. Chalanphat Pramananun
	Ms. Ratcha Phukphayon
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Sakreya Chitwong
Year	2017

ABSTRACT

This project investigates the Safety Instrumented System (SIS) based on International Standard IEC61508 and IEC61511. In this regard, the LOPA method designs was used to assess the operation process hazard whilst the function describes the average probability of a dangerous failure on demand (PFD_{avg}) was determined by the Reliability Block Diagram method. The software ProSafe-RS was used to designs implement and assess the performance of the Safety Instrument System. Documentation in the form of a manual was also provided to educate process engineers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ และความเอาใจใส่อย่างดีจาก รศ.สักกรียา ชิตวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ของคณะผู้จัดทำ อีกทั้งยังสนับสนุนเครื่องมือ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบของพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบของพระคุณ สำหรับท่านคณาจารย์ทุกๆ ท่าน ที่ได้ให้ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาตั้งแต่เริ่มต้นเข้าการศึกษา เพื่อนำความรู้ที่ได้จากคณาจารย์ทุกๆท่าน นำมาประกอบในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนในภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมที่ให้คำปรึกษา และกำลังใจในการทำงานให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ของคณะผู้จัดทำทุกท่าน ซึ่งเป็นผู้ที่ส่งเสริมการศึกษาและอนาคตที่ดี ตลอดจนให้คำปรึกษา กำลังใจ และความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญตาราง.....VI
สารบัญรูป.....VII

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

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....3
2.1 คำนำ.....3
2.2 Safety Life Cycle.....3
2.3 ระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented Syatem,SIS).....4
2.4 ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented Function,SIF).....4
2.5 อุปกรณ์การวัด (Sensing Element).....5
2.5.1 รูปแบบอุปกรณ์การวัด (Sensing Element Architecture).....6
2.5.1.1 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo1 (One out of One Voting).....6
2.5.1.2 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo2 (One out of Two Voting).....6
2.5.1.3 อุปกรณ์การวัดแบบ 2oo3 (Two out of Three Voting).....7
2.6 ตัวประมวลผล (Logic Solver).....7
2.7 อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element).....8
2.8 ชนิดอุปกรณ์ในระบบวัดคุมนิรภัย.....9
2.8.1 อุปกรณ์ชนิด A (Type A).....9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.8.2 อุปกรณ์ชนิด B (Type B)....9
2.9 การวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิต (Process Hazard Analysis)....10
2.9.1 การประเมินค่าความเสี่ยง (Risk Assessment)....11
2.9.1.1 แสดงวิธีการกำหนดค่า SIL ตามมาตรฐาน IEC61508....11
2.9.1.2 แสดงวิธีการกำหนดค่า SIL ตามมาตรฐาน IEC61511....11
2.10 การประเมินค่าความเสี่ยงด้วยวิธี LOPA (Layer Of Protection Analysis)....12
2.11 การลดความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตราย (Risk Reduction)....13
2.12 ค่าระดับความปลอดภัย หรือ SIL (Safety Integrity Level)....14
2.12.1 อัตราการเกิดอันตรายต่ำ (Low demand mode)....14
2.12.2 อัตราการเกิดอันตรายสูง (High demand mode)....15
2.13 การหาค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg}) ด้วยวิธี Reliability Block Diagram....16
2.13.1 การหาค่า PFD_{avg}ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo1....16
2.13.2 การหาค่า PFD_{avg}ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo2....16
2.13.3 การหาค่า PFD_{avg}ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 2oo3....16
2.14 การออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย....17
2.14.1 อุปกรณ์การวัด (Sensing Element) 17
2.14.2 ส่วนประมวลผล (Logic Solver)....17
2.14.3 อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element)....17
2.15 Prosafe-RS....18

บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง....19
3.1 คำนำ.... 19
3.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง 19
3.2.1 วิเคราะห์หาค่าความเป็นอันตราย (Process Hazard Analysis).... 21
3.2.2 ประเมินความอันตรายเพื่อหาค่าSIL โดยใช้วิธี LOPA....23
3.2.3 ออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System Design).....22
3.2.3.1 พิจารณาที่ถัง TK-101....23
3.2.3.2 พิจารณาที่ถังความดัน TK-102....24
3.3 กระบวนการแยกสารแขวนลอย....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 ออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยในซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS ของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง 29

3.4.1 สร้าง Function Block 29

3.4.1.1 กำหนดพารามิเตอร์ของ Function Block 29

3.4.1.2 ทำการลากพารามิเตอร์เชื่อมกับฟังก์ชั่นการทำงาน 32

3.4.2 ทำการเขียนลงในหน้าโปรแกรม 33

3.4.2.1 เชื่อมอินพุตเข้ากับฟังก์ชั่นบล็อกเพื่อใช้งาน 33

3.5 ออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยในซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS ของกระบวนการแยกสารแขวนลอย 36

3.5.1 ทำการสร้าง Function Block 36

3.5.1.1 กำหนดพารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อก โดยจะมีพารามิเตอร์ 36

3.5.1.2 ทำการลากพารามิเตอร์เชื่อมกับฟังก์ชั่นการทำงาน 37

3.5.2 ทำการเขียนลงในหน้าโปรแกรม 38

3.5.2.1 เชื่อมอินพุตเข้ากับฟังก์ชั่นบล็อกเพื่อใช้งาน 38

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 43

4.1 คำนำ 43

4.2 วิธีการทดลอง 43

4.3 ผลการทดลอง 43

4.3.1 การออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง 43

4.3.1.1 กรณีที่อินพุตทั้ง 3 ตัว ตรวจจับค่าได้น้อยกว่า Set point 44

4.3.1.2 กรณีที่อินพุต 1 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 2 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point 44

4.3.1.3 กรณีที่อินพุต 2 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 1 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point 45

4.3.1.4 กรณีที่อินพุตมีค่าเท่ากับ50.0 46

4.3.1.5 กรณีที่อินพุตมีค่าต่ำกว่า 10.0 46

4.3.1.6 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 10.0 – 20.0 47

4.3.1.7 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 80.0 – 90.0 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.1.8 กรณีที่อินพุตมีค่าสูงกว่า 90.0 48
4.3.2 การออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย 48
4.3.2.1 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 75 48
4.3.2.2 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่ามากกว่า 75.0 49
4.3.2.3 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าน้อยกว่า 0.0 49
4.3.2.4 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าอยู่ช่วง 120.0 - 300.0 50
4.3.2.5 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่ามากกว่า 300.0 50
4.3.2.6 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าน้อยกว่า 120.0 50
4.3.2.7 กรณีที่อินพุตจากเทอร์โมเวลมีค่าน้อยกว่า 135.0 51
4.3.2.8 กรณีที่อินพุตจากเทอร์โมเวลมีค่ามากกว่า 135.0 51
4.4 สรุป 52

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอ 53
5.1 สรุปผลการทดลอง 53
5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง 53
5.3 ข้อเสนอแนะ 53
5.4 แนวทางการพัฒนา 54

บรรณานุกรม 55

ภาคผนวก 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางแสดงจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ชนิด A.....9

2.2 ตารางแสดงจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ชนิด B.....10

2.3 ตารางแสดงความถี่ของเหตุการณ์ยอมรับได้ (Hazard Rate).....12

2.4 ตารางแสดงค่าความปลอดภัยที่ Low demand mode.....15

2.5 ตารางแสดงค่าความปลอดภัยที่ High demand mode.....15

3.1 ตารางแสดงแสดงวิธี Hazard and Operability Studied (HAZOP).....20
โดยพิจารณาที่ TK-101

3.2 ตารางแสดงแสดงวิธี Hazard and Operability Studied (HAZOP).....20
โดยพิจารณาที่ TK-102

3.3 ตารางแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายที่ถัง TK-101.....23

3.4 ตารางแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายที่ถัง TK-102.....24

3.5 ตารางแสดงแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 1 (SIF1).....26

3.6 ตารางแสดงแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 2 (SIF2).....27

3.7 ตารางแสดงแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 3 (SIF3).....28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย	4
2.2	แสดงฟังก์ชั่นนิรภัยในระบบวัดคุมนิรภัย	5
2.3	แสดงอุปกรณ์การวัดแบบ 1oo1 บนแผนภาพกระบวนการผลิต	6
2.4	แสดอุปกรณ์การวัดแบบ 1oo2 บนแผนภาพกระบวนการผลิต	7
2.5	แสดงอุปกรณ์การวัดแบบ 2oo3 บนแผนภาพกระบวนการผลิต	7
2.6	แสดงการทำงานของวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve)	8
3.1	แสดงกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง	19
3.2	แสดงกระบวนการควบคุมระดับน้ำและความดัน เมื่อทำการติดตั้งชั้นป้องกันอันตรายแล้ว	22
3.3	แสดงการวิเคราะห์ความอันตรายและชั้นป้องกันในไดอะแกรม LOPA ของกระบวนการ	21
3.4	แสดงรายละเอียดของระบบวัดคุมนิรภัยของถัง TK-101 ในกระบวนการผลิต	24
3.5	แสดงรายละเอียดของระบบวัดคุมนิรภัยของถัง TK-102 ในกระบวนการผลิต	25
3.6	แสดงพารามิเตอร์ของ Bypass Function	29
3.7	แสดงพารามิเตอร์ของ ANLG_S	30
3.8	แสดงพารามิเตอร์ของ Voting 2oo3	31
3.9	แสดงพารามิเตอร์ของ COM_FB	31
3.10	แสดงรูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Bypass	32
3.11	แสดงรูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ การแสดงสัญญาณเตือนในถังระดับน้ำ	32
3.12	แสดงรูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของการ votingแบบ2oo3	33
3.13	แสดงการเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Bypass Function	33
3.14	แสดงการเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Level Trip Function	34
3.15	แสดงการเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Voting แบบ 2oo3	35
3.16	แสดงพารามิเตอร์ของ LG_FB	36
3.17	แสดงพารามิเตอร์ของ Limit Alarm FB	36
3.18	แสดงพารามิเตอร์ของ COM_FB	37
3.19	แสดงรูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Level gauge	37
3.20	แสดงการเชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Limit alarm	38
3.21	แสดงการเชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Compare	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.22	แสดง Level gauge ตัวที่ 2011	39
3.23	แสดง Level gauge ตัวที่ 2102	39
3.24	แสดง Level gauge ตัวที่ 2103	39
3.25	แสดง Level gauge ตัวที่ 2104	39
3.26	แสดง Vote แบบ 1oo1 จาก PT2148	40
3.27	แสดง Vote แบบ 1oo1 จาก PT2155	41
3.28	แสดง TSHH 2129	41
3.29	แสดง TSHH 2130	42
3.30	แสดง TSHH 2107	42
3.31	แสดง TSHH 2107A	42
4.1	แสดงกรณีที่อินพุตทั้งสามตัวมีค่าน้อยกว่าค่า Set Point	44
4.2	แสดงกรณีที่อินพุต 1 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 2 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point	45
4.3	แสดงกรณีที่อินพุต 2 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 1 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point	45
4.4	แสดงกรณีที่อินพุตมีค่าเท่ากับ 50.0	46
4.5	แสดงกรณีที่อินพุตมีค่าต่ำกว่า 10.0	46
4.6	แสดงกรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 10.0 – 20.0	47
4.7	แสดงกรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 80.0 – 90.0	47
4.8	แสดงกรณีที่อินพุตมีค่าสูงกว่า 90.0	48
4.9	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 75.0	49
4.10	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่ามากกว่า 75.0	49
4.11	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าน้อยกว่า 0.0	49
4.12	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าอยู่ช่วง 120.0 - 300.0	50
4.13	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่ามากกว่า 300.0	50
4.14	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าน้อยกว่า 120.0	51
4.15	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Thermowell มีค่าน้อยกว่า 135.0	51
4.16	แสดงกรณีที่อินพุตจาก Thermowell มีค่ามากกว่า 135.0	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา เรียนรู้ระบบวัดคุมนิรภัยตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 โดยใช้ซอฟต์แวร์ ProSafe-RS ซึ่งทำงานภายใต้ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทโยโกกาวารุ่น Centum VP R6 เป็นกรณีศึกษาในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม อย่างเช่น โรงกลั่นน้ำ โรงแยกก๊าซ โรงงานปิโตรเคมี และโรงไฟฟ้า มีความจำเป็นต้องมีระบบวัดคุมนิรภัย เพื่อควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพและมีความปลอดภัยสูงสุด หากการออกแบบระบบวัดคุมนิรภัยไม่ดีเพียงพอ จะทำให้กระบวนการดังกล่าวมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุ และก่อให้เกิดความเสียหายได้ โครงงานนี้จึงศึกษาการใช้งานซอฟต์แวร์ ProSafe-RS เพื่อออกแบบระบบวัดคุมนิรภัยมาตรฐานสากลที่สามารถนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาระบบวัดคุมนิรภัยตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511
2. ศึกษาวิธีการใช้งานและทำความเข้าใจ ซอฟต์แวร์ ProSafe-RS
3. จัดทำคู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ ProSafe-RS เบื้องต้น
4. ใช้งานฟังก์ชั่นการทำงานต่างๆ ของซอฟต์แวร์ ProSafe-RS

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

สามารถใช้งาน พัฒนาโปรแกรม และทดสอบระบบวัดคุมนิรภัย ด้วยซอฟต์แวร์ ProSafe-RS บนระบบควบคุมแบบกระจายส่วนของบริษัทโยโกกาวา รุ่น Centum VP R6 โดยการจำลองกระบวนการต่างๆ บนระบบควบคุมแบบกระจายส่วน เพื่อทดสอบระบบทั้งหมด

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาความสำคัญและการทำงานของระบบวัดคุมนิรภัย
2. ศึกษาการประเมินค่าความเสี่ยงของกระบวนการและการคำนวณค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg}) ด้วยวิธี Reliability Block Diagram (IEC61508-6)
3. ศึกษาการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัย
4. ศึกษาการใช้งานซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS
5. ศึกษาฟังก์ชั่นการใช้งานของซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS ที่ประยุกต์ใช้ในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและประยุกต์ใช้งานระบบวัดคุมนิรภัยตามมาตรฐาน IEC61511 และ IEC61508
2. สามารถใช้งานซอฟต์แวร์ ProSafe-RS
3. สามารถทำเอกสารเกี่ยวกับระบบวัดคุมนิรภัย (SIS)
4. สามารถนำความรู้เพื่อการประกอบอาชีพต่อไป
5. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประกอบอาชีพต่อไปในอนาคตหลังจบการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 คำนำ

ในระบบอุตสาหกรรมจะให้ความสำคัญในเรื่องความปลอดภัยที่มีผลต่อภายในอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม โดยระบบวัดคุมนิรภัย (SIS) นี้สามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุภายโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างมาก ตามมาตรฐานความปลอดภัย ANSI/ISA84 ที่ถูกนำมาเป็นแนวทางปฏิบัติเกี่ยวกับการจัดการความปลอดภัยในกระบวนการอย่างแพร่หลาย ซึ่งรวมไปถึงฟังก์ชั่นการทำงานที่สำคัญเช่น ESD (Emergency Shut Down), F&G หรือ FGS (Fire and Gas Systems) โดยจะอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC61508 สำหรับผู้ผลิตอุปกรณ์หรือพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใหม่ ได้ถูกรับรองในปี 1988 ส่วนมาตรฐาน IEC61511 สำหรับผู้ใช้งานระบบนิรภัย ถูกรับรองในปี 2003

โดยในโครงงานนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อ ศึกษาระบบวัดคุมนิรภัยตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 ศึกษาและทำความเข้าใจในส่วนของโปรแกรม ProSafe-RS จัดทำเอกสารคู่มือการใช้งานโปรแกรม และทำการใช้งานโปรแกรมสำหรับควบคุมกระบวนการจำลอง

2.2 Safety Life Cycle

นิยามของ Safety Lifecycle คือกระบวนการทางวิศวกรรมที่ใช้ขั้นตอนเฉพาะเพื่อให้มั่นใจได้ว่า Safety Instrumented Systems (SIS) มีประสิทธิภาพในการทำงาน ลดความเสี่ยงและการประหยัดค่าใช้จ่ายตลอดอายุของระบบ กิจกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับวงจรความปลอดภัยจะเริ่มต้นเมื่อเกิดการออกแบบแนวคิดของสิ่งอำนวยความสะดวกเสร็จสมบูรณ์และหยุดลงเมื่อสิ่งอำนวยความสะดวกทั้งหมดถูกเลิกใช้งาน กิจกรรมหลักที่เกี่ยวข้องกับวงจรความปลอดภัยจะแสดงไว้ด้านล่างนี้ [1]

1) การวิเคราะห์ความเสี่ยง
2) การประเมินความจำเป็นในการลดความเสี่ยง
3) การกำหนดความต้องการประสิทธิภาพของระบบ
4) การใช้ระบบตามเกณฑ์การปฏิบัติงานที่กำหนด
5) มั่นใจได้ว่าระบบได้รับการดูแลและบำรุงรักษาอย่างถูกต้อง

การวิเคราะห์วงจรชีวิตความปลอดภัยเกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าความน่าจะเป็นอย่างมากในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของการออกแบบความปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System, SIS)

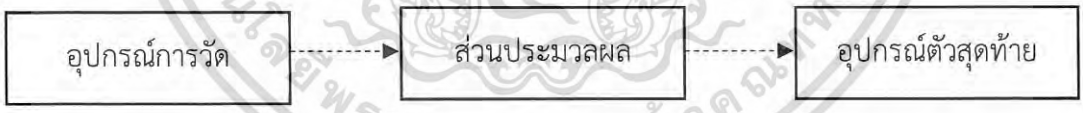
ระบบวัดคุมนิรภัยคือระบบที่ออกแบบมาให้ตอบสนองต่อสภาวะใดๆ จากกระบวนการผลิต ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ และถ้าไม่มีการดำเนินการใดๆ อันตรายจะมีความรุนแรงมากขึ้น โดยระบบนิรภัยจะส่งสัญญาณออกไปเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว รวมทั้งความรุนแรงของสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาได้ นั่นคือระบบวัดคุมนิรภัยใช้เป็นระบบป้องกัน (Protection System) หรือ ระบบนิรภัย (Safety System)

2.4 ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented Function, SIF)

ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (Safety Instrument Function) จัดทำขึ้นเพื่อป้องกันเหตุการณ์อันตรายที่จะเกิดขึ้นกับกระบวนการผลิตหรืออุปกรณ์เครื่องมือวัด ที่มีสาเหตุมาจากการควบคุมการทำงานหรือความผิดปกติในกระบวนการผลิต ในระบบวัดคุมนิรภัยจะมีการจัดทำฟังก์ชั่นนิรภัยขึ้นและใช้เครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เป็นส่วนประกอบหลัก โดยฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัยจะถูกแสดงบนแผนภาพกระบวนการผลิตตามความต้องการจากการวิเคราะห์คามเป็นอันตรายของกระบวนการผลิต แต่ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัยจะยังไม่ทราบค่าระดับความปลอดภัย (SIL) ที่ต้องการในกรณีที่ยังไม่ผ่านการประเมินความเสี่ยง [1]

2.4.1 ส่วนประกอบของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย

ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (SIF) เป็นฟังก์ชั่นที่จัดทำขึ้นตามมาตรฐาน IEC61508 และมาตรฐาน IEC61511 ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน แสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 ฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย [1]

จากรูปที่ 2.1 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัยสามารถหาได้จากผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของทุกส่วนรวมกัน ดังสมการ 2.1 ดังนี้

$$PFD_{avg} = PFD_{avg(SE)} + PFD_{avg(LS)} + PFD_{avg(FE)} \quad (2.1)$$

เมื่อ PFD_{avg} คือ ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย

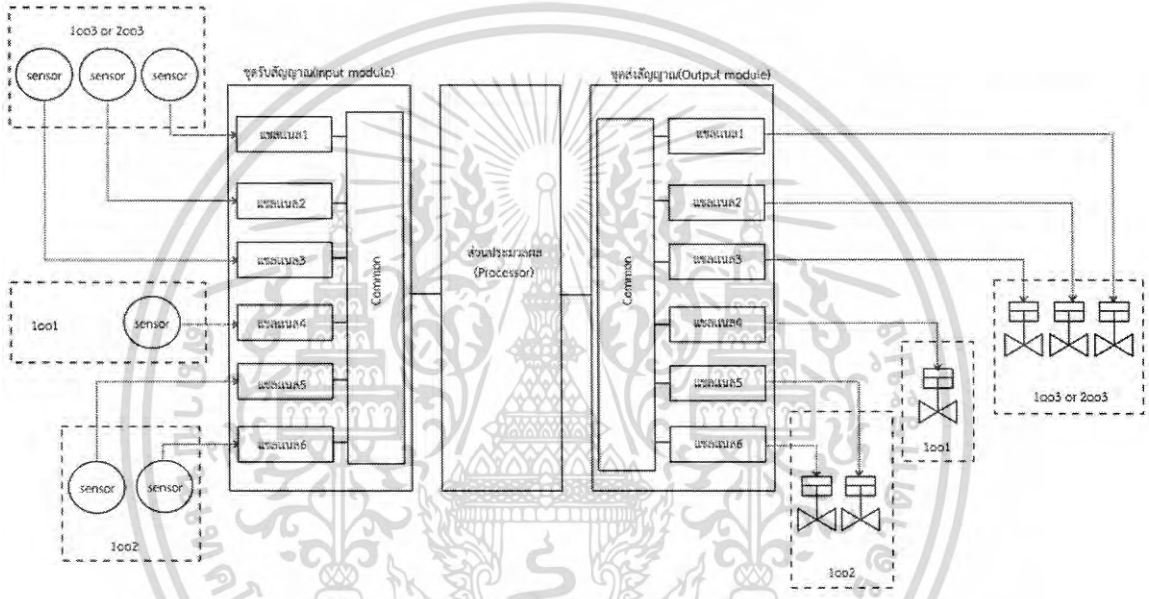
$PFD_{avg(SE)}$ คือ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$PFD_{avg(LS)}$ คือ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของส่วนประมวลผล

$PFD_{avg(FE)}$ คือ ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณ์ตัวสุดท้าย

จากสมการจะเห็นว่า การออกแบบสามารถทำได้โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ในรูปแบบต่างๆ ทั้ง 3 ส่วน ระบบวัดคุมนิรภัยในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตจะมีฟังก์ชั่นนิรภัยหลายฟังก์ชั่นต่อเข้ากับส่วนประมวลผลรวมกัน หรือแบ่งออกตามหน่วยการผลิตขึ้นอยู่กับการออกแบบของแต่ละกระบวนการ ในแต่ละฟังก์ชั่นอาจมีค่าระดับความปลอดภัยแตกต่างกันได้ แต่ค่าระดับความปลอดภัยของส่วนประมวลผลรวมต้องมีค่าเท่ากับค่าระดับความปลอดภัยสูงสุดของฟังก์ชั่นนิรภัย โดยตัวอย่างระบบวัดคุมนิรภัย แสดงดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 ฟังก์ชั่นนิรภัยในระบบวัดคุมนิรภัย [1]

2.5 อุปกรณ์การวัด (Sensing Element)

อุปกรณ์การวัดเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ในกระบวนการผลิต (Process Paraeter) ให้เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20 mA ที่ 24 VDC เพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผล (Logic Solver) อุปกรณ์การวัดพื้นฐานมีดังนี้ อุปกรณ์วัดการไหล (Flow Transmitter) อุปกรณ์การวัดระดับ (Level Transmitter) อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) โดยอุปกรณ์การวัดที่ผ่านการรับรองมาตรฐาน IEC 61508 ตรวจสอบและรับรองให้ใช้งานจะเรียกว่า Certified Instrumentation ส่วนอุปกรณ์การวัดที่มีการใช้งานมาก่อนที่มาตรฐาน IEC61508 จะรับรองให้ใช้งานจะเรียกว่า Non-Certified Instrumentation ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองประเภทนี้สามารถนำไปใช้ในระบบนิรภัยได้ [1]

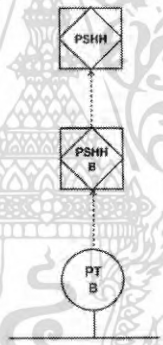
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 รูปแบบอุปกรณ์การวัด (Sensing Element Architecture)

อุปกรณ์การวัดแบบต่อเนื่อง (Analog Transmitter) ได้รับการยอมรับ และมีความเชื่อถือสูงมากกว่าอุปกรณ์การวัดแบบหน้าสัมผัส (Switches) เนื่องจากอุปกรณ์การวัดแบบหน้าสัมผัสไม่สามารถแบบหน้าสัมผัสด้อยลงและเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์การวัดอย่างต่อเนื่องแทนโดยใช้งานร่วมกับตัวประมวลผลที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ และใช้โปรแกรมในการตรวจสอบความผิดพลาดของอุปกรณ์ รูปแบบพื้นฐานของอุปกรณ์การวัดแบบทั่วไปที่ใช้ในระบบวัดคุมนิรภัยมีดังนี้

2.5.1.1 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo1 (One out of One Voting)

ใช้อุปกรณ์การวัดเพียงตัวต่อเข้ากับระบบวัดคุมนิรภัย ในการทำงานถ้าอุปกรณ์วัดค่าความผิดปกติได้หรือ ถึงจุดหยุดทำงานที่กำหนดไว้จะทำให้ระบบวัดคุมนิรภัยทำงานทันที แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดอันตรายขึ้นและระบบวัดคุมนิรภัยไม่สามารถตรวจจับความผิดพลาดได้จะทำให้กระบวนการผลิตเข้าสู่สภาวะอันตรายเพราะระบบวัดคุมนิรภัยไม่สามารถทำงานได้ อุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo1 แสดงดังรูป 2.3

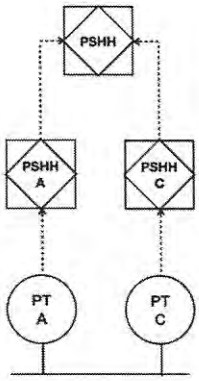


รูปที่ 2.3 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo1 บนแผนภาพกระบวนการผลิต [1]

2.5.1.2 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo2 (One out of Two Voting)

ใช้อุปกรณ์การวัดสองตัวต่อกับระบบวัดคุมนิรภัย ในการทำงานถ้าอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งวัดค่าความผิดปกติได้หรือถึงจุดทำงานที่กำหนดไว้ก็จะทำให้ระบบวัดคุมนิรภัยทำงานทันที แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดอันตรายในตัวอุปกรณ์การวัดตัวใดตัวหนึ่งและระบบวัดคุมนิรภัยไม่สามารถตรวจจับความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นได้ จะมีอุปกรณ์การวัดตัวที่สองยังคงทำงานต่อไปได้ อุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo2 แสดงดังรูป 2.4

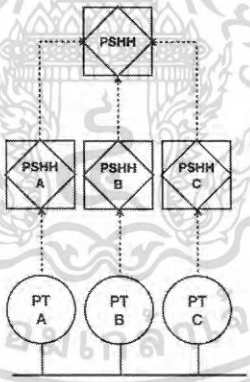
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์การวัดแบบ 1oo2 บนแผนภาพกระบวนการผลิต [1]

2.5.1.3 อุปกรณ์การวัดแบบ 2oo3 (Two out of Three Voting)

ใช้อุปกรณ์การวัดสามตัวต่อกับระบบวัดคุมนิรภัยให้มีการทำงานแบบลงมติ(Voting) จากสองในสามโดยรูปแบบนี้ระบบวัดคุมนิรภัยจะทำงานเมื่ออุปกรณ์การวัดสองตัววัดค่าความผิดปกติได้ แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดอันตรายในอุปกรณ์การวัดตัวใดตัวหนึ่งและระบบวัดคุมนิรภัยไม่สามารถตรวจจับความผิดพลาดนั้นได้ จะมีอุปกรณ์ตัวที่สองหรือตัวที่สามยังคงทำหน้าที่ต่อไปในแบบ 2oo2 แต่ในรูปแบบนี้จะมีความเชื่อมั่นในการทำงานน้อยกว่าในรูปแบบ 1oo3 อุปกรณ์การวัดรูปแบบ 2oo3 แสดงดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์การวัดแบบ 2oo3 บนแผนภาพกระบวนการผลิต [1]

2.6 ตัวประมวลผล (Logic Solver)

ตัวประมวลผลเป็นส่วนที่ใช้สำหรับประมวลผลทางลอจิกของระบบวัดคุมนิรภัย เพื่อใช้ในการควบคุมกระบวนการผลิตให้อยู่ในสภาวะปลอดภัยเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น โดยการรับสัญญาณอินพุตมาจากอุปกรณ์การวัดเพื่อมาทำการเปรียบเทียบค่ากับค่าที่กำหนด (Set Point) และจากนั้นจัดส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยังอุปกรณ์ตัวสุดท้าย ส่วนประมวลผลจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้ แหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit) ตัวประมวลผลกลาง (Central Processor Unit) ส่วนรับส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

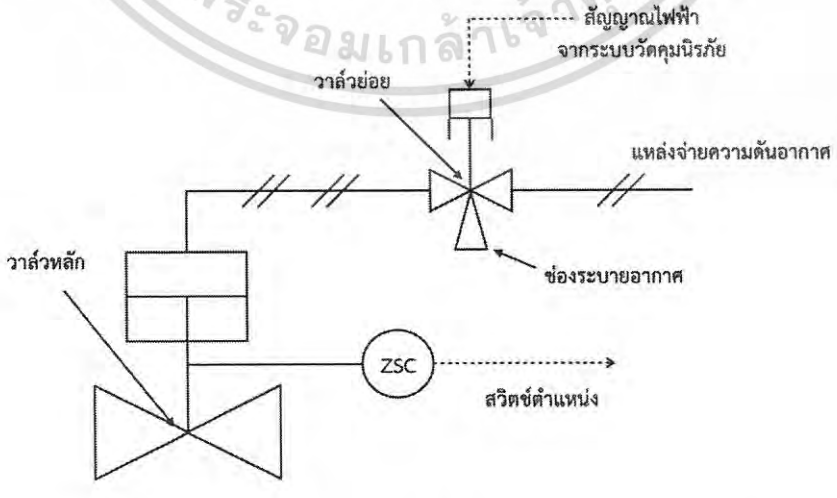
สัญญาณ (Input and Output Cards) ส่วนติดต่อสื่อสาร (Communication Port) และโปรแกรมในการทำงาน

การประมวลผลของระบบวัดคุมนิรภัยได้มีการนำ PLC มาใช้และถูกเรียกว่า ส่วนประมวลผลสำหรับระบบนิรภัย (Safety PLC) เป็นส่วนประมวลผลที่ออกแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของระบบวัดคุมนิรภัย หรือใช้ในการควบคุมแบบวิกฤติ (Critical Control) โดยส่วนประมวลผลสำหรับระบบนิรภัยจะถูกออกแบบเพื่อให้บรรลุจุดประสงค์คือ ต้องไม่มีความผิดพลาด หากหลีกเลี่ยงความผิดพลาดไม่ได้ต้องมีชุดทำงานสำรอง (Redundancy) รองรับเสมอ และความผิดพลาดต้องคาดคะเนได้หรือเป็นความผิดพลาดนิรภัย (Safety Failure) [1]

2.7 อุปกรณ์สุดท้าย (Final Element)

อุปกรณ์สุดท้ายเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าจากส่วนประมวลผล ส่วนใหญ่จะเป็นสัญญาณปิดและเปิด ด้วยแรงดัน 24 VDC โดยจะใช้อุปกรณ์สุดท้ายกับกระบวนการเพื่อทำให้กระบวนการอยู่ในสภาวะปลอดภัยเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น อุปกรณ์สุดท้ายสามารถนำไปใช้งานได้หลายชนิดแต่ที่พบมากมี 2 ชนิดคือ วาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) และ ชุดควบคุมมอเตอร์ (Motor Control Center)

วาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) เป็นอุปกรณ์ตัวสุดท้ายของระบบวัดคุมนิรภัยโดยจะถูกใช้เป็นตัวหยุดต้นเหตุของเหตุการณ์อันตรายหรือใช้เป็นตัวจำกัดขอบเขตความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น เช่น ใช้ปิดของไหลต้นทางเมื่อเกิดความดันเกิน หรือปิดของไหลไม่ให้ไหลไปยังบริเวณที่เกิดเหตุการณ์อันตราย โดยการเปิด-ปิดวาล์วนิรภัยจะถูกสั่งงานมาจากระบบควบคุมนิรภัยด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าไฟไปยังวาล์วย่อย (Solenoid Valve) เพื่อใช้เปิดให้ความดันอากาศหรือน้ำมันไฮโดรลิกผ่านไปทำการปิดเปิดวาล์วหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.6 [1]



รูปที่ 2.6 การทำงานของวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ชนิดอุปกรณ์ในระบบวัดคุมนิรภัย

ตามมาตรฐาน IEC61508 Part 2 ได้จัดเตรียมตารางการจัดลักษณะรูปแบบของอุปกรณ์ในระบบวัดคุมนิรภัยไว้ 2 ตารางตามชนิดของอุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบชนิด A และ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยส่วนประกอบชนิด B ซึ่งเป็นตารางแสดงจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดได้ ในแต่ละรูปแบบอุปกรณ์การวัดและอุปกรณ์ตัวสุดท้ายของระบบวัดคุมนิรภัย [1]

2.8.1 อุปกรณ์ชนิด A (Type A)

เป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของชิ้นส่วนพื้นฐานที่ใช้อยู่ทั่วไปเช่น ตัวคาปาซิเตอร์ ตัวทรานซิสเตอร์ ตัวต้านทาน สวิตช์ระดับ (Level Switch) สวิตช์ความดัน (Level Switch) สวิตช์ตำแหน่ง (Position Switch) วาล์วควบคุม (Control Valve) เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และตรวจสอบการทำงานได้อย่างสมบูรณ์

2.8.2 อุปกรณ์ชนิด B (Type B)

เป็นอุปกรณ์ที่มีส่วนประกอบของชิ้นส่วนที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter) ไมโครโปรเซสเซอร์ ส่วนประมวลผล (Logic Solver) เป็นต้น

IEC61511 หัวข้อย่อย 11.4 ได้แสดงจำนวนอุปกรณ์ต่ำสุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาด (Hardware fault tolerance, HFT) สำหรับอุปกรณ์ในระบบย่อยไว้แสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ชนิด A [1]

อุปกรณ์ชนิด A			
อัตราส่วนความผิดพลาดนิรภัย	**จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาด**		
	0	1	2
<60%	SIL1	SIL2	SIL3
60% - 90%	SIL2	SIL3	SIL4
90% - 99%	SIL3	SIL4	SIL4
≥ 99%	SIL3	SIL4	SIL4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงจำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดของอุปกรณ์ชนิด B [1]

อุปกรณ์ชนิด B			
อัตราส่วนความผิดพลาดนิรภัย	**จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาด**		
	0	1	2
<60%	-	SIL1	SIL2
60% - 90%	SIL1	SIL2	SIL3
90% - 99%	SIL2	SIL3	SIL4
≥ 99%	SIL3	SIL4	SIL4

"0" คือ การใช้อุปกรณ์เพียงหนึ่งตัว ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์เกิดความผิดพลาดอันตรายจะทำให้ไม่มีอุปกรณ์ที่ยังสามารถทำงานได้ต่อไป ทำให้ระบบวัดคุมนิรภัยไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างถูกต้องต่อไปได้ รูปแบบอุปกรณ์การวัดการวัดที่ใช้เมื่อ จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดเท่ากับ0 ได้แก่ 1oo1 และ 2oo2 เป็นต้น

"1" คือ การใช้อุปกรณ์สองตัวต่อกันให้มีการทำงานในรูปแบบอนุกรม ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดความผิดพลาดอันตราย แต่ยังมีอุปกรณ์ตัวที่สองที่ยังคงสามารถทำงานได้ต่อไป จึงทำให้ระบบวัดคุมนิรภัยสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามฟังก์ชั่นนิรภัย รูปแบบอุปกรณ์การวัดการวัดที่ใช้เมื่อ จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดเท่ากับ 1 ได้แก่ 1oo2 และ 2oo3 เป็นต้น

"2" คือ การใช้อุปกรณ์สามตัวต่อกันให้มีการทำงานในรูปแบบอนุกรม ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์ตัวหนึ่งเกิดความผิดพลาดอันตราย อุปกรณ์ตัวที่สองและสามก็ยังสามารถทำงานได้ต่อไป แม้ว่าตัวอุปกรณ์ตัวที่สองจะเกิดความผิดพลาดอันตรายตัวที่สามยังทำงานต่อไป และระบบวัดคุมนิรภัยยังคงสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องต่อไป จะเห็นได้ว่ารูปแบบนี้จะมีความเชื่อมั่นได้สูง แต่ต้องใช้อุปกรณ์ถึงสามตัวและโอกาสเกิดการทำงานที่ไม่เป็นจริง (False Trip) ได้สูง รูปแบบอุปกรณ์การวัดการวัดที่ใช้เมื่อ จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดที่ยอมให้เกิดความผิดพลาดเท่ากับ 2 ได้แก่ 1oo3 เป็นต้น

โดยค่า Safe failure fraction (SFF) ที่ใช้ในตารางสามารถหาได้จากสมการ

$$SFF = \frac{\lambda_{SU}+\lambda_{SD}+\lambda_{DD}}{\lambda_{SU}+\lambda_{SD}+\lambda_{DD}+\lambda_{DU}} \tag{2.2}$$

2.9 การวิเคราะห์อันตรายกระบวนการผลิต (Process Hazard Analysis)

การวิเคราะห์อันตรายของกระบวนการผลิตจะเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการกำหนดว่าจะต้องมีการจัดเตรียมฟังก์ชั่นนิรภัยตรงส่วนใดของกระบวนการผลิตและต้องมีจำนวนมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ความอันตรายของกระบวนการผลิต จะเป็นขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน IEC 61508 ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ดังนี้

1) ค้นหาแหล่งกำเนิดอันตรายหรือสาเหตุของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

2) ค้นหาอันตรายที่แอบแฝงอยู่ในกระบวนการผลิต

วิธีการในการวิเคราะห์เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์มีหลากหลายวิธี โดยการจะเลือกใช้วิธีการใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ดำเนินการและผู้เข้าร่วมการวิเคราะห์ สำหรับวิธีที่รู้จักและใช้งานกันอย่างกว้างขวางคือ HAZOP (Hazard and Operability) ในการทำ HAZOP จะทำการวิเคราะห์ตัวแปรกระบวนการทุกๆ ตัวสามารถเกิดขึ้นได้ในกระบวนการผลิต และจะดูผลกระทบที่ได้จากการเบี่ยงเบนไปของตัวแปรเหล่านั้น ถ้าผลกระทบจากการเบี่ยงเบนสามารถทำให้เกิดอันตรายกับสิ่งต่างๆ ได้และจัดเตรียมฟังก์ชั่นนิรภัยในการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น [2]

2.9.1 การประเมินค่าความเสี่ยง (Risk Assessment)

การประเมินค่าความเสี่ยงเป็นกระบวนการที่ใช้กำหนดค่า SIL ให้กับฟังก์ชั่นนิรภัยที่ทำการพิจารณาโดยวัตถุประสงค์หลักของการประเมินความเสี่ยง หรือการกำหนดค่า SIL เป็นดังนี้

1) เพื่อประเมินโอกาสที่จะเปิดเหตุการณ์อันตราย

2) เพื่อประเมินความรุนแรงของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น

3) เพื่อจัดเตรียมการลดความเสี่ยงอันตรายให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้

หลังจากการวิเคราะห์ความเป็นอันตรายของกระบวนการผลิตแล้วพบว่าอาจมีความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตรายเกิดขึ้น จะต้องมีการจัดเตรียมฟังก์ชั่นนิรภัยเข้าไปในการออกแบบ เพื่อลดความเสี่ยงลงให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ วิธีการหาค่า SIL (SIL Determination method) จะแบ่งเป็น 2 ประเภท

2.9.1.1 แสดงวิธีการกำหนดค่า SIL ตามมาตรฐาน IEC61508

1) วิธีเชิงจำนวน (Quantitative Method)

2) กราฟความเสี่ยง (Risk Graph)

3) ตารางเหตุการณ์อันตราย (Hazard Event Severity Matrix)

2.9.1.2 แสดงวิธีการกำหนดค่า SIL ตามมาตรฐาน IEC61511

1) วิธี Semi-Quantitation (Sami-Quantitative method)

2) วิธี Safety layer matrix

3) กราฟความเสี่ยงที่ถูกปรับเทียบแล้ว (Calibrated Risk Graph)

4) วิธีกราฟความเสี่ยง (Risk Graph)

5) LOPA (Layer Of Protection Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินการกำหนดค่าระดับความปลอดภัยหรือประเมินความเสี่ยงจะดำเนินการประเมินผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงาน (Personal),ทรัพย์สิน (Asset) และสิ่งแวดล้อม (Environment) เพื่อดูโอกาสการเกิดเหตุการณ์อันตรายและผลกระทบว่ามากน้อยเพียงใด ถ้ามีโอกาสเกิดสูงและมีความรุนแรงมาก ค่าระดับความปลอดภัยก็จะสูงตามไปด้วย หรือถ้ามีโอกาสเกิดขึ้นต่ำและมีความรุนแรงน้อย ค่าระดับความปลอดภัยจะต่ำ โดยโครงงานนี้จะใช้วิธีการประเมินค่า SIL ของฟังก์ชั่นนิรภัยด้วยวิธี LOPA (Layer Of Protection Analysis)

2.10 การประเมินค่าความเสี่ยงด้วยวิธี LOPA (Layer Of Protection Analysis)

วิธี LOPA ถูกพัฒนาขึ้นโดย American Institute of Chemical Engineering สำหรับใช้เป็นวิธีการประเมินค่า SIL ที่ต้องการฟังก์ชั่นนิรภัย วิธี LOPA เป็นวิธีที่เริ่มจากจัดทำรายการของความอันตรายจากกระบวนการผลิตทั้งหมด ตามการกำหนดโดย HAZOP หรือวิธีที่เริ่มจากจัดทำรายการจองความอันตรายอื่นๆ โดยการแสดงสาเหตุเริ่มต้น (Cause initiating) และชั้นการป้องกันหรือยับยั้งความอันตราย ซึ่งจะถูกวิเคราะห์ดังนี้

1) ผลกระทบ (Impact Event Description)
2) ประมาณความรุนแรงของผลกระทบ (Severity Level)
3) รายละเอียดของสาเหตุทั้งหมดทำให้เกิดผลกระทบ (Initiating Causes)
4) ประมาณความถี่ของสาเหตุ (Initiation Likelihood)

ผลรวมค่าการลดความเสี่ยงทั้งหมด (Amount of risk reduction) สามารถถูกกำหนดขึ้นได้และวิเคราะห์ความต้องการค่าการลดความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้น ถ้ามีความต้องการเพิ่มค่าการลดความเสี่ยงและเป็นค่าที่ต้องการจากระบบวัดคุมนิรภัยหรือต้องจัดเตรียมในฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัยแล้ว วิธีการ LOPA ก็จะสามารถกำหนดค่า SIL ที่เหมาะสมให้กับฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัยได้อย่างเหมาะสม โดยได้มีการกำหนดอัตราการความถี่ของเหตุการณ์ที่ไม่ต้องการ อยู่บนพื้นฐานผลกระทบที่จะเกิดขึ้นแล้วทำให้เกิดการเสียชีวิต แสดงในตารางที่ 2.3 [2]

ตารางที่ 2.3 ความถี่ของเหตุการณ์ยอมรับได้ (Hazard Rate) [1]

ประเภทของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	เกณฑ์ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ต่อปี
เกิดการบาดเจ็บ เหตุการณ์เกิดขึ้นไม่บ่อย	1.0×10^{-3}
เกิดการบาดเจ็บ เหตุการณ์เกิดขึ้นบ่อย	1.0×10^{-4}
เสียชีวิต 1 คน	1.0×10^{-5}
เสียชีวิตมากกว่า 1 คน	1.0×10^{-6}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธี LOPA นี้จะเป็นการจำแนกชั้นการป้องกันในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต โดยปกติการออกแบบจะจัดเตรียมการป้องกันเหตุการณ์อันตรายอยู่หลายชั้น ชั้นการป้องกันนี้จะจัดเตรียมโดยเทียบกับสาเหตุของการนำไปสู่เหตุการณ์อันตราย ชั้นการป้องกันที่มีอยู่ทั่วไปในอุตสาหกรรมการผลิตจะเป็นดังนี้

1) การออกแบบกระบวนการ (General Process Design) เช่น มีการออกแบบที่ลดโอกาสของการสูญเสียการเก็บกักไว้หรือการจุดระเบิด ถ้ามีการรั่วไหลสารไวไฟออกมา ซึ่งเป็นการลดโอกาสของการเกิดไฟไหม้หรือการระเบิด การออกแบบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่เป็นตัวจุดประการไฟ การกำหนดขั้นตอนในการถอดเปลี่ยนหรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้

2) ระบบควบคุมพื้นฐาน (Basic Process Control System : BPCS) ความผิดพลาดของฟังก์ชั่นควบคุมจะเป็นสาเหตุหลักๆของการเกิดอันตราย อย่างไรก็ตามอาจมีการออกแบบฟังก์ชั่นควบคุมอิสระซึ่งสามารถป้องกันผลกระทบได้และช่วยลดความถี่ของเหตุการณ์

3) สัญญาณเตือน (Alarm) การจัดเตรียมสัญญาณซึ่งเป็นอิสระจากระบบควบคุมพื้นฐานและมีเวลาเพียงพอให้ผู้ปฏิบัติการตอบสนองต่อสัญญาณเตือนนั้น สามารถให้การไว้วางใจสัญญาณเตือนสำหรับลดโอกาสการเกิดเหตุการณ์อันตราย

4) การยับยั้ง การจำกัดพื้นที่ (Mitigation, Restricted access) ถ้ามีเหตุการณ์เกิดขึ้นอาจมีการจำกัดการเข้าไปในพื้นที่อันตราย หรือการหลบหลีกออกจากพื้นที่อันตราย ซึ่งช่วยลดระดับความรุนแรงจากเหตุการณ์ได้

5) ชั้นการป้องกันอิสระ (Independent Protection Layers) จำนวนบรรทัดฐานในการออกแบบต้องมีความเหมาะสม โดยเป็นชั้นการป้องกันที่มีตัวแปรลดความเสี่ยงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 100 วาล์วนิรภัยทางกลและ Bursting Disk เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการลดความเสี่ยงอันตรายได้ และอุปกรณ์เหล่านี้ต้องมีการทดสอบการทำงานเป็นประจำ

ขั้นตอนการเปรียบเทียบสำหรับสาเหตุทั้งหมดกับค่าความถี่เป้าหมาย สามารถหาค่า PFD_{avg} ได้ดังสมการ 2.3

$$PFD_{avg} = \frac{\text{อัตราความอันตรายที่ยอมรับได้ } \textit{(Hazard Rate)}}{\text{อัตราการเกิดที่ได้จากการคำนวณหรือประเมิน} \textit{(Demand Rate)}} \qquad (2.3)$$

2.11 การลดความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตราย (Risk Reduction)

เมื่อพบว่ากระบวนการ มีโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์อันตรายขึ้น ระบบวัดคุมนิรภัยและการออกแบบกระบวนการ ที่สามารถทำให้ความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นให้มีค่าลดลงมาอยู่ในค่าที่ยอมรับได้จะถูกจัดเตรียมขึ้น โดยทั่วไปแล้วสามารถทำได้ 3 วิธีการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) โดยใช้ระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System)

2) โดยใช้อุปกรณ์นิรภัยทางกล เช่น Safety Relief Valves เป็นต้น

3) โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันจากภายนอก เช่น ใช้ท่อที่มีความหนามาก

ระบบนิรภัยที่นำมาใช้ลดความเสี่ยงหลังจากการประเมินแล้ว มาตราฐาน IEC61508 จะพิจารณาเฉพาะระบบวัดคุมนิรภัยและอุปกรณ์นิรภัยทางกล

ในขั้นตอนการลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิตควรจะพิจารณาค่าความรุนแรงของผลกระทบจากกระบวนการ ซึ่งอาจจะเป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ใช้วัตถุดิบที่เป็นอันตรายน้อยลง, ลดความดันในการใช้งานลง หรือการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆให้ไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น ซึ่งสามารถทำให้ความรุนแรงของเหตุการณ์อันตรายลดลงได้และการลดโอกาสการเกิดเหตุการณ์อันตรายควรพิจารณาให้มีการจัดเตรียม ระบบป้องกันที่เป็นระบบสัญญาณเตือนพร้อมกับการตอบสนองที่ถูกต้องและทันเวลาจากผู้ควบคุม หรือพิจารณาติดตั้งวาล์วนิรภัยทางกล (Pressure Relief Valve) ที่สามารถระบายความดันได้ทัน ก็จะทำให้โอกาสการเกิดอันตรายลดลง และสุดท้ายพิจารณาใส่ระบบวัดคุมนิรภัย เพื่อให้ค่าความเสี่ยงที่พิจารณาลดลงอยู่ในค่าที่ยอมรับได้ [2]

2.12 ค่าระดับความปลอดภัย หรือ SIL (Safety Integrity Level)

ค่าระดับความปลอดภัยจะใช้แสดงค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย หรือค่า PFD_{avg} (Average Probability of failure on demand) หรือเป็นค่าความเป็นไปได้ของฟังก์ชั่นนิรภัยที่ไม่สามารถทำงานได้ในเวลาที่ต้องการ ซึ่งมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 ได้กำหนดค่าความปลอดภัยขึ้นอยู่กับการทำงานของระบบนิรภัยไว้ 2 รูปแบบ ดังนี้ [2]

2.12.1 อัตราการเกิดอันตรายต่ำ (Low demand mode)

ตามาตรฐาน IEC61508-4 หัวข้อ 3.5.12 ได้ให้ความหมายของ Low demand mode ไว้ว่าเป็นความถี่ของความต้องการบนระบบนิรภัยไม่มากกว่าหนึ่งครั้งต่อปีหรือไม่มากกว่าสองเท่าของความถี่ในการทดสอบการทำงาน โดยระดับค่าความปลอดภัยได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดง ค่าความปลอดภัยที่ Low demand mode [1]

ค่าระดับความปลอดภัย (Safety Integrity Level)	ค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg})
4	$10^{-5} \geq$ to $< 10^{-4}$
3	$10^{-4} \geq$ to $< 10^{-3}$
2	$10^{-3} \geq$ to $< 10^{-2}$
1	$10^{-2} \geq$ to $< 10^{-1}$

สำหรับฟังก์ชั่นควบคุมจะมีผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายสูงกว่าค่าระดับความปลอดภัย 1 หรืออาจเรียกว่า SIL0 ซึ่งสามารถจัดเตรียมฟังก์ชั่นเหล่านี้ได้ในระบบควบคุมพื้นฐาน (Basic Plant Control System : BPCS) ซึ่งในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิตทั่วไปจะใช้งานในระดับนี้

2.12.2 อัตราการเกิดอันตรายสูง (High demand mode)

ตามาตรฐาน IEC61508-4 หัวข้อ 3.5.12 ได้ให้ความหมายของ High demand mode ไว้ว่า เป็นความถี่ของความต้องการบนระบบนิรภัยมากกว่าหนึ่งครั้งต่อปีหรือมากกว่าสองเท่าของความถี่ในการทดสอบการทำงาน โดยระดับค่าความปลอดภัยได้ถูกแบ่งออกเป็น 4 ระดับดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดง ค่าความปลอดภัยที่ High demand mode [1]

ค่าระดับความปลอดภัย (Safety Integrity Level)	ค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg})
4	$10^{-9} \geq$ to $< 10^{-8}$
3	$10^{-8} \geq$ to $< 10^{-7}$
2	$10^{-7} \geq$ to $< 10^{-6}$
1	$10^{-6} \geq$ to $< 10^{-5}$

ในตารางเป็นความสัมพันธ์ของค่าระดับความปลอดภัยกับค่าความเป็นไปได้ของความผิดพลาดอันตรายต่อชั่วโมง ซึ่งเทียบเคียงไปยังอัตราความอันตราย (Hazard rate) และต้องมีค่าต่ำเพียงพออยู่ในค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 การหาค่าความผิดพลาดอันตราย (PFD_{avg}) ด้วยวิธี Reliability Block Diagram

ค่าความผิดพลาดอันตรายสามารถหาได้จากวิธี Reliability Block Diagram เป็นการหาค่าความผิดพลาดอันตรายให้แก่ฟังก์ชั่นนิรภัยตามมาตรฐาน IEC61508-6 โดยใช้ค่าต่างๆ [2] ดังนี้

λ_{DU} คือ ความผิดพลาดอันตรายตรวจจับไม่ได้

λ_{DD} คือ ความผิดพลาดอันตรายตรวจจับได้ โดย $\lambda_D = \lambda_{DU} + \lambda_{DD}$

β_D คือ ค่าความผิดพลาดร่วมตรวจจับได้ (5%)

β คือ ค่าความผิดพลาดร่วม (10%) โดย $\beta = 2\beta_D$

T_1 คือ ระยะเวลาทำงานของอุปกรณ์ 1 ปี หรือ 8,760 ชั่วโมง

$MTTR$ คือ เวลาเฉลี่ยในการคืนค่า

MTR คือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการซ่อมแซม

t_{CE} คือ เวลาเฉลี่ยที่ลดลงของแต่ละรูปแบบ

t_{CE} คือ $[(\frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D})(\frac{T_1}{2}) + MTR] + [(\frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D})(\frac{T_1}{2}) + MTTR]$ (2.4)

t_{GE} คือ เวลาเฉลี่ยที่ลดลงของแต่ละกลุ่ม

t_{GE} คือ $\frac{\lambda_{DU}}{\lambda_D}(\frac{T_1}{2} + MTR) + [(\frac{\lambda_{DD}}{\lambda_D})MTTR]$ (2.5)

2.13.1 การหาค่า PFD_{avg} ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo1

$$PFD_{avg(1oo1)} = (\lambda_{DU} + \lambda_{DD})\, t_{CE} \quad (2.6)$$

2.13.2 การหาค่า PFD_{avg} ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 1oo2

$$PFD_{avg(1oo2)} = 2[(1-\beta_D)]\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})^2\, (t_{CE}t_{GE}) + \beta_D\lambda_{DD}MTTR + \beta\lambda_{DU}(\frac{T_1}{2}) + MTR] \quad (2.7)$$

2.13.3 การหาค่า PFD_{avg} ในอุปกรณ์การวัดรูปแบบ 2oo3

$$PFD_{avg(2oo3)} = 6[(1-\beta_D)]\lambda_{DD} + (1-\beta)\lambda_{DU})^2\, (t_{CE}t_{GE}) + \beta_D\lambda_{DD}MTTR + \beta\lambda_{DU}(\frac{T_1}{2}) + MTR] \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 การออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย

ขั้นตอนการออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย เป็นการเลือกใช้รูปแบบและชนิดของอุปกรณ์ต่างๆที่จะนำไปใช้ในระบบวัดคุมนิรภัยเพื่อให้ระบบมีค่าระดับความปลอดภัยตรงกับความต้องการ หรือตรงกับค่าความปลอดภัยที่ถูกกำหนดหลังจากขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงในการออกแบบจะต้องพิจารณาตั้งแต่ อุปกรณ์การวัด (Sensing Element) ตัวประมวลผล (Logic Solver) ไปจนถึง อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element) โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของระบบย่อยที่ประกอยอยู่ในระบบวัดคุมนิรภัย แล้วนำค่าความผิดพลาดอันตรายของอุปกรณ์เหล่านั้นมารวมกัน และค่าที่ได้จะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในแต่ละระดับความปลอดภัยการออกแบบแบ่งได้ดังนี้ [2]

2.14.1 อุปกรณ์การวัด (Sensing Element)

สามารถเลือกใช้เหมือนกับระบบความคุมโดยทั่วไป และอุปกรณ์ที่ให้เลือกใช้จะเป็นอุปกรณ์ TYPE A และ TYPE B ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่1 และสามารถจัดรูปแบบอุปกรณ์การวัดได้ดังนี้

1) SIL 1 สามารถใช้อุปกรณ์การวัดเพียงตัวเดียว

2) SIL 2 สามารถใช้อุปกรณ์การวัดสองตัวต่อกันในลักษณะ 1oo2 (One out of Two Voting) หรือ ใช้อุปกรณ์การวัดนิรภัย (Safety Transmitter) หนึ่งตัวในรูปแบบ 1oo1D

3) SIL 3 สามารถใช้อุปกรณ์การวัดสามตัวต่อกันในลักษณะ 2oo3 (Two out of Three Voting) หรือใช้อุปกรณ์การวัดนิรภัย (Safety Transmitter) สองตัวต่อในรูปแบบ 1oo2D

2.14.2 ส่วนประมวลผล (Logic Solver)

ระบบวัดคุมนิรภัยจะใช้ Safety PLC เป็นตัวประมวลผล ส่วนใหญ่แล้วส่วนประมวลผลในระบบวัดคุมนิรภัยจะมีการใช้งานร่วมกับฟังก์ชั่นนิรภัยที่มีค่าระดับความปลอดภัยที่แตกต่างกัน ดังนั้นส่วนประมวลผลจะถูกเลือกใช้ที่ค่าระดับความปลอดภัยสูงสุด

2.14.3 อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element)

สามารถใช้เป็นวาล์วนิรภัย (Shut Down Valve) หรือชุดขับมอเตอร์ (Motor Control Center) การใช้งานสามารถเลือกใช้ได้เหมือนอุปกรณ์การวัด ดังนี้

1) SIL 1 สามารถใช้วาล์วนิรภัยอิสระเพียงตัวเดียว หรืออาจจะใช้วาล์วย่อยร่วมกันกับวาล์วควบคุม

2) SIL 2 สามารถใช้วาล์วนิรภัยอิสระเพียงตัวเดียวแยกออกจากระบบควบคุม

3) SIL 3 สามารถใช้วาล์วนิรภัยสองตัวต่อกันในลักษณะ 1oo2 (One out of Two Voting)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดคุมนิรภัยมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้ ดังนั้นในการกำหนดว่าจะใช้รูปแบบใดเพื่อนำไปใช้งาน ควรคำนึงถึงค่าระดับความปลอดภัยที่ได้จากการประเมิน และค่าความผิดพลาดของอุปกรณ์เหล่านั้น ซึ่งข้อมูลค่าตัวแปรที่จะนำมาหาค่าความผิดพลาดถ้ามีความถูกต้องมากหรือที่มาของเหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้สูงจะทำให้ผลที่ได้จากระบบนิรภัยที่ทำการออกแบบมีความเชื่อมั่นสูงตามไปด้วย

2.15 Prosafe-RS

ProSafe-RS เป็นระบบความปลอดภัยจากบริษัท Yokogawa ที่ทำงานสอดคล้องกับมาตรฐาน IEC61508, IEC61511 และ ANSI/ISA84 ซึ่งมาตรฐานนี้เป็นมาตรฐานด้านความปลอดภัยที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก และเป็นมาตรฐานที่เป็นเครื่องมือส่งเสริมด้านความปลอดภัยที่เข้มงวดมากในโรงงานอุตสาหกรรมผู้ผลิตทั่วโลก ดังนั้น ProSafe-RS จึงมีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางทั้งอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่

การทำงานนั้นเกิดจากการรวมระบบ 2 ระบบที่มีการทำงานแตกต่างกันคือ DCS และ SIS เข้าด้วยกัน การรวมกันของระบบการควบคุมแบบกระจายส่วน (DCS) และระบบวัดคุมนิรภัย (SIS) สำหรับระบบอัตโนมัติของโรงงานนี้ โดยปกติการสั่งงานเพื่อควบคุมค่าต่างๆ ของระบบ DCS และ SIS จะสั่งการแยกส่วนกัน มีการติดตั้งเครื่องมือสื่อสารและอุปกรณ์ต่างๆ ที่แตกต่างกันอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 คำนำ

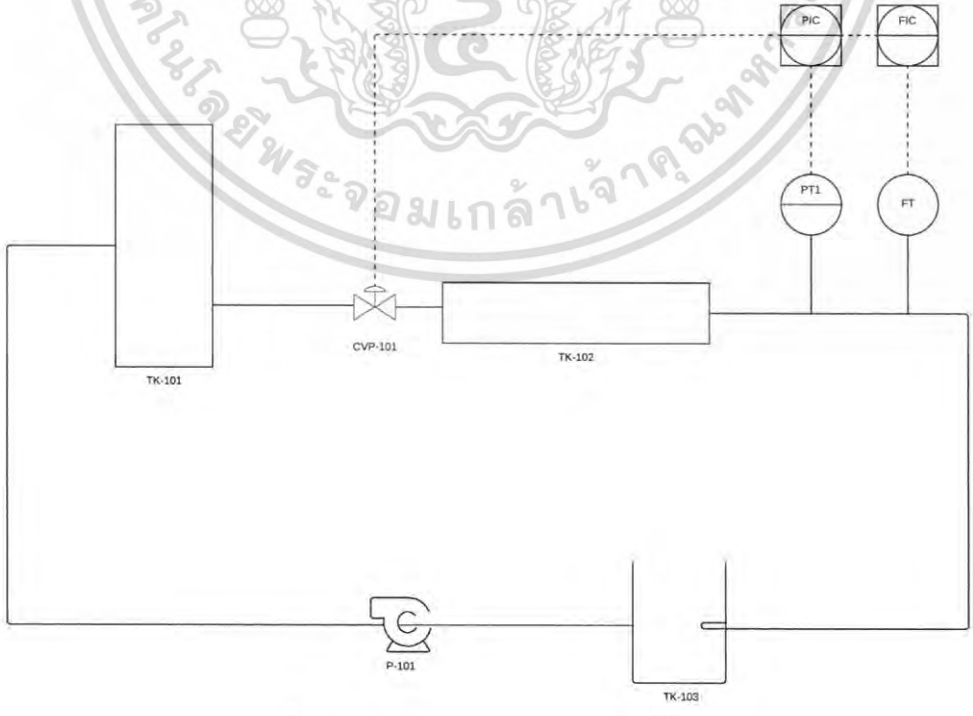
วิธีการดำเนินงานของโครงงานนี้เป็นกรณีศึกษาระบบวัดคุมนิรภัย Yokogawa Centum VP R6 ProSafe-RS หรือ Safety Instrumented System (SIS) : Study Case Yokogawa Centum VP R6 ProSafe-RS โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC61508 และมาตรฐาน IEC61511 ซึ่งในขั้นตอนแรกจะทำการศึกษาการใช้โปรแกรมเบื้องต้นโดยจะทำออกมาเป็นรูปเล่มคู่มือการใช้งานซึ่งจะในส่วนของภาคผนวก ก และแสดงการวิเคราะห์ความเป็นอันตรายในกระบวนการที่ได้ทำการศึกษา

3.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

สำหรับการออกแบบระบบวัดคุมนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังเป็นกรณีศึกษาที่ชุดทดลองในห้องปฏิบัติการประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.1 วิเคราะห์หาค่าความเป็นอันตราย (Process Hazard Analysis)

ขั้นตอนนี้มีความสำคัญในการกำหนดการจัดเตรียมฟังก์ชั่นนิรภัยในกระบวนการที่ต้องการป้องกันอันตราย แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ (P&ID) จะเป็น กระบวนการของการวัดและควบคุมอัตราการไหลของน้ำและความดันโดยใช้วิธีการควบคุมแบบคาสเคด โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความดันในการสั่งเปิดปิดวาล์วควบคุม โดยกระบวนการจะเริ่มต้นจากปั๊มน้ำ (P-101) สูบน้ำออกจากถังเก็บน้ำ (TK-103) ส่งต่อไปเข้าถังพักน้ำ (TK-101) ถูกส่งต่อผ่านวาล์วควบคุม (CVP-101) ไหลเข้าถังพักน้ำ (TK-102) โดยมีอุปกรณ์วัดความดัน (PT) และอุปกรณ์วัดการไหล (FT) วัดและส่งค่าไปยัง ส่วนควบคุมความดัน (PIC) และส่วนควบคุมการไหล (FIC) จากนั้นส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยังวาล์วควบคุม (CVP-101) เพื่อสั่งเปิด-ปิด

โดยทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นอันตราย เพื่อให้กระบวนการอยู่ในความปลอดภัย โดยในกระบวนการนี้ได้นำเสนอวิธี Hazard and Operability Studied (HAZOP) แสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

ตารางที่ 3.1 วิธี Hazard and Operability Studied (HAZOP) โดยพิจารณาที่ TK-101

เหตุการณ์	สาเหตุ	ผลกระทบ	ข้อเสนอแนะ
ระดับน้ำต่ำ	- ท่อมีการอุดตัน - ปั๊มน้ำไม่ทำงาน - เกิดการรั่วไหลภายในถัง	ระดับน้ำในถังพักน้ำมีค่าต่ำ	-
ระดับน้ำสูง	- ปั๊มน้ำมีอัตราการไหลมากผิดปกติ	เกิดการล้นภายในถังพักน้ำ	ติดตั้งการแจ้งเตือน LIAH (Level Indicating Alarm High)

ตารางที่ 3.2 วิธี Hazard and Operability Studied (HAZOP) โดยพิจารณาที่ TK-102

เหตุการณ์	สาเหตุ	ผลกระทบ	ข้อเสนอแนะ
ความดันต่ำ	- CVP-101 เปิดน้อยเกินไป - ปั๊มน้ำไม่ทำงาน	ไม่มีผลกระทบ	
ความดันสูง	- CVP-101 เปิดมากกว่าปกติ - ปั๊มน้ำมีอัตราการไหลมากผิดปกติ - มีสิ่งแปลกปลอมอุดตัน - ฟังก์ชั่นอัตราการไหลทำงานผิดพลาด	ทำให้ความดันในTK-102 มีค่ามากเกินไป ทำให้เกิดการระเบิดได้	- ติดตั้งฟังก์ชั่นนิรภัยสำหรับป้องกันความดันแบบ 2oo3 voting จากนั้นส่งสัญญาณไปปิด วาล์วนิรภัย

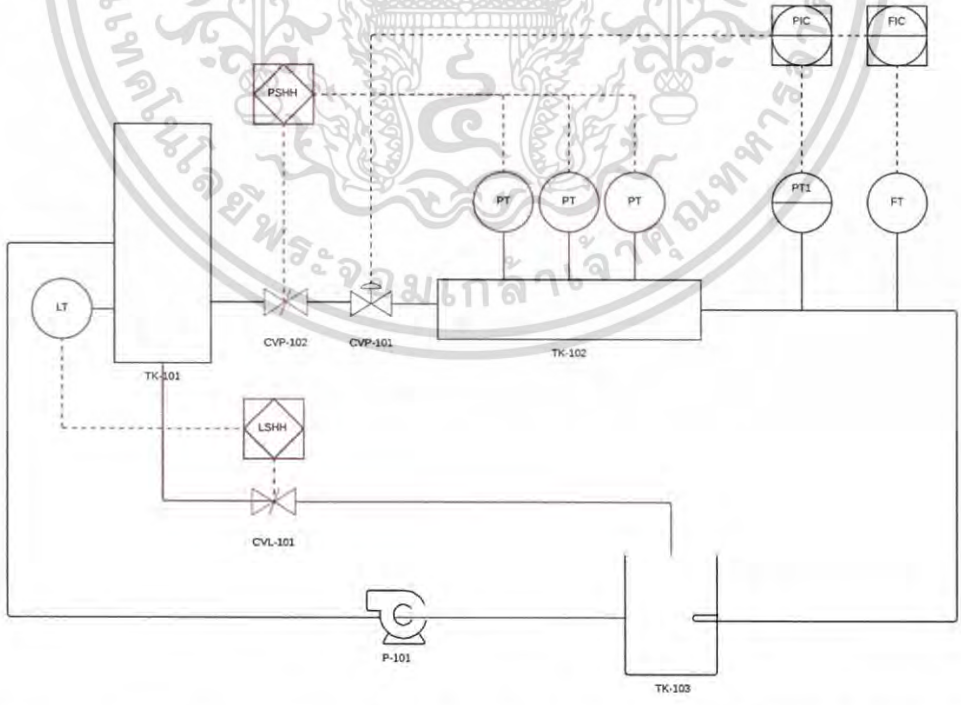
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ประเมินความอันตรายเพื่อหาค่า SIL โดยใช้วิธี LOPA

ความอันตรายของกระบวนการผลิตนี้เกิดขึ้นจากการทนความดันของถังถูกออกแบบให้สามารถทนความดันได้ต่ำกว่าความดันที่ไหลเข้าถัง หลังจากผ่านการวิเคราะห์ความเป็นอันตราย (Process Hazard Analysis) จะพบว่าเมื่อฟังก์ชั่นการควบคุมความดันไม่สามารถทำหน้าที่ได้ตามต้องการ จะทำให้ความดันในถังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนไม่สามารถควบคุมได้ และอาจเกิดการระเบิดของถัง จึงได้จัดทำชั้นการป้องกันอันตรายดังนี้

1) ชั้นป้องกันความปลอดภัยที่ได้ถูกจัดเตรียมขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายสำหรับTK-101 มีดังนี้ ติดตั้งฟังก์ชั่นนิรภัยโดยใช้อุปกรณ์วัดระดับ (LT) เพื่อวัดระดับในถัง TK-101 โดยมีรูปแบบการทำงานแบบ 1oo1 (One out of One voting) จากนั้นส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยัง LSHH เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานในกรณีที่ระดับน้ำในถัง TK-101 มีค่าสูงเกินค่าที่กำหนด อีกทั้งยังส่งสัญญาณไฟฟ้าไปที่วาล์วนิรภัย (CVL-101) ให้เปิดเพื่อระบายน้ำออกจากถัง

2) ชั้นป้องความปลอดภัยที่ได้ถูกจัดเตรียมขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายสำหรับTK-102 มีดังนี้ ติดตั้งฟังก์ชั่นนิรภัยโดยใช้อุปกรณ์วัดความดัน (PT) เพื่อวัดความดันในถัง TK-102 โดยมีรูปแบบการทำงานแบบ 2oo3 (Two out of Three voting) จากนั้นส่งสัญญาณทางไฟฟ้าไปยัง PSHH เพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานในกรณีที่ความดันในถัง TK-102 มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด อีกทั้งยังส่งสัญญาณไฟฟ้าไปที่วาล์วนิรภัย (CVP-102) ให้เปิดเพื่อระบายความดันออกจากถัง ทำการติดตั้งชั้นป้องกันอันตรายในระบบโดยจะแสดงในแผนภาพ P&ID ดังรูปที่ 3.2



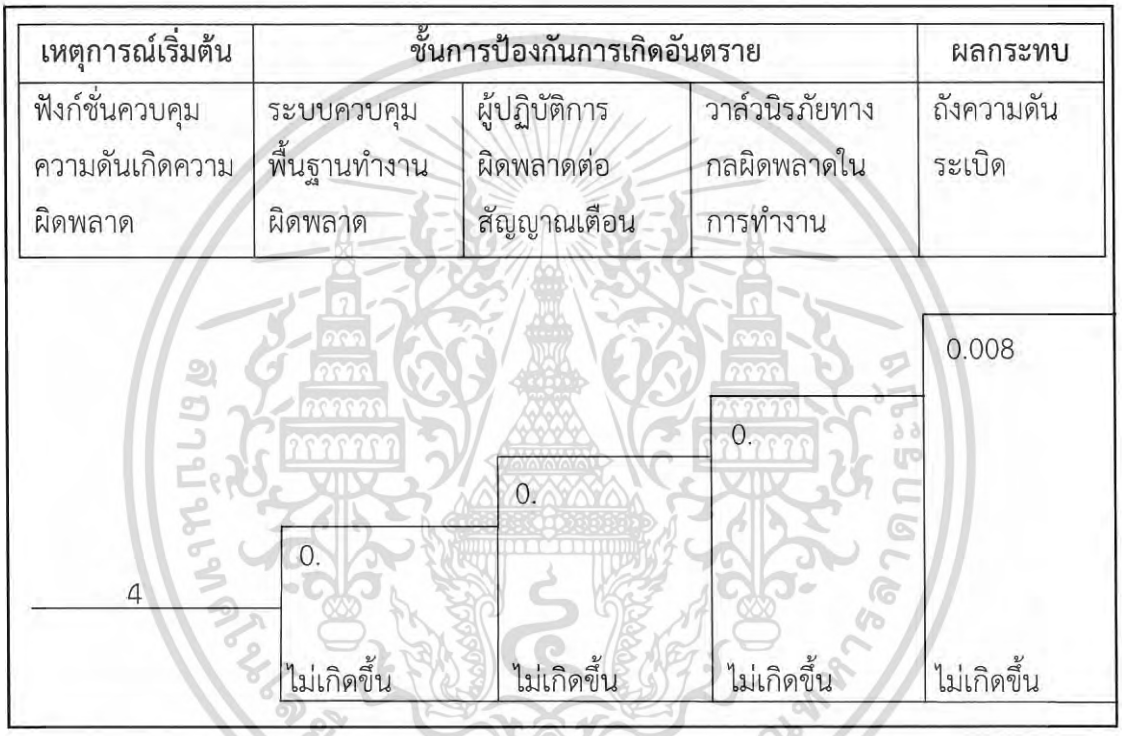
รูปที่ 3.2 กระบวนการควบคุมระดับน้ำและความดัน เมื่อทำการติดตั้งชั้นป้องกันอันตรายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลความผิดพลาดต่างๆ ของอุปกรณ์และกระบวนการมีดังนี้

1) ฟังก์ชั่นควบคุมความดันเกิดความผิดพลาด 4 ครั้งต่อปี
2) ระบบควบคุมพื้นฐานทำงานผิดพลาด 0.1
3) ผู้ปฏิบัติการผิดพลาดต่อสัญญาณเตือน 0.2
4) วาล์วนิรภัยทางกลผิดพลาดในการทำงาน 0.1

ในขั้นตอนแรกต้องกำหนดรายละเอียดไดอะแกรม LOPA ขึ้นโดยแสดงรายละเอียดสาเหตุเริ่มต้นของเหตุการณ์อันตรายที่ได้มาจากการวิเคราะห์ความอันตรายและชั้นป้องกันทั้งหมดที่ได้จัดเตรียมลงในไดอะแกรม LOPA จะได้ความถี่ของเหตุการณ์ที่ไม่ต้องการ แสดงได้ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 การวิเคราะห์ความอันตรายและชั้นป้องกันในไดอะแกรม LOPA ของกระบวนการ

จากรูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าสาเหตุเริ่มต้นของเหตุการณ์อันตรายในกระบวนการควบคุมระดับน้ำนี้เกิดจาก ฟังก์ชั่นควบคุมความดันทำงานผิดพลาด แต่มีชั้นป้องกันอันตรายขึ้นโดยหากระบบควบคุมพื้นฐานเกิดความผิดพลาดจะส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงาน หากผู้ปฏิบัติงานตอบสนองต่อสัญญาณเตือนไม่ทันเวลา จะทำให้วาล์วนิรภัยทำงานผิดพลาดและเกิดเหตุการณ์อันตรายขึ้นจากการระเบิดของถังได้

จากไดอะแกรมของ LOPA จะได้อัตราของการเกิดเหตุการณ์อันตราย (Demand Rate) เท่ากับ 0.008 จากนั้นต้องมีอัตราที่ยอมรับได้ (Hazard Rate) จากตารางที่ 2.3 ที่ถูกกำหนดขึ้นให้ใช้กับเหตุการณ์นี้ โดยเทียบกับความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการวิเคราะห์จะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุการณ์เกิดขึ้นมีทำให้มีผู้เสียชีวิต 1 คน ทำให้อัตราที่ยอมรับได้ (Hazard Rate) เท่ากับ 1.0×10^{-5} และพบว่าอัตราการเกิดเหตุการณ์อันตราย (Demand Rate) จากไดอะแกรม LOPA มีค่าเท่ากับ 0.008 ดังนั้นจึงต้องจัดเตรียมฟังก์ชั่นนิรภัยบนระบบนิรภัยเพื่อใช้สำหรับการทำให้ความเสี่ยงต่อเหตุการณ์อันตรายมีค่าลดลง ตามสมการที่ 2.3 จะได้ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตราย PFD_{avg} เท่ากับ 1.25×10^{-3} ซึ่งจากตารางที่ 2.4 กล่าวได้ว่ากระบวนควบคุมระดับน้ำในถังนี้ต้องการระบบวัดคุมนิรภัยที่ค่าระดับความปลอดภัย SIL2

3.2.3 ออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System Design)

ในการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยต้องทราบค่าตัวแปร 2 ตัวแปรที่นำมาใช้ในการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัย คือค่า Safe failure fraction (SFF) และค่า ความผิดพลาดอันตราย PFD_{avg} โดยสามารถหาค่าตัวแปรทั้งสองได้จากสมการที่ 2.2 และ 2.3 ตามลำดับ

3.2.3.1 พิจารณาที่ถัง TK-101

ฟังก์ชั่นนิรภัยเป็นกระบวนการป้องกันระดับของเหลวในถัง TK-101 มากกว่าค่าที่กำหนด และกำหนดค่าระดับความปลอดภัยให้กับฟังก์ชั่นนิรภัยที่ระดับ SIL2 ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต้องมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายรวมของฟังก์ชั่นนิรภัยต้องอยู่ระหว่าง 0.01-0.001 โดยผู้ออกแบบจะเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 คำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากสมการที่ 2.6 แสดงในตาราง 3.3

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายที่ถัง TK-101

	อุปกรณ์การวัด	ส่วนประมวลผล	อุปกรณ์ตัวสุดท้าย
ชื่ออุปกรณ์	Rosemount Level Transmitte4-20mA HART	Safety PLC Yokogawa	Valve A81 and A41 Butterfly Valves
ชนิดของอุปกรณ์	ชนิด B	ชนิด B	ชนิด A
HFT	SIL2 = 0	-	0
รูปแบบการทำงาน	1oo1	1oo1	1oo1
λ_{SD}	0	-	0
λ_{SU}	2.6×10^{-7}	-	1.22×10^{-7}
λ_{DD}	7.37×10^{-7}	-	3.07×10^{-7}
λ_{DU}	7.9×10^{-8}	-	1.68×10^{-7}
SFF	92.66 %	-	71.86%
PFD_{avg}	6.16×10^{-5}	1.5×10^{-4}	7.52×10^{-5}

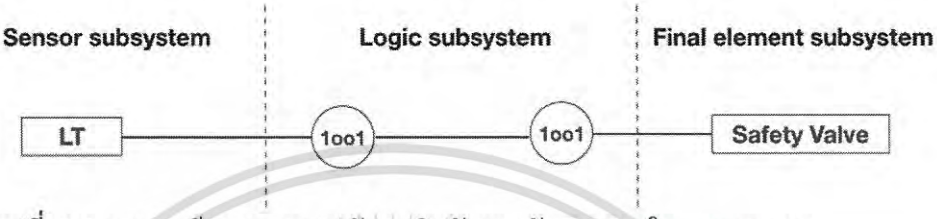
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

SIL	4	3	4

หมายเหตุ ค่า λ_{SD}, λ_{SU}, λ_{DD}และ λ_{DU} ดูจากภาคผนวก ก.

จากมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 ด้วยโครงสร้างการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยแบบ Low demand mode สามารถออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัย ดังรูป 3.4



รูปที่ 3.4 รายละเอียดของระบบวัดคุมนิรภัยของถัง TK-101ในกระบวนการ

ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัยหาได้จากสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 2.87×10^{-4} จากตารางที่ 2.4 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (TK-101) มีค่าเท่ากับ SIL3 แสดงว่าฟังก์ชั่นนิรภัยที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ต้องมีการทดสอบการทำงานของทุกๆ ส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด (1ปี) จึงสามารถนำฟังก์ชั่นนิรภัยนี้ไปใช้งานกับถัง TK-101 เพื่อป้องกันระดับน้ำในถังมีมากเกินไปได้

3.2.3.2 พิจารณาที่ถังความดัน TK-102

ฟังก์ชั่นนิรภัยเป็นกระบวนการป้องกันการระเบิดของถัง TK-102 ถ้าความดันสูงกว่าที่กำหนด และกำหนดค่าระดับความปลอดภัยให้กับฟังก์ชั่นนิรภัยที่ระดับ SIL2 ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต้องมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายรวมของฟังก์ชั่นนิรภัยต้องอยู่ระหว่าง 0.01-0.001 โดยผู้ออกแบบจะเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511คำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากสมการที่ 2.6 และ 2.8 แสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ตารางแสดงค่าความผิดพลาดอันตรายที่ถัง TK-102

	อุปกรณ์การวัด	ส่วนประมวลผล	อุปกรณ์ตัวสุดท้าย
ชื่ออุปกรณ์	EJX Differential Pressure and Pressure Transmitter	Safety PLC Yokogawa	Valve A81 and A41 Butterfly Valves
ชนิดของอุปกรณ์	ชนิด B	ชนิด B	ชนิด A
HFT	SIL3 = 1	-	0

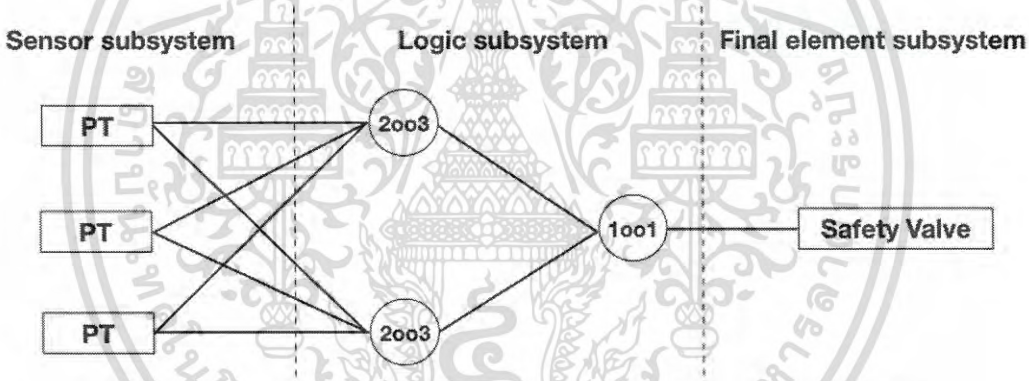
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

รูปแบบการทำงาน	2oo3	1oo1	1oo1
λ_{SD}	0	-	0
λ_{SU}	5.4×10^{-8}	-	1.22×10^{-7}
λ_{DD}	3.31×10^{-7}	-	3.07×10^{-7}
λ_{DU}	3.9×10^{-8}	-	1.68×10^{-7}
SFF	90.8 %	-	71.86%
PFD_{avg}	1.72×10^{-5}	1.5×10^{-4}	7.52×10^{-5}
SIL	4	3	4

หมายเหตุ ค่า λ_{SD}, λ_{SU}, λ_{DD}และ λ_{DU} ดูจากภาคผนวก ก.

จากมาตรฐาน IEC61508 และมาตรฐาน IEC61511 ด้วยโครงสร้างการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยแบบ Low demand mode สามารถออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัย ดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 รายละเอียดของระบบวัดคุมนิรภัยของถัง TK-102 ในกระบวนการ

ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัยหาได้จากสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 2.42×10^{-4} จากตารางที่ 2.4 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (TK-102) มีค่าเท่ากับ SIL3 แสดงว่าฟังก์ชั่นนิรภัยที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ต้องมีการทดสอบการทำงานของทุกๆ ส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด (1ปี) จึงสามารถนำฟังก์ชั่นนิรภัยนี้ไปใช้งานกับถัง TK-102 เพื่อป้องกันความดันเกินได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กระบวนการแยกสารแขวนลอย

สำหรับกรณีศึกษาในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการสำหรับแยกสถานะของสารคือ น้ำ น้ำมัน และก๊าซ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อ โดยเริ่มจากการแยกน้ำออกจากสารแขวนลอย โดยน้ำที่ได้จะถูกส่งไปที่ถังเก็บ V-2002 และก๊าซจะถูกส่งไปที่ Precooler เพื่อทำการควบแน่นแยกน้ำที่ยังปนอยู่ในก๊าซ ซึ่งก๊าซที่ได้จะถูกส่งต่อไปที่ V-2005 เพื่อทำ Suct./Disch. of cylinders แล้วส่งก๊าซไปพักที่ V-2006 จากนั้นจะส่งก๊าซไปกรองที่ V-2008 จึงได้ก๊าซที่สามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งกระบวนการนี้จะทำงานร่วมกับ Fuel gas system โดยผู้ออกแบบได้ประเมินความอันตรายของกระบวนการนี้ให้มีค่าเท่ากับ SIL2 และจัดทำฟังก์ชั่นความปลอดภัยทั้งหมด 3 ฟังก์ชั่นดังนี้ SIF1 เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ถัง V-2005, SIF2 เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ถังV-2008 และSIF3เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ Fuel gas system ถัง 3205 (ภาคผนวก ข.)

3.3.1 การออกแบบระบบวัดคุมนิรภัย กระบวนการแยกสถานะของสาร

1) พิจารณา SIF1 เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ถัง V-2005 กำหนดค่าระดับความปลอดภัยให้กับฟังก์ชั่นนิรภัยที่ระดับ SIL2 ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต้องมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายรวมของฟังก์ชั่นนิรภัยต้องอยู่ระหว่าง 0.01-0.001 โดยผู้ออกแบบจะเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 คำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากสมการที่ 2.6 แสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 1 (SIF1)

	อุปกรณ์การวัด	ส่วนประมวลผล	อุปกรณ์ตัวสุดท้าย
หมายเลขอุปกรณ์	PT2148	PSHH2155	PCV2120
ชื่ออุปกรณ์	Pressure Transmitter ESeries without Remote Seals	Safety PLC Yokogawa	Model AGVB Globe Type Single-Seated Control Valves (Static Application Open on trip with PVST,Severe Service)
ชนิดของอุปกรณ์	ชนิด B	ชนิด B	ชนิด A
HFT	SIL2 = 0	-	0
รูปแบบการทำงาน	1oo1	1oo1	1oo1
λ_{SD}	0	-	2.69×10^{-7}
λ_{SU}	5.4×10^{-8}	-	3×10^{-9}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

λ_{DD}	3.31 x10^{-7}	-	2.39x10^{-7}
λ_{DU}	3.9 x10^{-8}	-	2.89x10^{-7}
SFF	90.80 %	-	63.88%
PFD_{avg}	7.26x10^{-4}	1.5 x 10^{-4}	1.44x10^{-4}
SIL	3	3	3

หมายเหตุ ค่า λ_{SD}, λ_{SU}, λ_{DD}และ λ_{DU} ดูจากภาคผนวก ก.

ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย (SIF1) หาได้จากสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 1.02x10^{-3} จากตารางที่ 2.4 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (SIF1) มีค่าเท่ากับ SIL2 แสดงว่าฟังก์ชั่นนิรภัยที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ต้องมีการทดสอบการทำงานของทุกๆ ส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด (1ปี) จึงสามารถนำฟังก์ชั่นนิรภัยนี้ไปใช้ในกระบวนการได้

2) พิจารณา SIF2 เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ถัง V-2008 กำหนดค่าระดับความปลอดภัยให้กับฟังก์ชั่นนิรภัยที่ระดับ SIL2 ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต้องมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายรวมของฟังก์ชั่นนิรภัยต้องอยู่ระหว่าง 0.01-0.001 โดยผู้ออกแบบจะเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 คำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากสมการที่ 2.6 แสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 2 (SIF2)

	อุปกรณ์การวัด	**ส่วนประมวลผล**	**อุปกรณ์ตัวสุดท้าย**
หมายเลขอุปกรณ์	PT2148	PSHH2156	PCV2121
ชื่ออุปกรณ์	SmartLine ST800 Pressure Transmitter HART with 4-20mA	Safety PLC Yokogawa	Model AGVB Globe Type Single-Seated Control Valves (Static Application Open on trip with PVST,Severe Service)
ชนิดของอุปกรณ์	ชนิด B	ชนิด B	ชนิด A
HFT	SIL2 = 0	-	0
รูปแบบการทำงาน	1oo1	1oo1	1oo1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.6 (ต่อ)

λ_{SD}	0	-	2.69×10^{-7}
λ_{SU}	4×10^{-8}	-	3×10^{-9}
λ_{DD}	3.64×10^{-7}	-	2.39×10^{-7}
λ_{DU}	4.2×10^{-8}	-	2.89×10^{-7}
SFF	90.58 %	-	63.88%
PFD_{avg}	1.63×10^{-5}	1.5×10^{-4}	1.44×10^{-4}
SIL	4	3	3

หมายเหตุ ค่า $\lambda_{SD}, \lambda_{SU}, \lambda_{DD}$และ λ_{DU} ดูจากภาคผนวก ก.

ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย (SIF2) หาได้จากสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 3.1×10^{-4} จากตารางที่ 2.4 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (SIF2) มีค่าเท่ากับ SIL3 แสดงว่าฟังก์ชั่นนิรภัยที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ต้องมีการทดสอบการทำงานของทุกๆ ส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด (1ปี) จึงสามารถนำฟังก์ชั่นนิรภัยนี้ไปใช้ในกระบวนการได้

3) พิจารณา SIF3 เป็นฟังก์ชั่นความปลอดภัยที่ที่ Fuel gas system ถัง 3205 กำหนดค่าระดับความปลอดภัยให้กับฟังก์ชันนิรภัยที่ระดับ SIL2 ดังนั้นในการออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์ต้องมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายรวมของฟังก์ชั่นนิรภัยต้องอยู่ระหว่าง 0.01-0.001 โดยผู้ออกแบบจะเลือกใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน IEC61508 และ IEC61511 คำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดจากสมการที่ 2.6 แสดงในตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย 3(SIF3)

	อุปกรณ์การวัด	**ส่วนประมวลผล**	**อุปกรณ์ตัวสุดท้าย**
หมายเลขอุปกรณ์	PT3210	PSHH2157	PCV3214
ชื่ออุปกรณ์	SmartLine ST800 Pressure Transmitter HART with 4-20mA	Safety PLC Yokogawa	Mark One Service Valve Flowserver Corpation Springville,UT-USA(Open on Trip with automated PVST
ชนิดของอุปกรณ์	ชนิด B	ชนิด B	ชนิด A
HFT	SIL2 = 0	-	0
รูปแบบการทำงาน	1oo1	1oo1	1oo1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.7 (ต่อ)

λ_{SD}	0	-	2.35×10^{-7}
λ_{SU}	4×10^{-8}	-	0
λ_{DD}	3.64×10^{-7}	-	1.64×10^{-7}
λ_{DU}	4.2×10^{-8}	-	1.43×10^{-7}
SFF	90.58 %	-	73.62%
PFD_{avg}	1.63×10^{-5}	1.5×10^{-4}	4.13×10^{-5}
SIL	4	3	4

หมายเหตุ ค่า λ_{SD}, λ_{SU}, λ_{DD}และ λ_{DU} ดูจากภาคผนวก ก.

ผลรวมค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย (SIF3) หาได้จากสมการที่ 2.1 มีค่าเท่ากับ 2.08×10^{-4} จากตารางที่ 2.4 ค่าระดับความปลอดภัยของฟังก์ชั่นวัดคุมนิรภัย (SIF3) มีค่าเท่ากับ SIL3 แสดงว่าฟังก์ชั่นนิรภัยที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในกระบวนการได้ แต่ต้องมีการทดสอบการทำงานของทุกๆ ส่วนตามระยะเวลาที่กำหนด (1ปี) จึงสามารถนำฟังก์ชั่นนิรภัยนี้ไปใช้ในกระบวนการได้

3.4 ออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยในซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS ของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

3.4.1 สร้าง Function Block

3.4.1.1 กำหนดพารามิเตอร์ของ Function Block

1) Bypass Function แสดงในรูปที่ 3.6

BY_FB

Name	Short n...	Type	Direction	Comment	()	Dimensi...
INPUTA	INA	REAL	Input			
SetpointA	SPA	REAL	Input			
BypassA	BYA	BOOL	Input			
INPUTB	INB	REAL	Input			
SetpointB	SPB	REAL	Input			
BypassB	BYB	BOOL	Input			
OUTPUT	OUT	BOOL	Output			
AlarmA	AA	BOOL	Output			
AlarmB	AB	BOOL	Output			
...						

รูปที่ 3.6 พารามิเตอร์ของ Bypass Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INPUTA (INA)	คือ Analog Input ตัวที่ 1 โดยจะรับค่าเป็นจำนวนจริงจากทรานสมิตเตอร์
INPUTB (INB)	คือ Analog Input ตัวที่ 2 โดยจะรับค่าเป็นจำนวนจริงจากทรานสมิตเตอร์
SetpointA (SPA)	คือ เป็นค่าที่จะกำหนดไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าอินพุต
SetpointB (SPB)	คือ เป็นค่าที่จะกำหนดไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าอินพุต
BypassA (BYA)	คือ เป็นสวิตช์สำหรับกดเพื่อ bypass ระบบ โดยจะส่งค่าเป็น 0,1
BypassB (BYB)	คือ เป็นสวิตช์สำหรับกดเพื่อ bypass ระบบ โดยจะส่งค่าเป็น 0,1
AlarmA (AA)	คือ เป็นตัวแสดงเอาท์พุต เพื่อแจ้งเตือน โดยจะส่งค่าเป็น 0,1
AlarmB (AB)	คือ เป็นตัวแสดงเอาท์พุต เพื่อแจ้งเตือน โดยจะส่งค่าเป็น 0,1
OUTPUT (OUT)	คือ เป็นตัวแสดงเอาท์พุต ที่ส่งค่าไปที่อุปกรณ์ตัวสุดท้าย

2) ANLG_S Function แสดงในรูปที่ 3.7

AI_FB

Name	Short n...	Type	Direction	Comment	[]	Dimensi...
⊞ INPUT	IN	IO_REAL	Input			
HRNG	HRNG	REAL	Input			
LRNG	LRNG	REAL	Input			
SPHH	SPHH	REAL	Input			
SPH	SPH	REAL	Input			
SPL	SPL	REAL	Input			
SPLL	SPLL	REAL	Input			
V_TIME	V_T	TIME	Input			
MOS	MOS	BOOL	Input			
SOE	SOE	STRING	Input		32	
VAL	VAL	REAL	Output			
HH_TRIP	HH	BOOL	Output			
HI_TRIP	HI	BOOL	Output			
LO_TRIP	LO	BOOL	Output			
LL_TRIP	LL	BOOL	Output			
...						

รูปที่ 3.7 พารามิเตอร์ของ ANLG_S

INPUT (IN)	คือ เป็น Analog Input โดยจะรับค่าเป็นจำนวนจริงจากทรานสมิตเตอร์
HRLG	คือ ค่าระดับสูงสุดในการวัดของระบบที่จะรับได้
LRNG	คือ ค่าระดับต่ำสุดในการวัดของระบบที่จะรับได้
SPHH	คือ ค่าระดับแจ้งเตือน High High
SPH	คือ ค่าระดับแจ้งเตือน High
SPL	คือ ค่าระดับแจ้งเตือน Low
SPLL	คือ ค่าระดับแจ้งเตือน Low Low
V_T	คือ เป็นระยะหน่วงของเวลา
MOS	คือ เป็นการรับสัญญาณมาจาก Bypass
VAL	คือ เป็นค่าเอาท์พุตของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

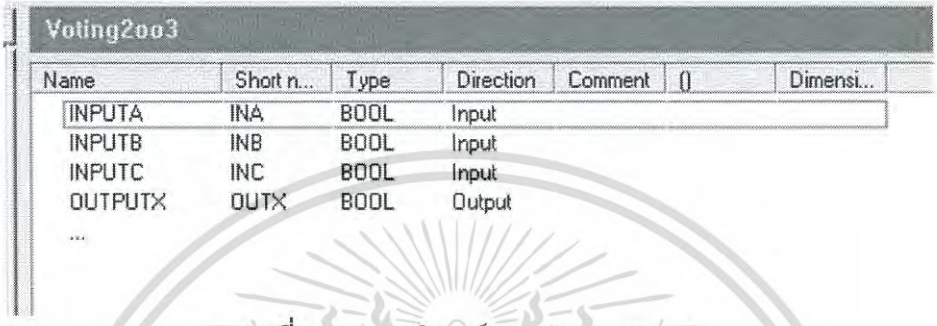
HH คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ High High

HI คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ High

LO คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ Low

LL คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ Low Low

3) Voting 2oo3 Function แสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 พารามิเตอร์ของ Voting 2oo3

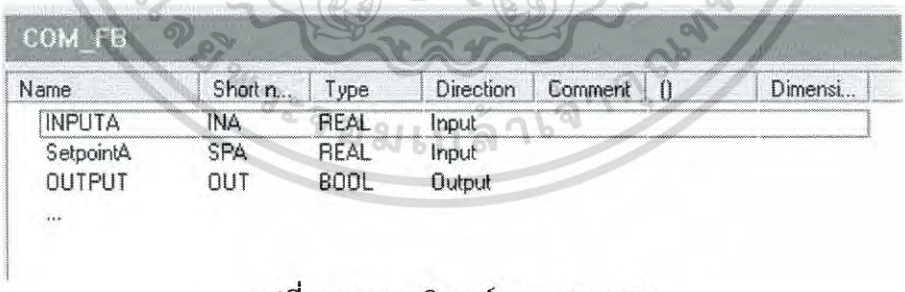
INPUTA (INA) คือ เป็นการรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ตัวที่ 1

INPUTB (INB) คือ เป็นการรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ตัวที่ 2

INPUTC (INC) คือ เป็นการรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ตัวที่ 3

OUTPUTX (OUTX) คือ เป็นการแสดงสัญญาณเอาท์พุตของอุปกรณ์ตัวสุดท้าย

4) Compare Function แสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 พารามิเตอร์ของ COM_FB

INPUTA (INA) คือ เป็นการรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ตัวนึง โดยรับสัญญาณเป็นจำนวนจริง

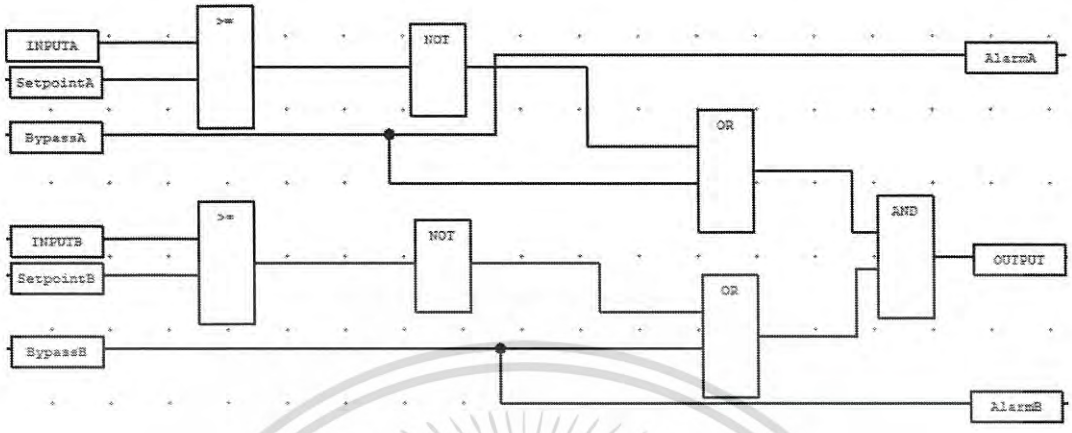
SetpointA (SPA) คือ เป็นค่าที่จะกำหนดไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าอินพุต

OUTPUT (OUT) คือ เป็นการแสดงสัญญาณเอาท์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

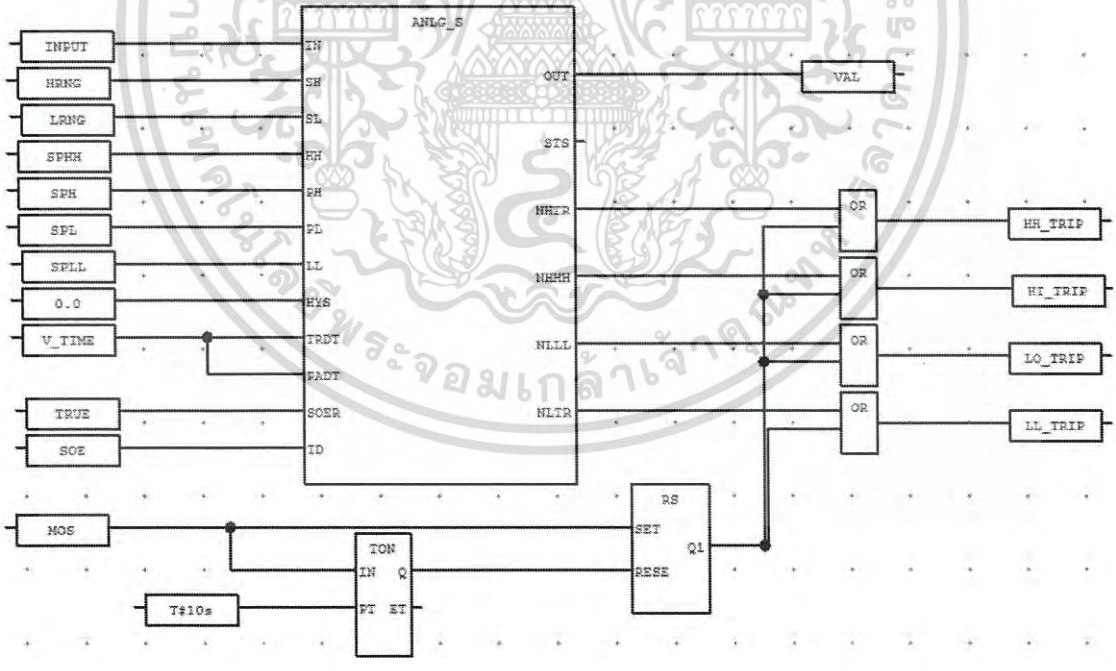
3.4.1.2 ทำการลากพารามิเตอร์เชื่อมกับฟังก์ชั่นการทำงาน

1) การเชื่อมสำหรับการทำ Bypass แสดงในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 รูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Bypass

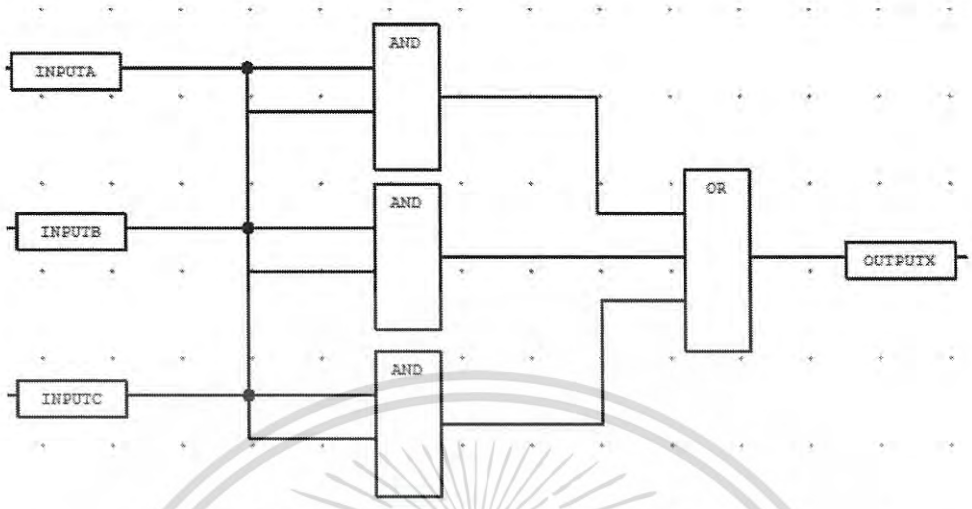
2) การเชื่อมสำหรับการแสดงสัญญาณเตือนในถังระดับน้ำ แสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 รูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ การแสดงสัญญาณเตือนในถังระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) การเชื่อมสำหรับการ Voting อุปกรณ์อินพุตเพื่อสั่งปิดอุปกรณ์ตัวสุดท้าย แสดงในรูปที่ 3.12

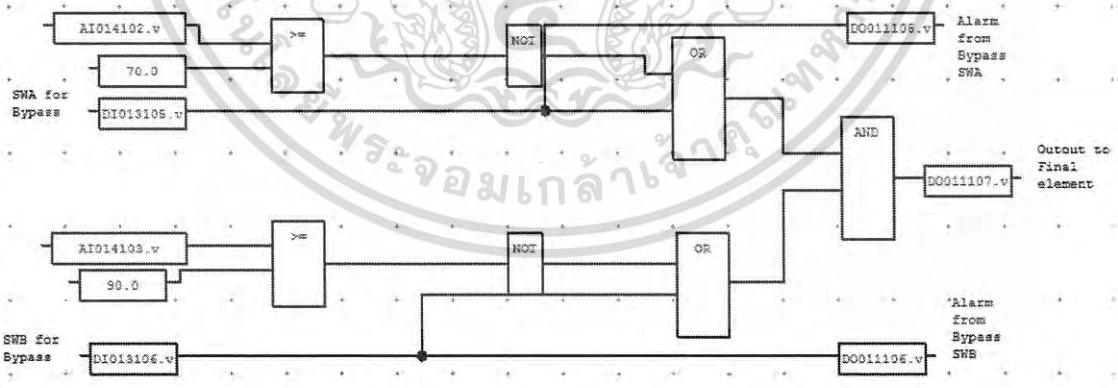


รูปที่ 3 .12 รูปการเชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของการ Voting แบบ 2oo3

3.4.2 ทำการเขียนลงในหน้า Program

3.4.2.1 เชื่อมอินพุตเข้ากับฟังก์ชั่นบล็อกเพื่อใช้งาน

1) การทำ Bypass แสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 การเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Bypass Function

จากรูปที่ 3.13 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบในการ Bypass ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

AI014102.v คือ Analog Input ตัวที่ 2 จากอุปกรณ์วัดความดัน ตัวที่ 1

AI014103.v คือ Analog Input ตัวที่ 3 จากอุปกรณ์วัดความดัน ตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DI013105.v คือ Digital Input ตัวที่ 5 จากการกดสวิตช์A เพื่อทำการ Bypass ระบบ

DI013106.v คือ Digital Input ตัวที่ 6 จากการกดสวิตช์B เพื่อทำการ Bypass ระบบ

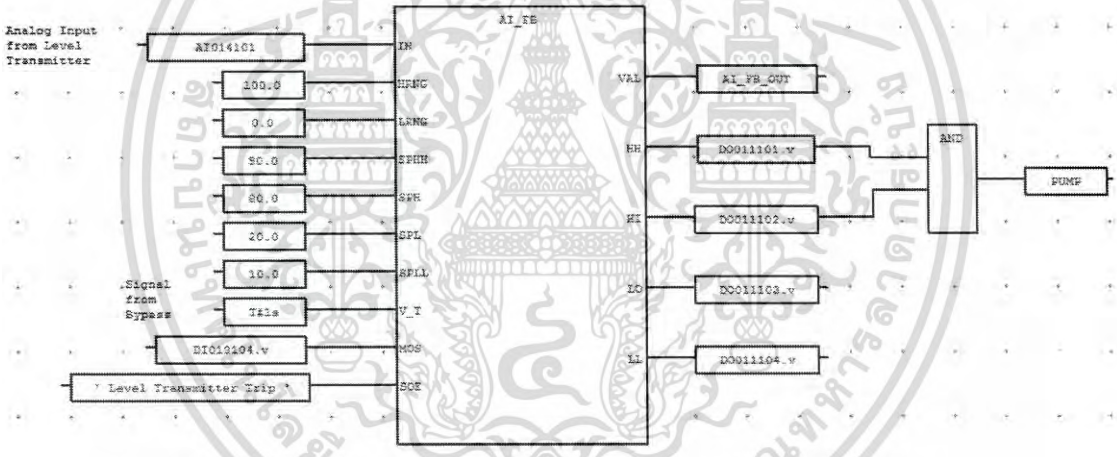
DO011105.v คือ Digital Output ตัวที่ 5 จะแสดงสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อกดสวิตช์ A

DO011106.v คือ Digital Output ตัวที่ 6 จะแสดงสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อกดสวิตช์ B

DO011107.v คือ Digital Output ตัวที่ 7 สัญญาณที่ส่งไปยังอุปกรณ์ตัวสุดท้าย

โดยจากการทำงานในสภาวะปกติ เมื่อ Analog Input จาก PT1 เข้ามาทำการเปรียบเทียบกับค่า Set point (ถ้ามีค่าน้อยกว่า Set point = 0) ผ่านตัวกลับสัญญาณแล้วผ่าน OR ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาวะปกติ (ไม่มีการกด SW = 0) โดย 1 หรือ 0 จะได้ 1 และเมื่อไป AND กับอีก 1 อุปกรณ์ ก็จะส่งค่า 1 สั่ง อุปกรณ์ตัวสุดท้ายทำงานปกติ

2) การออกแบบ Level Trip สำหรับติดตั้งในถังวัดระดับน้ำ แสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Level Trip Function

จากรูปที่ 3.14 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ Level Trip ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

IN คือ รับค่าจาก Level Transmitter ในรูปของ Analog Input

HRLG คือ ค่าระดับสูงสุดในการวัดซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 100.0

LRNG คือ ค่าระดับต่ำสุดในการวัดซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 0.0

SPHH คือ ค่าระดับแจ้งเตือน High High ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 90.0

SPH คือ ค่าระดับแจ้งเตือน High ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 80.0

SPL คือ ค่าระดับแจ้งเตือน Low ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 20.0

SPLL คือ ค่าระดับแจ้งเตือน Low Low ซึ่งกำหนดไว้เท่ากับ 10.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_T คือ เป็นระยะหน่วงของเวลา

MOS คือ เป็นการรับสัญญาณมาจาก Bypass

VAL คือ เป็นค่าเอาท์พุตของระบบ

HH คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ High High

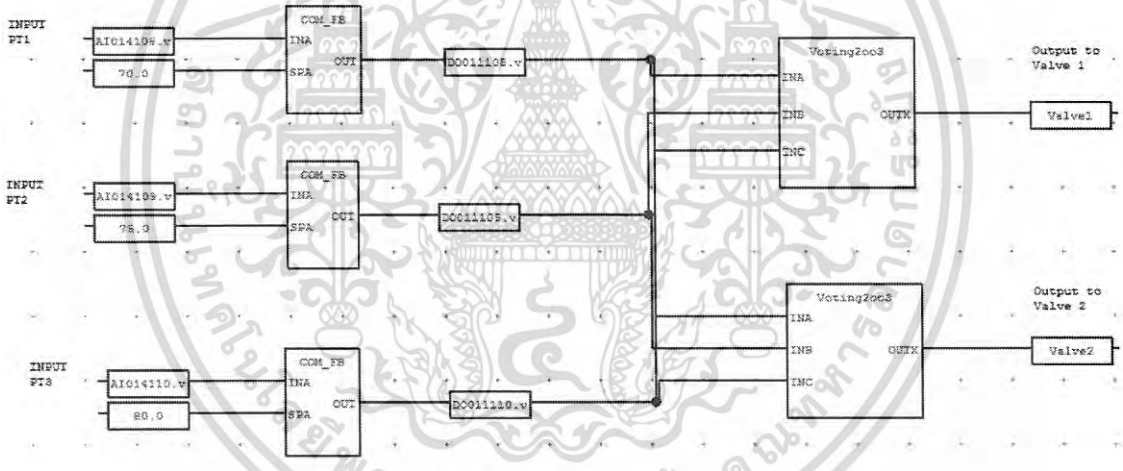
HI คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ High

LO คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ Low

LL คือ สัญญาณเตือนเมื่ออยู่ในระดับ Low Low

โดยในการทำงานเมื่อ Level Transmitter วัดระดับของน้ำภายในถัง ถ้าค่าที่วัดได้ไม่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดก็จะแสดงค่าเอาท์พุตปกติ แต่ถ้าเกิดค่าที่วัดได้อยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 20.0 หรือ มากกว่า 80.0 สัญญาณก็จะทำการแจ้งเตือน โดยถ้า HH หรือ HI มีตัวใดตัวแจ้งเตือนก็จะส่งค่าไปสั่งการทำงานของปั๊มทันที

3) การออกแบบ Voting อินพุตเพื่อสั่งปิดอุปกรณ์ตัวสุดท้าย แสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงการเชื่อมอินพุตของระบบเข้ากับ Voting แบบ 2oo3

จากรูปที่ 3.15 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ Voting ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

DI013101.v คือ อินพุต จาก Pressure Transmitter ตัวที่ 1

DI013102.v คือ อินพุต จาก Pressure Transmitter ตัวที่ 2

DI013103.v คือ อินพุต จาก Pressure Transmitter ตัวที่ 3

Valve1 คือ เอาท์พุต ตัวที่ 1 จากการ Voting

Valve2 คือ เอาท์พุต ตัวที่ 2 จากการ Voting

โดยจากการทำงานจะเป็นการเลือก Voting แบบ 2oo3 ซึ่ง เมื่อ Pressure Transmitter วัดความดันเกิน 2 จาก 3 ตัว ก็จะส่งค่าไปที่วาล์วเพื่อสั่งหยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยในซอร์ฟแวร์ ProSafe-RS ของกระบวนการแยกสารแขวนลอย

3.5.1 ทำการสร้าง Function Block

3.5.1.1 กำหนดพารามิเตอร์ของฟังก์ชันบล็อก โดยจะมีพารามิเตอร์

1) Level gauge function แสดงในรูปที่ 3.16

LG_FB

Name	Short n...	Type	Direction	Comment	[]	Dimensi...
INPUT	IN	REAL	Input			
VL	VL	REAL	Input			
HYS	HYS	REAL	Input			
CT	CT	TIME	Input			
OUT	OUT	REAL	Output			
VELP	VELP	BOOL	Output			
VELM	VELM	BOOL	Output			
...						

รูปที่ 3.16 พารามิเตอร์ของ LG_FB

INPUT (IN) คือ การรับสัญญาณอินพุตจากตัวอุปกรณ์

VL คือ ค่า Setpoint ที่ตั้งไว้เพื่อแจ้งเตือน

HYS คือ Hysteresis กำหนดให้เป็น 0

CT คือ ค่าหน่วงเวลา

OUT คือ การแสดงค่าเอาท์พุต

VELP คือ การแสดงสัญญาณเตือนเมื่อค่าอินพุต มากกว่าค่า setpoint

VELM คือ การแสดงสัญญาณเตือนเมื่อค่าอินพุตน้อยกว่าค่า setpoint

2) Limit Alarm Function แสดงในรูปที่ 3.17

LimAlarm_FB

Name	Short n...	Type	Direction	Comment	[]	Dimensi...
INPUT	IN	REAL	Input			
SetHigh	SH	REAL	Input			
SetLow	SL	REAL	Input			
Hysteresis	HV	REAL	Input			
HighAlarm	HA	BOOL	Output			
LowAlarm	LA	BOOL	Output			
OUTPUT	OUT	BOOL	Output			
...						

รูปที่ 3.17 พารามิเตอร์ของ Limit Alarm FB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INPUT (IN) คือ เป็นการรับสัญญาณอินพุตจากตัวอุปกรณ์

SetHigh (SH) คือ เป็นค่ากำหนดสูงสุดที่ระบบจะรับได้

SetLow (SL) คือ เป็นค่ากำหนดต่ำสุดที่ระบบจะรับได้

Hysteresis (HV) คือ กำหนดให้เท่ากับ 0

High Alarm (HA) คือ เป็นสัญญาณเตือนเมื่อระบบมีค่าอินพุตที่มากกว่าค่า SetHigh

Low Alarm (LA) คือ เป็นสัญญาณเตือนเมื่อระบบมีค่าอินพุตที่น้อยกว่าค่า SetLow

OUTPUT (OUT) คือ เป็นเอาท์พุตของระบบ

3) Compare Function Block แสดงในรูปที่ 3.18

COM_FB

Name	Short n...	Type	Direction	Comment	()
INPUTA	INA	REAL	Input		
SetpointA	SPA	REAL	Input		
OUTPUT	OUT	BOOL	Output		
...					

รูปที่ 3.18 พารามิเตอร์ของ COM_FB

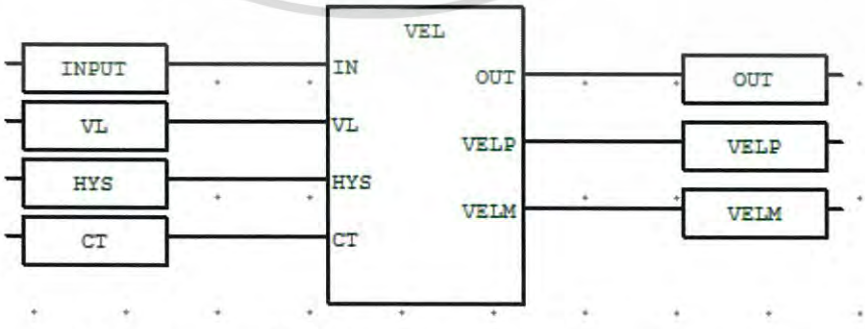
INPUTA (INA) คือ การรับสัญญาณอินพุตจากตัวอุปกรณ์

SetpointA (SPA) คือ ค่า Setpoint ที่ตั้งไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ค่าเกินกว่าที่ระบบจะรับได้

OUTPUT (OUT) คือ สัญญาณเอาท์พุตจะส่งไปเพื่อแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงาน

3.5.1.2 ทำการลากพารามิเตอร์เชื่อมกับฟังก์ชั่นการทำงาน

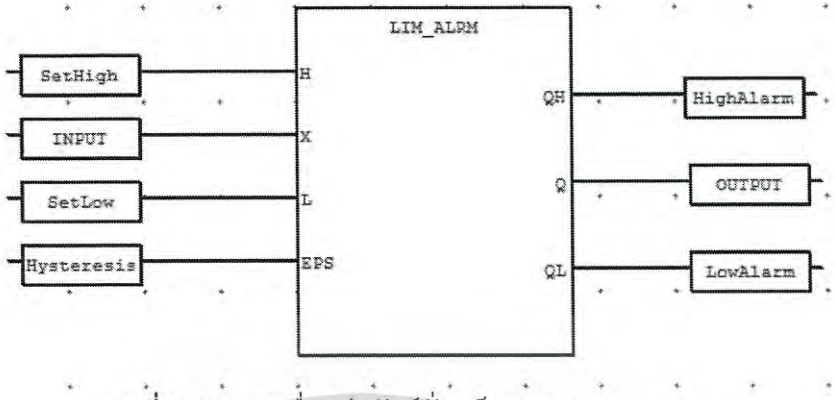
1) การเชื่อมฟังก์ชั่นบล็อกของ Level gauge แสดงในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 รูปการณ์เชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Level gauge

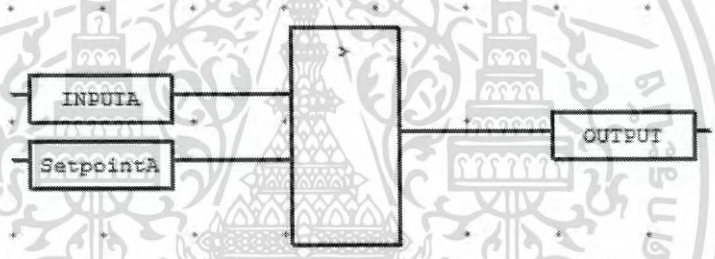
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การเชื่อมฟังก์ชั่นบล็อกของ Limit Alarm แสดงในรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การเชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Limit alarm

3) การเชื่อมฟังก์ชั่นบล็อกของ Compare Function block แสดงในรูปที่ 3.21



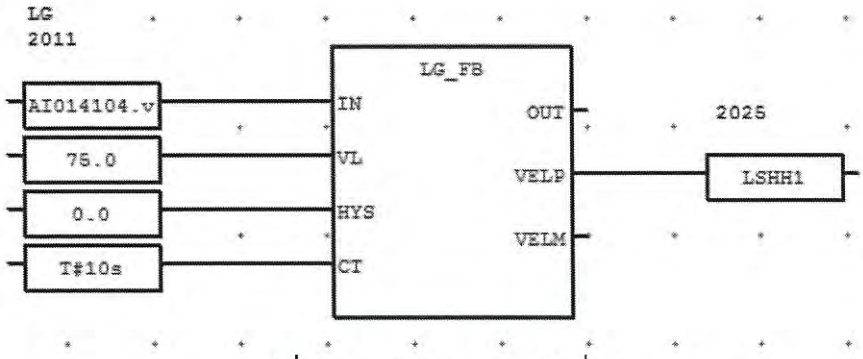
รูปที่ 3.21 การเชื่อมต่อฟังก์ชั่นบล็อกของ Compare Function block

3.5.2 ทำการเขียนลงในหน้าโปรแกรม

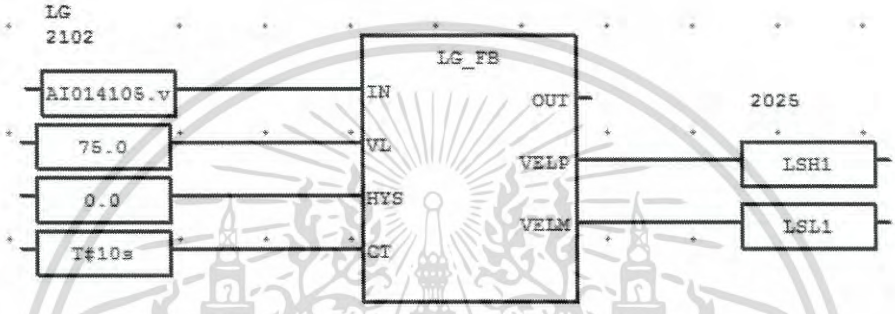
3.5.2.1 เชื่อมอินพุตเข้ากับฟังก์ชั่นบล็อกเพื่อใช้งาน

1) การออกแบบวัดค่าโดย Level gauge ส่งค่าเป็น Alarm แสดงในรูปที่ 3.22 3.23 3.24 และ 3.25

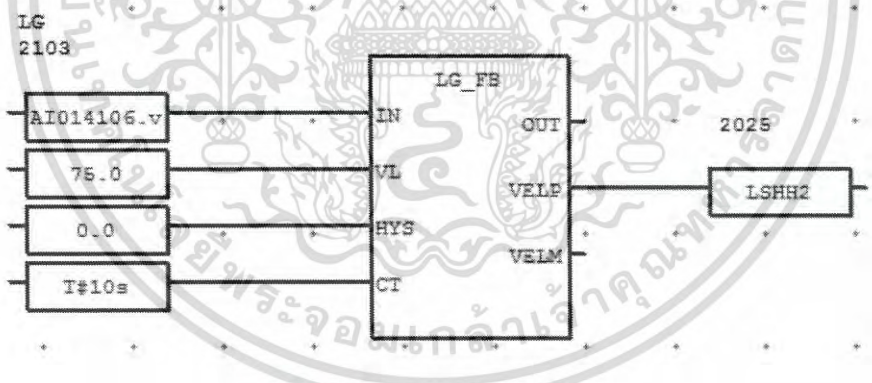
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



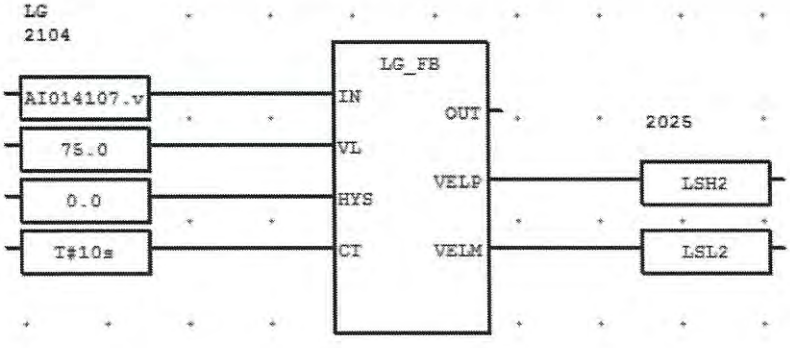
รูปที่ 3.22 Level gauge ตัวที่ 2011



รูปที่ 3.23 Level gauge ตัวที่ 2102



รูปที่ 3.24 Level gauge ตัวที่ 2103



รูปที่ 3.25 Level gauge ตัวที่ 2104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.22 3.23 3.24 และ 3.25 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบในการ level gauge ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

AI014104.v คือ Analog Input ตัวที่ 4 จาก Pressure Transmitter ตัวที่4

AI014105.v คือ Analog Input ตัวที่ 5 จาก Pressure Transmitter ตัวที่5

AI014106.v คือ Analog Input ตัวที่ 6 จาก Pressure Transmitter ตัวที่6

AI014107.v คือ Analog Input ตัวที่ 7 จาก Pressure Transmitter ตัวที่7

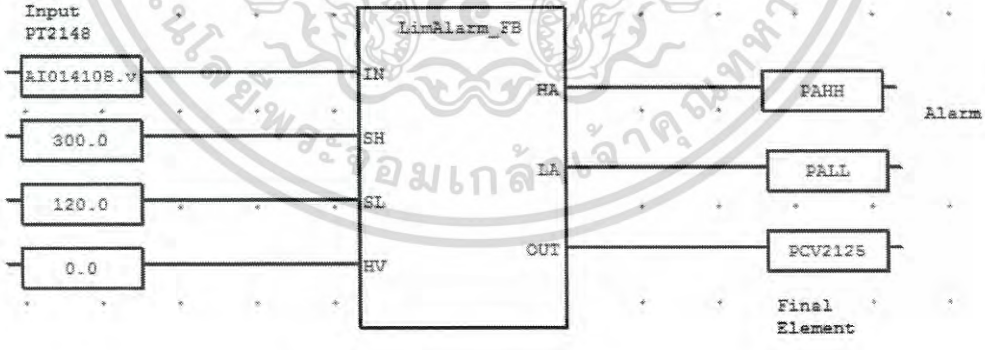
LSHH1,LSHH2 คือ Level switch high high ตัวที่ 1 และ 2 เป็นตัวแสดงการแจ้งเตือนของระบบ

LSH1,LSH2 คือ Level switch high ตัวที่ 1และ 2 เป็นตัวแสดงการแจ้งเตือนของระบบ

LSL1,LSL2 คือ Level switch low ตัวที่ 1และ 2 เป็นตัวแสดงการแจ้งเตือนของระบบ

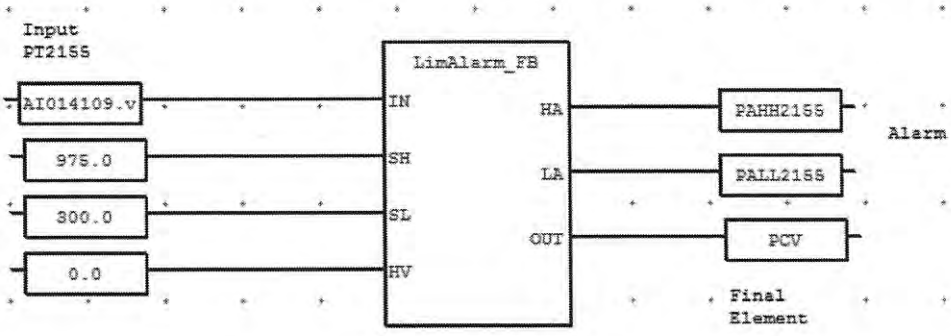
การทำงานของระบบคือการที่ Level gauge รับค่ามา โดยที่เราได้ตั้ง Setpoint ไว้ที่ 75 ในสภาปกติค่าที่อ่านได้จะมีค่าน้อยกว่า 75 ระบบก็จะทำงานปกติ แต่ถ้าในสภาวะที่ผิดปกติคือการที่ค่าที่อ่านได้มีค่าเกิน 75 ระบบก็จะทำการแจ้งเตือนโดยจะส่งค่าไปที่ LSL,LSH,LSHH ขึ้นอยู่กับการติดตั้ง

2) การออกแบบ Vote แบบ 1oo1 แสดงในรูปที่ 3.26 และ 3.27



รูปที่ 3.26 Voteแบบ 1oo1 จาก PT2148

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 Vote แบบ 1oo1 จาก PT2155

จากรูปที่ 3.26 และ 3.27 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ Voteแบบ 1oo1 ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

AI014108.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก Pressure Transmitter

AI014109.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก Pressure Transmitter

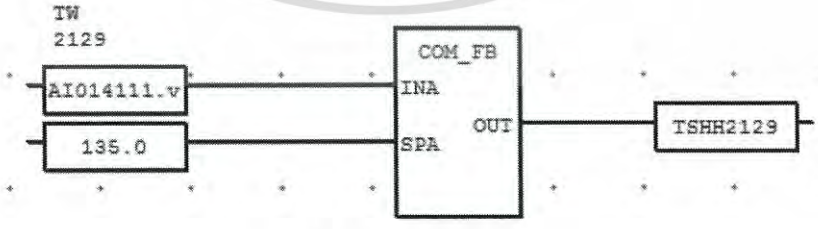
PAHH คือ Pressure Alarm High High เป็นการแจ้งเตือนเมื่อ อินพุตมีค่ามากกว่า Set High ที่ตั้งไว้

PALL คือ Pressure Alarm Low Low เป็นการแจ้งเตือนเมื่อ อินพุตมีค่าน้อยกว่า Set Low ที่ตั้งไว้

PCV คือ Pressure Control Valve เป็นอุปกรณ์ตัวสุดท้ายของระบบ

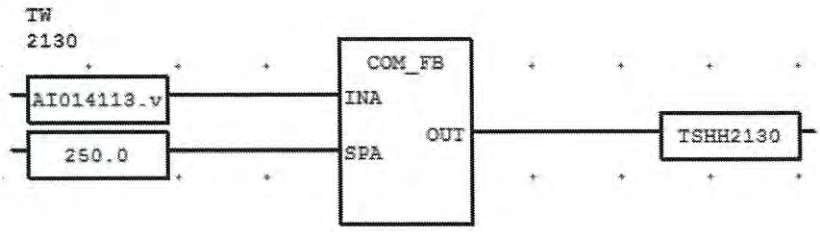
การทำงานของระบบ คือการที่ Pressure Transmitter รับค่าเข้ามาแล้วเปรียบเทียบกับค่า Setpoint High และ Low ที่ตั้งไว้ โดยในสภาวะที่ทำงานผิดปกติ เมื่ออินพุตรับค่ามากกว่า Set High (300.0) ก็จะทำการแจ้งเตือน (PAHH) และส่งค่าไปที่อุปกรณ์ตัวสุดท้าย (PCV)

3) การออกแบบ TSHH แสดงในรูปที่ 3.28 3.29 3.30 และ 3.31

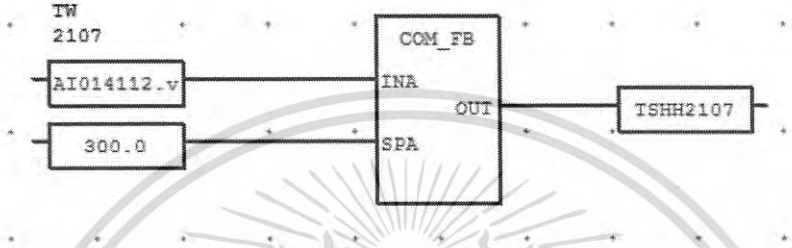


รูปที่ 3.28 TSHH 2129

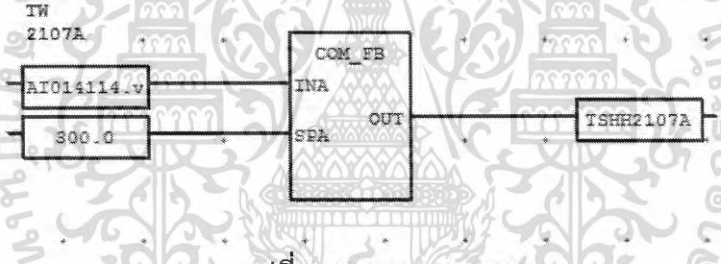
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 TSHH 2130



รูปที่ 3.30 TSHH 2107



รูปที่ 3.31 TSHH 2107A

จากรูปที่ 3.28 3.29 3.30 และ 3.31 พบว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบ TSHH ประกอบไปด้วยฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆดังนี้

AI014111.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก TW 2129

AI014112.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก TW 2107

AI014113.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก TW 2130

AI014114.v คือ Analog Input ซึ่งจะรับค่าจาก TW 2107A

TSHH คือ Temperature Switch High High เป็นการแจ้งเตือนเมื่อ Input มีค่ามากกว่า Set point ที่ตั้งไว้

การทำงานของระบบ คือการที่ เทอร์โมเวลรับค่าเข้ามาแล้วเปรียบเทียบกับค่า Set point ที่ตั้งไว้ โดยในสภาวะที่ทำงานผิดปกติ เมื่ออินพุตที่รับมามีค่ามากกว่า Set point จะทำการแจ้งเตือน (TSHH) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมาทำการแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 คำนำ

บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลอง และผลการทดลองของระบบวัดคุมนิรภัยกรณีศึกษาโดยใช้โปรแกรม YOKOGAWA Centum VP ProSafe-RS ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง กับกระบวนการแยกสารแขวนลอย

4.2 วิธีการทดลอง

การทดลองการทำงาของระบบสามารถแบ่งได้ดังนี้

1) การตั้งค่าพารามิเตอร์ ฟังก์ชั่นบล็อก และการใช้งานโปรแกรมอย่างละเอียด อ้างอิงเพิ่มเติมในภาคผนวก ค
2) การคำนวณค่าเฉลี่ยความผิดพลาดอันตรายของฟังก์ชั่นนิรภัย ซึ่งได้กล่าวถึงในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2 และหัวข้อ 3.3
3) ออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัย การใช้งานฟังก์ชั่นบล็อกแอพพลิเคชั่น และการออกฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังและการออกฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย ซึ่งได้กล่าวถึงในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.4 และหัวข้อ 3.5 ตามลำดับ

4.3 ผลการทดลอง

จากการศึกษาเราได้แบ่งกระบวนการออกเป็น 2 ส่วน คือ กระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังกับกระบวนการแยกสารแขวนลอย

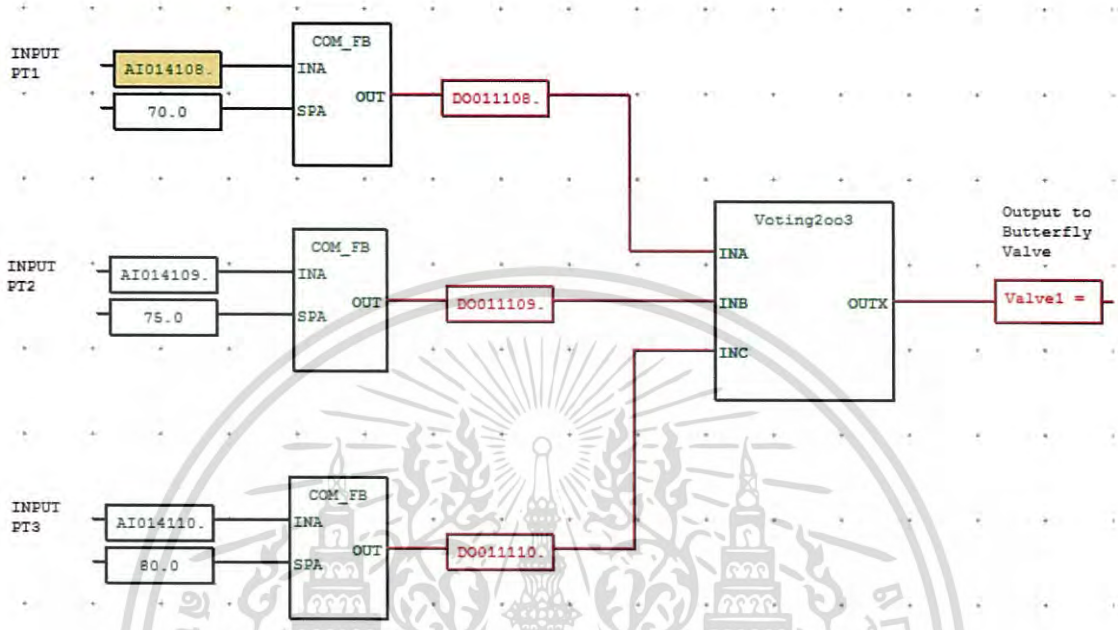
4.3.1 การออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

จากการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง จะมีฟังก์ชั่นนิรภัยอยู่ 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะใช้ Pressure Transmitter มีการทำงานแบบ 2oo3 ทำการวัดความดันแล้วส่งค่าไปยัง Butterfly Valve ส่วนที่ 2 จะใช้ Level Transmitter เพื่อวัดระดับน้ำ แล้วส่งค่าไปยัง Butterfly Valve โดยกระบวนการทำงานของฟังก์ชั่นนิรภัยจะแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.1 กรณีที่อินพุตทั้ง 3 ตัว ตรวจจับค่าได้น้อยกว่า Set point

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter ตัวที่ 1, 2 และ 3 ตรวจจับค่าได้ว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า Set point (Set point มีค่าเท่ากับ 70, 75, 80) แสดงดังรูป 4.1

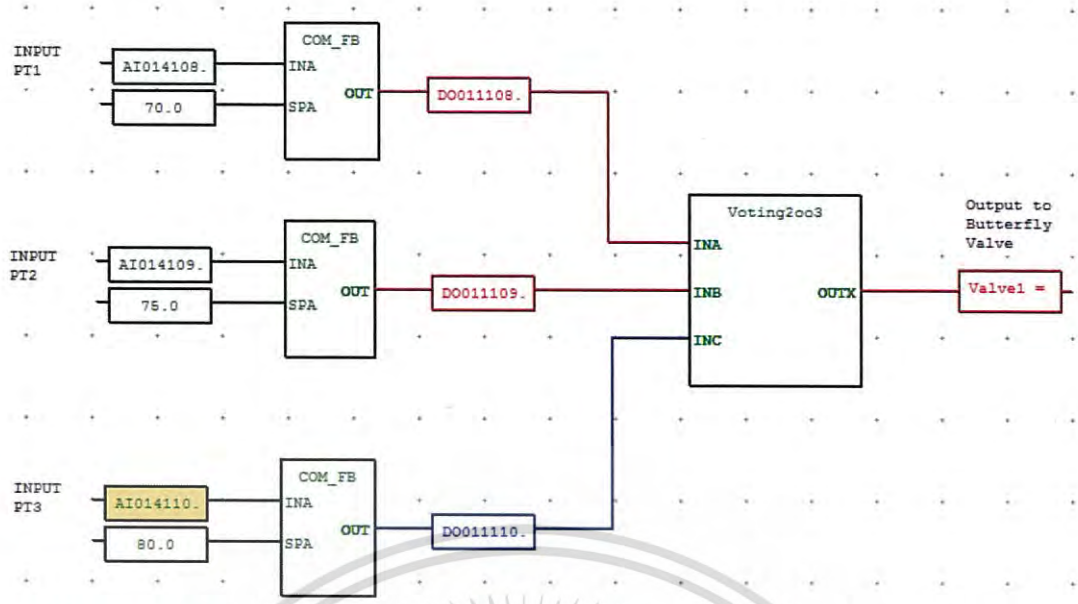


รูปที่ 4.1 กรณีที่อินพุตทั้งสามตัวมีค่าน้อยกว่าค่า Set Point

4.3.1.2 กรณีที่อินพุต 1 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 2 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter ตัวที่ 1, 2 ตรวจจับค่าได้ว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า Set point (Set point มีค่าเท่ากับ 70, 75) แต่ Pressure Transmitter ตัวที่ 3 ตรวจจับค่าได้ว่าอยู่ในระดับที่สูงกว่า Set point (Set point มีค่าเท่ากับ 80.0) ซึ่งจะยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ Butterfly Valve แสดงดังรูป 4.2

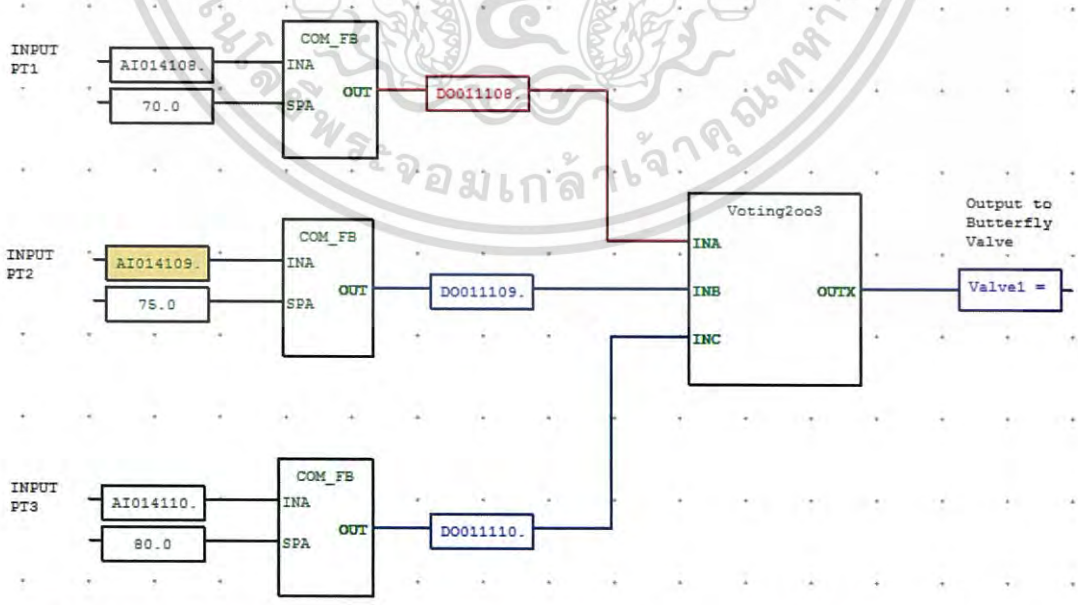
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กรณีที่อินพุต 1 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 2 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point

4.3.1.3 กรณีที่อินพุต 2 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 1 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter ตัวที่ 1 ตรวจจับค่าได้ว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า Set point (Set point มีค่าเท่ากับ 70.0) แต่ Pressure Transmitter ตัวที่ 2 และ 3 ตรวจจับค่าได้ว่าอยู่ในระดับที่สูงกว่า Set point (Set point มีค่าเท่ากับ 75.0, 80.0) ซึ่งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ Butterfly Valve แสดงดังรูป 4.3

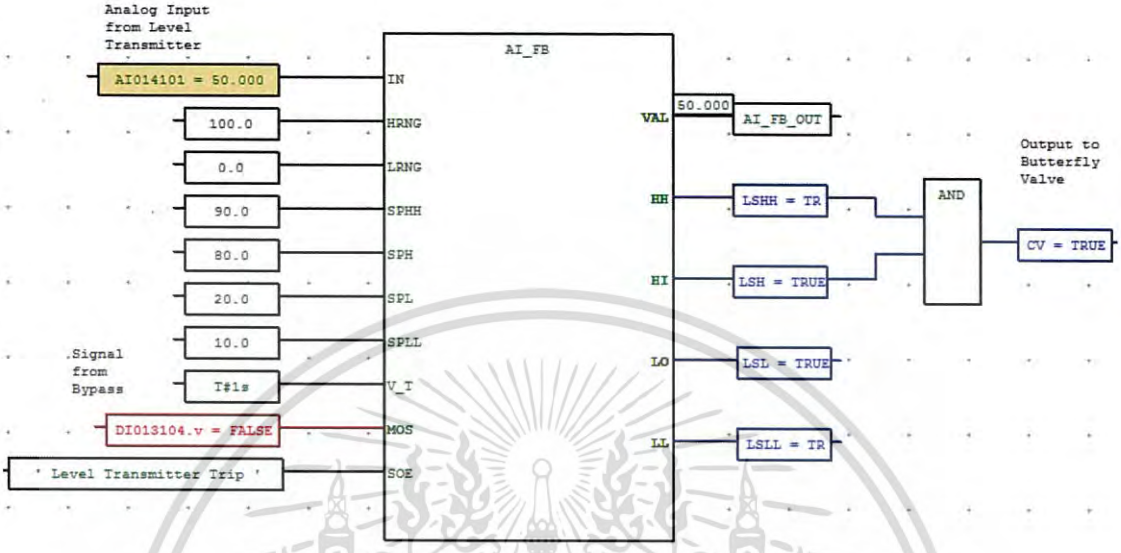


รูปที่ 4.3 กรณีที่อินพุต 2 ตัวตรวจจับค่าได้มากกว่าและอีก 1 ตัวตรวจจับค่าน้อยกว่า Set point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.4 กรณีที่อินพุตมีค่าเท่ากับ 50.0

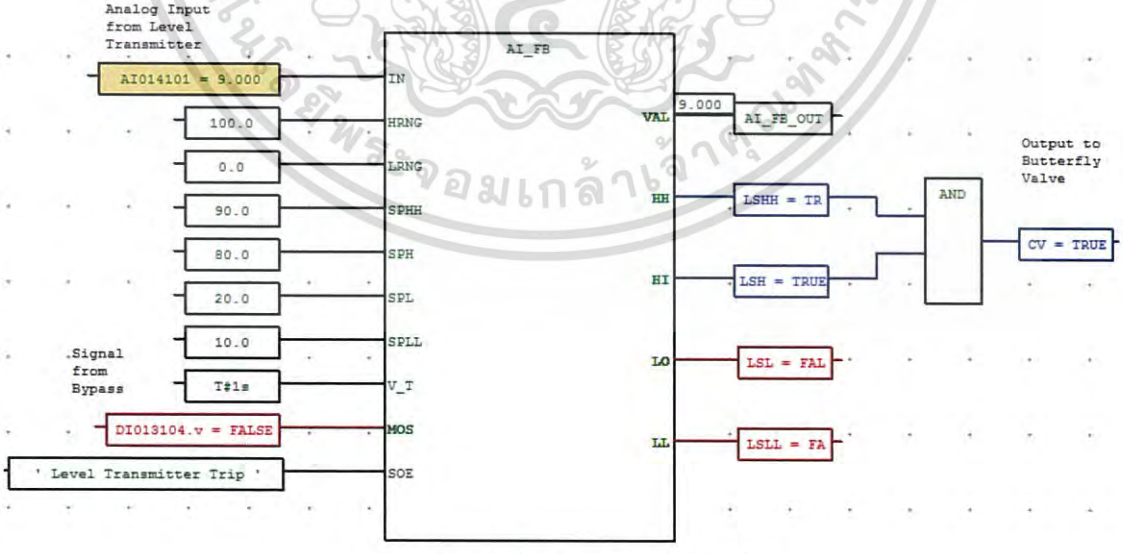
กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Transmitter รับค่า 50.0 ซึ่งอยู่ในระดับการทำงานปกติ แสดงดังรูป 4.4



รูปที่ 4.4 กรณีที่อินพุตมีค่าเท่ากับ 50.0

4.3.1.5 กรณีที่อินพุตมีค่าต่ำกว่า 10.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Transmitter รับค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 10.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ LSL, LSLL แสดงดังรูป 4.5

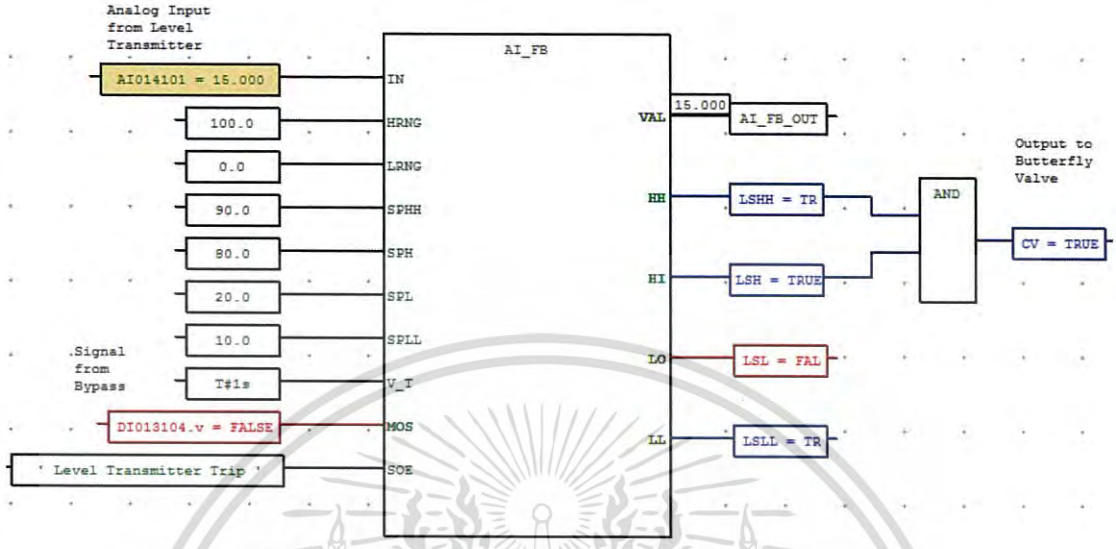


รูปที่ 4.5 กรณีที่อินพุตมีค่าต่ำกว่า 10.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.6 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 10.0 – 20.0

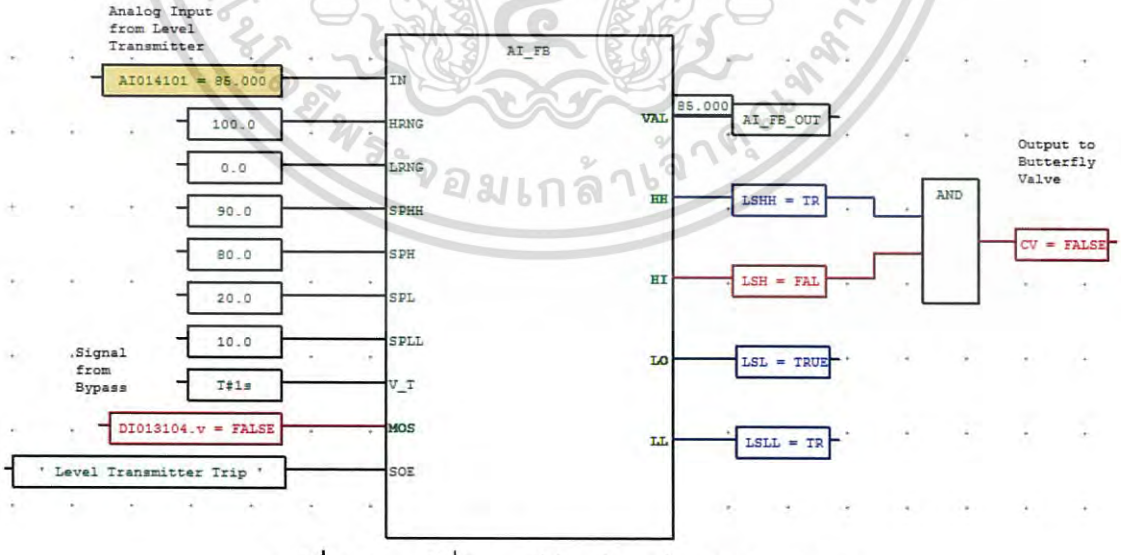
กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Transmitter รับค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 10.0 – 20.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ LSL แสดงดังรูป 4.6



รูปที่ 4.6 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 10.0 – 20.0

4.3.1.7 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 80.0 – 90.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Transmitter รับค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 80.0 – 90.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ LSH ซึ่งจะทำการส่งค่าไปที่ Butterfly Valve แสดงดังรูป 4.7

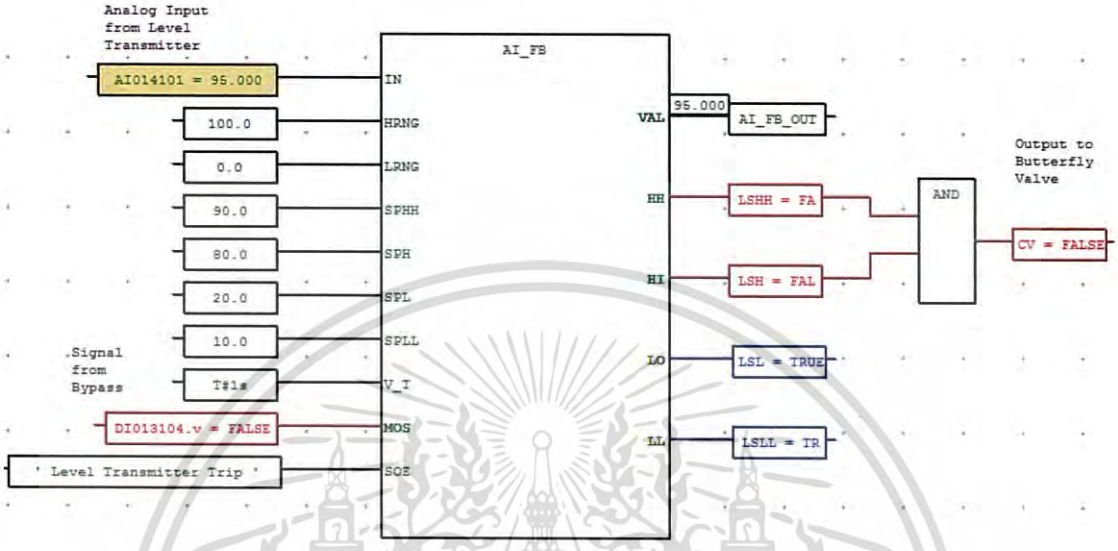


รูปที่ 4.7 กรณีที่อินพุตมีค่าอยู่ระหว่าง 80.0 – 90.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1.8 กรณีที่อินพุตมีค่าสูงกว่า 90.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Transmitter รับค่าอยู่ในช่วงที่สูงกว่า 90.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ ทำให้เกิดการแจ้งเตือนที่ LSH , LSHH ซึ่งจะทำการส่งค่าไปที่ Butterfly Valve แสดงดังรูป 4.8



รูปที่ 4.8 กรณีที่อินพุตมีค่าสูงกว่า 90.0

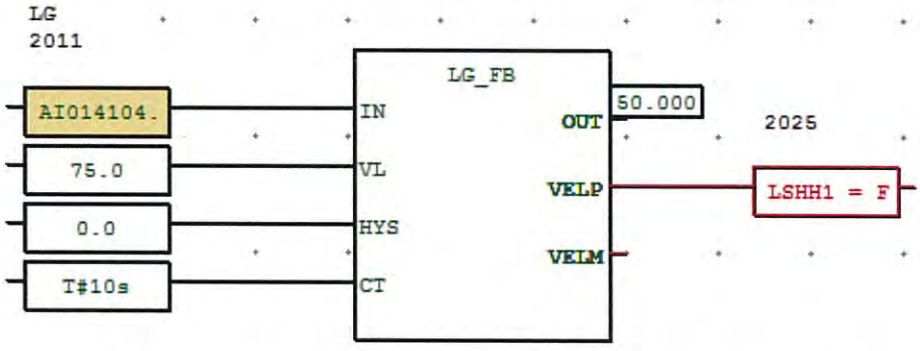
4.3.2 การออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย

จากการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย จะมีฟังก์ชั่นนิรภัยอยู่ 3 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะใช้ Level gauge ทำการวัดระดับแล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงาน ส่วนที่ 2 จะใช้ Pressure Transmitter เพื่อวัดความดัน แล้วส่งสัญญาณเพื่อแจ้งเตือนและส่งคำสั่งไปยัง Pressure Control Valve ส่วนที่ 3 จะใช้เทอร์โมเวลทำการวัดระดับอุณหภูมิแล้วส่งสัญญาณเตือนผู้ปฏิบัติงาน โดยกระบวนการทำงานของฟังก์ชั่นนิรภัยจะแบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้

4.3.2.1 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 75.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Gauge รับค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 75.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานปกติ LSHH ก็จะไม่ได้แสดงสัญญาณเตือน แสดงดังรูป 4.9

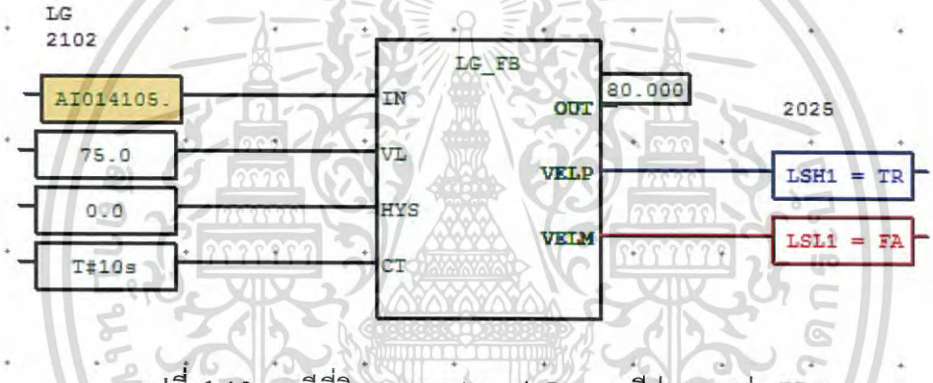
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 75.0

4.3.2.2 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่ามากกว่า 75.0

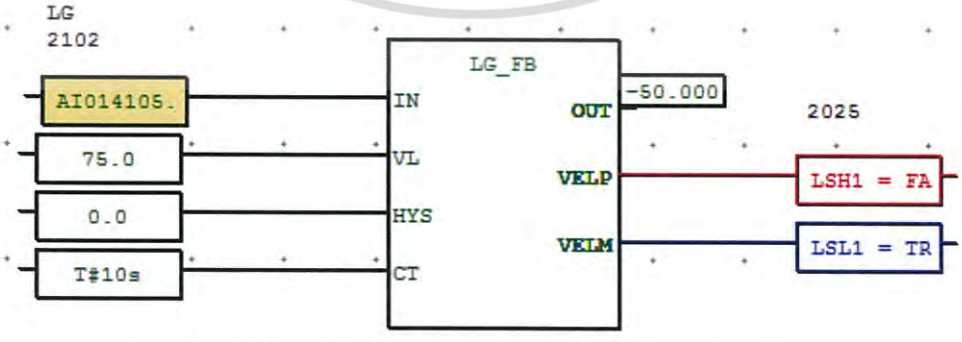
กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Gauge รับค่าอยู่ในช่วงมากกว่า 75.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ LSH ก็จะแสดงสัญญาณเตือน แสดงดังรูป 4.10



รูปที่ 4.10 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่ามากกว่า 75.0

4.3.2.3 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าน้อยกว่า 0.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Level Gauge รับค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ LSL ก็จะแสดงสัญญาณเตือน แสดงดังรูป 4.11

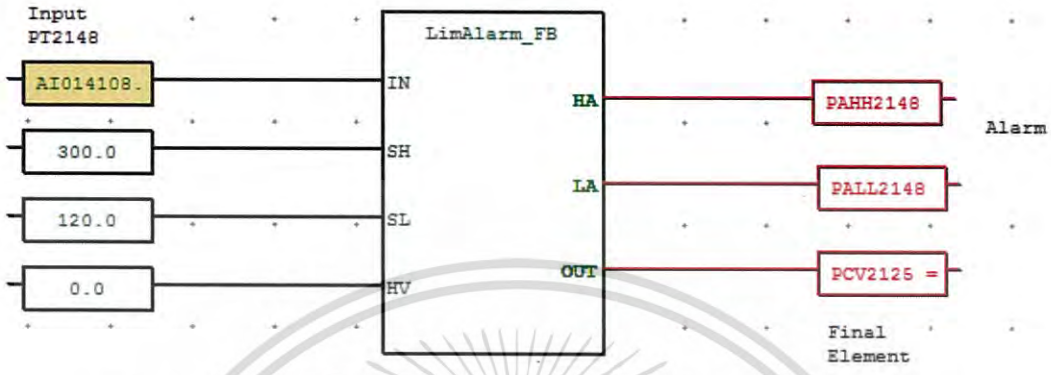


รูปที่ 4.11 กรณีที่อินพุตจาก Level Gauge มีค่าน้อยกว่า 0.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2.4 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าอยู่ช่วง 120.0 - 300.0

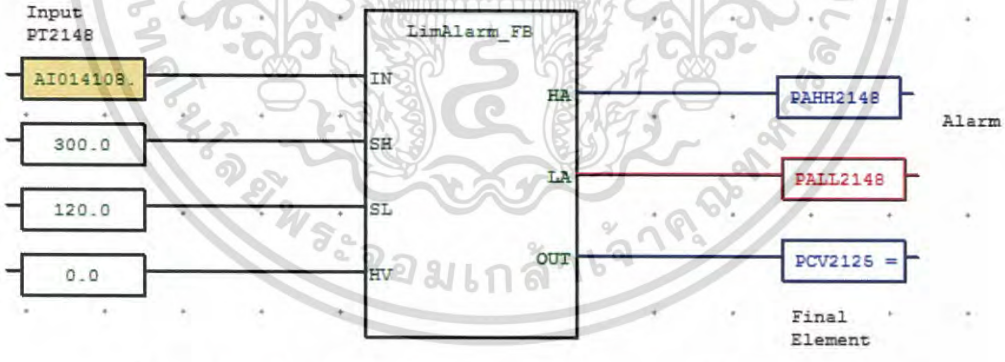
กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter รับค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 120.0 – 300.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานปกติ ก็จะไม่มีการแสดงสัญญาณเตือน แสดงดังรูป 4.12



รูปที่ 4.12 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าอยู่ช่วง 120.0 - 300.0

4.3.2.5 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่ามากกว่า 300.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter รับค่ามากกว่า 300.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ PAHH ก็จะแสดงสัญญาณเตือน และ PCV ก็จะทำการลดความดัน แสดงดังรูป 4.13

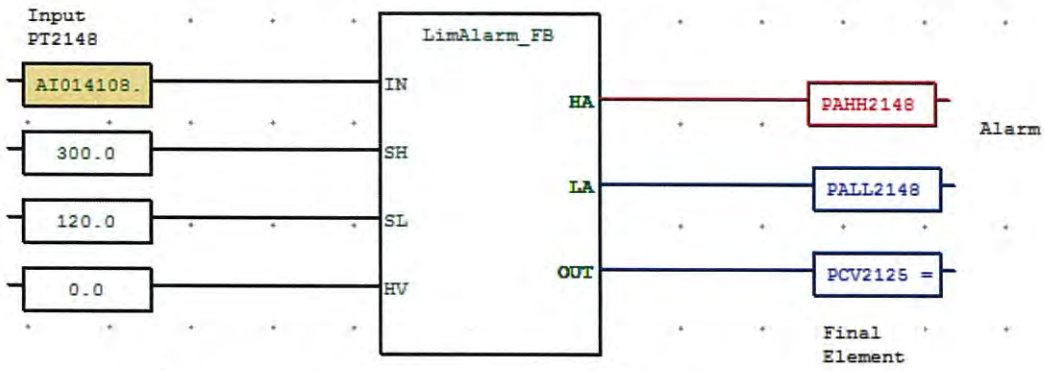


รูปที่ 4.13 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่ามากกว่า 300.0

4.3.2.6 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าน้อยกว่า 120.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัด Pressure Transmitter รับค่าน้อยกว่า 120.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ PALL ก็จะแสดงสัญญาณเตือน และ PCV ก็จะทำการเพิ่มความดัน แสดงดังรูป 4.14

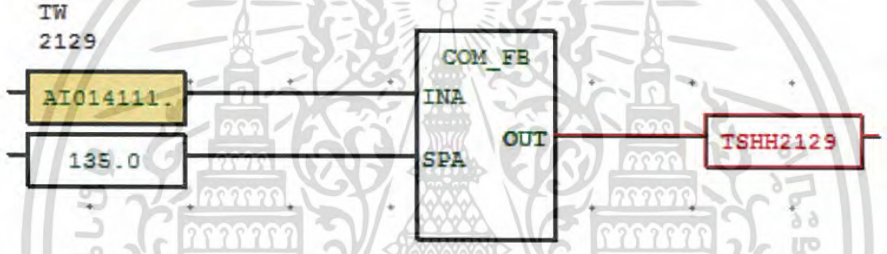
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กรณีที่อินพุตจาก Pressure Transmitter มีค่าน้อยกว่า 120.0

4.3.2.7 กรณีที่อินพุตจากเทอร์โมเมลมีค่าน้อยกว่า 135.0

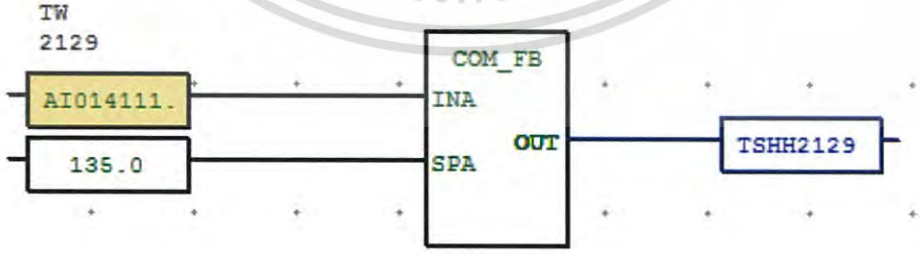
กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัดเทอร์โมเวลรับค่าอยู่ในช่วงน้อยกว่า 135.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานปกติ ก็จะไม่มีการแสดงสัญญาณเตือน แสดงดังรูป 4.15



รูปที่ 4.15 กรณีที่อินพุตจาก เทอร์โมเวล มีค่าน้อยกว่า 135.0

4.3.2.8 กรณีที่อินพุตจากเทอร์โมเวลมีค่ามากกว่า 135.0

กรณีสมมติที่อุปกรณ์การวัดเทอร์โมเวลรับค่าอยู่ในช่วงมากกว่า 135.0 ซึ่งจะอยู่ในระดับที่ทำงานผิดปกติ TSHH ก็จะการแสดงสัญญาณเตือน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมาดำเนินงาน แสดงดังรูป 4.16



รูปที่ 4.16 กรณีที่อินพุตจากเทอร์โมเวลมีค่ามากกว่า 135.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุป

จากผลการทดลองการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังและการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย พบว่าระบบฟังก์ชั่นนิรภัยมีความสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเป้าหมายที่ดี โดยทั้งนี้ประสิทธิภาพและการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนสามารถเกิดได้ทันทีโดยจะขึ้นอยู่กับ พารามิเตอร์และอินพุตที่ได้ทำการตั้งค่าไว้

จากผลการทดลองการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง และการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการแยกสารแขวนลอย พบว่าหลังจากที่นำฟังก์ชั่นนิรภัยมาใช้ควบคู่กับการควบคุมกระบวนการทำให้ผลตอบสนองต่อค่าอินพุต (Input) ของกระบวนการ มีการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนที่ดี และมีการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของเอาท์พุตที่รวดเร็ว จึงเหมาะที่จะนำฟังก์ชั่นนิรภัยมาใช้เพื่อช่วยในการเสริมประสิทธิภาพการควบคุมเพราะฉะนั้นแล้ว ฟังก์ชั่นนิรภัยจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ เพื่อป้องกันและลดโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์อันตรายในอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การจัดทำปริญญานิพนธ์ในเรื่องระบบวัดคุมนิรภัยกรณีศึกษา YOKOGAWA Centum VP R6 ProSafe-RS ซึ่งใช้โปรแกรม ProSafe–RS ในการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังและกระบวนการแยกสารแขวนลอย โดยเชื่อมต่ออุปกรณ์การวัดและควบคุมเข้ากับบล็อกฟังก์ชั่น ซึ่งจะทำการส่งค่าอินพุตผ่านโปรแกรม ProSafe–RS โดยโปรแกรมจะสามารถตั้งค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชั่นบล็อก กำหนดค่าอินพุตของกระบวนการ ทำการแจ้งเตือน (Alarm) แก่ผู้ปฏิบัติงาน และสั่งหยุดทำงานของอุปกรณ์ตัวสุดท้าย (Final Element)

จากการออกแบบฟังก์ชั่นนิรภัยของกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง และกระบวนการแยกสารแขวนลอย นั้นจะใช้ฟังก์ชั่นบล็อกต่างๆ โดยจะมีการกำหนดค่าเป้าหมาย (Set Point) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ การแจ้งเตือน (Alarm) ผู้ปฏิบัติงาน และสั่งหยุดการทำงานของ Final Element จากผลการทดลองพบว่าหลังจากที่นำฟังก์ชั่นนิรภัยมาใช้ควบคู่กับการควบคุมกระบวนการทำให้ผลตอบสนองต่อค่าอินพุตของกระบวนการ มีการตอบสนองต่อการแจ้งเตือนที่ดี และมีการเปลี่ยนแปลงของการตอบสนองของเอาท์พุตที่รวดเร็ว จึงเหมาะที่จะนำฟังก์ชั่นนิรภัยมาใช้เพื่อช่วยในการเสริมประสิทธิภาพการควบคุม เพราะฉะนั้นแล้วฟังก์ชั่นนิรภัย จึงเหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อป้องกันและลดโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์อันตรายในอุตสาหกรรม

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

1) ในช่วงแรกผู้ทำการทดลองยังขาดความชำนาญในการใช้งานโปรแกรม จึงทำให้การดำเนินงานล่าช้า

2) เนื่องจากโครงงานนี้มีเฉพาะซอร์ฟแวร์ จึงไม่สามารถเชื่อมต่อฟังก์ชันนิรภัยที่เขียนในโปรแกรมกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) หากมีคู่มือการใช้งานโปรแกรม จะทำให้ไม่เกิดความสับสนในการใช้งานโปรแกรม และการดำเนินงานรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

2) ในการทดลองหากมีฮาร์ดแวร์ด้วย อาจทำให้การศึกษาระบบวัดคุมนิรภัยนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 แนวทางในการพัฒนา

แนวทางในการพัฒนา สามารถนำคู่มือการใช้งานโปรแกรมเบื้องต้นที่จัดทำขึ้น ไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับกระบวนวัดคุมนิรภัยได้ทุกกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ทวิช ชูเมือง. “ระบบวัดคุมนิรภัยในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต”, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2548.

[2] ทวิช ชูเมือง. “การกำหนดค่าระดับความปลอดภัยสำหรับฟังก์ชั่นนิรภัย”, กรุงเทพฯ : วีพริ้นท์(1991), 2551.

[3] International Electrotechnical Commission, “IEC 61508 Overview Report Version 2.0”, January 2, 2006. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.iec.ch/functional safety/standards/page2.htm (November 15, 2017)

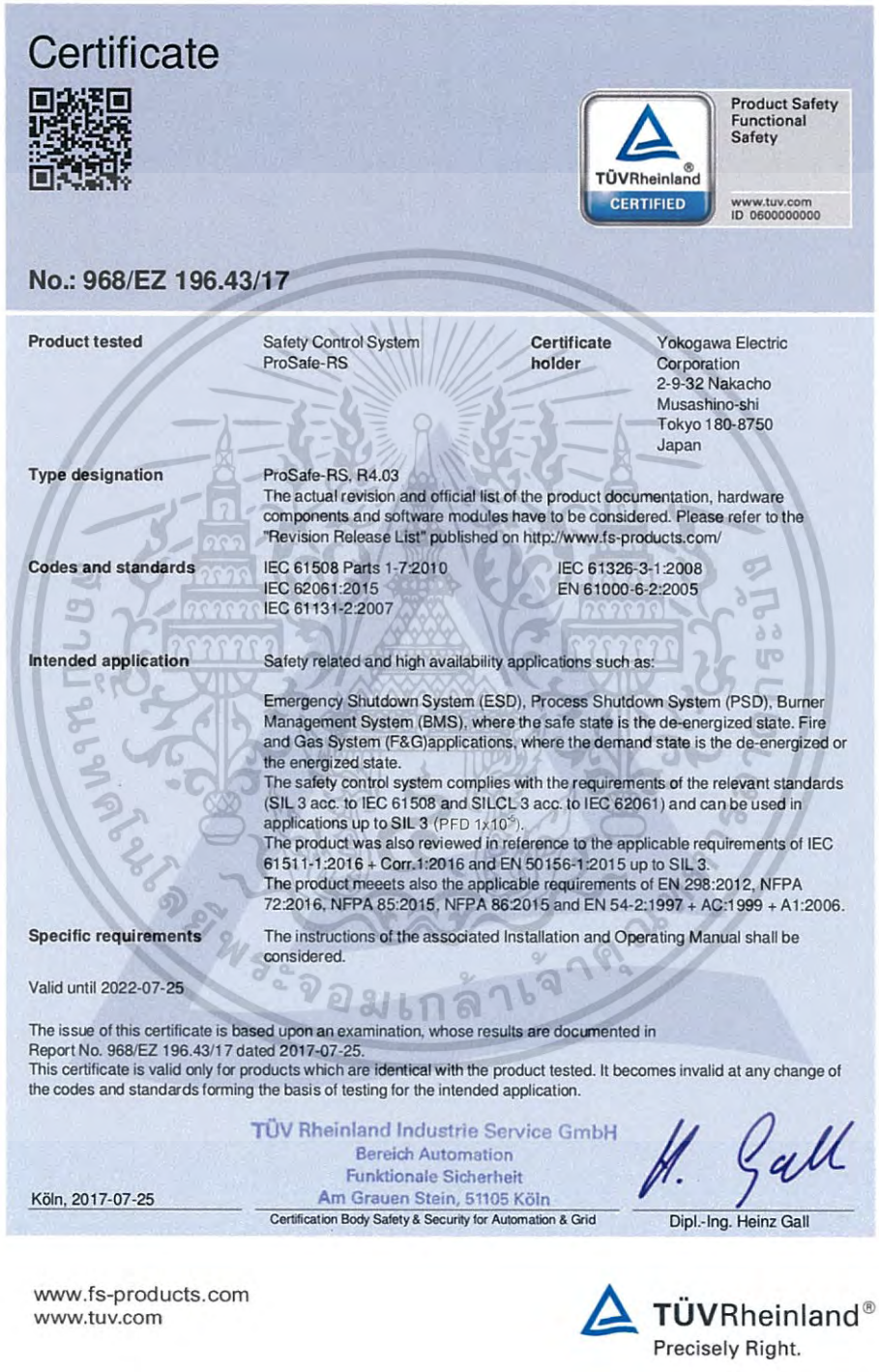
[4] Yokogawa Technical Report English Edition, “HARDWARE FEATURES OF THE ProSafe-RS”, No.40, 2005. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.yokogawa.com /library/resources/yokogawa-technical-reports/hardware-features-of-the-prosafe-rs/ (December 22, 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ใบรับรองอุปกรณ์ที่ใช้งาน



Certificate

TÜVRheinland CERTIFIED

Product Safety
Functional Safety

www.tuv.com
ID 0600000000

No.: 968/EZ 196.43/17

Product tested	Safety Control System ProSafe-RS	**Certificate holder**	Yokogawa Electric Corporation 2-9-32 Nakacho Musashino-shi Tokyo 180-8750 Japan
Type designation	ProSafe-RS, R4.03 The actual revision and official list of the product documentation, hardware components and software modules have to be considered. Please refer to the "Revision Release List" published on http://www.fs-products.com/		
Codes and standards	IEC 61508 Parts 1-7:2010 IEC 62061:2015 IEC 61131-2:2007		IEC 61326-3-1:2008 EN 61000-6-2:2005
Intended application	Safety related and high availability applications such as: Emergency Shutdown System (ESD), Process Shutdown System (PSD), Burner Management System (BMS), where the safe state is the de-energized state. Fire and Gas System (F&G)applications, where the demand state is the de-energized or the energized state. The safety control system complies with the requirements of the relevant standards (SIL 3 acc. to IEC 61508 and SILCL 3 acc. to IEC 62061) and can be used in applications up to SIL 3 (PFD $1x10^{-3}$). The product was also reviewed in reference to the applicable requirements of IEC 61511-1:2016 + Corr.1:2016 and EN 50156-1:2015 up to SIL 3. The product meeets also the applicable requirements of EN 298:2012, NFPA 72:2016, NFPA 85:2015, NFPA 86:2015 and EN 54-2:1997 + AC:1999 + A1:2006.		
Specific requirements	The instructions of the associated Installation and Operating Manual shall be considered.		

Valid until 2022-07-25

The issue of this certificate is based upon an examination, whose results are documented in Report No. 968/EZ 196.43/17 dated 2017-07-25.
This certificate is valid only for products which are identical with the product tested. It becomes invalid at any change of the codes and standards forming the basis of testing for the intended application.

Köln, 2017-07-25

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
Bereich Automation
Funktionale Sicherheit
Am Grauen Stein, 51105 Köln
Certification Body Safety & Security for Automation & Grid

H. Gall
Dipl.-Ing. Heinz Gall

www.fs-products.com
www.tuv.com

TÜVRheinland®
Precisely Right.

10/222 12. 12 E A4 ® TÜV, TUEV and TUV are registered trademarks. Utilisation and application requires prior approval.

TÜV Rheinland Industrie Service GmbH, Am Grauen Stein, 51105 Köln / Germany
Tel.: +49 221 806-1790, Fax: +49 221 806-1539, E-Mail: industrie-service@de.tuv.com

รูปที่ ก.1 แสดงใบรับรองส่วนประมวลผล Safety PLC (ProSafe-RS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate / Certificat Zertifikat / 合格証

ROS 1501149 C001

exida hereby confirms that the:

Rosemount™ 5408 Level Transmitter
(4-20 mA HART)

Rosemount Tank Radar
(an Emerson company)
Sweden

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT=1; Route 1_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The Rosemount 5408 Level Transmitter will measure Level within the stated safety accuracy.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

John C Gozallinas
Evaluating Assessor

Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

ROS 1501149 C001

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability:
The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.
A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:
The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Device, Route 1_H	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF
Rosemount™ 5408 Series Level Transmitter (4-20mA HART Non-Contact Radar)	0	260	737	79	92.7%

* FIT = 1 failure / 10^9 hours

SIL Verification:
The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{avg} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: ROS 15-01-149 R001 V1R1

Safety Manual: #00809-0100-4408, Rev AA and later

รูปที่ ก.2 แสดงใบรับรองอุปกรณ์วัดระดับในกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate / Certificat
Zertifikat / 合格証

YEC 1110046 C002

exida hereby confirms that the:

EJX Differential Pressure and Pressure Transmitter A Series and J Series

Yokogawa Electric Corporation Musashino-shi, Tokyo, Japan

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H

For models where SFF ≥ 90%

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The EJX Differential Pressure and Pressure Transmitter will measure pressure and output a 4-20 mA signal within the stated safety accuracy.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

Kiyoshi Takai
Evaluating Assessor

John C. Gozallinas
Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

YEC 1110046 C002

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)
Random Capability: Type B Element
SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H
For models where SFF ≥ 90%
SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H
PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability :

The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.

A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:

The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Device	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF[1]
EJX Differential Pressure and Pressure Transmitter, A Series and J Series, without Remote Seals [2]	0	54	331	39	90.8%

* FIT = 1 failure / 10^9 hours

SIL Verification:

The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{AVG} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: YEC 11-10-046 R004 V1R5
Safety Manual: IM01C25T01-06EN or IM01C25T03-01E, 6th ed. and above

[1] SFF is not required for devices certified using Route 2_H data. For information detailing the Route 2_H approach, refer to IEC 61508-2.

[2] Refer to the FMEDA Report (YEC 11/10-046 R001 V1R4) for the additional failure rates that apply when using the transmitter with attached Remote Seals.

รูปที่ ก.3 แสดงใบรับรองอุปกรณ์วัดความดันในกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Certificate / Certificat Zertifikat / 合格証

EFC 1103048 C001

exida hereby confirms that the:

A81 and A41 Valves

Emerson Process Management
Fisher Controls International LLC
Marshalltown, IA USA

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The Valve will move to the designed safe position per the actuator design within the specified safety time.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

Evaluating Assessor

Certifying Assessor

Page 1 of 2

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

EFC 1103048 C001

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability :

The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.
A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:

The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Application	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}
Full Stroke	0	0	0	596
Tight Shut-Off	0	0	0	1283
Open on Trip	0	122	0	475
Full Stroke with PVST**	0	0	290	306
Tight Shut-Off with PVST	0	0	292	991
Open on Trip with PVST	0	122	307	168

* FIT = 1 failure / 10^9 hours
** PVST = Partial Valve Stroke Test of a final element Device

SIL Verification:

The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{avg} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: EFC 11/03-048 R002 V2R2

Safety Manual: D103397X012 for A81 Valves

Safety Manual: D103546X012 for A41 Valves

Page 2 of 2

รูปที่ ก.4 แสดงใบรับรองอุปกรณ์ตัวสุดท้ายในกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The manufacturer may use the mark:

exida CERTIFIED IEC 61508 SIL 3 CAPABLE

Valid until July 1, 2018
Revision 1.4 July 20, 2015

ANSI Accredited Program
PRODUCT CERTIFICATION
#1004

Certificate / Certificat Zertifikat / 合格証

YEC 1110046 C001

exida hereby confirms that the:

EJA Differential Pressure and Pressure Transmitter E Series and J Series

Yokogawa Electric Corporation
Musashino-shi, Tokyo, Japan

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H

For models where SFF ≥ 90%

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The EJA Differential Pressure and Pressure Transmitter will measure pressure and output a 4-20 mA signal within the state safety accuracy.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

Kiyoshi Takai
Evaluating Assessor

John C. Gallinaro
Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

YEC 1110046 C001

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)
Random Capability: Type B Element
SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 1_H
For models where SFF ≥ 90%
SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H
PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability :

The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.

A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:

The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Device	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}	SFF[1]
EJA Differential Pressure and Pressure Transmitter, E Series and J Series, without Remote Seals [2]	0	54	331	39	90.8%

* FIT = 1 failure / 10^9 hours

SIL Verification:

The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{AVG} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: YEC 11-10-046 R003 V1R5
Safety Manual: IM01C25T01-06EN or IM01C25T03-01E, 6th ed. and above

[1] SFF is not required for devices certified using Route 2_H data. For information detailing the Route 2_H approach, refer to IEC 61508-2.

[2] Refer to the FMEDA Report (YEC 11/10-046 R002 V1R3) for the additional failure rates that apply when using the transmitter with attached Remote Seals.

รูปที่ ก.5 แสดงใบรับรองอุปกรณ์การวัดในกระบวนการแยกสารแขวนลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

exida

The manufacturer may use the mark:

exida CERTIFIED IEC 61508 SIL 3 CAPABLE

Revision 2.1 November 30, 2016
Surveillance Audit Due
December 1, 2019

ANSI

ANSI Accredited Program
PRODUCT CERTIFICATION
#1004

Certificate / Certificat
Zertifikat / 合格証

HON 1002038 C001

exida hereby confirms that the:

SmartLine ST 800 HART
Pressure Transmitter

Honeywell International Inc.
Honeywell Field Products
Fort Washington, PA 19034 - USA

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The ST 800 HART Pressure Transmitter with 4-20 mA 2-wire interface will measure pressure within the stated safety accuracy.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

John C Gozallinas
Evaluating Assessor

Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

HON 1002038 C001

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type B Element

SIL 2 @ HFT=0; SIL 3 @ HFT = 1; Route 2_H

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability:
The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.
A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:
The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Device	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}
ST 800 Pressure Transmitter HART with 4-20mA	0	40	364	42

* FIT = 1 failure / 10^9 hours

SIL Verification:
The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{avg} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: HON 10-02-038 R006 V1 R4

Safety Manual: Doc # 34-ST-25-37

รูปที่ ก.6 แสดงใบรับรองอุปกรณ์การวัดในกระบวนการแยกสารแขวนลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

exida

The manufacturer may use the mark:

exida CERTIFIED IEC 61508 SIL 3 CAPABLE

Revision 2.0 December 23, 2016
Surveillance Audit Due
January 1, 2020

ANSI

ANSI Accredited Program
PRODUCT CERTIFICATION
#1004

Certificate / Certificat Zertifikat / 合格証

FLO 1301106 C001

exida hereby confirms that the:

Mark One Series Valves

Flowserve Corporation
Springville, UT – USA
(Certificate Holder)

Has been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The Valve will move to the designed safe position per the actuator design within the specified safety time.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

Evaluating Assessor

Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

FLO 1301106 C001

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability :
The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.
A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:
The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT[1], Clean Service

Device	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}
Close on Trip	0	0	0	542
Tight Shut Off	0	0	0	1293
Open on Trip	0	235	0	307
Close on Trip, with automated PVST[2]	0	0	164	378
Tight Shut Off, with automated PVST	0	0	164	1129
Open on Trip, with automated PVST	235	0	164	143

[1] FIT = 1 failure / 10^9 hours

[2] PVST = Partial Valve Stroke Test of a final element Device

SIL Verification:
The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{avg} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: FLO 13/01-106 R001 V2 R1 (or later)

Safety Manual: SIL Safety Guide Valtek Mark Series

รูปที่ ก.7 แสดงใบรับรองอุปกรณ์ตัวสุดท้ายในกระบวนการแยกสารแขวนลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

exida

The manufacturer may use the mark:

exida CERTIFIED IEC 61508 SIL 3 CAPABLE

Revision 1.2 March 20 2018
Surveillance Audit Due
April 1, 2021

IAF ANSI

ANSI Accredited Program
ISO/IEC 17065
PRODUCT CERTIFICATION BODY
#1004

Certificate / Certificat
Zertifikat / 合格証

AZB 1709055 C002

exida hereby confirms that the:

Model AGVB, AGVM, HLS, HLC,HTS, HSC & HPS
Globe Type Single-Seated Control Valves

Azbil Corporation
Fujisawa, Kanagawa-Japan

Have been assessed per the relevant requirements of:

IEC 61508 : 2010 Parts 1-7

and meets requirements providing a level of integrity to:

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Safety Function:
The Globe Type Single-Seated Control Valves will move to the designed safe position per the actuator design within the specified safety time.

Application Restrictions:
The unit must be properly designed into a Safety Instrumented Function per the Safety Manual requirements.

Evaluating Assessor

Certifying Assessor

Certificate / Certificat / Zertifikat / 合格証

AZB 1709055 C002

Systematic Capability: SC 3 (SIL 3 Capable)

Random Capability: Type A, Route 2_H Device

PFD_{AVG} and Architecture Constraints must be verified for each application

Systematic Capability:
The product has met manufacturer design process requirements of Safety Integrity Level (SIL) 3. These are intended to achieve sufficient integrity against systematic errors of design by the manufacturer.
A Safety Instrumented Function (SIF) designed with this product must not be used at a SIL level higher than stated.

Random Capability:
The SIL limit imposed by the Architectural Constraints must be met for each element. This device meets *exida* criteria for Route 2_H.

IEC 61508 Failure Rates in FIT*

Static Application	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}
Full Stroke, Clean Service	0	0	0	443
Tight Shut-Off, Clean Service	0	0	0	1052
Open on Trip, Clean Service	0	136	0	306
Full Stroke with PVST†, Clean Service	0	0	143	300
Tight Shut-Off with PVST, Clean Service	0	0	143	909
Open on Trip with PVST, Clean Service	135	1	143	163
Full Stroke, Severe Service	0	0	0	800
Tight Shut-Off, Severe Service	0	0	239	561
Open on Trip, Severe Service	0	0	0	2011
Full Stroke with PVST, Severe Service	0	0	239	1772
Tight Shut-Off with PVST, Severe Service	0	272	0	528
Open on Trip with PVST, Severe Service	269	3	239	289
Dynamic Applications	λ_{SD}	λ_{SU}	λ_{DD}	λ_{DU}
Full Stroke, Clean Service	0	0	0	266
Tight Shut-Off, Clean Service	0	0	0	873
Open on Trip, Clean Service	0	133	0	133
Full Stroke with PVST, Clean Service	0	0	40	226
Tight Shut-Off with PVST, Clean Service	0	0	40	833
Open on Trip with PVST, Clean Service	132	1	40	93
Full Stroke, Severe Service	0	0	0	501
Tight Shut-Off, Severe Service	0	0	0	1715
Open on Trip, Severe Service	0	266	0	235
Full Stroke with PVST, Severe Service	0	0	65	436
Tight Shut-Off with PVST, Severe Service	0	0	65	1650
Open on Trip with PVST, Severe Service	263	3	65	170

* FIT = 1 failure / 10^9 hours
† PVST = Partial Valve Stroke Test of a final element Device

SIL Verification:
The Safety Integrity Level (SIL) of an entire Safety Instrumented Function (SIF) must be verified via a calculation of PFD_{avg} considering redundant architectures, proof test interval, proof test effectiveness, any automatic diagnostics, average repair time and the specific failure rates of all products included in the SIF. Each element must be checked to assure compliance with minimum hardware fault tolerance (HFT) requirements.

The following documents are a mandatory part of certification:

Assessment Report: AZB 17/09-055 R004 V1R3 (or later)

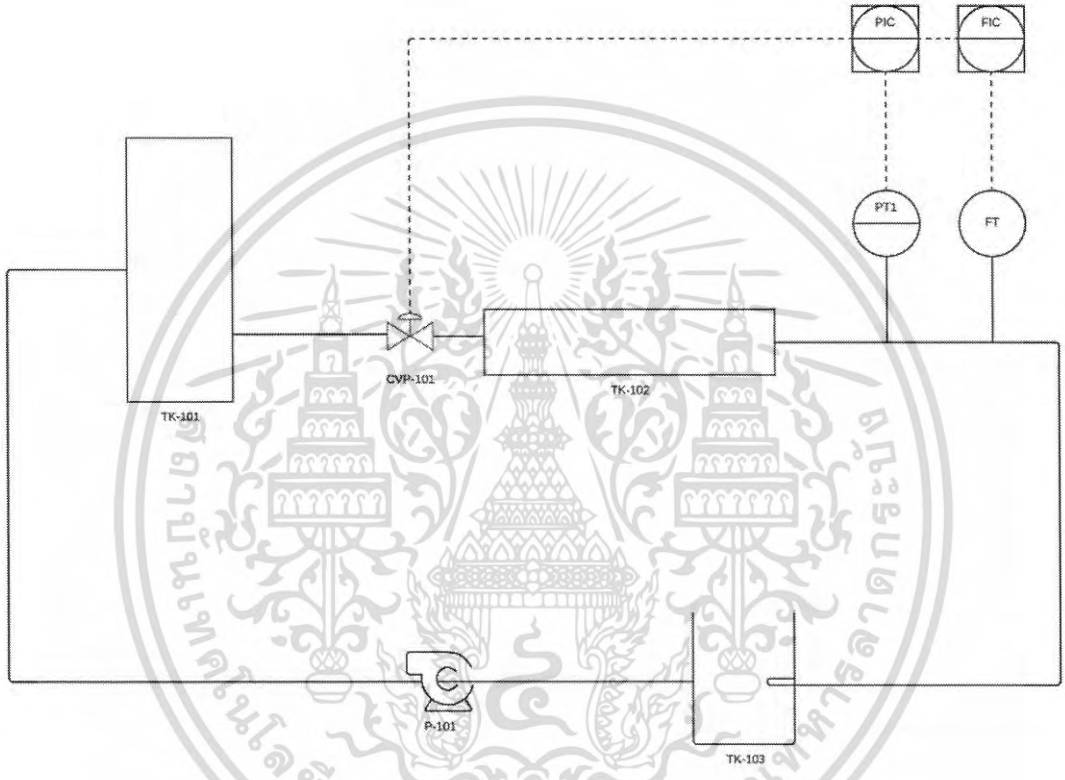
Safety Manual: CM2-CVG400-2001-001 1st Ed.or above

รูปที่ ก.8 แสดงใบรับรองอุปกรณ์ตัวสุดท้ายในกระบวนการแยกสารแขวนลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

แผนภาพกระบวนการควบคุมระดับน้ำในถังและกระบวนการแยกสารแขวนลอย



รูปที่ ข.1 แสดงแผนภาพกระบวนการควบคุมระดับน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างแบบแปลนของเครื่องอัดก๊าซธรรมชาติ

รูปที่ 3.3 แสดงแบบกระบวนการทำงานของเครื่องอัดก๊าซ

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างแบบแปลนระบบท่อกระบวนการของเครื่องอัดก๊าซ 2 ชั้น

รูปที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์ในระบบการผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 9 ต.ค. 2568

รูปที่ ๒.๗ แสดงตัวอย่างแบบแปลนระบบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติ ๕

ภาคผนวก ค.

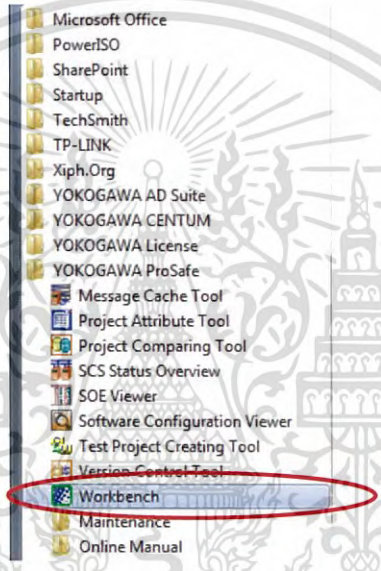
คู่มือการใช้โปรแกรม ProSafe-RS

PART A : การสร้างโปรเจคใหม่

1. Creation a new project

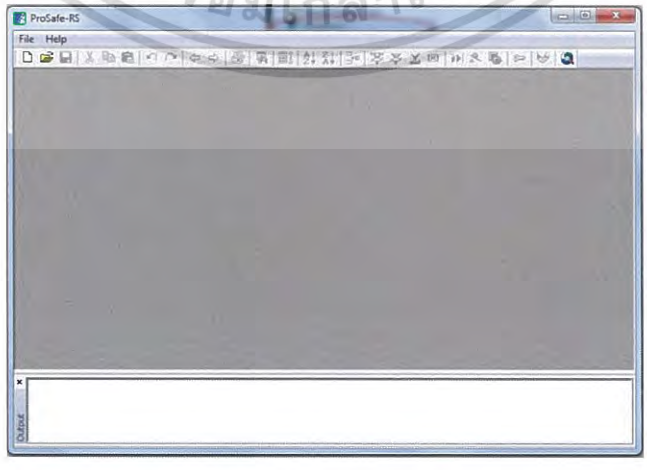
สร้าง SCS Project โดยการเปิด ‘ Workbench ’ จาก Window start menu

Start > all program > YOGOGAWA ProSafe > Workbench



รูปที่ ค.1 แสดงการเข้าโปรแกรม ProSafe-RS

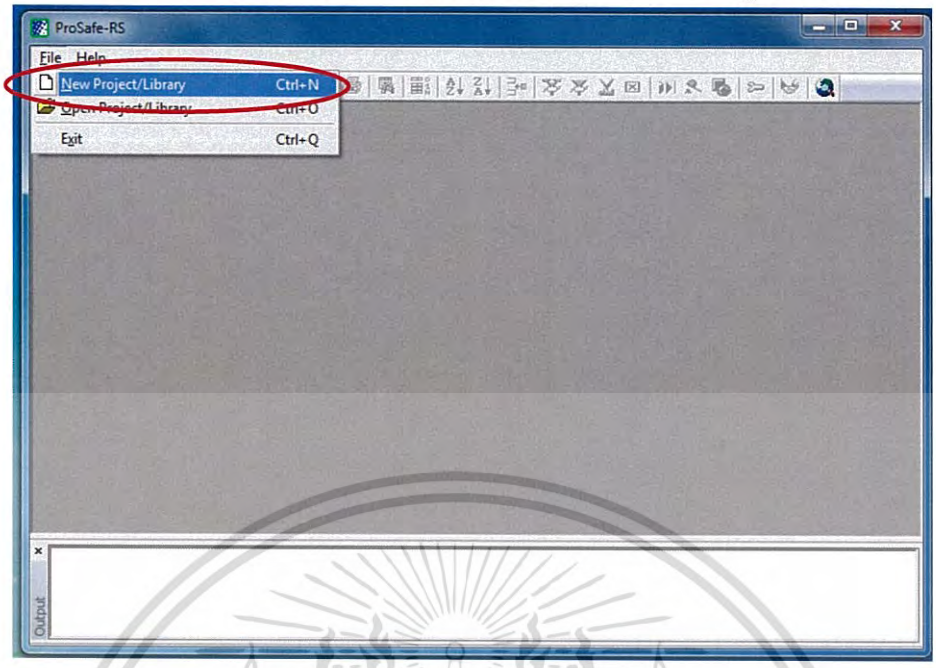
จะปรากฏหน้าต่าง ดังนี้



รูปที่ ค.2 แสดงหน้าต่างการใช้โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือก File > New project / Libraryจะปรากฏหน้าต่างขึ้นมา



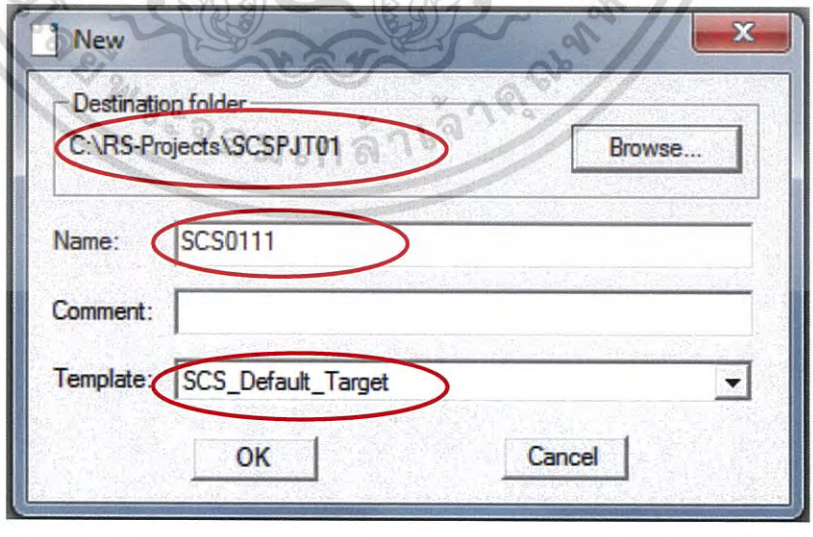
รูปที่ ค.3 แสดงการสร้างโปรเจคใหม่

1.1 ทำการเลือก **[Browse]** จากนั้นเลือก folder > **c:\RS-Projects\SCSPJT01**

1.2 ใส่ชื่อ **[Name]** โดยควรจะเป็น “SCSddss” (dd : Domain No. and ss : Station No.)

Name : SCS0111

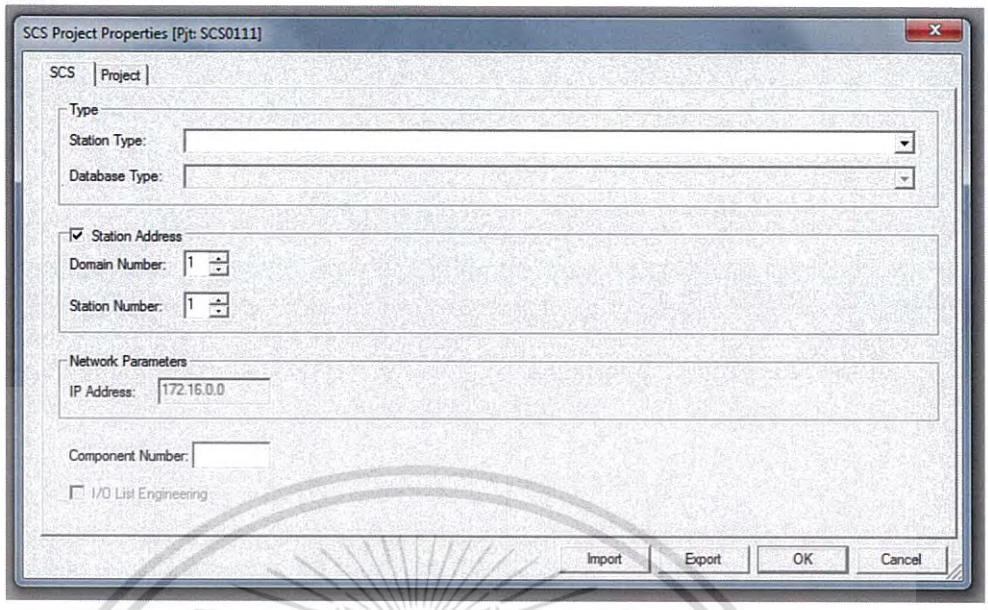
1.3 กดเลือก “SCS_Default_Target” สำหรับ [Template] ดังรูป



รูปที่ ค.4 แสดงการใส่ชื่อโปรเจค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 เมื่อกด [OK] จะปรากฏหน้าต่างดังรูป

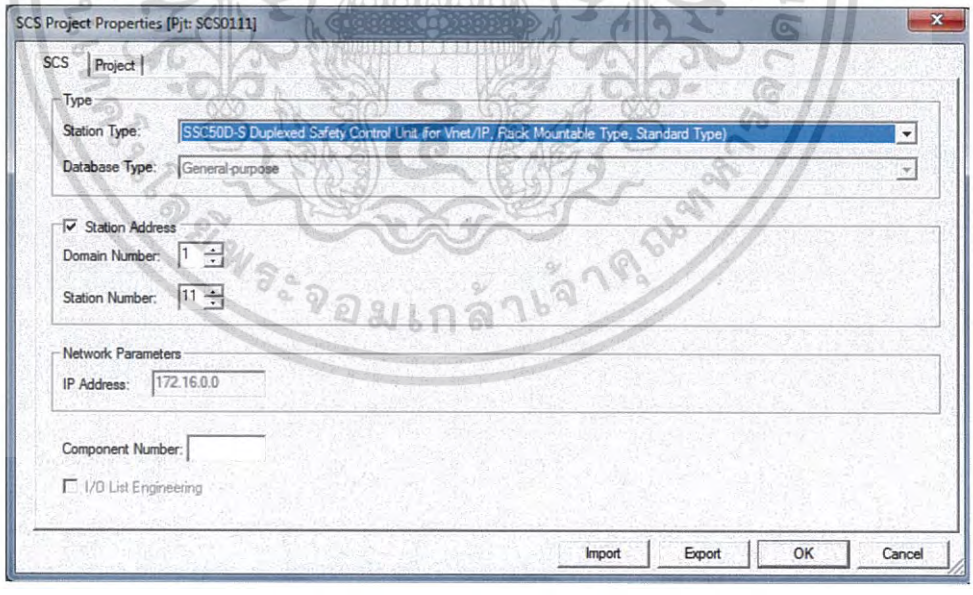


รูปที่ ค.5 แสดงหน้าต่างการเลือก address

1.5 ทำการเลือก **SCS** tab

[Station Type] : SCS50D-S Duplexed Safety Control Unit

[Station Address] : Domain No:1 , Station No:11



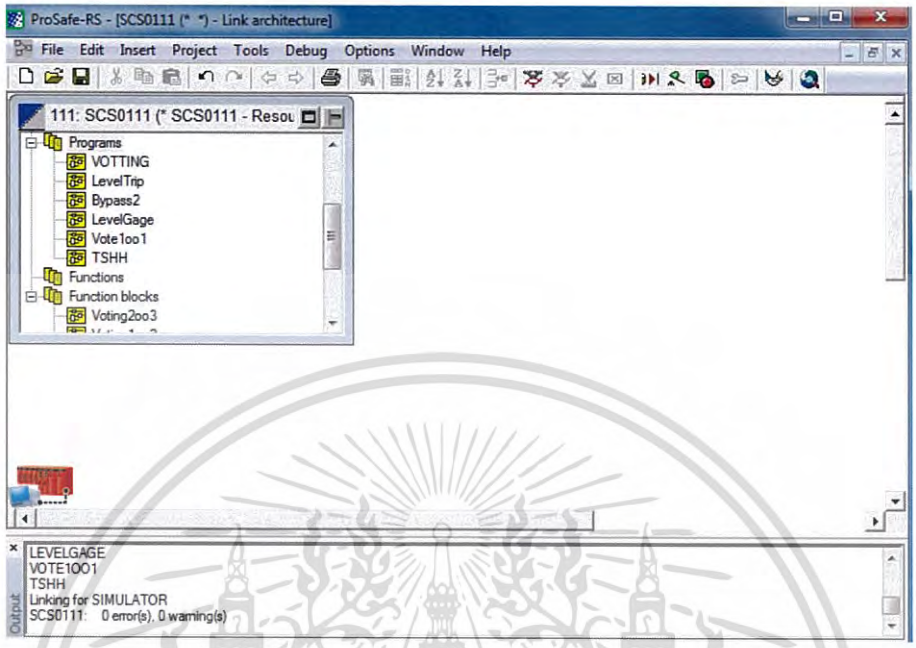
รูปที่ ค.6 แสดงการใส่เลข Domain , Station

1.6 จากนั้นกด [OK] จะปรากฏหน้า Link architecture ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Link Architecture View

สัญลักษณ์คือ โดยเป็นการแสดงกราฟฟิกของแหล่งที่มาของโปรเจ็คและเป็นแหล่งที่มาของการข้อมูลที่เชื่อมกัน



รูปที่ ค.7 แสดงหน้าต่าง Link Architecture View

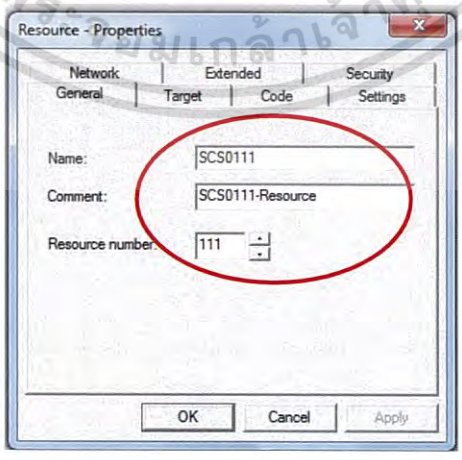
2.1 เข้าไปที่ **Edit** เลือก **Properties** จะขึ้นหน้า 'Resource-properties' ขึ้นมา

2.2 กดที่ **General** tab

[Name] : SCS0111

[Comment] : SCS0111-Resource

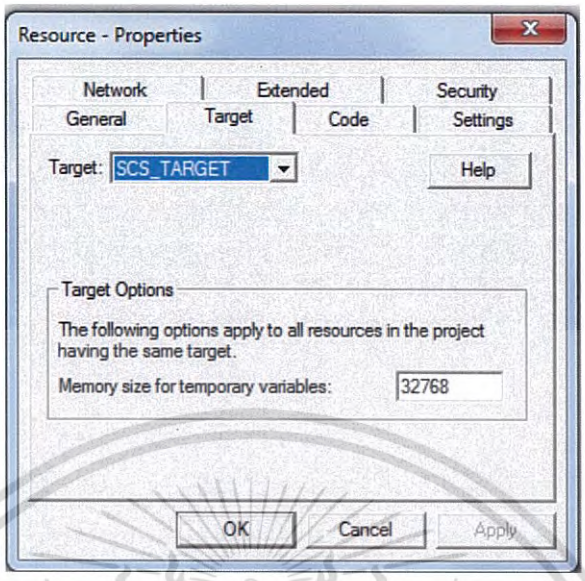
[Resource number] : 111



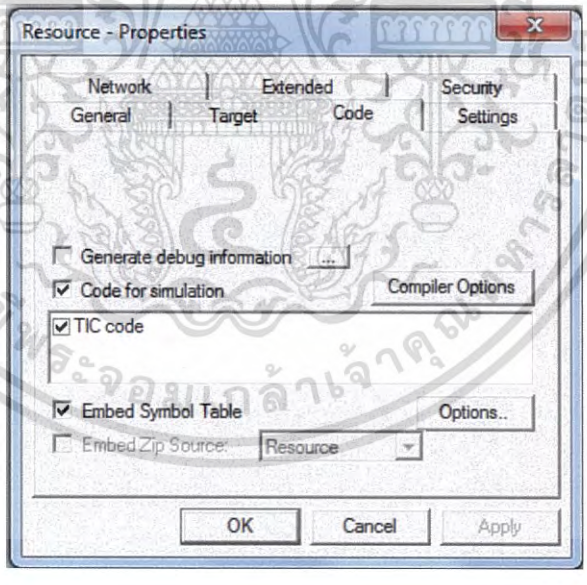
รูปที่ ค.8 แสดงหน้าต่างการใส่ชื่อหัวข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 จากนั้นกดที่ Target และ Code Tab



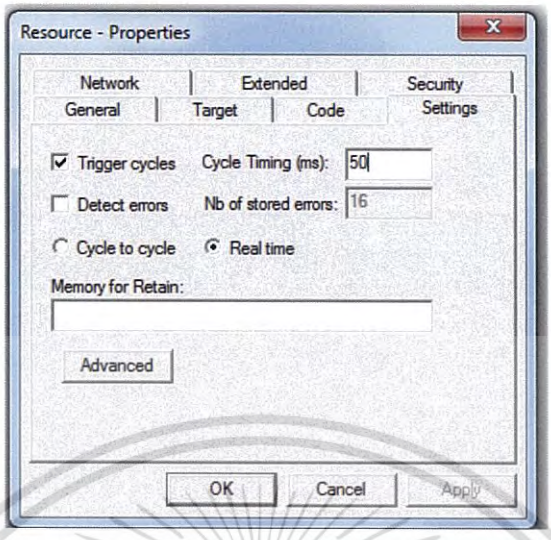
รูปที่ ค.9 แสดงหน้าต่าง Target



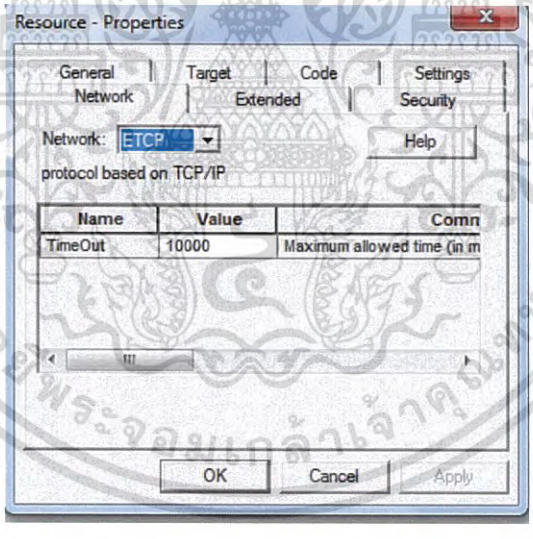
รูปที่ ค.10 แสดงหน้าต่าง Code

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กดที่ **Settings** tab ที่ [Cycle Timing] : 50 และกดที่ **Network** tab



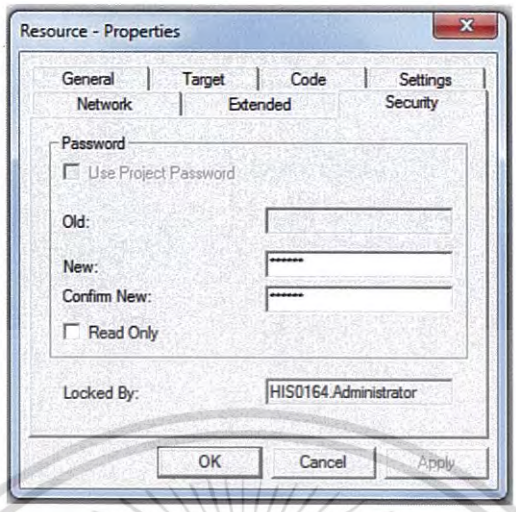
รูปที่ ค.11 แสดงหน้าต่าง Settings



รูปที่ ค.12 แสดงหน้าต่าง Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สำหรับที่ต้องการความปลอดภัยให้เลือก Security Tab จากนั้นกด [OK]

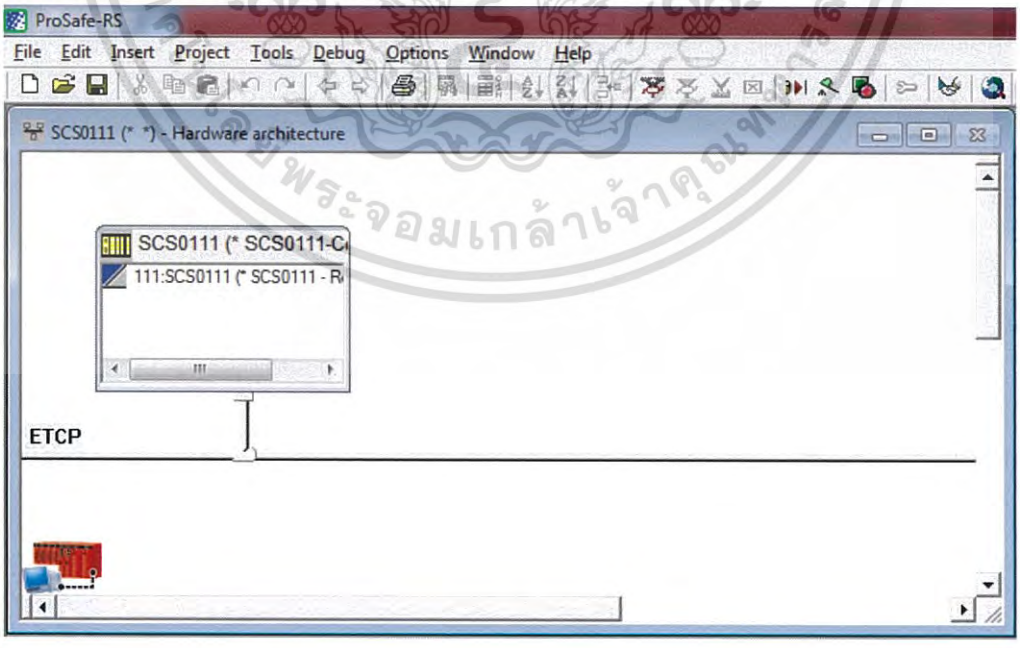


รูปที่ ค.13 แสดงหน้าต่าง Security

3. Hardware Architecture View

สัญลักษณ์คือ ทำหน้าที่ในการแสดงกราฟฟิกของการ configuration ของโปรเจค และการเชื่อม Network ระหว่างการ Configuration

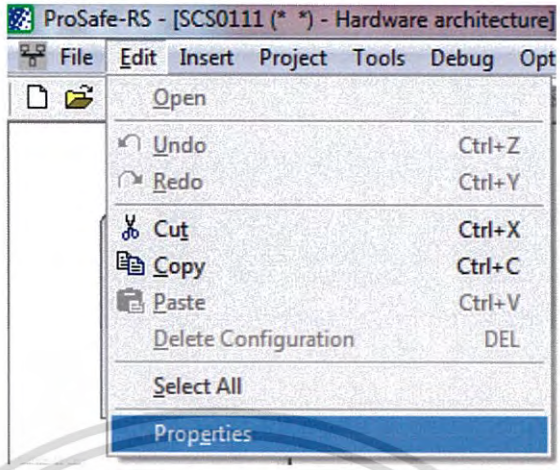
3.1 คลิกที่ [Hardware architecture] จะปรากฏดังรูป



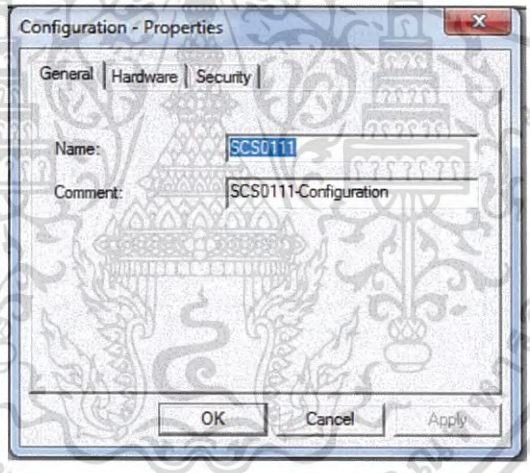
รูปที่ ค.14 แสดงหน้าต่าง Hardware Architecture View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 คลิกที่ Edit เลือก Properties จะปรากฏหน้าต่าง ‘Configuration-properties’ ขึ้นมา



รูปที่ ค.15 แสดงการเลือก Properties



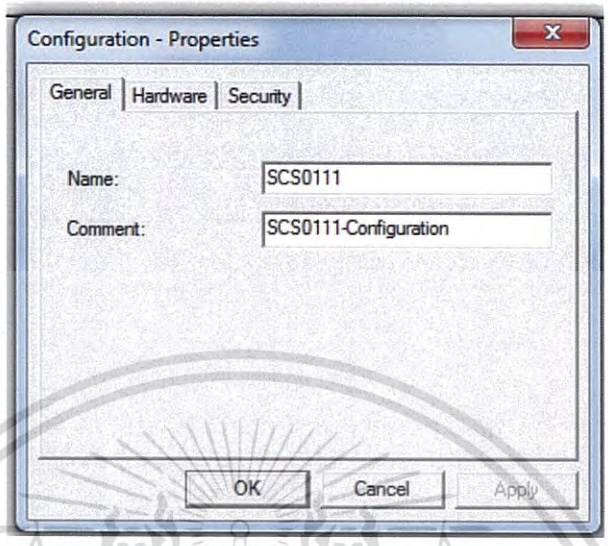
รูปที่ ค.16 หน้าต่าง Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ใส่ **[Name]** ใน **General** Tab ดังนี้

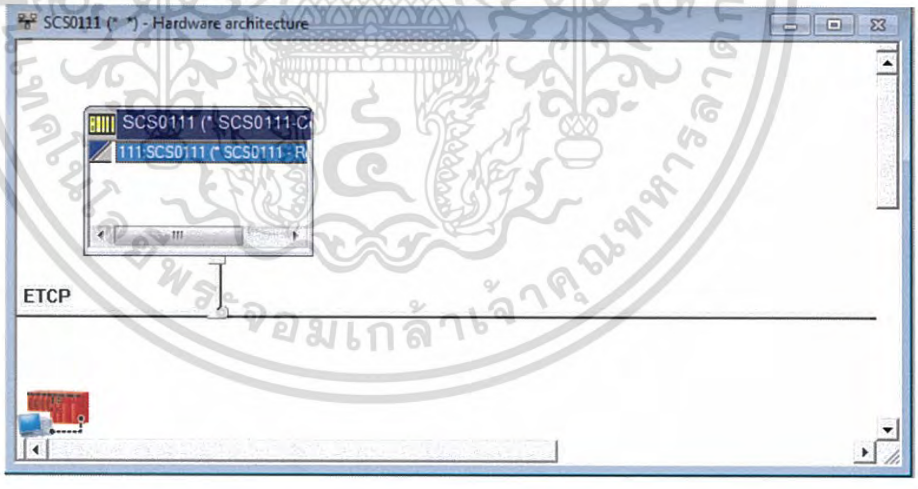
[Name] : SCS0111

[Comment] : SCS0111-Configuration



รูปที่ ค.17 แสดงการใส่ชื่อใน General Tab

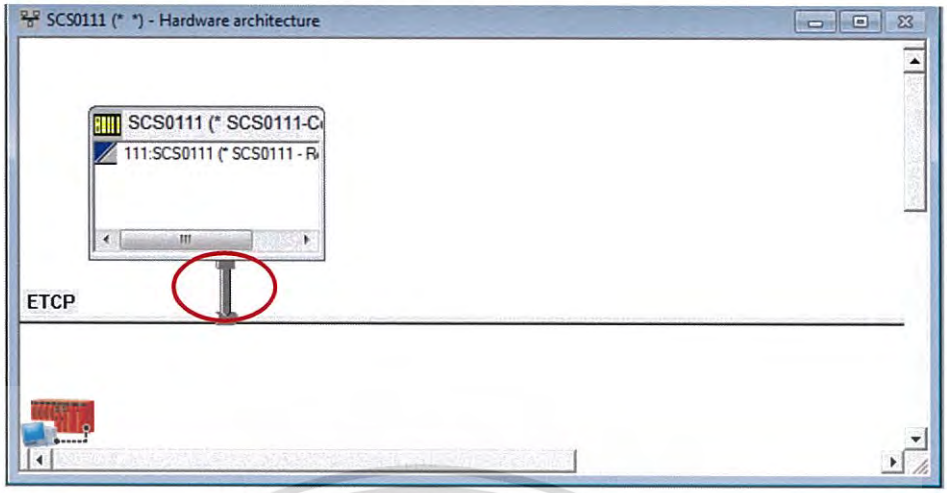
3.4 จากนั้นกด [OK] จะได้ดังรูป



รูปที่ ค.18 แสดงหน้าต่าง Hardware architecture

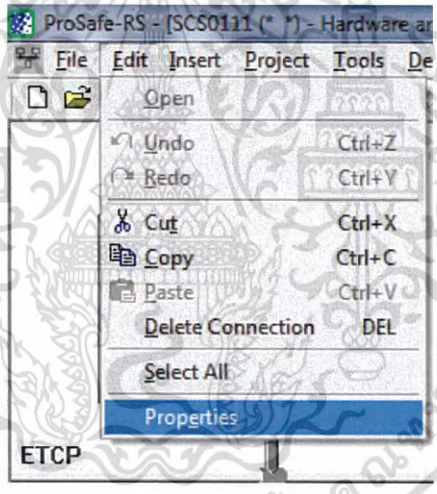
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ทำการ Set IP address โดยการ คลิกตามที่วงกลม



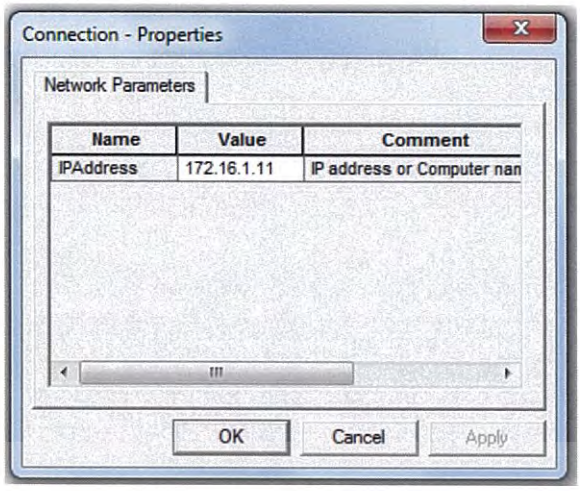
รูปที่ ค.19 แสดงหน้าต่างการเลือก Set IP address

3.6 ทำการ กด Edit > Properties และ จะปรากฏหน้าต่าง 'Connection-Properties'



รูปที่ ค.20 แสดงการเลือก Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

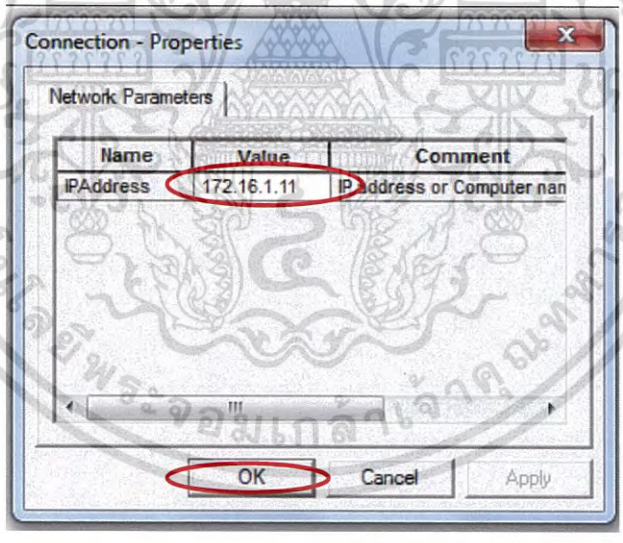


รูปที่ ค.21 แสดงหน้า Network Parameters

3.7 Set IP address สำหรับ Vnet ของ SCS0111 แล้วกด [OK]

IP address : [172.16.dd.ss] (โดย dd : Domain No. และ ss : Station No.)

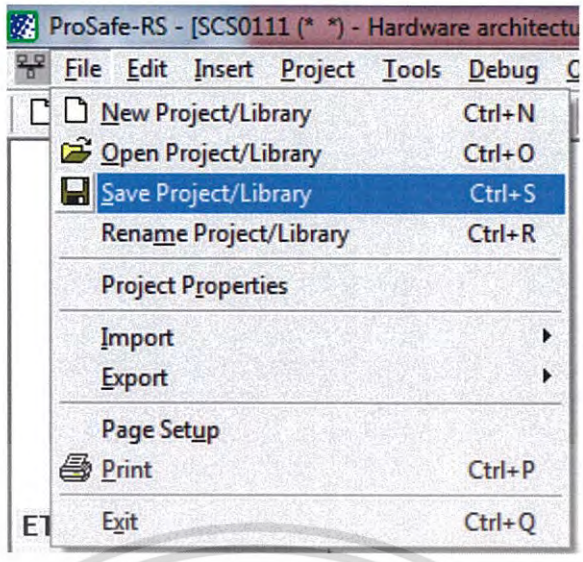
IP address : 172.16.1.11



รูปที่ ค.22 แสดงหน้า IP Address

3.8 จากนั้น เลือก **File** > เลือก **Save Project/Library**

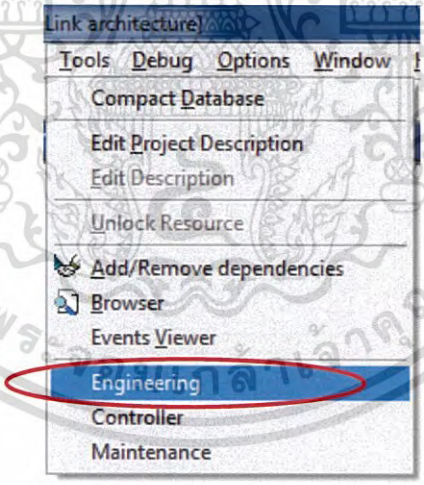
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.23 แสดงการ Save

4. SCS Constants Builder

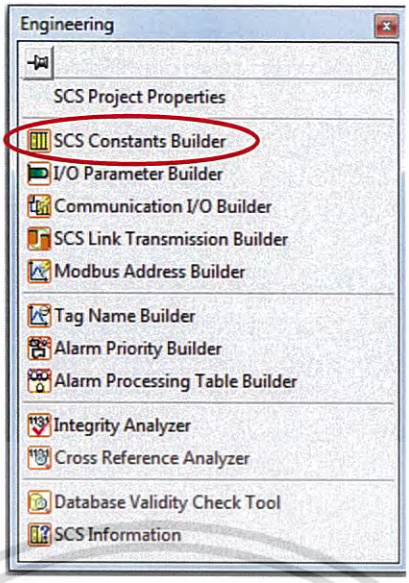
4.1 เลือก Tool > Engineering



รูปที่ ค.24 แสดงการเลือก Engineering

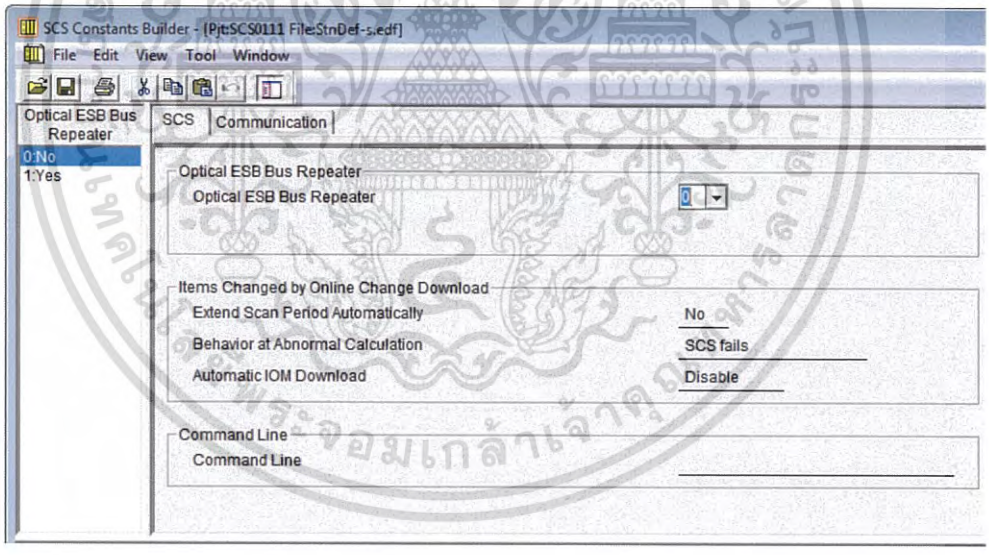
4.2 จะปรากฏหน้าต่าง 'Engineering' และทำการเลือก [SCS Constants Builder]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.25 แสดงการเลือก SCS Constants Builder

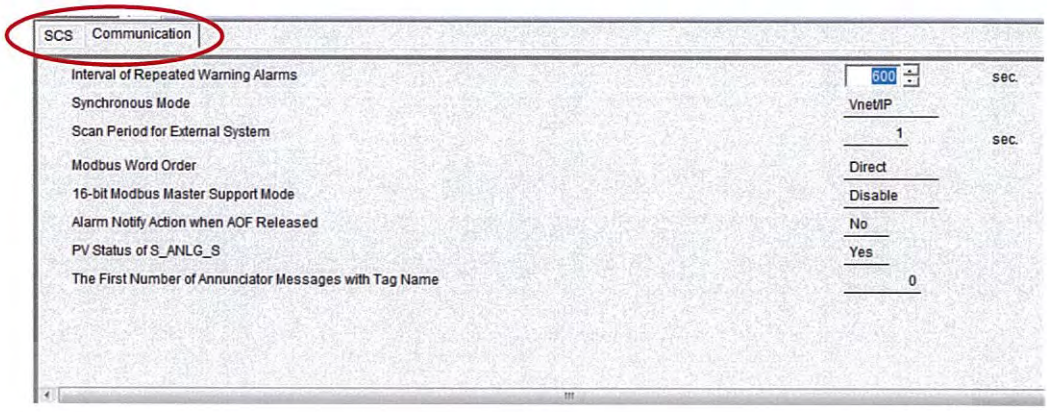
4.3 จะปรากฏหน้าต่าง 'SCS Constants Builder'



รูปที่ ค.26 แสดงหน้าต่าง SCS Constants Builder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทำการเลือก **Communication** Tab แล้วใส่ค่าตาม **รูปที่ 26(ค)**



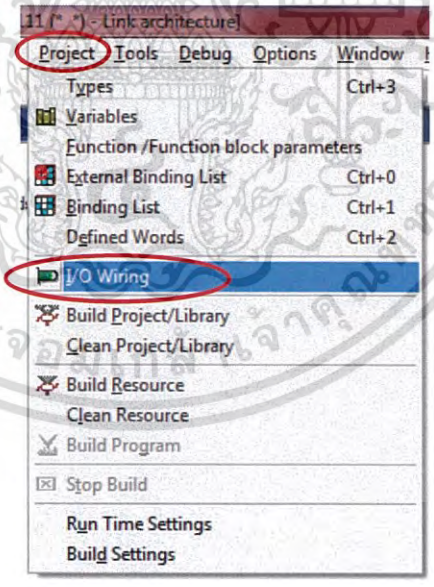
รูปที่ ค.27 แสดงหน้าต่าง **Communication**

4.5 ทำการ Save จากนั้น ปิดหน้าต่างนี้ไป

5. I/O definition

5.1 การกำหนด input/output modules ใน I/O wiring

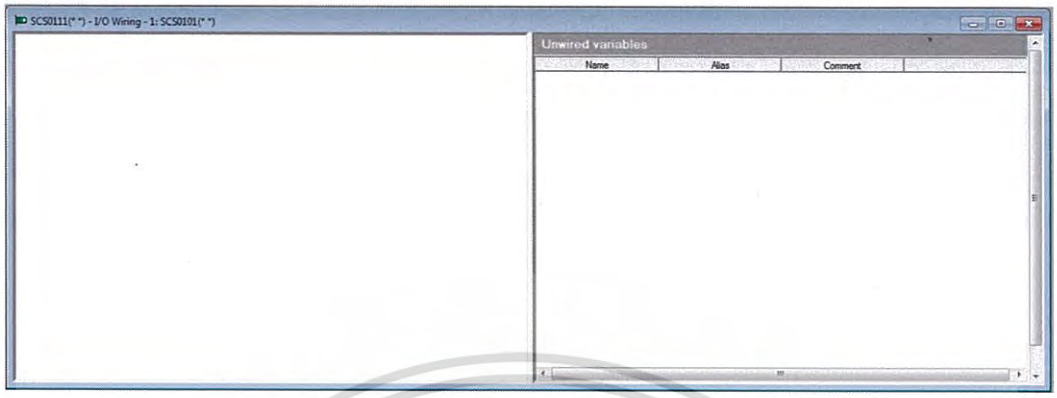
5.1.1 เปิดหน้า Link architecture > เลือก Project > I/O wiring



รูปที่ ค.28 แสดงการเปิดหน้าต่าง I/O Wiring

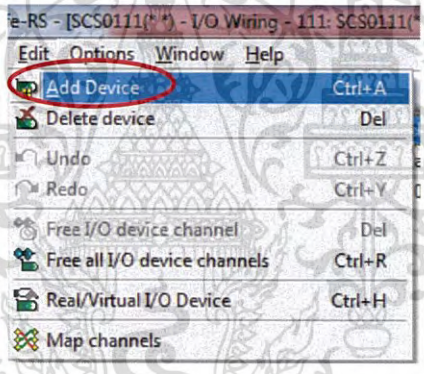
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 จะปรากฏหน้าต่าง ‘I/O wiring’

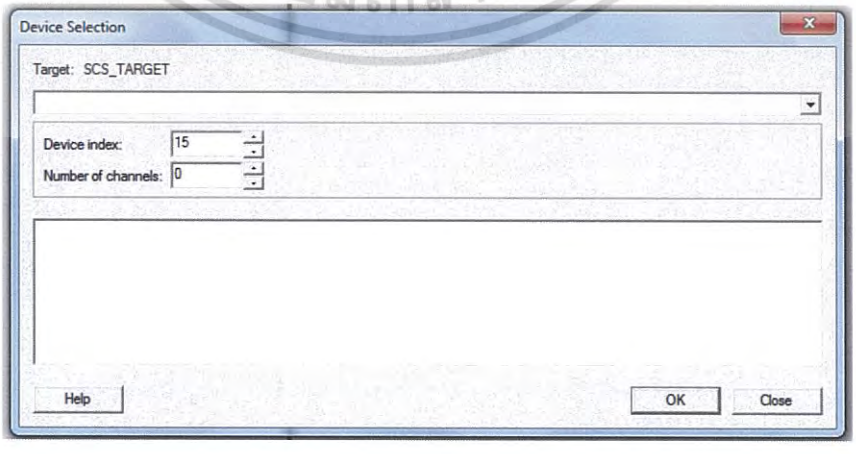


รูปที่ ค.29 แสดงหน้าต่าง I/O Wiring

5.1.3 คลิก Edit เลือก Add device จะปรากฏหน้าต่าง ‘Device Selection’



รูปที่ ค.30 แสดงการเพิ่มการ์ดอุปกรณ์



รูปที่ ค.31 แสดงหน้าต่าง Device Selection

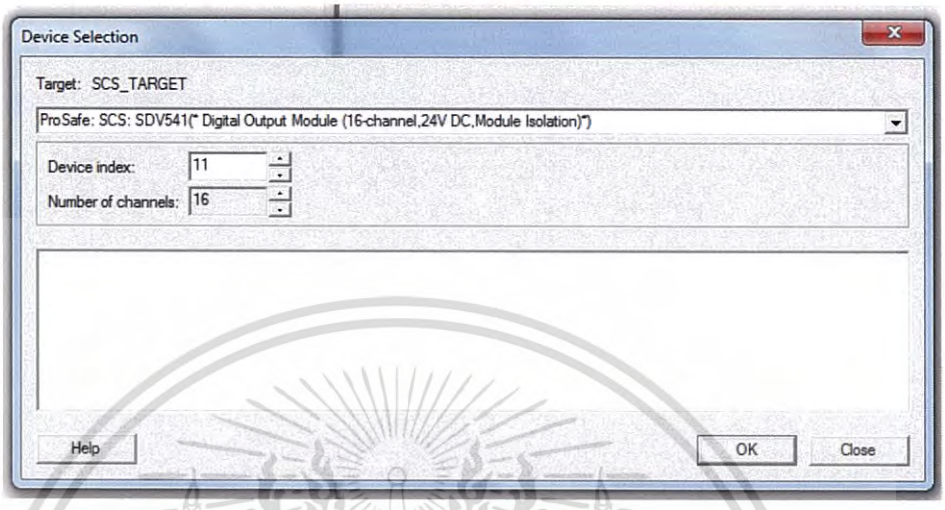
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ทำการเลือก SCS: SDV541(* Digital Output Module)

[Number of channels] : 16

[Device Index] : 11

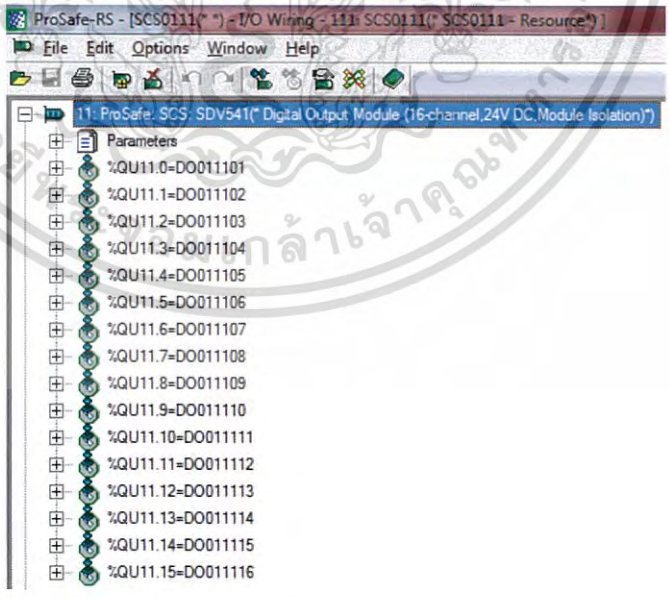
(Device index : [ns] , n : node number / s : slot number



รูปที่ ค.32 แสดงการเลือกการ์ดอินพุต

5.1.5 คลิก [OK] จะปรากฏหน้า tree view

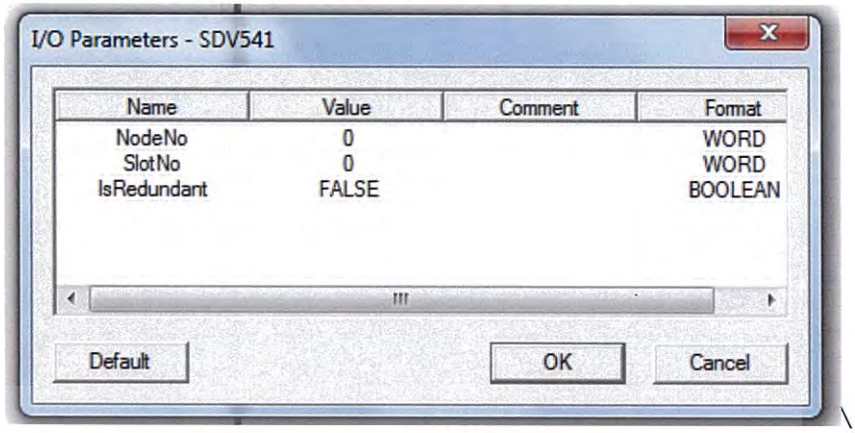
5.1.6 กด [+] ของ **[11:Prosafe : SCS : SDV541]** สำหรับ **Digital output** จะปรากฏดังรูป



รูปที่ ค.33 แสดง channel ของการ์ดที่เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

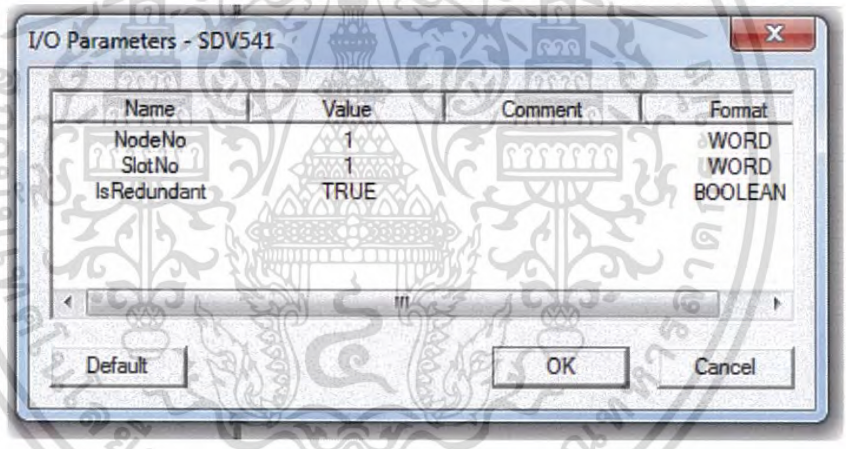
5.1.7 Double click ที่ **[Parameter]** จะเกิดหน้า 'I/O Parameters'



รูปที่ ค.34 แสดง I/O Parameter ของการ์ดที่เลือก

5.1.8 Set ค่า [Node No.] และ [Slot No.] ให้เท่ากับ 1

สำหรับ [Is Redundant] : [True] จะเป็นดังรูป แล้วกด [OK]



รูปที่ ค.35 แสดงการเปลี่ยน Node , Slot ของ I/O Parameter ของการ์ดที่เลือก

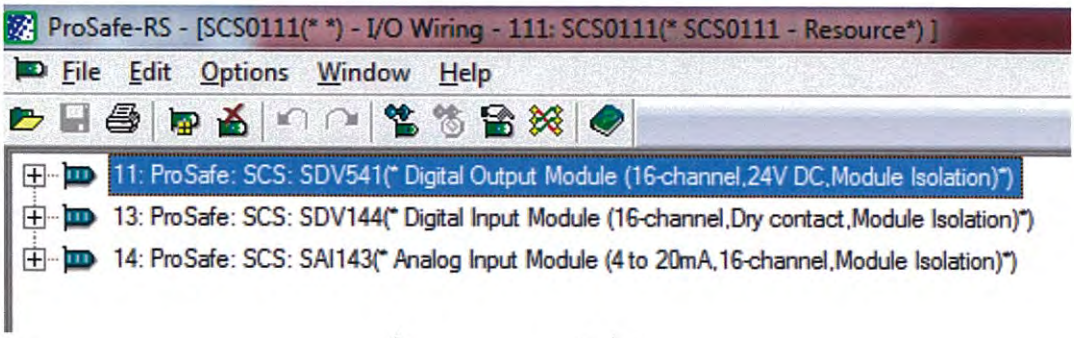
5.1.9 ทำการเลือกการ์ด

SDV144 : Device Index = 13 , Node 1 , Slot 3 , IsRedundant = FALSE สำหรับ Digital input

SAI143 : Device Index = 14 , Node 1 , Slot 4 , IsRedundant = FALSE สำหรับ Analog Input

จะปรากฏดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

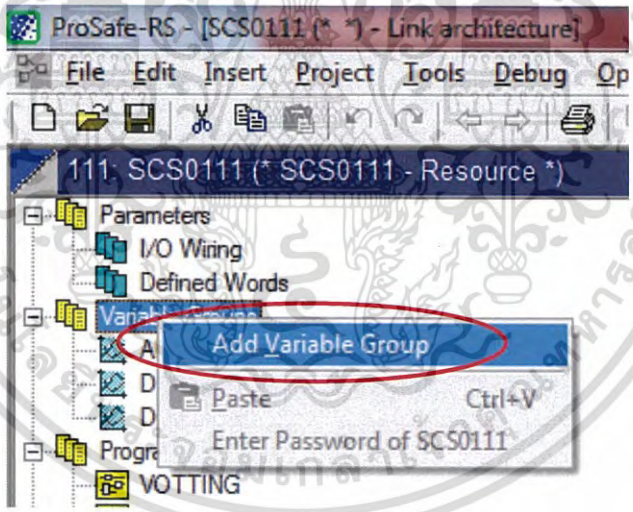


รูปที่ ค.36 แสดงการ์ดที่เลือก

5.1.10 ทำการ File > เลือก Save I/O และปิดหน้าต่างนี้

5.2 กำหนด Input/Output ใน Dictionary view

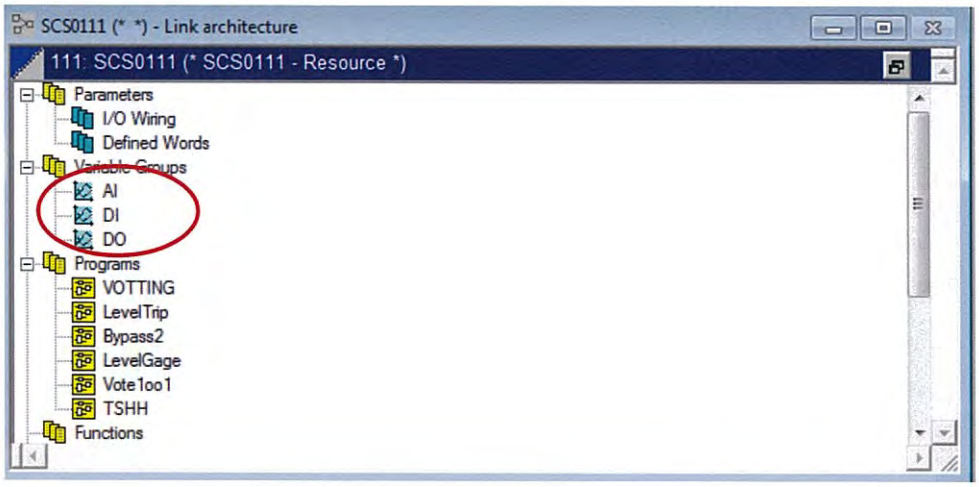
5.2.1 เข้าที่หน้า Link architecture ทำการคลิกขวาที่ **[Variable Group]** แล้วเลือก **[Add Variable Group]**



รูปที่ ค.37 แสดงการเพิ่ม Input/Output

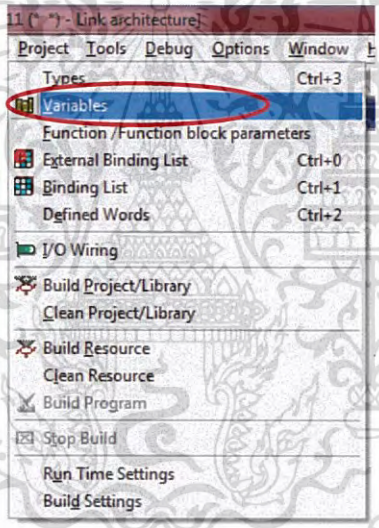
5.2.2 rename Group เป็น AI,DI,DO จากนั้น กด File > Save

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



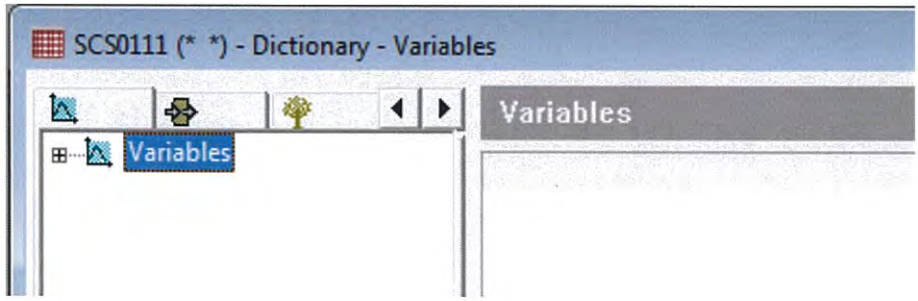
รูปที่ ค.38 แสดง AI/DI/DO

5.2.3 กำหนดตัวแปร input/output โดยการกด [Project] > [Variable]



รูปที่ ค.39 แสดงการเลือก Variable

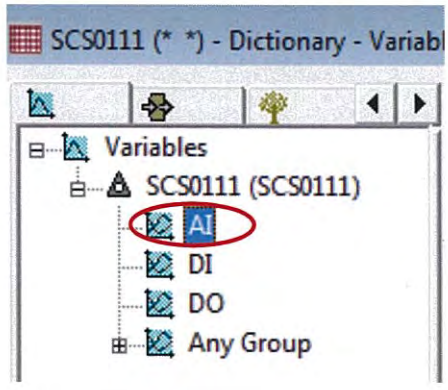
5.2.4 จะปรากฏหน้าต่างดังนี้



รูปที่ ค.40 แสดงหน้าต่าง Dictionary – Variables

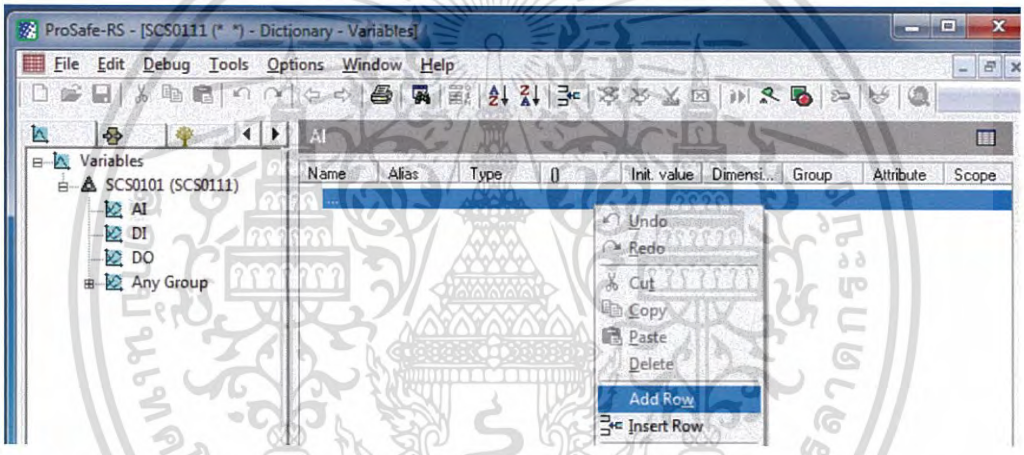
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ทำการคลิกที่ AI



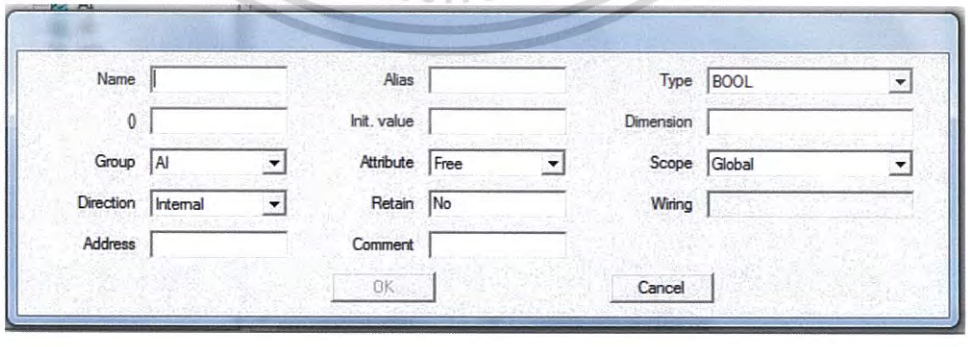
รูปที่ ค.41 แสดงการเลือก AI

5.2.6 จะทำการ Add row โดยการ คลิกขวา > Add row



รูปที่ ค.42 แสดงการเพิ่มแถวสำหรับ Analog Input

5.2.7 จะปรากฏหน้าต่างดังนี้



รูปที่ ค.43 แสดงหน้าต่างการเพิ่มสำหรับ Analog Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

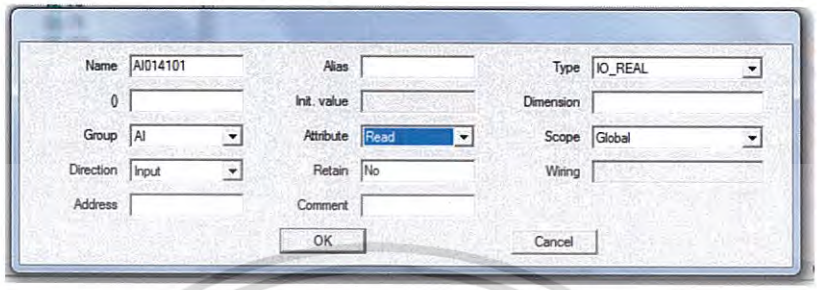
5.2.8 ทำการใส่ค่าสำหรับ ‘AI’

[Name]: AI014101 [Scope] : Globle

[Type] : IO_REAL [Attribute] : Read

[Group]: AI [Direction] : Input

จะได้ดังรูปที่ปรากฏ



รูปที่ ค.44 แสดงการเพิ่มสำหรับ Analog Input

5.2.9 จะได้ดังรูปที่กำหนด

AI

Name	Alias	Type	[]	Init. value	Dimensi...	Group	Attribute	Scope	Direction	Retain	Wiring	Address	Comment
AI014101		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014102		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014103		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014104		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014105		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014106		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			input for DETFD01
AI014107		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			input for GDOP01
AI014108		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			input for GDPT01
AI014109		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014110		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014111		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014112		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014113		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014114		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014115		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			
AI014116		IO_REAL				AI	Read	Global	Input	No			

รูปที่ ค.45 แสดง Analog Input

5.2.10 ทำการใส่ค่าของ ‘DI’

[Name]: DI013101 [Scope] : Globle

[Type] : IO_BOOL [Attribute] : Read

[Group]: DI [Direction] : Input

จะแสดงได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DI

Name	Alias	Type	()	Init. value	Dimensi...	Group	Attribute	Scope	Direction	Retain
DI013101		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013102		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013103		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013104		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013105		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013106		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013107		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013108		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013109		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013110		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013111		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013112		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013113		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013114		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013115		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No
DI013116		IO_BOOL				DI	Read	Global	Input	No

รูปที่ ค.46 แสดง Digital Input

5.2.11 ทำการใส่ค่าของ ‘DO’

[Name]: DO011101 [Scope] : Globle

[Type] : IO_BOOL [Attribute] : Write

[Group]: DO [Direction] : Output

จะแสดงได้ดังรูป

DO

Name	Alias	Type	()	Init. value	Dimensi...	Group	Attribute	Scope	Direction	Retain	Wiring	Address	Comment
DO011101		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011102		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011103		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011104		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011105		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011106		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			HHT alarm for output of DETFD0
DO011107		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			HHT alarm for output of GDOP01
DO011108		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			HHT alarm for output of GDPT01
DO011109		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011110		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011111		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011112		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011113		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011114		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011115		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			
DO011116		IO_BOOL				DO	Write	Global	Output	No			

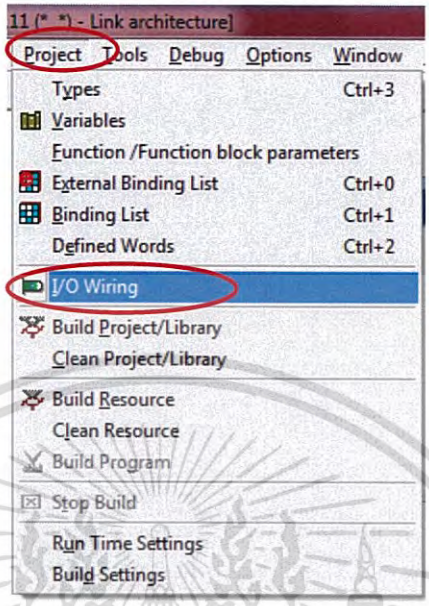
รูปที่ ค.47 แสดง Digital Output

5.2.12 ทำการ File > Save แล้วปิดหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

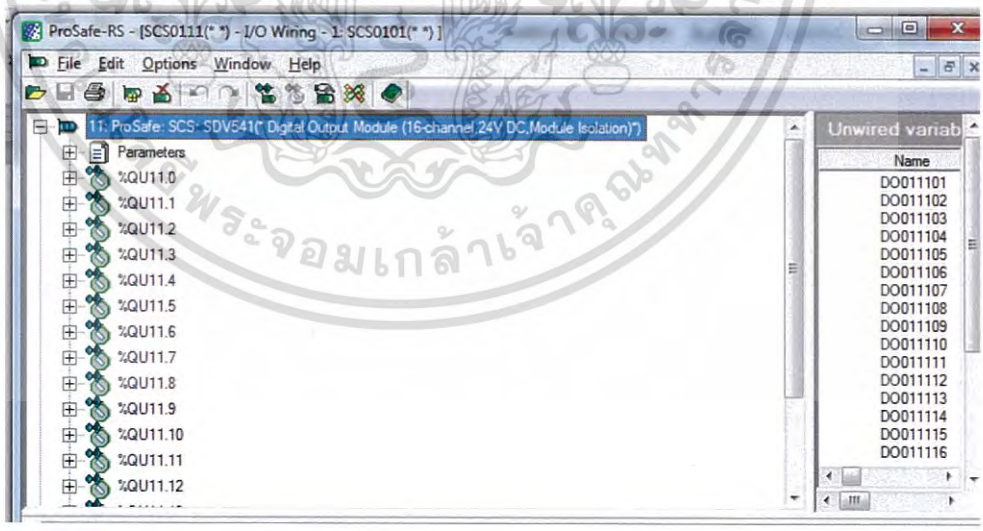
5.3 เชื่อมchannelกับตัวแปร I/O

5.3.1 เปิดหน้าต่าง Link architecture เลือก Project > I/O Wiring



รูปที่ ค.48 แสดงการเปิด I/O Wiring

5.3.2 เมื่อเปิดมาจะเจอหน้า 'I/O Wiring' กด[+] จะเห็น channel ในการทำงาน ดังรูป

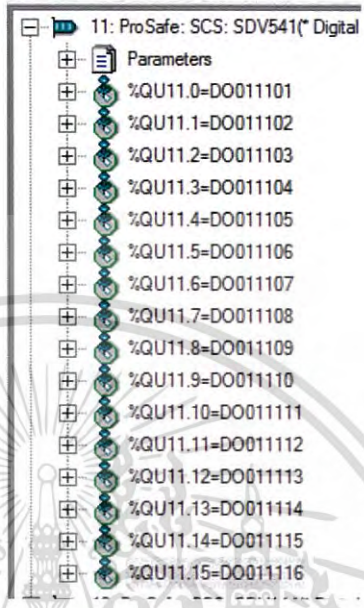


รูปที่ ค.49 แสดงหน้าต่างก่อนการเชื่อม I/O Wiring

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

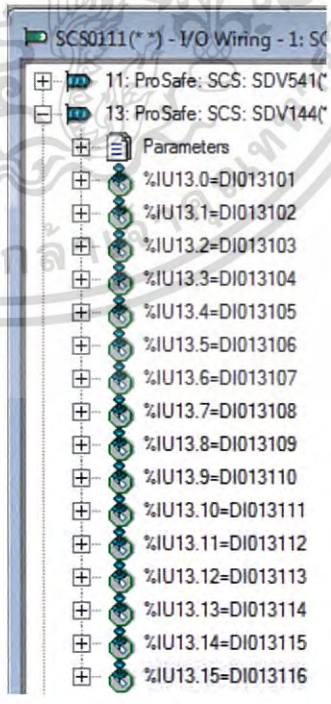
5.3.3 ทำการเลือกchannel (%IUx.x) ในแผนภาพ tree view และไป Double-click ใน I/O Wiring โดยทำทั้งหมด ‘AI’ , ‘DI’ , ‘DO’

5.3.4 ‘DO’



รูปที่ ค.50 แสดงหน้าต่างก่อนการเชื่อม I/O Wiringของ Digital Output

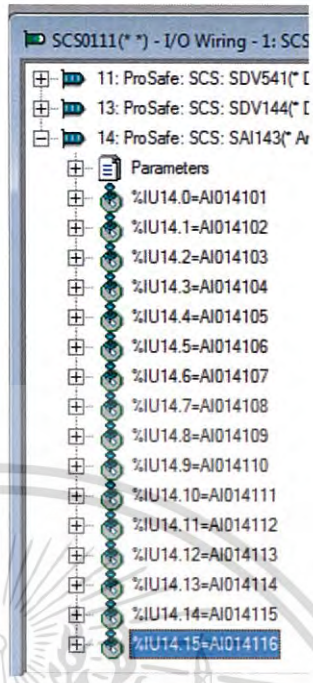
5.3.5 ‘DI’



รูปที่ ค.51 แสดงหน้าต่างก่อนการเชื่อม I/O Wiringของ Digital Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.6 ‘AI’

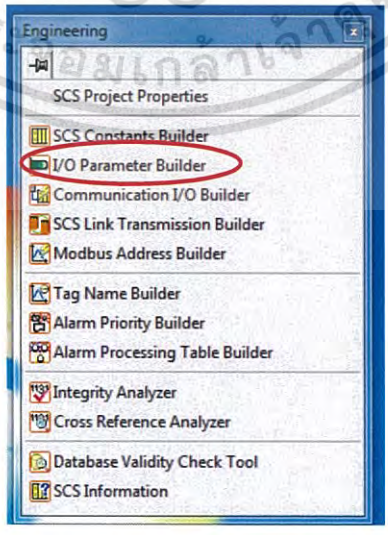


รูปที่ ค.52 แสดงหน้าต่างก่อนการเชื่อม I/O Wiringของ Analog Input

5.3.7 จากนั้นทำการเลือก File > Save I/O และปิดหน้าต่าง

5.4 ทำการ Set I/O parameters

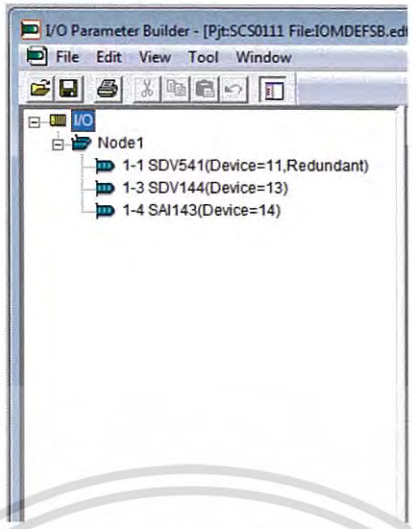
5.4.1 เข้าไปที่หน้า Link architecture เลือก Tools > Engineering เลือก I/O Parameter Builder



รูปที่ ค.53 แสดงวิธีเข้าหน้าต่าง I/O Parameter Builder

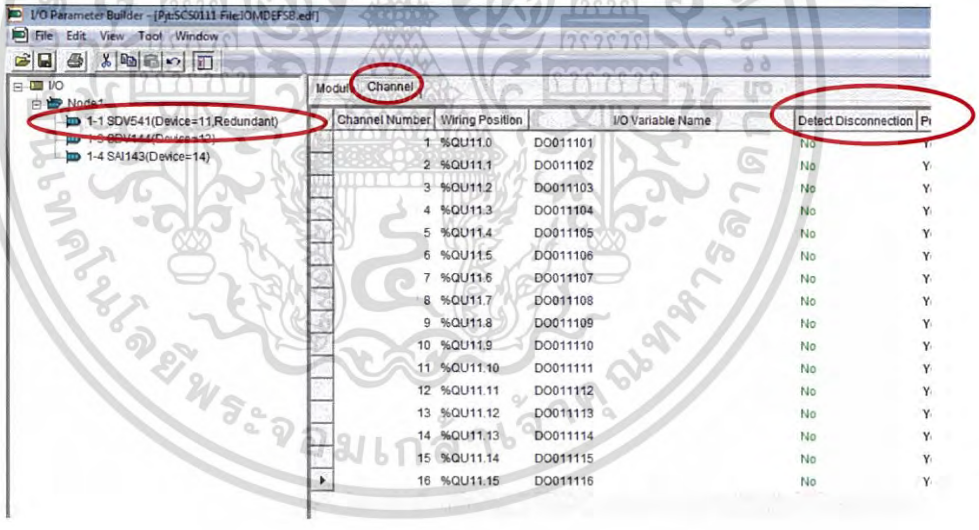
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 จะแสดงภาพดังรูป



รูปที่ ค.54 แสดงหน้าต่าง I/O Parameter Builder

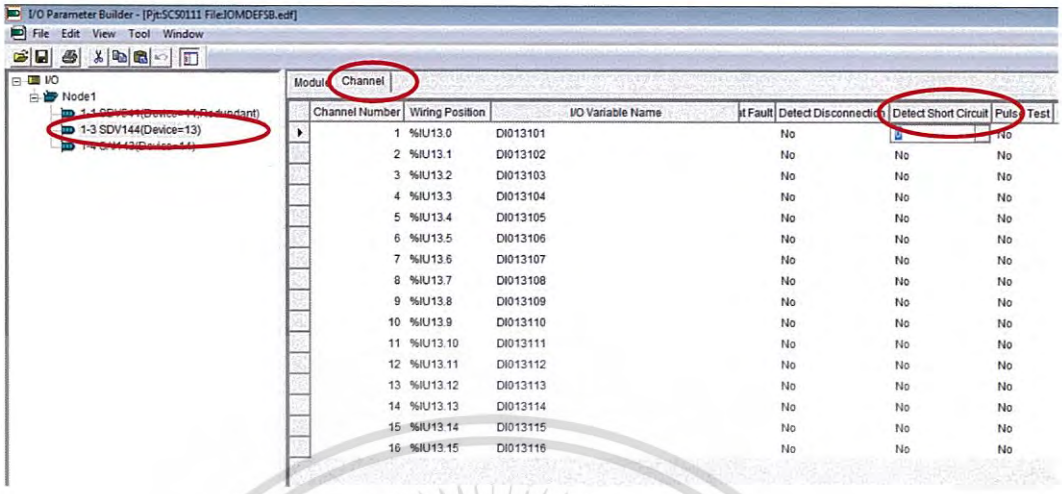
5.4.3 เลือก ‘SDV541’ > channel tab > Detect Disconnection ปรับค่าเป็น ‘NO’



รูปที่ ค.55 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนของ SDV541

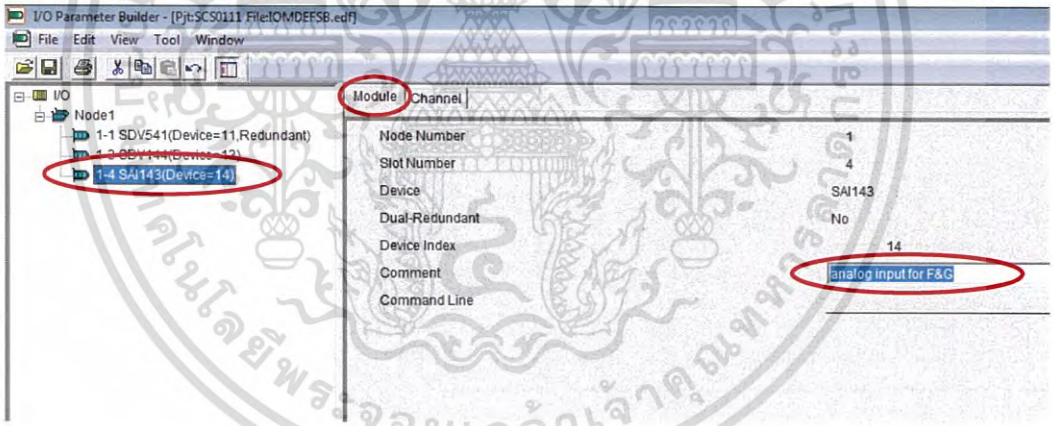
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 เลือก ‘SDV144’ > channel tab > Detect short circuit ปรับค่าเป็น ‘NO’ > Pluse Test เป็น ‘NO’



รูปที่ ค.56 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนของ SDV144

5.4.5 เลือก ‘SAI143’ > Module tab > ใส่ใน [Comment] : Analog input for F&G

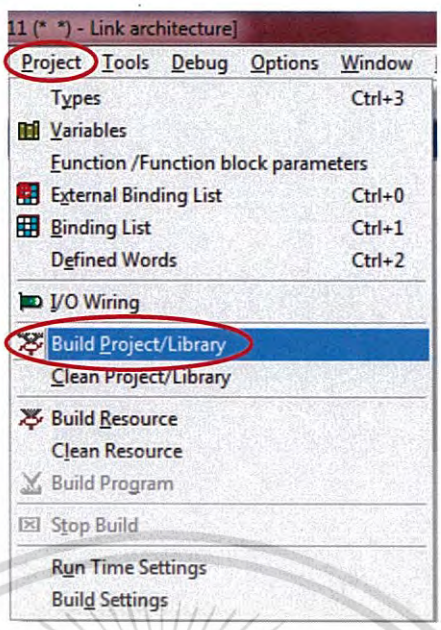


รูปที่ ค.57 แสดงขั้นตอนการเปลี่ยนของ SAI143

5.4.6 ทำการ File > Save จากนั้นปิดหน้าต่างการทำงาน

5.4.7 กลับมาที่หน้า Link architecture > Save > Project > Build project/libraty

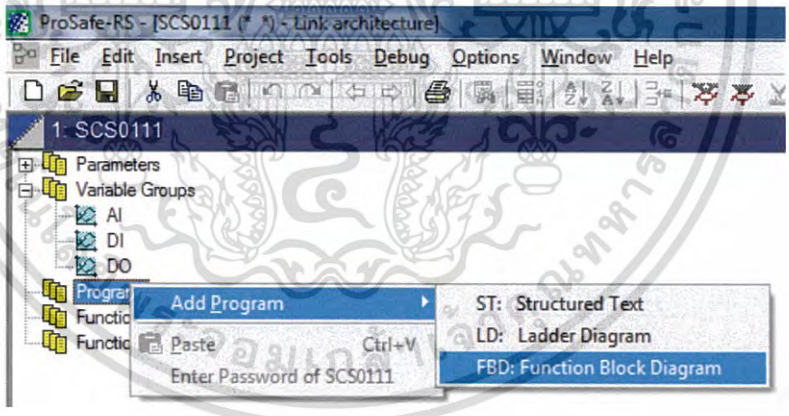
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.58 แสดงขั้นตอนการ Save และ Build project

6. Create POU(s)

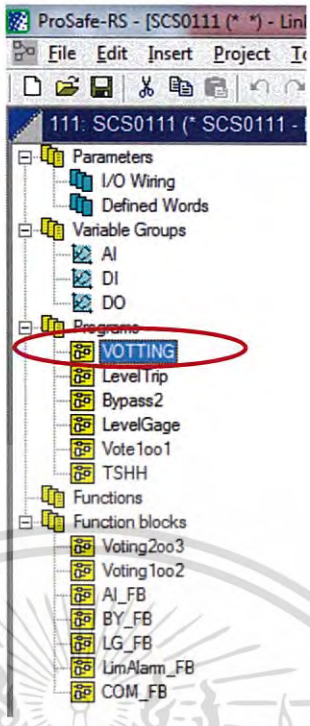
6.1 เปิดหน้า Link architecture > คลิกขวาที่ 'Programs' > Add_Program > เลือก FBD



รูปที่ ค.59 แสดงขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

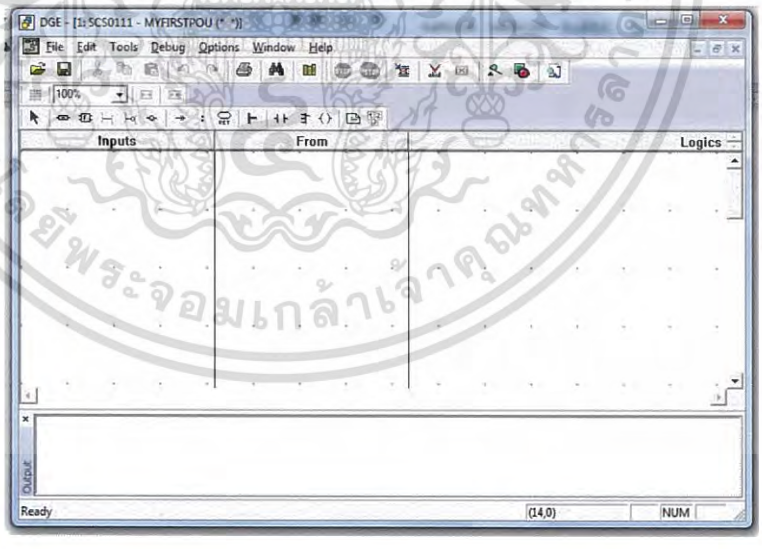
6.2 ทำการใส่ชื่อโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.60 แสดง Program ที่สร้างขึ้นมาใหม่

6.3 กด Save และคลิกที่โปรแกรมที่พึงสร้าง จะปรากฏหน้าต่างดังรูป

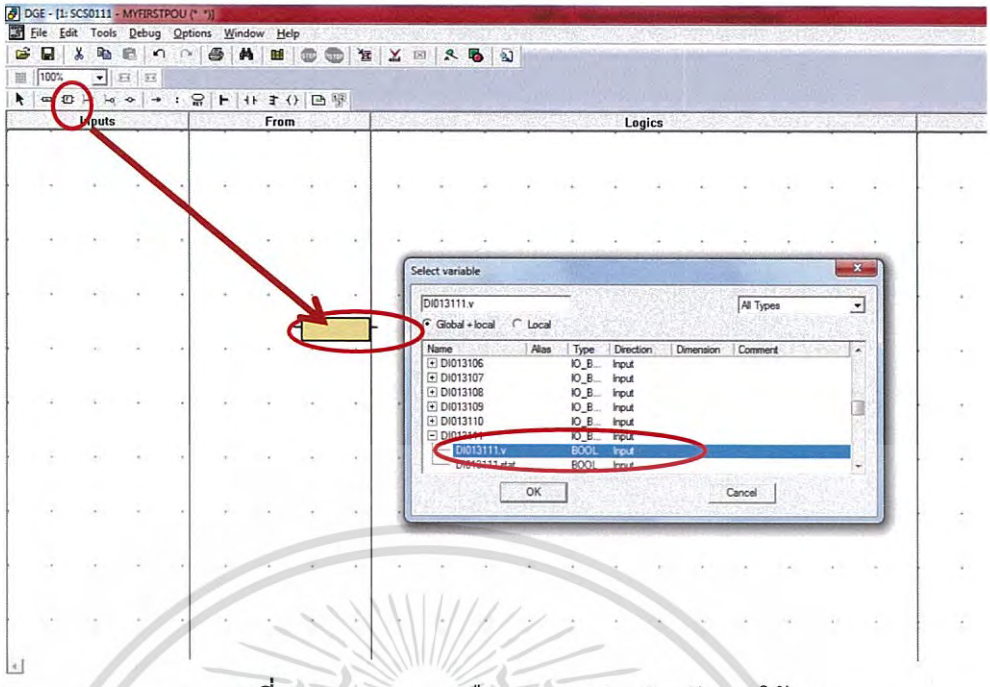


รูปที่ ค.61 หน้าต่างการใช้งานโปรแกรม

6.4 ทำการศึกษา Function ต่างๆ

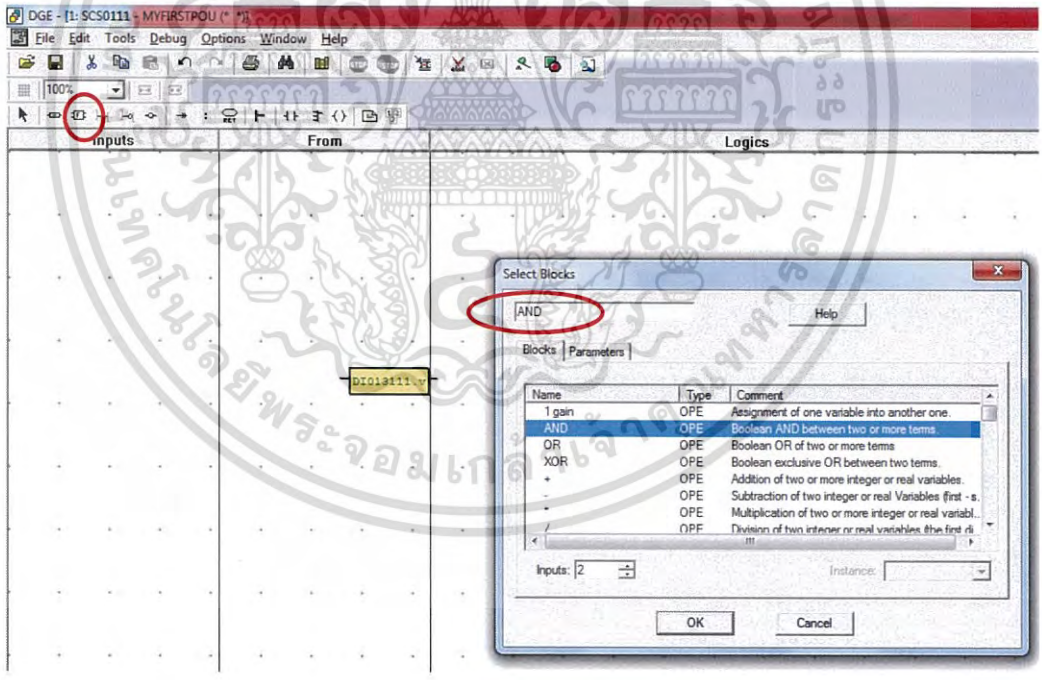
6.5 ทำการลาก [Variable] ลงมาที่พื้นที่ใช้งาน > คลิกขวาเลือก channel ในการใช้งาน (ต้องเลือก ".v"เนื่องจากเป็นค่า) > กด[OK]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.62 แสดงการเลือก Variable สำหรับการใช้งาน

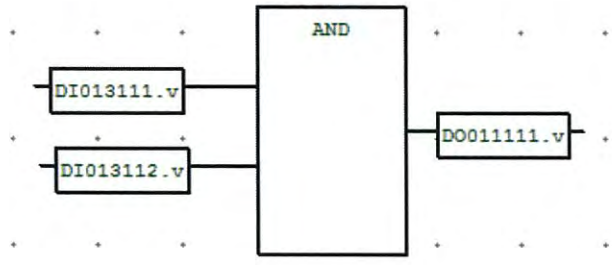
6.6 ทำการเลือก [Function Block] > เลือก block



รูปที่ ค.63 แสดงการเลือก Function Block สำหรับการใช้งาน

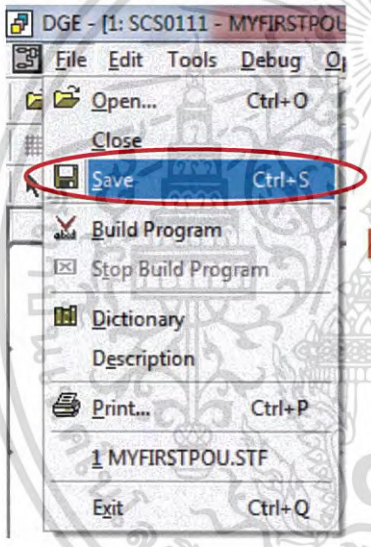
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.7 หลังจากเชื่อม Input และ Output 0tแสดงได้ดังรูป

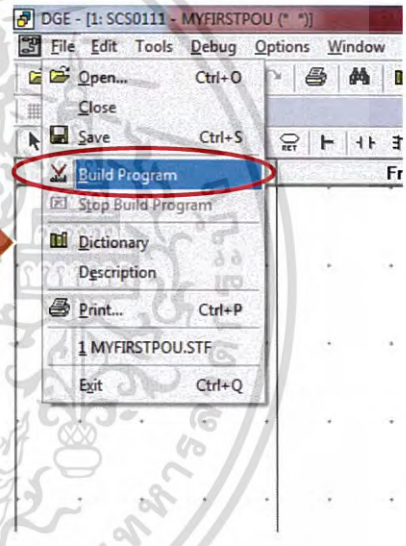


รูปที่ ค.64 แสดงการเชื่อมต่อของ Input/Output เข้ากับ Function Block

6.8 ทำการ Save > แล้วเลือก 'Build Program'



รูปที่ ค.65 แสดงการ Save โปรแกรม



รูปที่ ค.66 แสดงการ Build โปรแกรม

6.9 ทำการรันแล้วดูค่า "Error"และ "Warming"

รูปที่ ค.67 แสดงส่วน Comment ที่แสดงค่า Erro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part B : New Instances

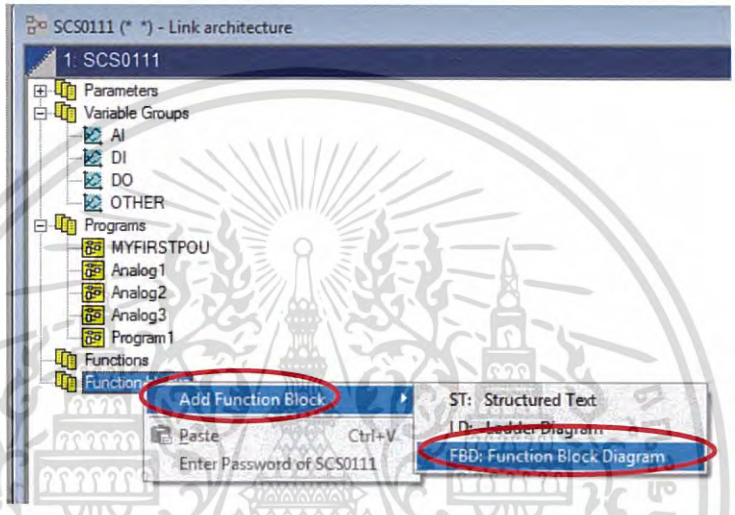
1.Creation a new User Define Function Block (UDFB)

การสร้าง User Define Function Block (UDFB) มี 3 ขั้นตอน

1.1 สร้างชื่อ

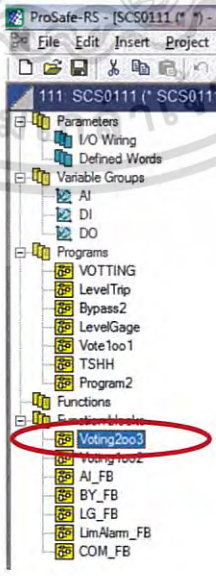
1.1.1 เปิดหน้า Link architecture

1.1.2 คลิกขวาที่ ‘Function Blocks’ เลือก ‘Add Function Block’ และเลือก ‘FBD’ จะแสดงผลดังรูป



รูปที่ ค.68 แสดงส่วนในการสร้าง FBD

1.1.3 ทำการเปลี่ยนชื่อเป็น “Votting2oo3” ดังรูป

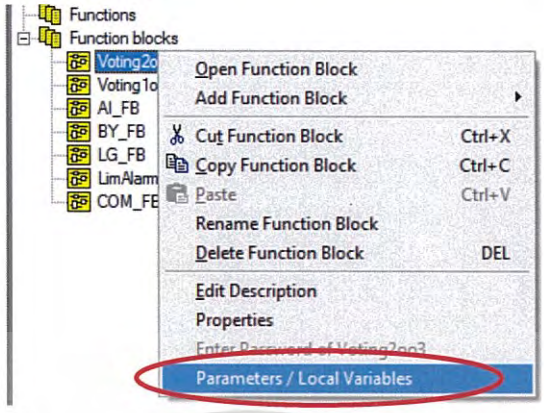


รูปที่ ค.69 แสดงการสร้าง Voting2oo3 FB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

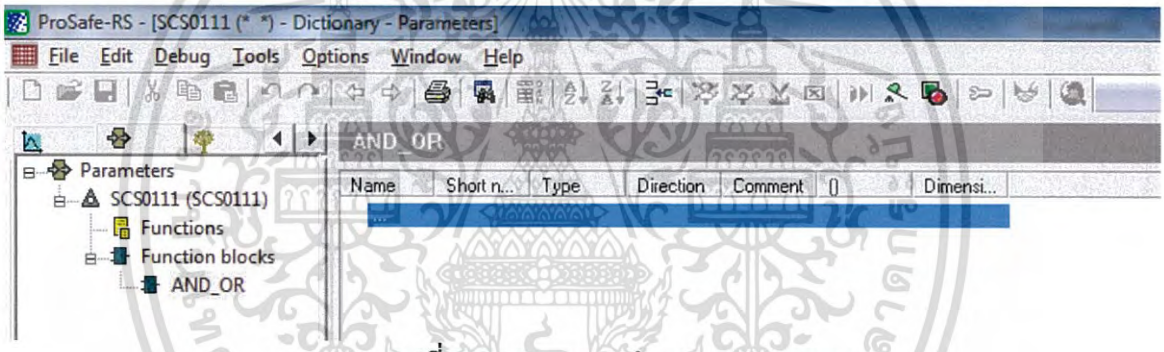
1.2 กำหนด ‘Parameters’

1.2.1 คลิกขวาที่ ‘AND_OR’ เลือก Parameters/Local Variables



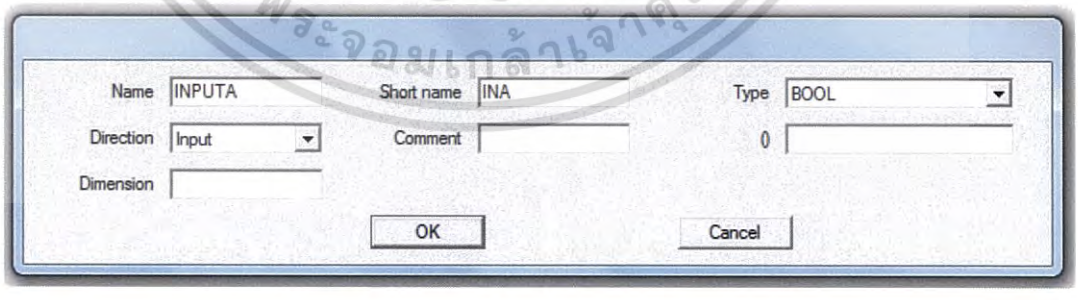
รูปที่ ค.70 แสดงการเลือก Parameters

1.2.2 จะปรากฏดังรูป จากนั้น Double-Click ที่ ... (dots) ในหน้า Parameters



รูปที่ ค.71 แสดงการกำหนด Parameters

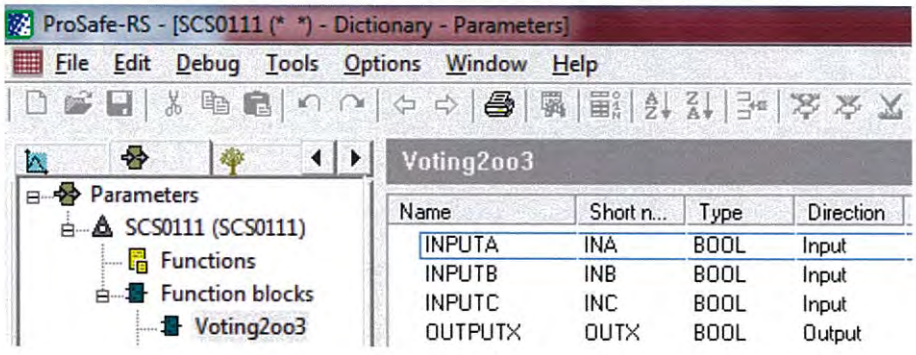
1.2.3 ทำการใส่ค่า Parameters ต่างๆ ดังรูป



รูปที่ ค.72 แสดงการกำหนด Parameters แต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

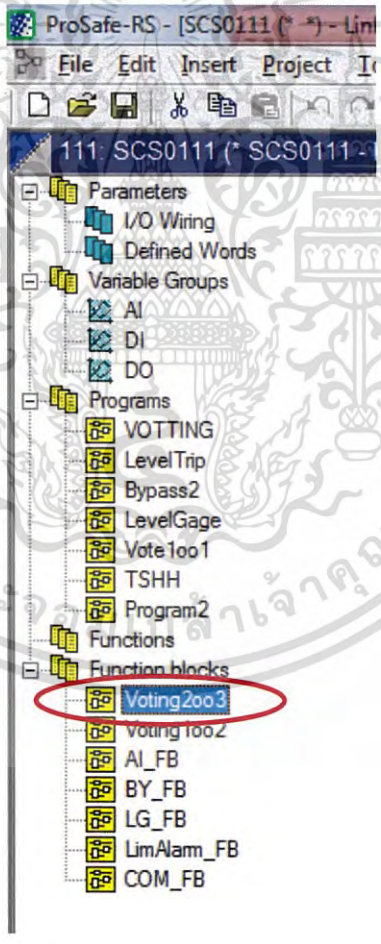
1.2.4 ทำการใส่ค่า Parameters ของตัวแปรต่างๆ จะได้ดังรูป



รูปที่ ค.73 แสดงผลหลังจากการกำหนด Parameter

1.3 ทำการสร้าง UDFB

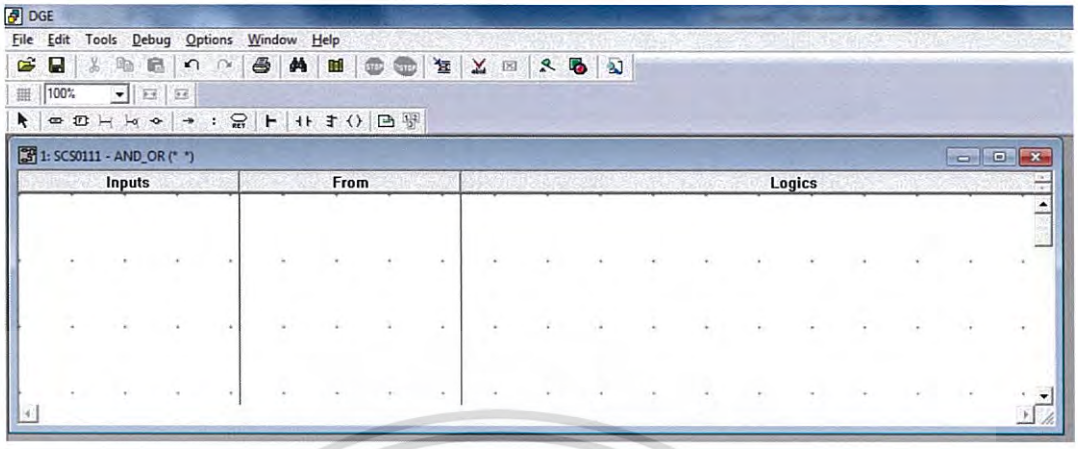
1.3.1 ทำการ Double-click ที่ 'Voting2oo3' ดังรูป



รูปที่ ค.74 แสดงไอคอนของ FDB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

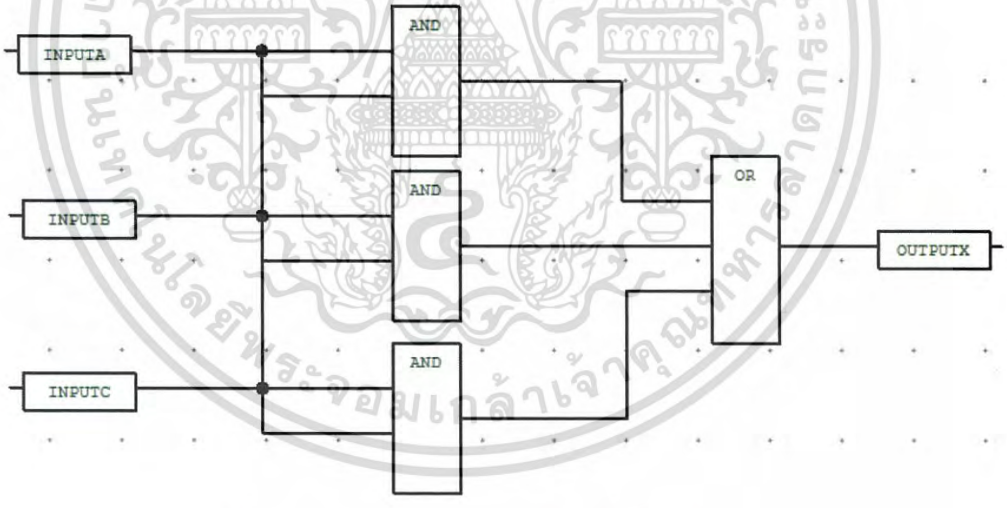
1.3.2 จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



รูปที่ ค.75 แสดงหน้าต่างสำหรับการสร้าง Function Block

1.3.3 ทำการสร้าง Votting2oo3 function ดังรูป

- พร้อมใส่ ตัวแปรต่างๆ
- ทำการ Save จากนั้น ปิดหน้าต่างนี้ไป



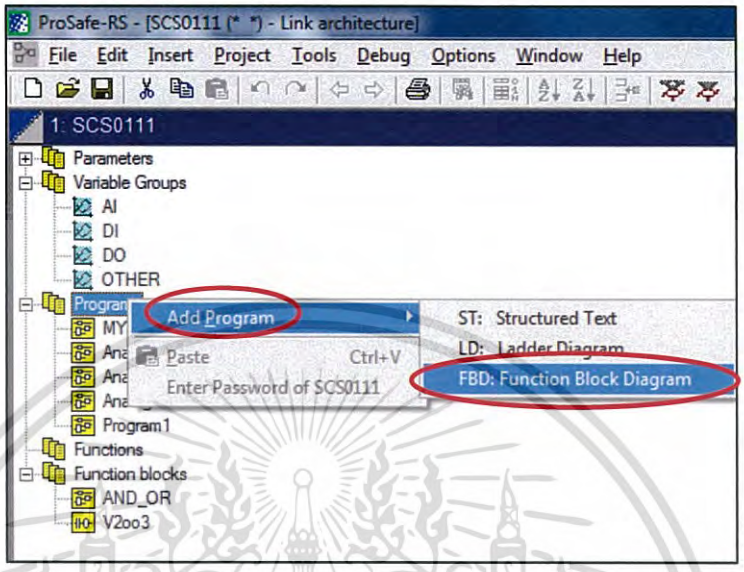
รูปที่ ค.76 แสดงการเชื่อมกันของ AND กับ OR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

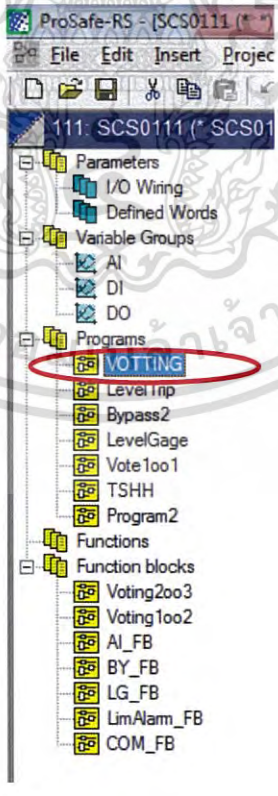
1.4 Using your UDFB ที่เราได้ทำการสร้าง

1.4.1 สร้าง new program โดยสร้างชื่อ “VOTING”

- คลิกขวาที่ ‘Program’ จากนั้นเลือก ‘Add Program’ เลือก ‘FBD’
- จะปรากฏดังรูปที่ จากนั้นทำการเปลี่ยนชื่อ “VOTING”



รูปที่ ค.77 แสดงการสร้าง New Program

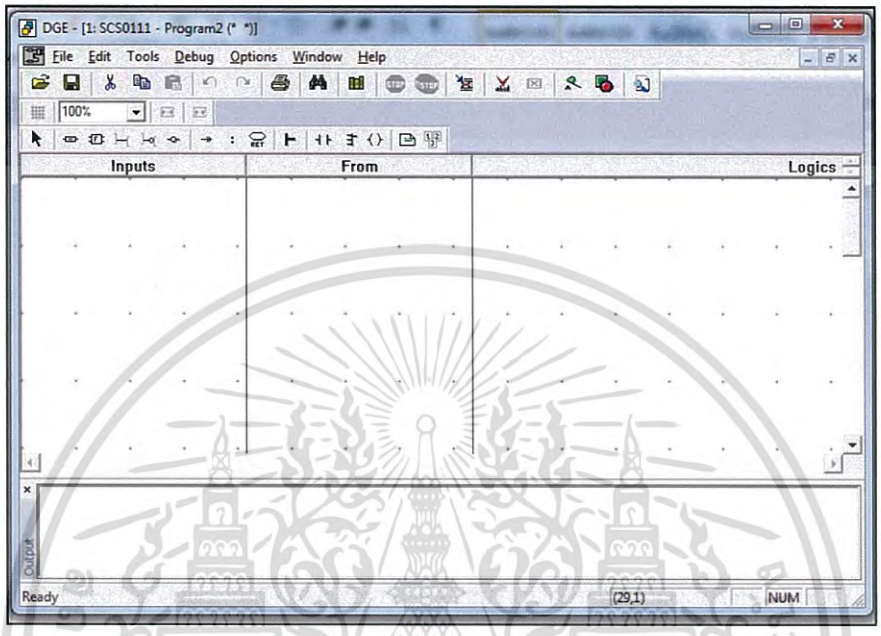


รูปที่ ค.77แสดงไอคอน VOTING

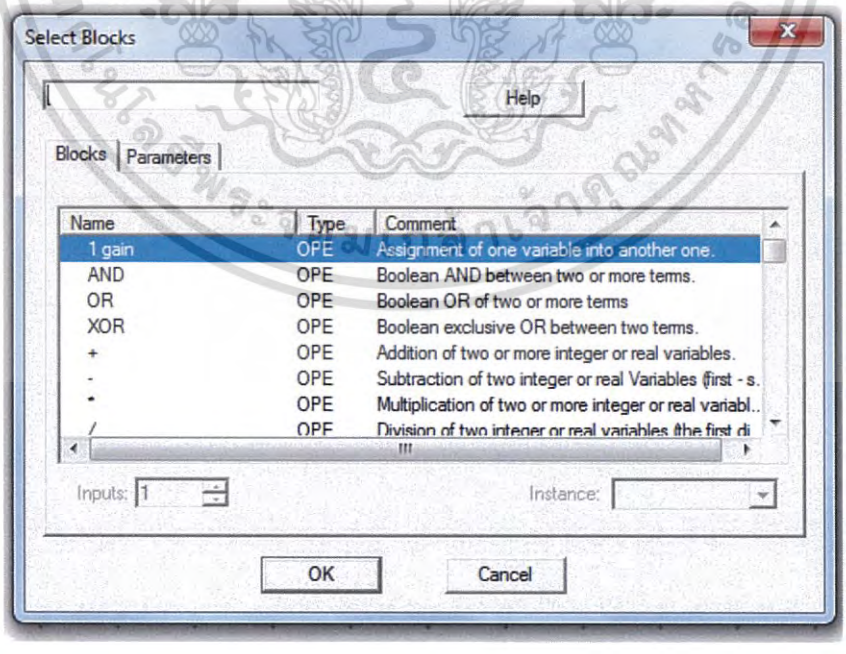
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ทำการเรียกใช้ Function Block

- Double-Click ที่ ‘VOTING’ จะปรากฏหน้าต่าง ‘DGE’ ดังรูป
- ทำการเลือก ‘Function Block’ แล้วคลิกที่ พท.ว่าง จะปรากฏหน้าต่างให้เลือกตัว ‘Function Block’



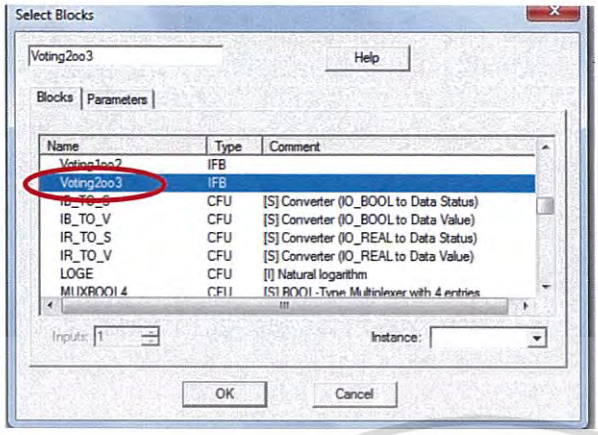
รูปที่ ค.78 แสดงหน้าต่าง ‘DGE’



รูปที่ ค.79 แสดงหน้าต่างการเลือกใช้FB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

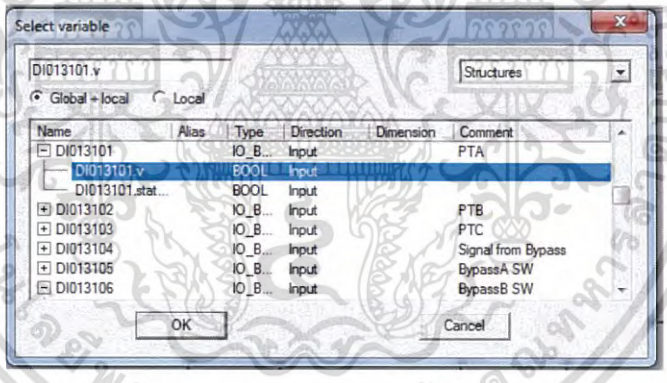
1.4.3 เลือก UDFB ที่เราสร้างชื่อ ‘Voting2oo3’ จะปรากฏดังรูป



รูปที่ ค.80 แสดงการเลือก Votting2oo3 **รูปที่ ค.81** แสดง Votting2oo3 FB

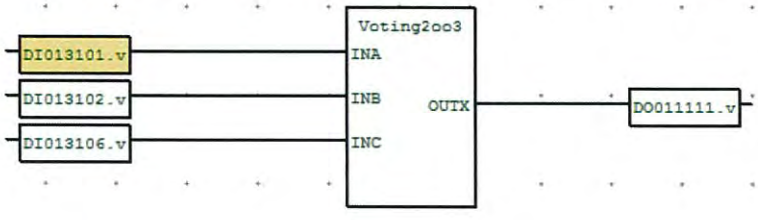
1.4.4 ทำการเลือก I/O Input และ I/O Output

- กดเลือก ‘Variable’ จะปรากฏหน้าต่าง ‘Select Variable’
- ทำการเลือก DI014101.v เป็น Input ของระบบ



รูปที่ ค.82 แสดงการเลือก Variable

1.4.5 ทำการคลิก ‘OK’ หลังจากนั้นทำการเลือก Input ทั้งหมดจะได้



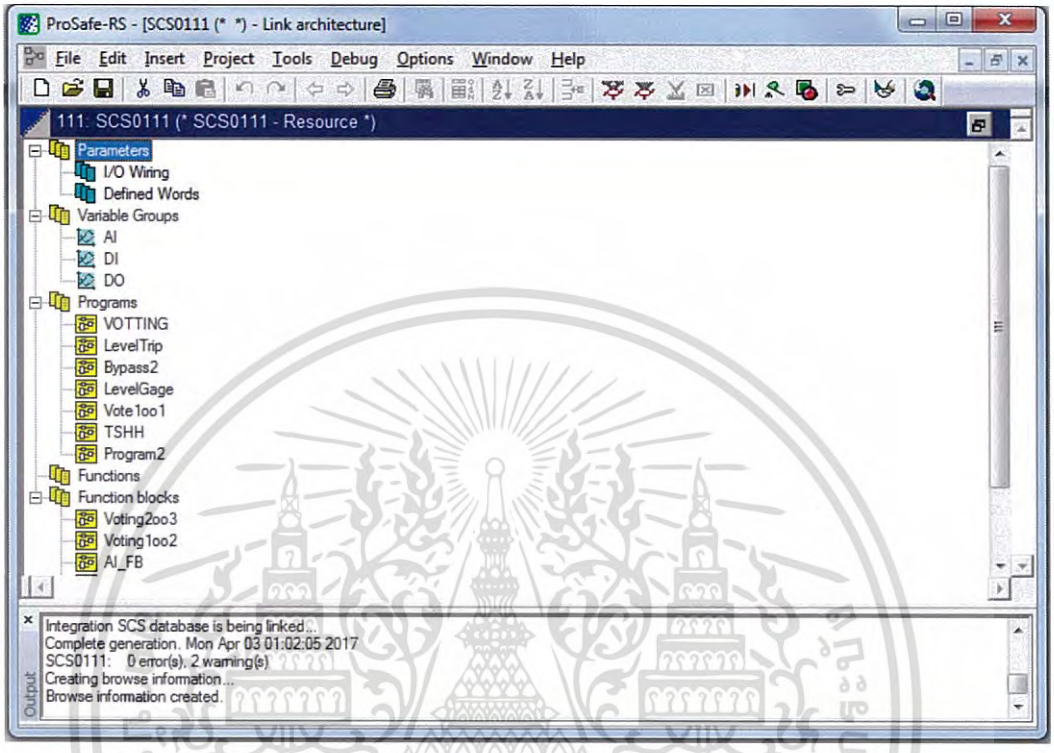
รูปที่ ค.83 แสดงการเชื่อม Variable

1.4.6 ทำการ ‘Save’ และ ‘Build’

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part C : Simulation

1. ปิดหน้า Link architecture > ทำการ Save > ทำการ Build Project/library จะปรากฏหน้าต่างดังรูป



รูปที่ ค.84 แสดงหน้าต่าง Link architecture

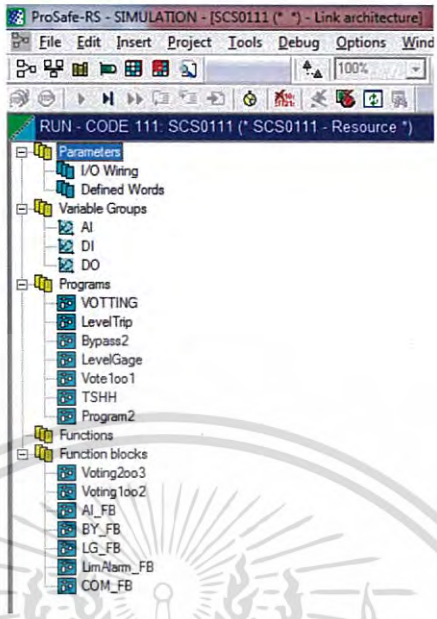
2. โดยจะต้องทำการเช็คค่า Error
   - จากรูปจะเห็นว่ามีค่า Error = 0

รูปที่ ค.85หน้าต่างแสดงค่า Error

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อมีค่า Error = 0 จึงสามารถทำการ Simulation

- เมื่อทำการ Simulation เราสามารถที่จะป้อนค่า Input เพื่อทำการทดลองได้



รูปที่ ค.86 หน้าต่างแสดงการ Simulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้