

การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับ  
การขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA  
The addition and modification Pump control function for  
pipeline transportation by PLC and SCADA



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The addition and modification Pump control function for  
pipeline transportation by PLC and SCADA



CHANITTHA NACHAROON  
JANISATA PHAHONTUB  
DONLAMIN PINTONGKAM

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 INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
ACADEMIC YEAR 2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

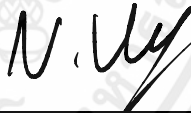
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์      การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับ  
การขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรมPLC และ SCADA  
The addition and modification Pump control function for  
pipeline transportation by PLC and SCADA

นักศึกษาผู้จัดทำ      นางสาวชนิษฐา      นางรุญ      รหัสนักศึกษา      60010197  
                                 นางสาวจินστα      พหลทัต      รหัสนักศึกษา      60010125  
                                 นางสาวดลมินทร์      ปิ่นทองคำ      รหัสนักศึกษา      60010347

ปริญญา      วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา      วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา      2563

| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | ลายมือชื่อ                                                                            |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ผศ.ดร.นภศูล      วงษ์วานิช   |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                    |                                                                                                  |           |              |          |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|----------|
| หัวข้อปริญญานิพนธ์ | การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับ                                                |           |              |          |
|                    | การขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA                                                  |           |              |          |
|                    | The addition and modification Pump control function for pipeline transportation by PLC and SCADA |           |              |          |
| นักศึกษาผู้จัดทำ   | นางสาวชนิษฐา                                                                                     | นางจุญ    | รหัสนักศึกษา | 60010197 |
|                    | นางสาวจิณิสตา                                                                                    | พหลทัต    | รหัสนักศึกษา | 60010125 |
|                    | นางสาวดลมินทร์                                                                                   | ปิ่นทองคำ | รหัสนักศึกษา | 60010347 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา   | ผศ.ดร.นภศูล                                                                                      | วงษ์วานิช |              |          |
| ปีการศึกษา         | 2563                                                                                             |           |              |          |

### บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของชุดปั๊ม สำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ โดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA เนื่องจากความต้องการน้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูปที่กำลังเพิ่มขึ้นภายในประเทศจากอดีตถึงปัจจุบัน ทำให้บริษัทท่อขนส่งน้ำมันต้องมีการเพิ่มปริมาณการขนส่งโดยการเพิ่มแรงดันและอัตราการไหล จึงมีการเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปในระบบเดิม ได้แก่ ปั๊ม (Pump), ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter) และวาล์ว (Valve) โดยโครงการนี้จะทำการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มโดยใช้โปรแกรม PLC และแก้ไขระบบ SCADA เพื่อขยายและแก้ไขการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น สำหรับโครงการนี้ใช้โปรแกรม PLC ของบริษัท Schneider คือ EcoStruxure Control Expert และโปรแกรม Concept ในการโปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊ม ในส่วนของระบบ SCADA ใช้ Wonderware (System Platform) ในการควบคุมและแสดงผล ซึ่งโครงการนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงทั้งสองส่วน นอกจากนี้มีการจัดทำตั้งแต่การดำเนินการด้านเอกสารทางวิศวกรรม ด้านการออกแบบการทำงานของทั้งระบบและด้านการดำเนินการตามสัญญาโครงการเพื่อให้เห็นภาพรวมของการทำงานในรูปแบบโครงการและนำความรู้ที่ได้เรียนรู้จากการเรียนที่ผ่านมา มาปรับใช้ร่วมด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ พบว่าสามารถดำเนินการตามแผนได้มากกว่าร้อยละ 90 คือ ทดสอบในขั้นตอน FAT แล้วสำเร็จตามจุดประสงค์ ในส่วนของที่ไม่สำเร็จคือการทดสอบในขั้นตอน SAT ที่ต้องไปทดสอบที่หน่วยงาน เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาด จึงไม่สามารถดำเนินการตามแผนตั้งต้นได้ ข้อเสนอแนะคือ ควรมีเวลาในการดำเนินการและมาตรการรับมือในกรณีโรคระบาดให้มากขึ้น

|                       |                                                                                                  |            |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Thesis Title</b>   | The addition and modification Pump control function for pipeline transportation by PLC and SCADA |            |
| <b>Authors</b>        | Ms. Chanittha                                                                                    | Nacharoon  |
|                       | Ms. Janisata                                                                                     | Phahontub  |
|                       | Ms. Donlamin                                                                                     | Pintongkam |
| <b>Thesis Advisor</b> | Asst.Prof.Dr. Napasool                                                                           | Wongvanich |
| <b>Year</b>           | 2020                                                                                             |            |

## ABSTRACT

This project aims to add and modify the functionality of the pump for pipeline transportation by using PLC and SCADA programs. Due to the growing domestic crude and refined oil demand from past to present, pipeline companies have to increase their transport volume by increasing pressure and flow. Therefore, the equipment has been added to the original system, including pumps, transmitters and valve. This project will add and modify the functionality of the pump by using PLC program and modify the SCADA system to expand and modify the operation of the system more efficiently. For this project, Schneider PLC program EcoStruxure Control Expert and Concept were used to program the pump operation and SCADA system using Wonderware (System Platform) to control and display to satisfy previously prepared specifically in the process of since Engineering, Construction and Commissioning. Results show that our 90 percent of the planned processes in this project have been achieved with the only unsuccessful part being on SAT test that must be tested on-site. The test was not proceeded according to the initial plan because of the ongoing pandemic. It is then suggested that there should be more time for action and countermeasures in the event of an epidemic.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภศูล วงษ์วานิช ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้การช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ เป็นประโยชน์เพื่อปรับปรุงแก้ไขโครงการให้มีความถูกต้องเหมาะสม และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณบริษัทและบุคลากรและเจ้าหน้าที่ของบริษัท อินฟินิท คอนโทรล ที่ได้ให้คำปรึกษา สอนงาน ตลอดจนมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโครงงานให้ดียิ่งขึ้น

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงและช่วย ตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบคุณคณะอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้สั่งสอนวิชาความรู้และถ่ายทอด ประสบการณ์ต่าง ๆ โดยคณะผู้จัดทำได้นำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

คณะผู้จัดทำ

# สารบัญ

|                                                                  | หน้า |
|------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                             | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                          | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                             | III  |
| สารบัญ .....                                                     | IV   |
| สารบัญตาราง .....                                                | IX   |
| สารบัญรูป.....                                                   | X    |
| <br>                                                             |      |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                                | 1    |
| 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์ .....                               | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....                             | 1    |
| 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....                                   | 1    |
| 1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....                                         | 2    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                               | 2    |
| <br>                                                             |      |
| บทที่ 2 เอกสารและทฤษฎี .....                                     | 3    |
| 2.1 การสื่อสารผ่านโปรโตคอล Modbus TCP/IP .....                   | 3    |
| 2.1.1 Modbus TCP/IP คือ.....                                     | 3    |
| 2.1.2 การเลือกใช้เครือข่ายการสื่อสารต่าง ๆ ในระบบอัตโนมัติ ..... | 5    |
| 2.1.3 การวิเคราะห์การเลือกใช้ระบบสื่อสาร.....                    | 9    |
| 2.2 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน (ring topology).....  | 11   |
| 2.2.1 หลักการรับส่งข้อมูล.....                                   | 12   |
| 2.2.2 การขยายเพิ่มเติมระบบ .....                                 | 13   |
| 2.2.3 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น.....                              | 13   |
| 2.2.4 ข้อดีและข้อเสีย .....                                      | 13   |
| 2.3 System Platform.....                                         | 13   |
| 2.3.1 ชุดบริการหลักของ System Platform.....                      | 14   |
| 2.3.2 ส่วนประกอบของ System Platform.....                         | 16   |
| 2.4 PLC Modicon M580 Schneider .....                             | 18   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                   | หน้า      |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4.1 PLC คืออะไร .....                                           | 18        |
| 2.4.2 ส่วนประกอบของ (PLC) .....                                   | 18        |
| 2.4.3 คุณสมบัติของ PLC Modicon M580 Schneider.....                | 21        |
| 2.5 อินพุต/เอาต์พุต โมดูล (I/O Module).....                       | 22        |
| 2.5.1 Local I/O .....                                             | 22        |
| 2.5.2 Remote I/O .....                                            | 22        |
| 2.6 ModScan (Modbus Master Data Scanner) ซอฟต์แวร์.....           | 23        |
| 2.7 ModSim32 ซอฟต์แวร์ .....                                      | 24        |
| 2.8 VMware Workstation ซอฟต์แวร์.....                             | 26        |
| 2.9 Schneider Concept ซอฟต์แวร์ (สำหรับการทำโปรแกรม Quantum)..... | 26        |
| 2.10 Schneider EcoStruxure Control Expert ซอฟต์แวร์.....          | 27        |
| (สำหรับการทำโปรแกรม M580)                                         |           |
| <b>บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน.....</b>                    | <b>28</b> |
| 3.1 ภาพรวมของวิธีจัดทำโครงการ.....                                | 28        |
| 3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....                                 | 29        |
| 3.2.1 เอกสารการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ PLC.....                  | 29        |
| 3.2.2 เอกสารแผนผังการไหลการทำงานของปั๊ม (PLC Flow Chart).....     | 29        |
| 3.2.3 เอกสารแสดง IP Address Assignment List ของแต่ละอุปกรณ์.....  | 29        |
| 3.2.4 เอกสาร SCADA Function Design Specification .....            | 30        |
| 3.2.5 เอกสาร PLC IO Assignment List.....                          | 30        |
| 3.2.6 เอกสารแผนภาพกระบวนการ P&ID.....                             | 30        |
| (Piping and Instrumentation Diagram)                              |           |
| 3.2.7 เอกสาร Project Master Documents Registration .....          | 30        |
| 3.2.8 เอกสาร Project Schedule .....                               | 30        |
| 3.2.9 เอกสาร FAT & SAT Procedure ของโครงการอื่น .....             | 31        |
| 3.2.10 เอกสาร FAT & SAT Report ของโครงการอื่น.....                | 31        |
| 3.2.11 เอกสาร Packing List & Photo report ของโครงการอื่น .....    | 31        |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                       | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ.....                     | 31   |
| 3.3.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์.....                                           | 31   |
| 3.3.2 อุปกรณ์ซอฟต์แวร์.....                                           | 39   |
| 3.4 การออกแบบและการดำเนินงาน .....                                    | 41   |
| 3.5 หลักการทำงานของปั๊ม .....                                         | 43   |
| 3.5.1 หลักการทำงานของปั๊ม P-401D.....                                 | 43   |
| 3.5.1.1 ขั้นตอนการเริ่มทำงานของปั๊ม (Start).....                      | 43   |
| 3.5.1.2 ขั้นตอนการหยุดทำงานของปั๊ม (Stop) .....                       | 45   |
| 3.5.2 หลักการทำงานของปั๊ม P-409B .....                                | 46   |
| 3.5.2.1 ขั้นตอนการเริ่มทำงานของปั๊ม (Start).....                      | 46   |
| 3.5.2.2 ขั้นตอนการหยุดทำงานของปั๊ม (Stop).....                        | 47   |
| 3.6 การออกแบบและแก้ไขการเขียนโปรแกรม PLC .....                        | 48   |
| 3.6.1 การศึกษาโปรแกรมควบคุมระบบเดิมของโครงการ .....                   | 49   |
| (Concept ของ Schneider)                                               |      |
| 3.6.1.1 MOV Suction เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุม.....                 | 50   |
| การทำงานของวาล์วหน้าปั๊ม                                              |      |
| 3.6.1.2 MOV Discharge เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุม .....              | 53   |
| การทำงานของวาล์วหลังปั๊ม                                              |      |
| 3.6.1.3 Pump เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของปั๊ม.....         | 53   |
| 3.6.1.4 Auto mode เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุม.....                   | 56   |
| Auto mode ของปั๊ม และ วาล์ว discharge                                 |      |
| 3.6.2 การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อรองรับการเพิ่มปั๊ม.....            | 58   |
| 3.6.2.1 การเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป ... | 58   |
| โดยการเพิ่มเติมในโปรแกรม Concept ของ Schneider                        |      |
| 3.6.2.2 การเขียนฟังก์ชันการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม.....            | 61   |
| EcoStruxure Control Expert และโปรแกรม Concept ของ                     |      |
| Schneider                                                             |      |

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                                          |            |
|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.6.2.3 การเขียนฟังก์ชันการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม.....               | 65         |
| EcoStruxure Control Expert และโปรแกรม Concept                            |            |
| โดยการเพิ่มเติมในโปรแกรม EcoStruxure Control Expert                      |            |
| 3.7 การเขียนโปรแกรมการทำงานหน้าจอ SCADA.....                             | 71         |
| 3.7.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA ..... | 72         |
| 3.7.1.1 การตั้งค่า System Management Console (SMC).....                  | 72         |
| 3.7.1.2 การตั้งค่า DDESuiteLink (SuiteLink protocol).....                | 74         |
| สำหรับการเชื่อมต่อ                                                       |            |
| 3.7.1.3 การสร้าง Application object สำหรับการนำข้อมูลไปใช้ต่อ .....      | 75         |
| 3.7.2 การ Mapping Tag รับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA.....             | 78         |
| 3.7.3 การออกแบบและแก้ไขหน้าจอ SCADA ให้เป็นไปตามมาตรฐาน.....             | 82         |
| 3.7.4 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA.....                    | 90         |
| 3.7.4.1 การกำหนดคุณสมบัติของ Tag.....                                    | 90         |
| 3.7.4.2 การกำหนดค่าตัวแปรในการเขียนสคริปต์ .....                         | 90         |
| 3.7.4.3 การเขียนสคริปต์สำหรับการอ่านค่า Tag.....                         | 91         |
| 3.7.4.4 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA .....                 | 93         |
| ของปั๊ม (Pump)                                                           |            |
| 3.7.4.5 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA.....                  | 99         |
| ของวาล์ว (MOV)                                                           |            |
| 3.7.4.6 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA.....                  | 104        |
| ของถังเก็บน้ำมัน (Tank)                                                  |            |
| <b>บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ.....</b>                                | <b>112</b> |
| 4.1 การทดสอบ Factory Acceptance Test .....                               | 112        |
| 4.1.1 FAT การตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check).....    | 112        |
| 4.1.2 FAT การทดสอบระบบ PLC (PLC System Test).....                        | 113        |
| 4.1.3 FAT การทดสอบการแสดงผลของหน้าจอ SCADA .....                         | 123        |
| (FAT : SCADA System)                                                     |            |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                 | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| 4.1.3.1 การทดสอบหน้าแสดงผลหลัก .....                            | 124  |
| 4.1.3.2 การทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์ (Symbol).....             | 125  |
| 4.1.4 FAT การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC ร่วมกับ .....  | 132  |
| การแสดงผลผ่านหน้าจอ SCADA (FAT: Control Function Scenario Test) |      |
| 4.1.4.1 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC.....             | 132  |
| ของสถานีที่ 1                                                   |      |
| 4.1.4.2 การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC.....             | 132  |
| ของสถานีที่ 2                                                   |      |
| บทที่ 5 สรุปผลและขอเสนอแนะ.....                                 | 142  |
| 5.1 สรุปผลการดำเนินการ .....                                    | 142  |
| 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ.....                          | 142  |
| 5.3 ข้อเสนอแนะ .....                                            | 143  |
| บรรณานุกรม.....                                                 | 144  |
| ภาคผนวก.....                                                    | 147  |

# สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                            | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 แสดงชนิดของข้อมูลและที่อยู่ที่ใช้กับ Modbus RTU.....                            | 4    |
| 2.2 แสดงชนิดฟังก์ชันและคำสั่งฟังก์ชันของ Modbus RTU.....                            | 4    |
| 2.3 แสดงคุณสมบัติของความเร็วในการสื่อสารของระบบ CAN open เทียบกับระยะทาง.....       | 7    |
| 2.4 แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมของคุณสมบัติและต้นทุน.....                           | 9    |
| ในอุปกรณ์ในระบบสื่อสารแบบต่าง ๆ                                                     |      |
| 2.5 แสดงคุณสมบัติของระบบสื่อสาร.....                                                | 11   |
| 3.1 แสดงคุณสมบัติของ Redundant HSBY processor ..... 32                              | 32   |
| module M580 - Level 4 - Remote                                                      |      |
| 3.2 แสดงคุณสมบัติของ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane.....      | 33   |
| 3.3 แสดงคุณสมบัติของ Discrete output module M340 -.....                             | 34   |
| 32 outputs -solid state - 24 V DC positive                                          |      |
| 3.4 แสดงคุณสมบัติของ isolated analog input module X80 - 8 inputs -high speed.....   | 34   |
| 3.5 แสดงคุณสมบัติของ analog output module X80 - 8 outputs.....                      | 35   |
| 3.6 แสดงคุณสมบัติของ Ethernet module M580 - 3-port Factory Cast Ethernet .....      | 36   |
| 3.7 แสดงคุณสมบัติของ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane.....      | 36   |
| 3.8 แสดงคุณสมบัติของ Quantum RIO Drop E/IP 1CH .....                                | 37   |
| 3.9 แสดงคุณสมบัติของ Quantum RIO Drop E/IP 1CH.....                                 | 38   |
| 3.10 แสดงคุณสมบัติของ HSBY SFP socket - FO singlemode.....                          | 38   |
| 3.11 แสดงการสั่งงาน Valve Open .....                                                | 50   |
| 3.12 แสดงการสั่งงาน Valve Close .....                                               | 51   |
| 3.13 แสดง Valve Status (ด้านอินพุต).....                                            | 51   |
| 3.14 แสดง Output จาก Valve Block.....                                               | 52   |
| 3.15 แสดงการสั่งงาน Pump RUN.....                                                   | 54   |
| 3.16 แสดงการสั่งงาน Pump STOP .....                                                 | 55   |
| 3.17 แสดง Output จาก EXPMOTOR Block.....                                            | 55   |
| 3.18 แสดงการเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปกลุ่ม P-401D..... | 58   |
| 3.19 แสดงการเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปกลุ่ม P-409B..... | 60   |
| 3.20 แสดงการย้ายโปรแกรมจาก Schneider Electric Modicon Quantum PLC.....              | 66   |

## สารบัญรูป

| รูปที่                                                                          | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 แสดงรูปแบบการสื่อสารระหว่างมาสเตอร์กับสลาฟ.....                             | 3    |
| 2.2 แสดงรายละเอียด Modbus Application Protocol (MBAP).....                      | 5    |
| 2.3 แสดง Modbus RTU Network .....                                               | 6    |
| 2.4 แสดง CANopen Network.....                                                   | 8    |
| 2.5 แสดงเครือข่าย Modbus TCP/IP .....                                           | 8    |
| 2.6 แสดงโครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน (ring topology).....             | 12   |
| 2.7 แสดงโลโก้ของ Wonderware System Platform .....                               | 14   |
| 2.8 แสดงชุดบริการหลัก 6 บริการของ System Platform .....                         | 14   |
| 2.9 แสดงส่วนประกอบของระบบ System Platform .....                                 | 17   |
| 2.10 แสดง Ladder Diagram .....                                                  | 20   |
| 2.11 แสดง Structure Text Language .....                                         | 20   |
| 2.12 แสดง Sequential Function Chart (GRAFCET).....                              | 20   |
| 2.13 แสดง Function Block Diagram Language.....                                  | 21   |
| 2.14 แสดง Instruction List Language .....                                       | 21   |
| 2.15 แสดง I/O Module .....                                                      | 22   |
| 2.16 แสดงภาพตัวอย่างของแอปพลิเคชัน ModScan32.....                               | 24   |
| 2.17 แสดงการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ระหว่าง Modbus Client กับ PLC ผ่าน ModSim .....  | 25   |
| 2.18 แสดงภาพตัวอย่างของแอปพลิเคชัน ModSim .....                                 | 25   |
| 2.19 แสดงโลโก้ VMware Workstation .....                                         | 26   |
| 2.20 แสดงแผนภาพเครือข่ายระบบที่ซอฟต์แวร์สามารถรองรับได้.....                    | 27   |
| 3.1 แสดงรายละเอียดการทำโครงการจากแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart).....                | 28   |
| 3.2 แสดงอุปกรณ์ Redundant HSBY processor module M580 - Level 4 - Remote.....    | 32   |
| 3.3 แสดงอุปกรณ์ Discrete input module M340 – 32 inputs – 24 V DC positives..... | 33   |
| 3.4 แสดงอุปกรณ์ Discrete output module M340 - 32 outputs.....                   | 33   |
| -solid state - 24 VDC positive                                                  |      |
| 3.5 แสดงอุปกรณ์ Isolated analog input module X80 - 8 inputs -high speed .....   | 34   |
| 3.6 แสดงอุปกรณ์ Analog output module X80 - 8 outputs .....                      | 35   |
| 3.7 แสดงอุปกรณ์ Ethernet module M580 - 3-port Factory Cast Ethernet.....        | 35   |
| 3.8 แสดงอุปกรณ์ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane .....      | 36   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                        | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.9 แสดงอุปกรณ์ Quantum RIO Drop E/IP 1CH.....                                | 37   |
| 3.10 แสดงอุปกรณ์ Ethernet TCP/IP switch - ConneXium - 8 ports for copper..... | 37   |
| 3.11 แสดงสายเชื่อมต่อ LAN และสายเคเบิลใยแก้วนำแสงแบบ Hot standby .....        | 38   |
| 3.12 แสดงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ .....                                             | 39   |
| 3.13 แสดงอุปกรณ์ EcoStruxure Control Expert.....                              | 39   |
| 3.14 แสดงอุปกรณ์ Program Concept.....                                         | 39   |
| 3.15 แสดงอุปกรณ์ Wonderware System Platform .....                             | 40   |
| 3.16 แสดงอุปกรณ์ Modsim และ Modscan .....                                     | 40   |
| 3.17 แสดงอุปกรณ์ VMware Workstation .....                                     | 40   |
| 3.18 แสดงอุปกรณ์ Microsoft Office.....                                        | 40   |
| 3.19 แสดง System Architecture ระบบเดิม .....                                  | 41   |
| 3.20 แสดง System Architecture ระบบที่ถูกปรับแก้ไข .....                       | 42   |
| 3.21 แสดง PLC System Architecture .....                                       | 43   |
| 3.22 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-401D (Start) .....                             | 44   |
| 3.23 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-401D (Stop).....                               | 45   |
| 3.24 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-409B (Start) .....                             | 46   |
| 3.25 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-409B (Stop) .....                              | 48   |
| 3.26 แสดง Function block การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 1.....                   | 49   |
| 3.27 แสดง Function block การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 2.....                   | 49   |
| 3.28 แสดงตัวอย่าง Function block : MOV Suction .....                          | 50   |
| 3.29 แสดงตัวอย่าง Function block : MOV Discharge.....                         | 53   |
| 3.30 แสดงตัวอย่าง Function block : Pump P-401.....                            | 53   |
| 3.31 แสดงตัวอย่าง Function block : Pump P-409.....                            | 54   |
| 3.32 แสดงตัวอย่าง Auto mode : Pump กลุ่ม P-401.....                           | 56   |
| 3.33 แสดงตัวอย่าง Auto mode : Pump กลุ่ม P-409.....                           | 57   |
| 3.34 แสดง MOV Suction กลุ่ม P-401D : Interlock.....                           | 59   |
| 3.35 แสดง Pump Run กลุ่ม P-401D : Interlock.....                              | 59   |
| 3.36 แสดง MOV Suction กลุ่ม P-409B : Interlock .....                          | 60   |
| 3.37 แสดง Pump Run กลุ่ม P-409B : Interlock.....                              | 61   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                      | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.38 แสดงการเปิดโปรแกรม Concept .....                                       | 62   |
| 3.39 แสดงการสร้าง FBD .....                                                 | 62   |
| 3.40 แสดงการตั้งชื่อ FBD ที่สร้างใหม่.....                                  | 63   |
| 3.41 แสดงหน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรมใหม่.....                                | 63   |
| 3.42 แสดงแถบเครื่องมือสำหรับการเขียนโปรแกรม .....                           | 63   |
| 3.43 แสดงการ Select FFB.....                                                | 64   |
| 3.44 แสดงการใส่ตัวแปรที่ต้องการนำมา operate .....                           | 64   |
| 3.45 แสดงโปรแกรมที่เขียนเพิ่มในโปรแกรม Concept.....                         | 65   |
| 3.46 แสดงหน้า P401D_P409B_TRANSFER .....                                    | 65   |
| 3.47 แสดงการ Configure hardware ส่วนของ PLC Bus .....                       | 66   |
| 3.48 แสดงการ Configure hardware ส่วนของ EIO Bus .....                       | 67   |
| 3.49 แสดงการเปิดโปรแกรมเพื่อเปิดไฟล์งาน .....                               | 68   |
| 3.50 แสดงการเลือกไฟล์งานที่ต้องการจะเปิด .....                              | 68   |
| 3.51 แสดงการสร้าง Tag name ตามเอกสาร PLC IO Assignment List.....            | 69   |
| 3.52 แสดงการ Mapping digital Input / Output.....                            | 69   |
| 3.53 แสดงการ Mapping Analog Input / Output .....                            | 70   |
| 3.54 แสดงการ Scale Analog Input/output.....                                 | 70   |
| 3.55 แสดงการ Transfer parameter to PLC Quantum1 .....                       | 71   |
| 3.56 แสดงการ Read Command from PLC Quantum1.....                            | 71   |
| 3.57 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA.....      | 72   |
| 3.58 แสดงโปรแกรม System Management Console.....                             | 72   |
| 3.59 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม System Management Console .....                  | 73   |
| 3.60 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม System Management Console .....                  | 74   |
| 3.61 แสดงการตั้งค่าส่วน General ของ DDESuitelink (Suitelink protocol) ..... | 74   |
| 3.62 แสดงการตั้งค่าส่วน Topic ของการสร้างกลุ่มของ Attributes .....          | 75   |
| 3.63 แสดงการเปิดโปรแกรม Archestra IDE .....                                 | 75   |
| 3.64 แสดงการสร้างเทมเพลต Application object.....                            | 76   |
| 3.65 แสดงการตั้งชื่อให้เทมเพลตและเพิ่ม Attributes.....                      | 76   |
| 3.66 แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ของ Attributes ในเทมเพลต .....                    | 77   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                              | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| 3.67 แสดงการบันทึกการตั้งค่า.....                                   | 78   |
| 3.68 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC .....                         | 78   |
| 3.69 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC .....                         | 79   |
| 3.70 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC .....                         | 79   |
| 3.71 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC .....                         | 80   |
| 3.72 แสดงผลลัพธ์เป็นไฟล์ประเภท .TXT .....                           | 80   |
| 3.73 แสดงการเปลี่ยนเป็นไฟล์ประเภท Excel.....                        | 80   |
| 3.74 แสดงการเปิดโปรแกรม ArchestrA IDE .....                         | 81   |
| 3.75 แสดงการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SCADA .....                         | 81   |
| 3.76 แสดงการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SCADA .....                         | 82   |
| 3.77 แสดงการเปิดโปรเจ็ค TankLL.....                                 | 83   |
| 3.78 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1.....                             | 83   |
| 3.79 แสดงการสร้างหน้าต่างใหม่ (New Window) .....                    | 84   |
| 3.80 แสดงการตั้งค่าหน้าต่างใหม่ .....                               | 84   |
| 3.81 แสดง ArchestrA Graphic Toolbox .....                           | 85   |
| 3.82 แสดง ArchestrA Graphic Toolbox ของ Tank, Text, Pump, MOV ..... | 85   |
| 3.83 แสดง Toolbox Line .....                                        | 86   |
| 3.84 แสดง Toolbox Text.....                                         | 86   |
| 3.85 แสดงหน้าต่าง Pop up Font.....                                  | 87   |
| 3.86 แสดงหน้าจอ SCADA ที่ทำการวาดใหม่ตามขั้นตอน .....               | 87   |
| 3.87 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1 จอเก่าที่มีอยู่เดิม .....        | 88   |
| 3.88 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1 ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน ..... | 88   |
| 3.89 แสดงถังเก็บน้ำมัน (Tank) หน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม.....          | 89   |
| 3.90 แสดงถังเก็บน้ำมัน (Tank) ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน.....       | 89   |
| 3.91 แสดงปั๊ม(Pump) และวาล์ว(MOV) หน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม .....     | 89   |
| 3.92 แสดงปั๊ม(Pump) และวาล์ว(MOV) ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน .....  | 90   |
| 3.93 แสดงตัวอย่างสคริปต์ .....                                      | 91   |
| 3.94 แสดง Flowchart สรุปการเขียนสคริปต์การรับ-ส่งค่าจาก Tag.....    | 92   |
| 3.95 แสดงการ Edit Symbol.....                                       | 93   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                        | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.96 แสดงหน้าต่างกราฟิก (Graphic).....                                        | 93   |
| 3.97 แสดงหน้าต่าง Graphic ที่แยกองค์ประกอบของ symbol.....                     | 94   |
| 3.98 แสดงการเขียนฟังก์ชันองค์ประกอบแรก.....                                   | 94   |
| 3.99 แสดงการเขียนฟังก์ชันองค์ประกอบแรก.....                                   | 95   |
| 3.100 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Not Run ของปั๊ม.....                   | 96   |
| 3.101 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Run ของปั๊ม.....                       | 96   |
| 3.102 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Standby ของปั๊ม.....                   | 97   |
| 3.103 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Loss Signal ของปั๊ม.....               | 97   |
| 3.104 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะช่วงลำดับความสำคัญของปั๊ม.....  | 98   |
| 3.105 แสดงการ Edit Symbol.....                                                | 99   |
| 3.106 แสดงหน้าต่าง Graphic ที่แยกองค์ประกอบของ symbol.....                    | 99   |
| 3.107 แสดงการเขียนฟังก์ชันองค์ประกอบแรก.....                                  | 100  |
| 3.108 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Fully Close ของวาล์ว.....              | 101  |
| 3.109 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Fully Open ของวาล์ว.....               | 102  |
| 3.110 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Running ของวาล์ว.....                  | 102  |
| 3.111 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Loss Signal ของวาล์ว.....              | 103  |
| 3.112 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะช่วงลำดับความสำคัญของวาล์ว..... | 104  |
| 3.113 แสดงการ Edit Symbol.....                                                | 104  |
| 3.114 แสดงหน้าต่างกราฟิก (Graphic) ที่แยกองค์ประกอบของ symbol.....            | 105  |
| 3.115 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 105  |
| 3.116 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 106  |
| 3.117 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 106  |
| 3.118 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 106  |
| 3.119 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 107  |
| 3.120 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 107  |
| 3.121 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน.....                             | 107  |
| 3.122 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน.....     | 108  |
| 3.123 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน.....     | 108  |
| 3.124 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงกระบวนการของถังเก็บน้ำมัน.....                  | 109  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                                 | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.125 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงชื่อของถังเก็บน้ำมัน.....                                | 109  |
| 3.126 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน.....                          | 110  |
| 3.127 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน.....                          | 110  |
| 3.128 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงผลสถานะช่วงลำดับความสำคัญของถังเก็บน้ำมัน ... | 111  |
| 4.1 แสดงเอกสารการตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check).....              | 112  |
| 4.2 แสดงเอกสารการตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check).....              | 113  |
| 4.3 แสดงเอกสารการตรวจสอบรายการและปริมาณวัสดุ (Bill of Materials) .....                 | 113  |
| 4.4 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 1.....                     | 114  |
| 4.5 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 2.....                     | 115  |
| 4.6 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 3.....                     | 116  |
| 4.7 แสดงเอกสารการตรวจสอบการเปิดเครื่อง PLC.....                                        | 117  |
| 4.8 แสดงเอกสารการตรวจสอบการกำหนดค่า PLC 1 .....                                        | 118  |
| 4.9 แสดงเอกสารการตรวจสอบการกำหนดค่า PLC 2.....                                         | 119  |
| 4.10 แสดงการตรวจสอบ Digital Input ของ PLC.....                                         | 120  |
| 4.11 แสดงการตรวจสอบ Digital Output ของ PLC .....                                       | 121  |
| 4.12 แสดงการตรวจสอบ Analog Input ของ PLC .....                                         | 122  |
| 4.13 แสดงการตรวจสอบ Analog Output ของ PLC.....                                         | 123  |
| 4.14 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลหน้าจอหลักของสถานีที่ 1 .....                              | 124  |
| 4.15 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลหน้าจอหลักของสถานีที่ 2 .....                              | 125  |
| 4.16 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 1 MOV4125 .....                        | 126  |
| 4.17 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 1 MOV4126 .....                        | 127  |
| 4.18 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 2 MOV4097 .....                        | 128  |
| 4.19 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 2 MOV4144 .....                        | 129  |
| 4.20 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 1 P-401D .....                          | 130  |
| 4.21 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 2 P-409B.....                           | 131  |
| 4.22 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 1 MOV 4125.....                           | 132  |
| 4.23 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 1 MOV 4126.....                           | 133  |
| 4.24 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 1 P-401D ในโหมดสั่งการด้วยมือ .....       | 134  |
| 4.25 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 1 P-401D ในโหมดอัตโนมัติ .....            | 135  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่                                                                           | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.26 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 2 MOV 4097.....                     | 136  |
| 4.27 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 2 MOV 4144 .....                    | 137  |
| 4.28 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 2 P-409B ในโหมดสั่งการด้วยมือ ..... | 138  |
| 4.29 แสดงการทดสอบฟังก์ชันการทำงานของสถานีที่ 2 P-409B ในโหมดอัตโนมัติ.....       | 139  |
| 4.30 แสดงการทำ FAT test รวมกับวิศวกร infinite controlและเจ้าของโครงการ 1 .....   | 140  |
| 4.31 แสดงการทำ FAT test รวมกับวิศวกร infinite controlและเจ้าของโครงการ 2 .....   | 140  |
| 4.32 แสดงการเชื่อมต่อเพื่อทดสอบ input/output ของ PLC.....                        | 141  |
| 4.33 แสดงตู้ PLC .....                                                           | 141  |
| ก.1 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 1.....                                              | 147  |
| ก.2 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 2.....                                              | 148  |
| ก.3 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 3.....                                              | 148  |
| ก.4 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 4.....                                              | 148  |

## บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

น้ำมันเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิตในหลายๆอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการขนส่ง และการบิน เป็นต้น ด้วยระยะทางการจากโรงกลั่นจึงทำให้ต้องมีการขนส่งน้ำมันไปยังหลายที่ ซึ่งในสมัยก่อนได้ใช้ระบบการขนส่งโดยใช้รถขนส่งน้ำมันเป็นหลัก ทำให้เกิดผลกระทบได้หลายด้าน เช่น ปริมาณรถที่เพิ่มขึ้นบนถนนทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุมากขึ้น มีระยะเวลาในการขนส่งมากมลพิษที่เกิดจากรถขนส่งน้ำมัน และต้นทุนที่มีปริมาณสูง ในระยะเวลาหลาย 10 ปีที่ผ่านมาจึงได้มีการวางระบบการขนส่งน้ำมันทางท่อเพื่อแก้ไขปัญหาข้างต้น โดยหลักการทำงานของท่อส่งน้ำมันจะทำการส่งน้ำมันผ่านท่อไปตามแนวท่อเพื่อเก็บไว้ที่คลังน้ำมันปลายทางแต่ละที่ โดยท่อส่งน้ำมันต้องมีการควบคุมและดูแลระบบโดยใช้ SCADA และ PLC และเนื่องจากปริมาณการใช้น้ำมันที่เพิ่มมากขึ้นจากอดีตถึงปัจจุบัน ส่งผลให้บริษัทท่อขนส่งน้ำมันต้องมีการเพิ่มปริมาณการขนส่งโดยการเพิ่มแรงดันและอัตราการไหล ซึ่งจะเพิ่มอุปกรณ์ดังนี้ ปัม ทรานสมิตเตอร์ และวาล์ว โดยที่อุปกรณ์เหล่านี้จะถูกควบคุมด้วยระบบ PLC และ SCADA ดังที่กล่าวข้างต้น และการเพิ่มอุปกรณ์เหล่านี้เข้าไปจำเป็นต้องคำนึงถึงระบบเดิมที่ใช้งานว่า สามารถเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปโดยไม่กระทบกับระบบขนส่งน้ำมันที่มีอยู่เดิมอย่างไร รวมถึงการระบุจำนวนและเลือกชนิดของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปให้สามารถรองรับปริมาณการขนส่งน้ำมันที่มากขึ้นให้ได้ดังที่ต้องการ ทำให้ฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์และระบบควบคุมมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมจึงได้เกิดโครงการ การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ โดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA นี้ขึ้นมา

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA เพื่อรองรับการเพิ่มอุปกรณ์ได้แก่ ปัม ทรานสมิตเตอร์ และ วาล์ว เข้าไปในระบบการขนส่งน้ำมันทางท่อระบบเดิม เพื่อขยายและแก้ไขการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และแก้ไขระบบ SCADA เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการควบคุมระบบทั้งหมดได้จากห้องควบคุม

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

โครงการนี้เป็นการจัดทำตั้งแต่การดำเนินการด้านเอกสารทางวิศวกรรม ด้านการออกแบบการทำงานของทั้งระบบและด้านการดำเนินการตามสัญญาโครงการเพื่อให้เห็นภาพรวมของการทำงานใน

รูปแบบโครงการและนำความรู้ที่ได้เรียนรู้จากการเรียนที่ผ่านมาปรับใช้ให้การทำงานสำเร็จไปได้ด้วยดี

1. ศึกษาจากเอกสารทางวิศวกรรม เพื่อทำความเข้าใจหลักการทำงาน และเข้าใจวิธีการทำงานเบื้องต้นของระบบควบคุมท่อขนส่งน้ำมันรวมไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้ภายในระบบนั้น
2. ออกแบบและแก้ไขโปรแกรม PLC และ SCADA ให้เป็นไปตามเอกสารทางวิศวกรรม ที่ผู้ใช้ระบุความต้องการในเอกสารข้อกำหนดการทำงานของโปรแกรม
3. สามารถทำการทดสอบโดยวิธี Factory Acceptance Test (FAT) พร้อมทั้งนำข้อมูลจากรายงานผลการทดสอบ มาปรับแก้ตามความของการของผู้ใช้
4. สามารถทำการทดสอบโดยวิธี Site Acceptance Test (SAT) พร้อมทั้งนำข้อมูลจากรายงานผลการทดสอบ มาปรับแก้ตามความของการของผู้ใช้

#### 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาเอกสารทางวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการ
2. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาการทำงานของโปรแกรม PLC ของ Schneider (โปรแกรม Concept) ของระบบเดิม
4. ศึกษาและจัดทำ Flowchart หลักการทำงานของปั๊ม
5. ประยุกต์ใช้การเขียนโปรแกรม PLC ของ Schneider (โปรแกรม Concept) ที่ศึกษานำมาใช้เขียนโปรแกรมเพิ่มเติมของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปใหม่หรือระบบใหม่
6. ศึกษาและใช้งานโปรแกรม PLC ของ Schneider (EcoStruxure Control Expert) โครงสร้างโปรแกรม เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ของระบบใหม่
7. ศึกษาและใช้งานโปรแกรม SCADA ของ Wonderware และการออกแบบกราฟิก
8. ศึกษาวิธีการทดสอบ จัดทำเอกสาร และทำการทดสอบโดยวิธี Factory Acceptance Test
9. ศึกษาวิธีการทดสอบ จัดทำเอกสาร และทำการทดสอบโดยวิธี Site Acceptance Test

#### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถใช้โปรแกรม PLC ของ Schneider (EcoStruxure Control Expert) และโปรแกรม Concept โดยใช้ภาษา Function block diagram, Structure text ในการโปรแกรมควบคุมการทำงานของปั๊ม ในระบบการขนส่งน้ำมันทางท่อ
2. สามารถใช้โปรแกรม SCADA ของ Wonderware (System Platform) ในการควบคุมและแสดงผล
3. สามารถเรียนรู้และทำความเข้าใจทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้อย่างดี

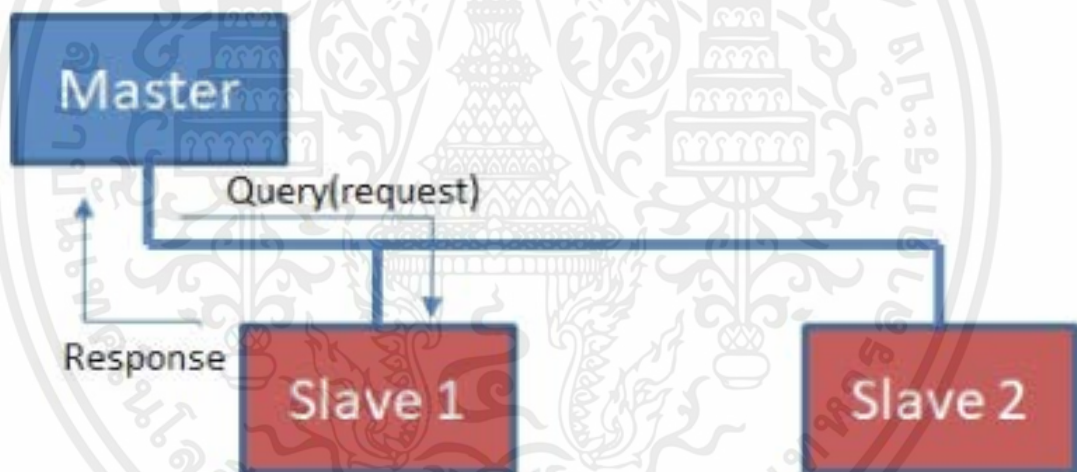
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### เอกสารและทฤษฎี

#### 2.1 การสื่อสารผ่านโปรโตคอล Modbus TCP/IP

โปรโตคอล Modbus ได้รับการพัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2522 โดย Modicon Incorporated เพื่อนำมาใช้กับระบบอัตโนมัติอุตสาหกรรมและคอนโทรลเลอร์ ซึ่งปัจจุบันโปรโตคอล Modbus นี้ได้กลายมาเป็นวิธีการมาตรฐานในอุตสาหกรรมสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลแบบเปิด/ปิด และ อินพุต/เอาต์พุตแบบอนาล็อก อุปกรณ์ที่สื่อสารด้วย Modbus โดยใช้วิธีการ มาสเตอร์/สลาฟ จะมีอุปกรณ์มาสเตอร์ที่เป็นตัวเริ่มการสื่อสารหรือร้องขอข้อมูลไปยังอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ซึ่งเรียกว่า สลาฟ โดยตัว สลาฟ จะทำการตอบสนองแก่ มาสเตอร์ โดยการส่งข้อมูลที่ถูกร้องขอไปยัง มาสเตอร์ หรือดำเนินการบางอย่างตามที่ มาสเตอร์ ร้องขอ ซึ่ง สลาฟ อาจเป็นอุปกรณ์ต่อพ่วงใด ๆ (อินพุต/เอาต์พุต ทรานสดิวเซอร์ วาล์ว ไดรฟ์เครือข่าย หรืออุปกรณ์วัดอื่น ๆ) ที่ทำหน้าที่ประมวลผลและส่งข้อมูลไปยัง มาสเตอร์



รูปที่ 2.1 แสดงรูปแบบการสื่อสารระหว่างมาสเตอร์กับสลาฟ

มาสเตอร์สามารถติดต่อกับสลาฟแต่ละตัวได้ หรือสามารถส่งข้อความบรอดแคสต์ถึงสลาฟทุกตัวได้ โดยสลาฟจะตอบสนองเพียงสิ่งที่มาสเตอร์ร้องขอเท่านั้น ซึ่งข้อความร้องขอที่มาสเตอร์จะส่งให้สลาฟ ประกอบด้วย ที่อยู่ของสลาฟ (หรือที่อยู่ของบรอดแคสต์), คำสั่งของฟังก์ชัน (คำสั่งหรือสิ่งที่ต้องการให้ทำ), ข้อมูลที่ถูกร้องขอและส่วนเช็คความผิดพลาด สำหรับข้อมูลที่สลาฟจะส่งกลับมาให้กับมาสเตอร์ประกอบด้วย คำสั่งที่สั่งให้กระทำ ข้อมูลต่าง ๆ และส่วนเช็คความผิดพลาด แต่หากเกิดข้อผิดพลาดในการเขียนโปรแกรมหรือการดำเนินการจะส่งผลให้เกิดการตอบสนองขอยกเว้น และเมื่อสลาฟตรวจพบข้อผิดพลาดเหล่านี้จะส่งข้อความตอบกลับไปยังมาสเตอร์ โดยประกอบด้วย ที่อยู่ของสลาฟ คำสั่งของฟังก์ชัน คำสั่งข้อผิดพลาด และส่วนเช็คความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.1.1 Modbus TCP/IP คือ

Modbus TCP/IP (หรือ Modbus-TCP) คือ โพรโทคอล Modbus RTU ที่เชื่อมต่อด้วย TCP โดยทำงานบนสถาปัตยกรรมของ Ethernet โครงสร้างข้อความของ Modbus คือ แอปพลิเคชัน โพรโทคอล ที่จะถูกส่งผ่านไปพร้อมกับ TCP/IP (TCP/IP คือ Transmission Control Protocol และ Internet Protocol ซึ่งเป็นตัวกลางที่ใช้ในการส่งข้อความของ Modbus TCP/IP) ตารางข้างล่างนี้ แสดงชนิดของข้อมูล และที่อยู่ที่ใช้กับ Modbus RTU ซึ่งต้องอาจเช่นเดียวกันใน Modbus TCP/IP

ตารางที่ 2.1 แสดงชนิดของข้อมูลและที่อยู่ที่ใช้กับ Modbus RTU

| <u>Modbus RTU<br/>Data Type</u> | <u>Common<br/>name</u>     | <u>Starting address</u> |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Modbus Coils                    | Bits, binary values, flags | 00001                   |
| Digital Inputs                  | Binary inputs              | 10001                   |
| Analog Inputs                   | Binary inputs              | 30001                   |
| Modbus Registers                | Analog values, variables   | 40001                   |

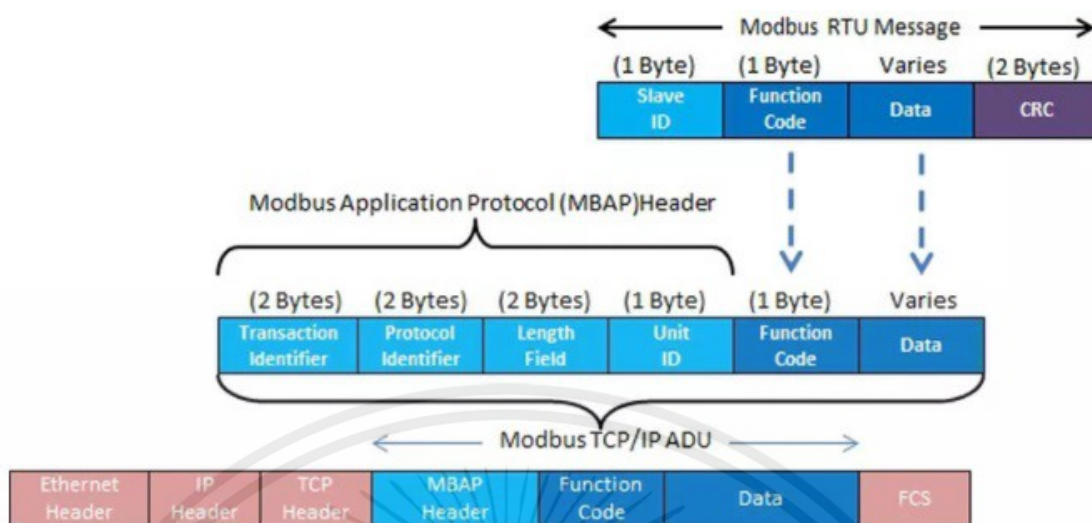
ตารางข้างล่างนี้แสดงชนิดฟังก์ชันและคำสั่งฟังก์ชันของ Modbus RTU ที่ใช้สำหรับอ่าน และเขียนข้อมูลซึ่งเราต้องใส่ไว้ในเฟรมข้อมูลของ Modbus RTU

ตารางที่ 2.2 แสดงชนิดฟังก์ชันและคำสั่งฟังก์ชันของ Modbus RTU

| <b>Function type</b> |                                                 | <b>Function name</b>                   | <b>Function code</b> |
|----------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|
| Bit access           | Physical Discrete Inputs                        | <b>Read Discrete Inputs</b>            | 2                    |
|                      | Internal Bits or Physical Coils                 | <b>Read Coils</b>                      | 1                    |
|                      |                                                 | <b>Write Single Coil</b>               | 5                    |
|                      |                                                 | <b>Write Multiple Coils</b>            | 15                   |
| 16-bit access        | Physical Input Registers                        | <b>Read Input Registers</b>            | 4                    |
|                      | Internal Registers or Physical Output Registers | <b>Read Multiple Holding Registers</b> | 3                    |
|                      |                                                 | Write Single Holding Register          | 6                    |
|                      |                                                 | Write Multiple Holding Registers       | 16                   |
|                      |                                                 | Read/Write Multiple Registers          | 23                   |
|                      |                                                 | Mask Write Register                    | 22                   |
|                      |                                                 | Read FIFO Queue                        | 24                   |

ในทางปฏิบัติ Modbus TCP จะฝังเฟรมข้อมูลของ Modbus RTU รวมไปกับเฟรมของ TCP โดยไม่ต้องใช้การเช็คซัมของ Modbus แต่จะใช้การเช็คซัมของ TCP แทน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงรายละเอียด Modbus Application Protocol (MBAP)

จากรูปที่ 2.2 Modbus Application Protocol (MBAP) จะประกอบด้วยข้อมูล 7 ไบต์ ซึ่งจะวางหน้า ข้อความของ Modbus RTU โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) Transaction/invocation Identifier (2 ไบต์) : ใช้จับคู่การแลกเปลี่ยนข้อมูลเมื่อมีข้อความหลายๆ ชุด ถูกส่งออกมาด้วย TCP เดียวกัน ด้วยมาสเตอร์ตัวใดตัวหนึ่ง โดยไม่ต้องรอลำดับการตอบสนอง
- 2) Protocol Identifier (2 ไบต์) : ในส่วนจะมีค่าเป็น 0 เสมอ
- 3) Length (2 ไบต์) : เป็นการระบุจำนวนไบต์ที่รวมจำนวนไบต์ของตัวระบุหน่วย, คำสั่งของฟังก์ชัน, และฟิลด์ของข้อมูล
- 4) Unit Identifier (1 ไบต์) : เป็นการระบุ ID ของเซิร์ฟเวอร์ที่อยู่ในระบบสื่อสาร อาจตั้งเป็น 00 ถึง FF ก็ได้

### 2.1.2 การเลือกใช้เครือข่ายการสื่อสารต่าง ๆ ในระบบอัตโนมัติ

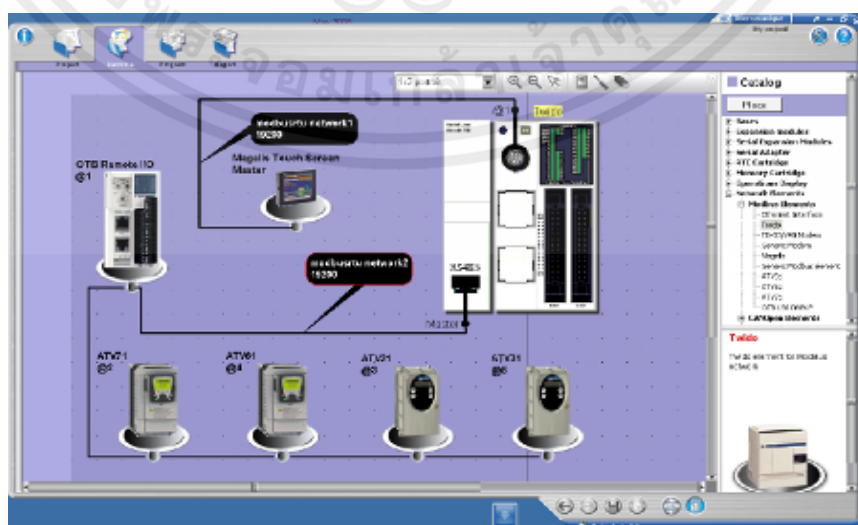
ปัจจุบันการควบคุมทางด้านระบบอัตโนมัติไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแคภายในของเครื่องจักรในสายการผลิตหรือแม้กระทั่งในขอบเขตบริเวณโรงงาน แต่การควบคุมผ่านระบบการสื่อสารแบบต่างๆ ยังได้รับความนิยมและนำเข้ามาใช้มากขึ้นเพื่อประหยัดต้นทุนของการลากสายทองแดงปริมาณมากเพื่อควบคุมเครื่องจักร ลดเวลาในการติดตั้งระบบ รวมไปถึงการลดเวลาในการแก้ปัญหาเมื่อเครื่องจักรหยุดระหว่างกระบวนการผลิต และสามารถแสดงค่าพารามิเตอร์จากเครื่องจักรได้ในระยะไกลซึ่งการลากสายทองแดงทำไม่ได้ ซึ่งปัจจุบันในระบบควบคุมง่าย ๆ ทั่วไป เช่น การควบคุมมอเตอร์ตัวหนึ่งที่ตั้งอยู่ห่างจากตู้ควบคุมห้าร้อยเมตรโดยใช้ตัวปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เบื้องต้น สามารถทำได้โดยใช้สายไฟประมาณห้าเส้นเพื่อควบคุมการเดินหน้าทำงาน การหยุด และการเปลี่ยนทางหมุน รวมไปถึง

สายสัญญาณนาฬิกาสำคัญ เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์แต่หากมีเป็นมอเตอร์สามสัปดาห์หรือมากกว่านั้น ต้นทุนการติดตั้งระบบจะไปตกอยู่ที่การรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของโครงสร้างการติดตั้งคานลาดเดินสาย ท่อ สายไฟฟ้าและสายสัญญาณทันที ทั้งยังทำให้เวลาในการติดตั้งระบบยืดยาวออกไป และปัญหาระยะยาวที่ตามมา คือ การแก้ปัญหาเมื่อเครื่องจักรหยุดระหว่างผลิต สายไฟจำนวนมากทำให้การแก้ปัญหาทำได้ช้าและอาจเกิดความเสียหายต่อระบบในส่วนอื่น เนื่องจากการดึง รื้อสายระหว่างการแก้ปัญหา นั้น ๆ ซึ่งถ้าเปลี่ยนไปใช้เป็นการควบคุมทางด้านระบบอัตโนมัติด้วยระบบการสื่อสารแบบบัสคอนโทรลดังกล่าวก็อาจจะไม่เกิดขึ้น เพราะจากการที่ต้องลากสายทองแดงเป็นร้อยเส้นในท่อร้อยสายก็จะเหลือเพียงสายสื่อสารเพียงเส้นเดียว ซึ่งระบบการสื่อสารบัสคอนโทรลแบบต่าง ๆ เบื้องต้นที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปมีประมาณ 3 แบบ ได้แก่

- 1) Modbus485 (Modbus RTU)
- 2) CAN open
- 3) Modbus TCP-IP

สำหรับการใช้งานควรพิจารณาคุณสมบัติของระบบการสื่อสารแต่ละชนิดว่ามีข้อจำกัดในด้านใดบ้าง และเหมาะสมกับงานประเภทใด ซึ่งโดยทั่วไปจะพิจารณาจากหลายเงื่อนไขของการใช้งาน เช่น ระยะทางของการลากสายสื่อสาร จำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการต่อใช้งานภายใต้ระบบสื่อสาร (Bus Control) ความเร็วของการสื่อสารซึ่งความเร็วนี้มีผลกับการตอบสนองของการควบคุมของระบบ และอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือราคาอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบสื่อสาร เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดของทั้ง 3 แบบ มีดังนี้

**Modbus485 (Modbus RTU)** การสื่อสารแบบอนุกรม (RS-485) ที่รู้จักกันดีใช้มาตั้งแต่ปี 1979 สามารถสื่อสารผ่านสายเคเบิลแบบอนุกรมทั่วไปได้ในระยะประมาณ 1,200 เมตร ด้วยความเร็วสูงสุด 38,400 บิตต่อวินาที (38.4 kbps) ในระบบพื้นฐานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้สูงสุด 247 จุด มีลักษณะการควบคุมการสื่อสารเป็นแบบ มาสเตอร์-สลาฟ



รูปที่ 2.3 แสดง Modbus RTU Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงถึงตัวอย่างการใช้งานระบบสื่อสารแบบ Modbus RTU โดยในรูปประกอบด้วย TWIDO PLC ซึ่งมีพอร์ตการสื่อสาร 2 พอร์ต โดยในรูปพอร์ตที่ 1 ใช้ต่อกับ Magelis Touch Screen โดยกำหนดให้ Magelis Touch Screen ทำงานเป็นมาสเตอร์ และ TWIDO PLC ทำงานเป็นสลาฟตัวที่ 1 ส่วนพอร์ตที่ 2 จะใช้ต่อกับอุปกรณ์เพื่อควบคุมเครื่องจักร โดยจัดตั้งค่าให้พอร์ตที่ 2 ของ PLC ทำงานเป็นมาสเตอร์และต่อไปที่อุปกรณ์ที่เป็นสลาฟ ได้แก่ อินพุต/เอาต์พุต ระบายไกลแบบ OTB, ATV71, ATV61, ATV21, ATV31 โดยในการต่ออุปกรณ์ในลักษณะนี้จะเรียกว่า มัลติไดรฟ์ ซึ่งจากรูปนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานจริงได้หลายประเภท เช่น งานควบคุมปั๊มน้ำ งานควบคุมสายพานลำเลียง เป็นต้น

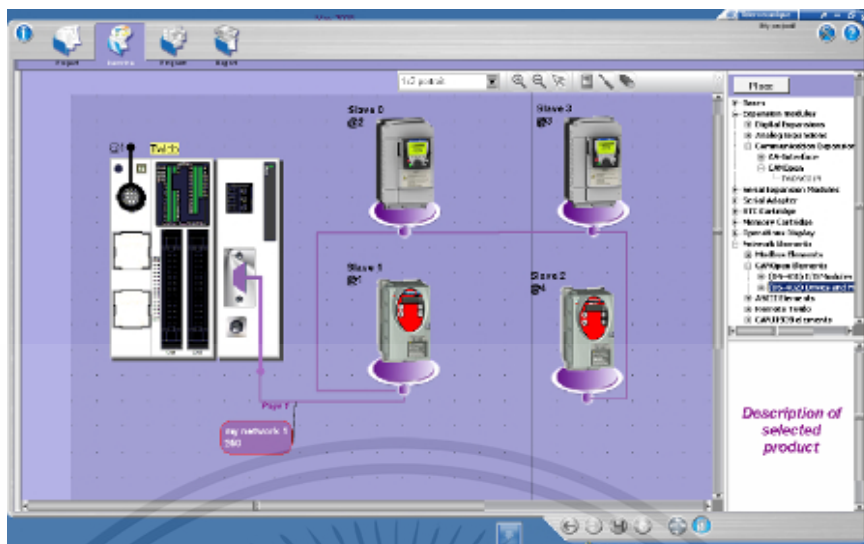
CAN open (CAN, Controller Area Network) ใช้มาตั้งแต่ปี 1995 สามารถสื่อสารผ่านสายเคเบิลแบบพิเศษที่ป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดีได้ที่ระยะสูงสุด 5,000 เมตรด้วยความเร็วสูงสุดที่ 1,000,000 บิตต่อวินาที (1 เมกะบิตต่อวินาที) ในระบบพื้นฐานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้สูงสุด 127 จุด มีลักษณะการควบคุมการสื่อสารเป็นแบบ มาสเตอร์-สลาฟ

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของความเร็วในการสื่อสารของระบบ CAN open เทียบกับระยะทาง

| Speed                    | Distance    |
|--------------------------|-------------|
| 1,000,000 Bit Per Second | 20 Meter    |
| 500,000 Bit Per Second   | 100 Meter   |
| 250,000 Bit Per Second   | 250 Meter   |
| 125,000 Bit Per Second   | 500 Meter   |
| 50,000 Bit Per Second    | 1,000 Meter |
| 20,000 Bit Per Second    | 2,500 Meter |
| 10,000 Bit Per Second    | 5,000 Meter |

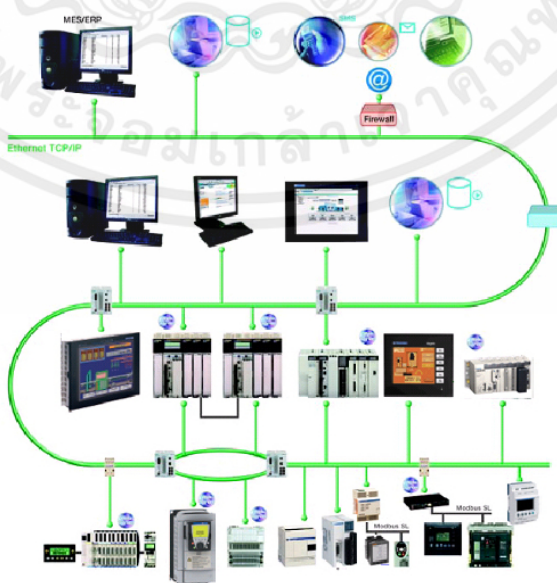
รูปที่ 2.4 ด้านล่างแสดงถึงตัวอย่างของระบบสื่อสารแบบ CAN open ซึ่งประกอบด้วย TWIDO PLC ซึ่งทำหน้าที่เป็นมาสเตอร์ของเครือข่ายมี ATV 71, ไดรฟ์ควบคุมความเร็วที่เปลี่ยนค่าได้แบบ ATV61 และไดรฟ์เซอร์โวมอเตอร์แบบ Lexium05 เป็นสลาฟของเครือข่าย โดยระบบสื่อสารแบบนี้สามารถประยุกต์ใช้งานจริงได้กับงานประเภทเครื่องจักร เช่น เครื่องจักร CNC เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดง CANopen Network

**Modnet, Modbus TCP/IP, Modbus on Ethernet** คือ การสื่อสารแบบ Modbus บนเครือข่าย Ethernet (LAN Network) ระยะในการใช้งานสำหรับการลากสายทองแดง (สาย LAN ) คือ 100 เมตร โดยสามารถขยายระยะในการสื่อสารได้โดยใช้อุปกรณ์รีพีตเตอร์หรือในระบบ LAN จะเรียกอุปกรณ์นี้ว่า ฮับ (Hub) หรือ สวิตช์ (Switch) ก็จะสามารถลากสายได้อีก 100 เมตรและยังสามารถต่อ อุปกรณ์รีพีตเตอร์ขยายระยะทางได้โดยไม่จำกัด และระยะทางการในใช้งานสำหรับสายไฟเบอร์ออฟติคระยะการต่อที่ทำได้อยู่ที่ประมาณ 80 กิโลเมตร ปัจจุบันใช้อยู่กับงานด้านปิโตรเลียม โดยในการสื่อสารโดยทั่วไปมีความเร็ว 100,000,000 บิตต่อวินาที (100 เมกะบิตต่อวินาที) และเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ได้ไม่จำกัดจำนวน เนื่องจากมีการใช้หมายเลขของ IP Address ในการระบุอุปกรณ์บนระบบสื่อสาร และมีลักษณะการควบคุมแบบ เซิร์ฟเวอร์ – ไคลเอนท์



รูปที่ 2.5 แสดงเครือข่าย Modbus TCP/IP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 แสดงถึงตัวอย่างการใช้งานระบบสื่อสาร Modbus TCP/IP โดยจากรูปจะเห็นได้ว่าระบบสื่อสารชนิดนี้สามารถต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ได้หลากหลายประเภท เช่น สมาร์ทรีเลย์แบบ Zelio, พาวเวอร์มิเตอร์, อินพุต/เอาต์พุตระยะไกลแบบ STB, อินพุต/เอาต์พุตระยะไกลแบบ OTB, ไดรฟ์ควบคุมความเร็วที่เปลี่ยนค่าได้แบบ ATV, ตัวสตาร์ทมอเตอร์แบบ TesysU, หน้าจอสัมผัสแบบ Magelis, TWIDO PLC, M340 PLC, Vijeo Citect SCADA เป็นต้น โดยจะเห็นได้ว่าปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่หลากหลายประเภทที่มีพอร์ตสื่อสาร Modbus TCP/IP เนื่องจากเป็นระบบที่มีความเร็วสูงและสามารถใช้งานร่วมกับระบบ LAN ภายในออฟฟิศได้ จึงช่วยทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการลากสายสื่อสารได้ และสามารถประยุกต์ใช้งานในลักษณะควบคุมระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ ทำให้สามารถควบคุมหรือสังเกตการทำงานของระบบจากที่ใดก็ได้ที่มีอินเทอร์เน็ต

### 2.1.3 การวิเคราะห์การเลือกใช้ระบบสื่อสาร

เนื่องจากการเลือกใช้ระบบการสื่อสารนั้นมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวเนื่องมากมาย จึงขอยกตัวอย่างการเลือกใช้ระบบสื่อสาร ดังนี้

หากมีความต้องการใช้ PLC เพื่อควบคุมความการเปิด-ปิด และควบคุมเร็วของปั๊มน้ำด้วยไดรฟ์ควบคุมความเร็วที่เปลี่ยนค่าได้จำนวน 30 ตัว ซึ่งกระจายตำแหน่งติดตั้งอยู่รอบโรงงานแห่งหนึ่งคิดเป็นระยะทางประมาณ 500 เมตร

**ตารางที่ 2.4** แสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมของคุณสมบัติและต้นทุนในอุปกรณ์ในระบบสื่อสารแบบต่าง ๆ

| Network                     | Modbus 485 | CANopen | Modbus TCP-IP |
|-----------------------------|------------|---------|---------------|
| Node Require                | 30         | 30      | 30            |
| Speed at 500 Meter (Bps)    | 19,200     | 125,000 | 100,000,000   |
| Cable Cost (Baht/1 Meter)   | 35         | 250     | 5             |
| Cable Cost 500 Meter        | 17,500     | 125,000 | 2,500         |
| Connector Cost (Baht/1 PCS) | 20         | 3,000   | 7             |
| Connector Cost 30 PCS       | 600        | 90,000  | 210           |
| Repeater                    | None       | None    | 4             |
| Repeater Cost               | None       | None    | 6,000         |
| Cost Estimate (Baht)        | 18,100     | 215,000 | 8,710         |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการพิจารณาข้อมูลจากตารางข้างต้นแล้ว จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ของระบบสื่อสารแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดเจน แต่ในการตัดสินใจเลือกใช้ระบบสื่อสารชนิดใดนั้น ควรจะพิจารณาจากการใช้งานมากกว่าที่จะคิดถึงเรื่องราคาของอุปกรณ์เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อพิจารณาจากความต้องการแล้วเป็นลักษณะการใช้งานควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ ซึ่งไม่ต้องการการตอบสนองของระบบแบบทันทีทันใด จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบที่มีความเร็วสูงอย่างระบบ Modbus TCP/IP และการติดตั้งก็เป็นการลากสายสื่อสารไปรอบ ๆ โรงงาน ซึ่งไม่มีสัญญาณรบกวนมากนักจึงไม่จำเป็นต้องใช้ระบบ CAN open ดังนั้น จากลักษณะการใช้งานและต้นทุนของอุปกรณ์จึงพอจะสรุปได้ว่า ในระบบควบคุมนี้ควรใช้ระบบสื่อสารเป็นระบบ Modbus RTU จึงจะเหมาะสมที่สุด แต่การใช้งานจริงสามารถนำระบบสื่อสารหลาย ๆ แบบมาใช้งานร่วมกันได้ เช่น ระบบ SCADA เป็นต้น

**Modbus 485** ออกแบบมาเพื่อใช้ในการควบคุมการทำงาน เช่น อินพุต/เอาต์พุตแบบดิจิตอล , อินพุต/เอาต์พุตแบบอนาล็อก หรือ ตัวสแตร์ตไดรฟ์แบบ AC, ตัวส่งการความเร็วแบบหยุดที่มีจำนวนข้อมูลไม่มากนัก เช่น ที่ความเร็ว 38,400 บิตต่อวินาที ถ้าส่งข้อมูล 1,200 เวิร์ด (19,200 บิต) ก็จะใช้เวลา 1 วินาทีในการส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งถ้าหากอุปกรณ์ดังกล่าว คือ ตัวปรับความเร็วรอบมอเตอร์ปั๊มน้ำเข้าถังเก็บหรือใบพัดเติมอากาศให้กับระบบบำบัดน้ำ จะมีความเหมาะสมเป็นอย่างดี ตัวอย่างที่เหมาะสมกับระบบนี้ ได้แก่ ระบบบำบัดน้ำซึ่งมีจำนวนอินพุต/เอาต์พุตไม่มากแต่การกระจายตัวสูงมาก เครือข่ายหนึ่งอาจยาว 1.2 กิโลเมตร อุปกรณ์ส่วนใหญ่ทำหน้าที่วัดค่าทางเคมีแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยการวัดค่ากำลังไฟฟ้าในการเดินและเผ่าระวังระบบเติมอากาศ การเดินเครื่องปรับความเร็วระบบเติมอากาศ และการไหลเวียนของน้ำซึ่งระบบไม่ต้องการความเร็วในการทำงานสูงมากนักแต่ต้องการความแม่นยำ ดังนั้น Modbus 485 จึงเหมาะที่จะใช้เป็นเครือข่ายการควบคุมที่ใช้กับการควบคุมและรับส่งข้อมูลจำนวนน้อย ระยะการสื่อสารไกล และความเร็วไม่สูงมาก ซึ่งข้อดีที่สำคัญ คือ ราคาอุปกรณ์และการติดตั้งต่ำ เสถียรภาพสูง ความซับซ้อนต่ำ การซ่อมบำรุงดูแลรักษาง่าย

**CAN open** ออกแบบมาเพื่อใช้ในการสื่อสารด้วยความเร็วสูง ตัวอย่างที่ชัดเจนมาก ได้แก่ เซอร์โวมอเตอร์ สเต็ปมอเตอร์ เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ต้องการข้อมูลในการทำงานจำนวนมากและด้วยความเร็วสูงเพื่อตอบสนองกับความต้องการของเครื่องจักร หรือการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตแบบดิจิตอล อินพุต/เอาต์พุตแบบอนาล็อก เป็นกลุ่มจำนวนมาก เช่น การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์บนเครื่องติดฉลากขนขวดเครื่องตีที่ความเร็ว 600 ขวดต่อนาที ต้องมีการทำงานสอดคล้องประสานการทำงานอย่างรวดเร็วของอุปกรณ์ ดิจิตอล อนาล็อก การควบคุมการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ป้องกันเพื่อความปลอดภัย เวลาเพียงเสี้ยววินาทีของความผิดพลาดอาจก่อให้เกิดการเสียโอกาสการผลิตได้เป็นเวลานาน ดังนั้น CAN open จึงเหมาะที่จะใช้เป็น เครือข่ายข้อมูลที่ใช้กับการควบคุมและรับส่งข้อมูลจำนวนมากและความเร็วสูงระยะการสื่อสารสั้น ซึ่งข้อดีที่สำคัญ คือ ความเร็วสูง เสถียรภาพสูง ความซับซ้อนต่ำ

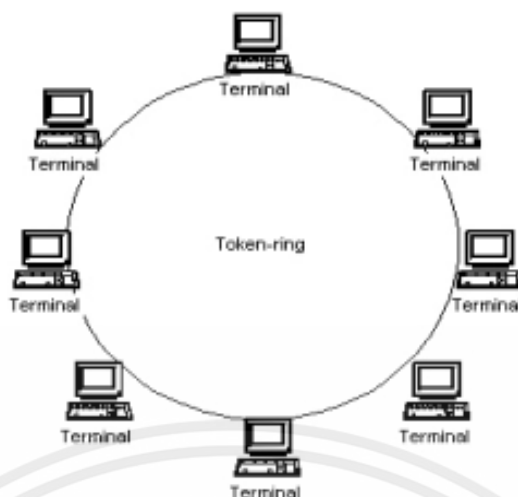
**Modbus TCP-IP** ออกแบบมาเพื่อใช้ในการสื่อสารด้วยความเร็วสูงมากเพื่อรับส่งข้อมูลขนาดใหญ่ สื่อสารในระบบที่ซับซ้อนหลากหลายระดับตัวอย่างที่ชัดเจนมาก ได้แก่ การสื่อสารระหว่าง PLC กับ HMI (Human Machine Interface, Touch Screen), PLC กับ PLC, PLC กับ SCADA ถึงแม้ว่าการสื่อสารโดยทั่วไปจะจำกัดที่ 100 เมตร ต้องต่อเข้า ฮับ (Hub) หรือ สวิตช์ (Switch) แต่เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย จึงทำให้มีราคาต่ำมากและหาผู้ดูแลระบบได้ง่าย ตัวอย่างที่ชัดเจน ได้แก่ การที่เครือข่ายร้านค้าส่งขนาดใหญ่ในกรุงเทพ สามารถเรียกดูและบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของสาขาทั่วประเทศ เพื่อใช้เปรียบเทียบและบริหารต้นทุนระบบดังกล่าว โดยสื่อสารผ่านช่องทางเครือข่าย Ethernet เดียวกันกับที่วางไว้ในงานการจัดการสินค้าคงคลัง โดยผู้ติดตั้งระบบไม่จำเป็นต้องรู้โครงสร้างของเครือข่ายและฝ่ายคอมพิวเตอร์ของบริษัท เพียงแค่จัดเตรียมช่องทางการสื่อสารให้เพียงพอต่อความต้องการของระบบเท่านั้น อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อลดต้นทุนการสื่อสาร รวมทั้งเป็นการขยายขอบเขตการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายอีกด้วย ดังนั้นสรุปว่า Modbus TCP-IP ออกแบบมาเพื่อใช้ในงานประเภทเครือข่ายข้อมูล โดยทำหน้าที่ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อย่างไม่จำกัดจำนวนเข้ากับเครือข่ายที่ไม่จำกัดขนาด โดยการใช้เทคโนโลยีที่มีราคาถูก และระดับความซับซ้อนมีตั้งแต่ต่ำจนกระทั่งสูงมาก แต่อย่างไรก็ตาม บุคลากรที่ดูแลระบบนั้นสามารถหาได้ง่าย เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่แพร่หลายเสถียรภาพของระบบสูงมาก

ตารางที่ 2.5 แสดงคุณสมบัติของระบบสื่อสาร

| Network               | Modbus 485 | CANopen   | Modbus TCP-IP |
|-----------------------|------------|-----------|---------------|
| Max. Node             | 247        | 127       | Unlimit       |
| Max. Distance (Meter) | 1,200      | 5,000     | 100           |
| Max. Speed (Bps)      | 38,400     | 1,000,000 | 100,000,000   |

## 2.2 โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน (ring topology)

โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน มีการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์โดยที่แต่ละการเชื่อมต่อจะมีลักษณะเป็นวงกลม การส่งข้อมูลภายในเครือข่ายนี้จะเป็นวงกลมด้วยเช่นกัน โดยทิศทางการส่งข้อมูลจะเป็นทิศทางเดียวกันเสมอ จากเครื่องหนึ่งจนถึงเครื่องปลายทาง ในกรณีที่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องใดเครื่องหนึ่งเกิดการขัดข้อง การส่งข้อมูลภายในเครือข่ายแบบวงแหวนนี้ จะไม่สามารถทำงานต่อไปได้ ข้อดีของโครงสร้างเครือข่ายแบบวงแหวนคือ ใช้สายเคเบิลน้อย และหากตัดเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เสียออกจากระบบ ก็จะไม่ส่งผลต่อการทำงานของระบบเครือข่ายนี้ และจะไม่มีการชนกันของข้อมูลที่แต่ละเครื่องทำการส่งออกมา



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน (ring topology)

โครงสร้างเครือข่ายแบบวงแหวนเป็นลักษณะการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดเช่นเดียวกับแบบดาว โดยสถานีแต่ละสถานีจะต่อกับสถานี ที่อยู่ติดทั้งสองข้างของตนเอง โดยจะมีการเชื่อมโยงเครื่องขยายสัญญาณของแต่ละสถานีเข้าด้วยกันเป็นวงแหวน สัญญาณข้อมูลจะส่งอยู่ในวงแหวนแบบจุดต่อจุดไปในทิศทางเดียวกันจนถึงผู้รับภายในเวลาที่กำหนด โดยเครื่องขยายสัญญาณเหล่านี้จะมีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเองหรือจากเครื่องขยายสัญญาณตัวก่อนหน้า และทำการส่งข้อมูลต่อไปยังเครื่องขยายสัญญาณตัวถัดไปเรื่อย ๆ เป็นวง แต่หากข้อมูลที่ส่งเป็นของสถานีใด เครื่องขยายสัญญาณของสถานีนั้นก็จะรับและส่งให้กับสถานีนั้น จึงจะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับว่าเป็นของตนเองหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะรับไว้ แต่หากไม่ใช่ก็จะส่งข้อมูลนั้นต่อไป อีกทั้งยังสามารถที่จะตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งข้อมูลได้อีกด้วยด้วย ในกรณีที่เครื่องรับปลายทางไม่ได้รับสัญญาณข้อมูลในเวลาที่กำหนด จะมีการแจ้งว่าเกิดความผิดพลาดในเครือข่ายได้

เป็นเครือข่ายที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิลสายเดียวในลักษณะวงแหวน ซึ่งมักจะใช้ในองค์กรที่มีคอมพิวเตอร์วางอยู่ในพื้นที่ใกล้ ๆ กัน ข้อดีของโครงสร้างแบบนี้คือ ใช้สายเคเบิลน้อย และสามารถตัดเครื่องที่เสียออกจากระบบได้ ทำให้ไม่มีผลต่อระบบเครือข่ายโดยรวม แต่มีข้อเสียคือ หากมีเครื่องที่มีปัญหาอยู่ในระบบจะทำให้เครือข่ายไม่สามารถทำงานได้เลย และการเชื่อมต่อเครื่องเข้าสู่เครือข่ายอาจต้องหยุดระบบทั้งหมดลงก่อน

### 2.2.1 หลักการรับส่งข้อมูล

การวิ่งของข้อมูลในเครือข่ายวงแหวนจะใช้ทิศทางเดียวเท่านั้น เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งทำการส่งข้อมูล จะเป็นการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องถัดไป หากข้อมูลที่ได้รับมาไม่ตรงตามที่คอมพิวเตอร์เครื่องต้นทางระบุไว้ จะส่งข้อมูลนี้ผ่านไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องถัดไป ซึ่งจะมีขั้นตอนอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่ถูกระบุไว้จากเครื่องต้นทาง

### 2.2.2 การขยายเพิ่มเติมระบบ

การขยายเพิ่มเติมคอมพิวเตอร์เข้ามาในระบบวงแหวนค่อนข้างยุ่งยากกว่าเครือข่ายแบบอื่น เนื่องจากทุกครั้งที่เพิ่มคอมพิวเตอร์เข้ามา จะต้องมีการตัดต่อสายเคเบิลเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่ ซึ่งจะต้องปิดเครือข่ายก่อนจนกว่าจะเชื่อมต่อสำเร็จ

### 2.2.3 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

เมื่อสายเคเบิลช่วงใดขาดจะทำให้เครือข่ายไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้จนกว่าจะซ่อมแซมสายช่วงนั้นให้เรียบร้อยก่อน แต่จุดที่มีปัญหาในโครงสร้างเครือข่ายแบบนี้หาได้ไม่ยากนัก ซึ่งเครือข่ายแบบวงแหวนนี้มักจะมีวงแหวนคู่ในการรับส่งข้อมูลในทิศทางต่าง ๆ กัน เพื่อเป็นเส้นทางสำรอง และป้องกันไม่ให้เครือข่ายหยุดทำงานโดยสิ้นเชิง

ค่าใช้จ่ายในการสร้างเครือข่ายแบบวงแหวนมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงพอสมควร เนื่องจากคอมพิวเตอร์ในวงแหวนทุกตัวจะต้องเชื่อมต่อเข้ากับสายเคเบิลเส้นเดียว ซึ่งจะต้องใช้สายที่ยาวมากขึ้น หากคอมพิวเตอร์แต่ละเครื่องวางอยู่ในตำแหน่งที่ห่างกัน

### 2.2.4 ข้อดีและข้อเสีย

#### ข้อดี

- 1) ใช้เคเบิลและเนื้อที่ในการติดตั้งน้อย
- 2) คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องในเน็ตเวิร์คมีโอกาสที่จะส่งข้อมูลได้อย่างทัดเทียมกัน
- 3) ใช้สายส่งสัญญาณน้อยกว่าแบบดาวเหมาะกับการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณใยแก้วนำแสง เพราะส่งข้อมูลทางเดียวด้วยความเร็วสูง

#### ข้อเสีย

- 1) หากโหนดใดโหนดหนึ่งเกิดปัญหาขึ้นจะสามารถค้นหาได้ยากกว่าต้นเหตุอยู่ที่ใด และวงแหวนจะขาดออก
- 2) หากสถานีใดเสีย ระบบจะไม่สามารถทำงานต่อไปได้จนกว่าจะแก้ไขจุดเสียนั้น และมีความยุ่งยากในการตรวจสอบว่ามีปัญหาที่จุดใด ส่งผลให้การเพิ่มสถานีในอนาคตจะกระทำได้ยาก

## 2.3 System Platform

Wonderware System Platform เป็นซอฟต์แวร์อุตสาหกรรม เป็นแพลตฟอร์มที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยี ArchestrA ของ Wonderware ใช้สำหรับควบคุมดูแล HMI, SCADA และการผลิตและประสิทธิภาพการจัดการ แพลตฟอร์มระบบประกอบด้วยชุดการบริการและแบบจำลองข้อมูลเพื่อ

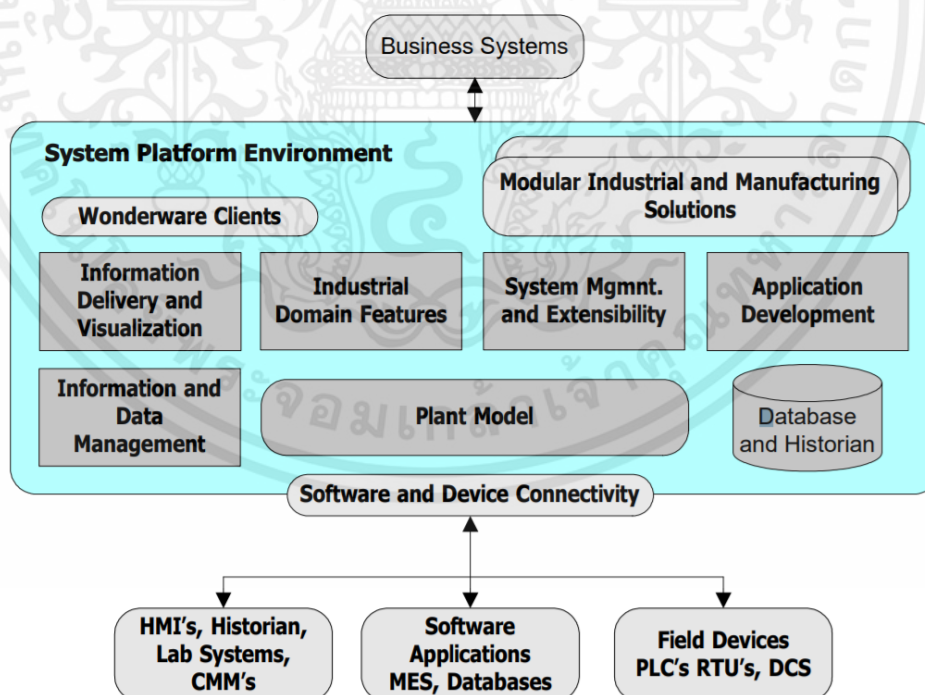
จัดการโรงงาน ระบบควบคุมและการจัดการข้อมูล นำเสนอเป็นแหล่งข้อมูลเดียว เป็นศูนย์กลางข้อมูล  
ที่ทุกเครื่องสามารถเข้าถึงได้



รูปที่ 2.7 แสดงโลโก้ของ Wonderware System Platform

### 2.3.1 ชุดบริการหลักของ System Platform

ระบบของ System Platform เป็นระบบที่ค่อนข้างใหญ่ สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายและรองรับกับความต้องการในแต่ละกระบวนการเมื่อนำไปใช้งาน ซึ่งเรียกว่า ชุดบริการหลักของ System Platform โดยจะสามารถอธิบายตามแผนภาพดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงชุดบริการหลัก 6 บริการของ System Platform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.8 ชุดบริการหลักของ System Platform ที่เป็นรูปแบบของการอำนวยความสะดวกต่าง ๆ จะมีชุดบริการหลัก 6 บริการ ดังนี้

**Industrial Domain Services (บริการโดเมนอุตสาหกรรม)** เป็นบริการการเชื่อมต่อสื่อสารกันภายในระบบ ที่ประกอบไปด้วย

- 1) การสื่อสารและการส่งข้อความแบบเพียร์ทูเพียร์แบบเรียลไทม์
- 2) การเตือนภัยจากส่วนกลางและการตรวจสอบเหตุการณ์
- 3) การรักษาความปลอดภัยระดับข้อมูล
- 4) เนมสเปซเดียวทั่วโลกเพื่อเข้าถึงข้อมูลทุกที่โดยไม่ซ้ำซ้อนของแท้
- 5) ข้อมูลโรงงานและฟังก์ชันการกำกับดูแล

**Software and Device Connectivity Services (บริการเชื่อมต่อซอฟต์แวร์และอุปกรณ์)** โดย System Platform ให้การสื่อสารที่คุ้มค่าระหว่างแหล่งข้อมูลโรงงาน ทำให้มีความหลากหลาย และสามารถรวมระบบเพื่อปรับปรุงการดำเนินงานและการจัดการข้อมูล ซึ่งการเชื่อมต่อซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ของแพลตฟอร์มระบบบริการมีดังต่อไปนี้

- 1) การบูรณาการระหว่างธุรกิจและระบบการผลิต
- 2) นำเข้าและย้ายข้อมูลจากระบบเดิมและระบบภายนอก
- 3) เชื่อมต่อและเป็นเซิร์ฟเวอร์การสื่อสารสำหรับการควบคุมอุปกรณ์และแอปพลิเคชัน
- 4) บูรณาการกับฐานข้อมูล .NET, XML และไอทีแบบเปิดอื่น ๆ แหล่งข้อมูล

**Information and Data Management Services (บริการจัดการข้อมูลและข้อมูล)** เป็นบริการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ (Real Time) และย้อนหลังข้อมูล (Historical) รวมถึงการจัดเก็บข้อมูลช่วยให้ผู้ใช้เข้าถึงข้อมูลในอดีตได้ทันที โดยที่แพลตฟอร์มระบบจัดการเรียลไทม์และย้อนหลังข้อมูลรวมถึงการแปลงและจัดเก็บข้อมูล ผู้จัดการและปฏิบัติงานสามารถเข้าถึงคีย์ได้ทันที ตัวชี้วัดประสิทธิภาพ (KPI) เหตุการณ์และการเตือนภัย การแจ้งเตือนและข้อมูลในอดีต แพลตฟอร์มที่ระบบด้วยการปรับปรุงการจัดการเบทซ์ การผลิตแบบเรียลไทม์ การตรวจสอบและการเข้าถึงข้อมูล และการจัดการข้อมูลของแพลตฟอร์มระบบบริการมีดังต่อไปนี้

- 1) สตรีมข้อมูลแบบเรียลไทม์
- 2) ข้อมูล Historian ของกระบวนการและการผลิตที่มีประสิทธิภาพสูงฐานข้อมูล

**Information Delivery and Visualization Services (บริการส่งข้อมูลและการแสดงผลภาพ)** เป็นบริการส่งข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลและการแสดงผลภาพ Visualization ของ System Platform สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่อาศัยแพลตฟอร์มระบบบริการจัดส่งและการแสดงผลภาพเพื่อแสดงการผลิตและข้อมูลโรงงานและบริการสร้างภาพ เพื่อสร้างแอปพลิเคชันที่รองรับ ซึ่งมีดังนี้

- 1) การติดต่อประสานผู้ใช้แบบกราฟิกที่ซับซ้อนพัฒนาด้วยเครื่องมือมาตรฐาน
- 2) การรักษาความปลอดภัยบนแอปพลิเคชันเพื่อปกป้องข้อมูลและการดำเนินงาน
- 3) เครื่องมือแก้ไขปัญหาการเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) เครื่องมือวิเคราะห์และรายงานข้อมูล
- 5) รองรับไคลเอนต์หลายภาษา
- 6) เปิดการเข้าถึงข้อมูลในอดีตโดยใช้แบบสอบถาม SQL

**Application Development Services (บริการพัฒนาแอปพลิเคชัน)** เป็นบริการพัฒนาแอปพลิเคชัน ฟังก์ชัน และสคริปต์ เพื่อพัฒนา System Platform โดยสามารถใช้ System Platform และ ArchestrA ที่เป็นรากฐานในการสร้างโซลูชันซอฟต์แวร์อุตสาหกรรม โดยให้ความยืดหยุ่นในการสร้างแอปพลิเคชัน ซึ่งสามารถใช้การพัฒนาแอปพลิเคชันของ System Platform บริการสร้างแอปพลิเคชันมีดังนี้

- 1) สัญลักษณ์ ArchestrA ตามส่วนประกอบ
- 2) ชุดฟังก์ชันขนาดใหญ่สำหรับสคริปต์ที่หลากหลาย
- 3) แอปพลิเคชันสามารถจำลองสภาพแวดล้อมของโรงงานจริง โดยใช้การกระจายผ่านเครือข่ายและความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประกอบของแอปพลิเคชัน

**System Management and Extensibility Services (การจัดการระบบและความสามารถในการขยายบริการ)** เป็นบริการการจัดการระบบ และทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นให้สามารถปรับใช้แอปพลิเคชันบนลักษณะทางกายภาพของระบบเครือข่ายหรือโทโพโลยี (Topology) รวมถึงบนระบบต่างๆ โดยความยืดหยุ่นของบริการ System Platform ช่วยให้มีความสามารถในการจัดการและขยายแอปพลิเคชันบนไฟล์ของสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์โฮสต์และเครือข่ายโทโพโลยี ให้สามารถจัดการและใช้บริการเพิ่มความสามารถในการจัดการให้แอปพลิเคชัน ดังระบบต่อไปนี้

- 1) ฐานข้อมูลออนไลน์ที่จัดเก็บการกำหนดค่าจากส่วนกลางข้อมูล
- 2) สถาปัตยกรรมที่ยืดหยุ่นในการปรับใช้แอปพลิเคชันต่างๆ โทโพโลยีระบบ
- 3) การติดตั้งแอปพลิเคชันระยะไกลและการดูแลระบบ
- 4) การกระจายการโหลดเวิร์กแบบไดนามิก
- 5) การวินิจฉัยคอมพิวเตอร์ส่วนกลางและเครือข่ายเครื่องมือการจัดการ

### 2.3.2 ส่วนประกอบของ System Platform

รูปที่ 2.9 จะแสดงส่วนประกอบของระบบ System Platform โดยจะแสดงให้เห็นว่า System Platform เป็นส่วนหนึ่งกับเทคโนโลยี ArchestrA framework



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของระบบ System Platform

**Archestra Framework** ประกอบด้วยฝั่งเซิร์ฟเวอร์ เกี่ยวกับการกำหนดค่าและการปรับใช้ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้อง ใน System Platform ส่วนประกอบเหล่านี้จะรวมกันที่ส่วนกลางที่เก็บวัตถุ เรียกว่า Galaxy Repository ซึ่งเป็นไฟล์ที่พัฒนาที่เก็บข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับการแสดงภาพทางอินเทอร์เน็ตและการจัดการเนื้อหา

**Wonderware Development Studio** คือการพัฒนาของคุณสภาพแวดล้อมในการสร้างแอปพลิเคชัน รวมถึง Archestra IDE และ InTouch HMI โดยทั้งสองแอปพลิเคชัน มีเครื่องมือกราฟิก ชุดสัญลักษณ์ทางอุตสาหกรรมและฟังก์ชันที่หลากหลาย รวมอยู่ในสคริปต์แอปพลิเคชัน

**Wonderware Historian** คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ปรับให้เหมาะสมกับโรงงาน ประวัติข้อมูล จัดเก็บข้อมูลโรงงานจาก Wonderware I/O Servers, DAServers และแอปพลิเคชัน HMI อุตสาหกรรม ยังมีข้อมูลเหตุการณ์สรุปการกำหนดค่าและการตรวจสอบระบบ Historian เชื่อมต่อกับฐานข้อมูล Microsoft SQL Server

**Wonderware Information Server** คือ เซิร์ฟเวอร์แสดงเนื้อหาบนเว็บสำหรับข้อมูลโรงงาน Wonderware Information Server แสดงข้อมูลพื้นโรงงานจากแอปพลิเคชัน HMI, I/O Server และ Wonderware Historian Wonderware Information Server นำเสนอหน้า HTML แบบโต้ตอบโดยการแปลงหน้าต่างกราฟิก InTouch ที่มีอยู่และภาพเคลื่อนไหวที่เกี่ยวข้องเป็น XML ใช้การแปล XSL (Extensible Style Language) และการแสดงผลกราฟิก VML (Vector Mark-up Language) แบบไดนามิกบนคอมพิวเตอร์โคลเอนต์

**Wonderware System Platform** สามารถเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลที่หลากหลายเพื่อรวมข้อมูลโรงงานและอุตสาหกรรมทั้งหมด แหล่งข้อมูล ได้แก่ เซิร์ฟเวอร์ OPC ฐานข้อมูลและแอปพลิเคชันใด ๆ ที่เปิดเผยข้อมูลจาก API เช่น XML, SQL, HTTP หรือ .Net นอกจากนี้ยังมีไลบรารีของเครื่องมือการรวมอุปกรณ์ที่ให้ข้อมูลจากโรงงาน ดังนี้

- 1) I/O Server ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์โปรโตคอลการสื่อสารที่ให้ข้อมูลจาก PLC และอุปกรณ์โรงงานอื่นๆ ไปยังแอปพลิเคชัน HMI โดย I/O Server สามารถใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Microsoft Windows หรือแอปพลิเคชันเกี่ยวกับการจัดการที่สามารถทำหน้าที่เป็น DDE, FastDDE, OPC หรือ SuiteLink

- 2) DAServer ทำหน้าที่เป็นเซิร์ฟเวอร์โปรโตคอลการสื่อสารที่ให้ข้อมูลจาก PLC ของผู้จำหน่ายรายใดรายหนึ่งและอุปกรณ์ภายในโรงงานอื่น ๆ ที่ใช้ Wonderware นำเสนอ DAServers ในตระกูลที่ครอบคลุมสำหรับผู้ผลิต PLC ที่หลากหลาย
- 3) Device Integration (DI) จะเป็นเสมือนเกาะหุ้มการทำงานของ DAServer ในสภาพแวดล้อมหรือใน ArchestrA DIObjects คือแบบจำลองของเครือข่ายและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันในส่วนของ HMI โดยลำดับชั้นของอุปกรณ์จริงจะเหมือนกับลำดับชั้นของ DIObjects

## 2.4 PLC Modicon M580 Schneider

PLC Modicon M580 Schneider เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่สำคัญในโครงการนี้ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ถูกเพิ่มเข้ามาเพื่อรองรับการทำงานของระบบและใช้เป็นคอนโทรลเลอร์สำหรับโครงการนี้โดยจะมีการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์นี้เพิ่มเติมตั้งแต่พื้นฐานเบื้องต้นเพื่อวิเคราะห์การนำไปใช้ให้มีประสิทธิภาพ

### 2.4.1 PLC คืออะไร

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด-สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้น นอกจากนั้นแล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด-สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

### 2.4.2 ส่วนประกอบของ (PLC)

PLC แบ่งออกได้ 3 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง ส่วนที่เป็นอินพุตเอาต์พุต และส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม มีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง Central Processing Unit (CPU)

ซีพียู (CPU) เป็นส่วนมันสมองของระบบ ภายในซีพียู จะประกอบไปด้วยวงจรลอจิกเกทชนิดต่าง ๆ หลายชนิด และมีไมโครโปรเซสเซอร์ ใช้สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีควเอนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์ แลตเตอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) เข้าไปได้

ซีพียูจะยอมรับอินพุตค่า (Read Input Data) จากอุปกรณ์ให้สัญญาณ (Sensing Device) ต่างๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรง (Dc Current) สำหรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดยโปรเซสเซอร์ (Processor) และ ไอโอโมดูล (I/O Modules) และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ซีพียู หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย

### ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสถานะและสัญญาณต่าง ๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสถานะแล้วส่งไปยังซีพียู (CPU) เพื่อประมวล เมื่อซีพียู (CPU) ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็นสวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่าง ๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ซีพียู (CPU) ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้วซีพียู (CPU) จะเสียหายได้สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

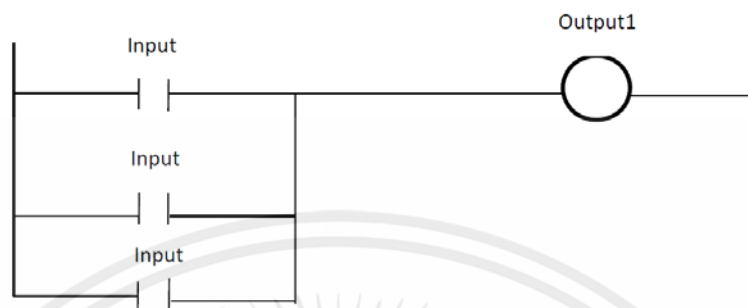
- 1) ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
- 2) การส่งสัญญาณระหว่างอินพุตกับซีพียู จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ซีพียู เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
- 3) หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering) ในส่วนของเอาต์พุต จะทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลกลางของซีพียู แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หรือหลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของซีพียู (CPU) ออกจากอุปกรณ์เอาต์พุตโดยปกติเอาต์พุตนี้จะมี khả năngขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ ต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์ หรือคอนแทคเตอร์ เป็นต้น

### ส่วนที่เป็นอุปกรณ์การโปรแกรม (Programming Device)

อุปกรณ์การโปรแกรมก็คือซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมขึ้นมา ซึ่งซอฟต์แวร์นี้ก็แตกต่างกันไปแล้วแต่ยี่ห้อของ PLC แต่สิ่งที่เหมือนกันก็คือ ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมให้กับ PLC ที่ใช้ใน

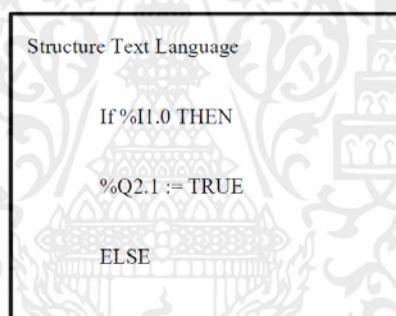
การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ PLC ทำงานตามความต้องการแตกต่างกัน ซึ่งตามมาตรฐาน IEC1131-3 ได้แบ่งมาตรฐานภาษาต่างๆ ออกเป็น 5 แบบคือ

### 1) Ladder Diagram



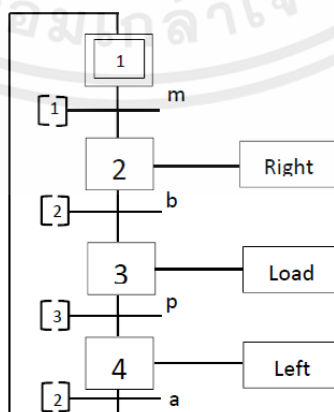
รูปที่ 2.10 แสดง Ladder Diagram

### 2) Structure Text Language



รูปที่ 2.11 แสดง Structure Text Language

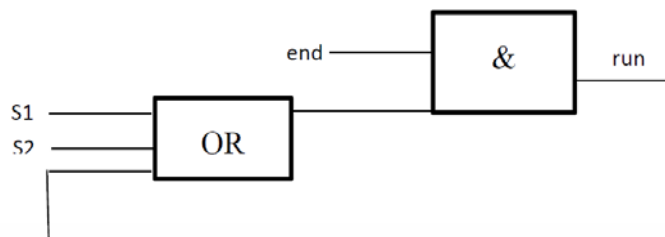
### 3) Sequential Function Chart (GRAFCET)



รูปที่ 2.12 แสดง Sequential Function Chart (GRAFCET)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4. Function Block Diagram Language



รูปที่ 2.13 แสดง Function Block Diagram Language

#### 5. Instruction List Language

|            |       |
|------------|-------|
| LD %M12    | %M12  |
| AND %I1.0  | %I1.0 |
| ANDN %I1.1 | %I1.1 |
| OR %M10    | %M10  |
| ST %Q2.0   | %Q2.0 |

รูปที่ 2.14 แสดง Instruction List Language

#### 2.4.3 คุณสมบัติของ PLC Modicon M580 Schneider

PLC Modicon M580 เป็นคอนโทรลเลอร์ควบคุมระบบอัตโนมัติที่อยู่ในตระกูล Modicon ของ Schneider ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย มีประสิทธิภาพสูง สามารถรับ/ส่ง ข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อไปยังศูนย์ควบคุมในแบบเรียลไทม์ มาพร้อมฟังก์ชัน Hot Standby (HSBY) หรือฟังก์ชันระบบสำรองฉุกเฉินในกรณีคอนโทรลเลอร์ตัวหลักเกิดปัญหา และมีคุณสมบัติเพิ่มเติม ดังนี้

- 1) Modicon M580 รองรับการสื่อสารโดยใช้อินเทอร์เน็ตพร้อมรองรับแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงในอนาคตตามยุคสมัยของอุตสาหกรรม (IIOT) โดยมีความสามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่างๆ เป็นการช่วยให้สามารถตอบสนองความต้องการด้านข้อมูลได้อย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยและปลอดภัยทางไซเบอร์
- 2) Modicon M580 ใช้อยู่บนแพลตฟอร์ม Modicon จะช่วยให้ได้รับประโยชน์จากประสิทธิภาพที่เหมือนกัน รวมถึงระบบเครือข่ายและระบบรักษาความปลอดภัยทางไซเบอร์ โดยไม่จำเป็นต้องออกแบบ ติดตั้ง และรักษาระบบความปลอดภัยที่แยกกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) สามารถทำการอัปเดตและการโยกย้าย PLC จากของเดิมได้ และการอัปเดตระบบควบคุมสามารถทำได้โดยง่าย เป็นการเพิ่มผลิตภาพและปกป้องการลงทุนทางด้านเทคโนโลยี เช่น สามารถปรับปรุงระบบจาก Modicon Quantum และ I/O ด้วยซอฟต์แวร์ EcoStruxure Control Expert (เดิม Unity Pro)
- 4) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำงานได้ เนื่องจากเวลาในการสแกนที่เร็วขึ้นจากรุ่นเดิมถึง 5 เท่า

## 2.5 อินพุต/เอาต์พุต โมดูล (I/O Module)

อินพุต/เอาต์พุตโมดูล มีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนย้ายข้อมูล (transfer data) ระหว่างอุปกรณ์ภายนอก (external device) กับซีพียู แทนที่จะให้ซีพียู เป็นตัวควบคุมโดยตรง ซึ่งถ้าเราไม่มีอินพุต/เอาต์พุตโมดูลนี้ ก็จะต้องมีลอจิกที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์หลาย ๆ รูปแบบตามชนิดของอุปกรณ์ นั้น ๆ และในส่วนของอินพุต/เอาต์พุตโมดูลนี้จะสามารถนำไปใช้ได้ 2 รูปแบบ ได้แก่

### 2.5.1 Local I/O

เป็นอินพุต/เอาต์พุตโมดูลที่ติดตั้งไว้ในชุดคอนโทรลเลอร์ เชื่อมต่อกับ บอร์ด หรือ แบ็คเพลนของคอมพิวเตอร์, PLC หรือทำให้อยู่ที่เดียวกันกับคอนโทรลเลอร์

### 2.5.2 Remote I/O

เป็นอินพุต/เอาต์พุตโมดูลอีกชุดหนึ่ง ที่ติดตั้งไว้หน้างานโดยเชื่อมต่อผ่าน DeviceNet แบบ 2-wire หรือ 4-wire มายังซีพียู ของ PLC ซึ่งก็หมายความว่า อินพุต/เอาต์พุตโมดูล จะอยู่คนละที่กับคอนโทรลเลอร์



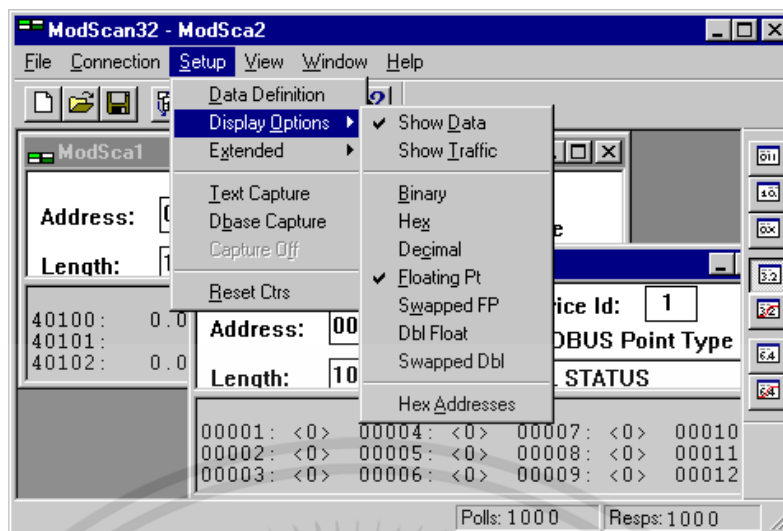
รูปที่ 2.15 แสดง I/O Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต/เอาต์พุตโมดูล ประกอบไปด้วย ส่วนของอินพุตและส่วนของเอาต์พุต ซึ่งจะสามารถรับข้อมูลได้ทั้งอนาล็อกและดิจิทัล ส่วนของอินพุตใช้สำหรับอ่านค่าสถานะของอุปกรณ์อินพุตแบบไม่ต่อเนื่อง (0/1) เช่น พลั๊กซิมิต์สวิตช์ , ปุ่มกด หรือ ลิมิตสวิตช์ และแบบไม่ต่อเนื่อง (เป็นค่าตัวเลข) แล้วส่งข้อมูล (Multicast) ให้กับคอนโทรลเลอร์ตามช่วงเวลาที่กำหนด (RPI rate) หรือเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะที่อินพุต (Change of State, cos) ซึ่งเซตเอาไว้ในกาตั้งค่าของการ์ด และส่วนของเอาต์พุตจะรับข้อมูล (Consumer) มาจากคอนโทรลเลอร์ตามช่วงเวลาที่กำหนด (RPI rate) หรือจบการสแกนโปรแกรมในงานนั้น แล้วจึงส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยังส่วนรับสัญญาณของการ์ดเพื่อส่งงานให้อุปกรณ์ต่างๆ เช่น ชุดสตาร์ทมอเตอร์, โซลินอยด์ หรือ ไฟสัญญาณเตือนทำงาน

## 2.6 ModScan (Modbus Master Data Scanner) ซอฟต์แวร์

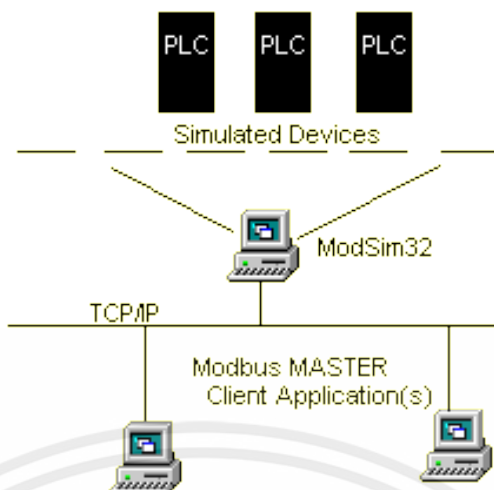
ModScan หรือ Modbus Master Data Scanner เป็นแอปพลิเคชัน Windows ที่ทำงานเป็นมาสเตอร์ Modbus ช่วยให้สามารถเข้าถึงและเปลี่ยนจุดข้อมูลในอุปกรณ์สลาฟที่เชื่อมต่อโดยใช้โหมด RTU หรือ ASCII Transmission ModScan เหมาะสำหรับการทดสอบการปฏิบัติตามข้อกำหนดของโปรโตคอล Modbus เพราะรวดเร็วและง่าย การแสดงการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมในตัวช่วยให้สามารถแก้ไขปัญหาการเชื่อมต่อระดับอุปกรณ์(field connection)ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ModScan เวอร์ชัน CE ทำงานบน PocketPC ที่ใช้ Windows CE 3.00 เช่น ComPAQ iPAQ, ComPAQ Aero, HP Jornada และ Casio E-115 ModScan32 เป็นแอปพลิเคชัน Win32 เวอร์ชันขยายสำหรับเดสก์ท็อปที่ช่วยให้สามารถเปิดเอกสารหลายชุดเพื่อสแกนจุดข้อมูลต่างๆพร้อมกัน ModScan32 รองรับการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโมเด็ม และส่วนเครือข่ายโดยตรงซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานการสื่อสาร Modbus / TCP ตามที่ Modicon กำหนดการเข้าถึงข้อมูล Modbus ผ่านแอปพลิเคชัน third-party เช่น Visual Basic หรือ Excel มีให้ผ่านการสนับสนุน Win32 OLE Automation และ Database ในตัวคุณลักษณะการเขียนสคริปต์ที่ใช้งานง่าย และช่วยให้สามารถทดสอบการผลิตของอุปกรณ์สลาฟ Modbus ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยดำเนินการวนซ้ำการตรวจสอบแบบสอบถาม / การตอบกลับ



รูปที่ 2.16 แสดงภาพตัวอย่างของแอปพลิเคชัน ModScan32

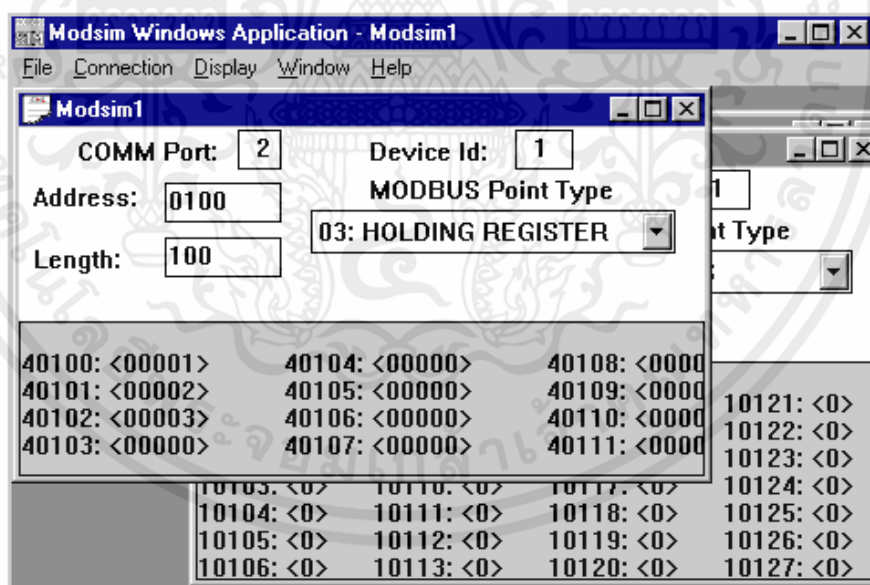
## 2.7 ModSim32 ซอฟต์แวร์

ModSim32 เป็นแอปพลิเคชันที่เรียบง่าย แต่ทรงพลังสำหรับการจำลองข้อมูลจากอุปกรณ์ Modbus slave ModSim เป็นแอปพลิเคชัน MDI ที่ให้คุณกำหนดจุดข้อมูลหลายจุดซึ่งอาจเข้าถึงได้จาก Modbus master ที่เชื่อมต่อ เอกสารแต่ละชุดที่เปิดภายใน ModSim อาจได้รับการกำหนดค่าให้แสดงข้อมูลจากโหนดสลาฟเดียวกันหรือต่างกัันดังนั้นจึงจัดเตรียมการจำลองสำหรับกลุ่มอุปกรณ์ทั้งหมด มีประโยชน์สำหรับการทดสอบความสอดคล้องของการออกแบบต้นแบบใหม่หรือเป็นการจำลองกระบวนการอย่างรวดเร็ว ฟังก์ชันเพิ่มเติมสามารถใช้ได้กับ ModSim32 ซึ่งรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายรวมถึงการสนับสนุน OLE Automation ซึ่งวางโปรแกรมจำลองไว้ภายใต้การควบคุมของแอปพลิเคชันสเปรดชีต Visual Basic หรือ Excel ที่กำหนดเอง ModSim เวอร์ชัน CE มีคุณสมบัติหลายอย่างเช่นเดียวกับ ModSim32 แต่ได้รับการออกแบบมาโดยเฉพาะสำหรับ PocketPC เวอร์ชันขยายของ ModSim แอปพลิเคชัน 16 บิตยอตนนิยม เป็นแอปพลิเคชัน Win32 ที่ออกแบบมาเพื่อทำงานเป็น MODBUS slave หนึ่งตัวขึ้นไปโดยจำลองข้อมูลซึ่งอาจเข้าถึงได้จากแอปพลิเคชันหลัก MODBUS ModSim32 สามารถรองรับการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยตรงไปยังแอปพลิเคชันหลักหรือทำงานเป็นเซิร์ฟเวอร์เครือข่ายเพื่อจัดหาข้อมูลไปยังแอปพลิเคชันไคลเอนต์ที่เข้ากันได้กับ Modbus TCP หลายตัว



รูปที่ 2.17 แสดงการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ระหว่าง Modbus Client กับ PLC ผ่าน ModSim

ModSim32 ได้รับการออกแบบมาเป็นอุปกรณ์ทดสอบสำหรับการตรวจสอบการทำงานของโปรโตคอลที่ถูกต้องในระบบใหม่หรือที่มีอยู่ สนับสนุนอินเทอร์เฟซผู้ใช้หลายเอกสาร (MDI) กับเอกสารแต่ละชุดที่แสดงชุดของจุดอินพุต/เอาต์พุต ที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์สลาฟ Modbus ข้อมูลที่อยู่ในเอกสารเปิดใด ๆ สามารถเข้าถึงได้โดยแอปพลิเคชันหลัก



รูปที่ 2.18 แสดงภาพตัวอย่างของแอปพลิเคชัน ModSim

มี OLE Automation ซึ่งอนุญาตให้แอปพลิเคชัน Windows ของ บริษัท อื่นควบคุมเนื้อหาของเอกสาร ModSim32 การใช้ Visual Basic สามารถกำหนดค่ารูทีนการทดสอบเพื่อจำลองสภาพแวดล้อมการทำงานแบบเรียลไทม์ได้อย่างง่ายดาย ผู้รวมระบบอาจพบว่า ModSim32 มีประโยชน์สำหรับการจำลองสภาพแวดล้อมกระบวนการก่อนการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 VMware Workstation ซอฟต์แวร์



รูปที่ 2.19 แสดงโลโก้ VMware Workstation

เป็นซอฟต์แวร์ที่มีความสามารถในการทำเวอร์ชวลแมชีน (Virtual Machine) ที่ทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์แบบเดสก์ท็อป หรือ โฮสต์ เพื่อให้สามารถใช้ O/S หลาย ๆ ตัวไม่ว่าจะเป็น Microsoft Windows, Linux, และ Novell Netware บนเครื่องเดียวกันและพร้อม ๆ กันได้ และ VM สามารถนำมาใช้งานภายนอกได้จริงในทันที (โดยใช้การ Bridge (Default) หรือ NAT ออกมาที่โฮสต์ที่ได้ทำการรัน VMware อยู่) ดังนั้น ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของ VMware คือ สามารถทำการจำลองการทำงานของระบบเครือข่ายได้โดยใช้คอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว

VMware Workstation เหมาะสำหรับ

- 1) นักพัฒนาซอฟต์แวร์และผู้ทำการทดสอบซอฟต์แวร์ ซึ่งสามารถทำการทดสอบและบูรณาการของแอปพลิเคชัน multi-tier ไม่ว่าจะทำงานบน O/S เดียวกันหรือต่าง O/S กันบนเครื่องๆเดียวกัน และ VMware สามารถที่จะเก็บสภาพแวดล้อมเริ่มต้นเพื่อนำกลับมาใช้ได้โดยง่าย
- 2) ผู้ที่มีความจำเป็นต้องใช้แอปพลิเคชัน legacy สามารถใช้ VMware Workstation เพื่อให้เครื่องเดสก์ท็อปก่อนสามารถทำงานบน O/S เก่า ๆ เช่น DOS ในการใช้งานแอปพลิเคชัน legacy ในขณะที่ทำงานบน O/S ใหม่ ๆ เพื่อทดสอบความพร้อมในการทำเคลื่อนย้าย
- 3) สำหรับห้องทดสอบตัวอย่างหรือห้องเรียนนั้น ด้วยความสามารถในการเก็บสภาพแวดล้อมเริ่มต้น VMware workstation จึงประหยัดเวลาในการเตรียมการเรียนการสอนได้เป็นอย่างมาก

## 2.9 Schneider Concept ซอฟต์แวร์ (สำหรับการทำโปรแกรม Quantum)

เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการโปรแกรม PLC : Quantum, Momentum, และ Atrium โดย Concept สามารถทำงานได้บนระบบ Windows 98, Windows 2000, Windows XP และ Windows NT และสามารถให้หลายภาษาสำหรับการโปรแกรมระบบควบคุมได้ ได้แก่ Function

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram (FBD), Ladder Diagram (LD), Sequential Function Chart (SFC), Structured Text (ST) และ Instruction List (IL) รวมทั้งมีเครื่องมือแก้ไขที่เป็นมาตรฐานรวมอยู่ในแอปพลิเคชันเดียวกันเพื่อใช้ในการสร้างและการรวมการควบคุม PLC การสื่อสารรวมไปถึงตรรกะการวินิจฉัย

## 2.10 Schneider EcoStruxure Control Expert ซอฟต์แวร์ (สำหรับการทำโปรแกรม M580)

Schneider EcoStruxure Control Expert เป็นซอฟต์แวร์สำหรับคอนโทรลเลอร์ใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยได้พัฒนาและเปลี่ยนชื่อมาจาก "Unity Pro" ซอฟต์แวร์ ซึ่งซอฟต์แวร์นี้จะรองรับรุ่นของคอนโทรลเลอร์ในตระกูลที่มีฮาร์ดแวร์ตัวประมวลผลของ Modicon Unity ดังนั้นจะสามารถนำไปใช้งานได้กับรุ่น PLC ดังนี้ M580, M340, Premium, Momentum และ Quantum โดยจุดเด่นของซอฟต์แวร์นี้ คือ สามารถใช้งานได้อย่างง่ายในการทำงานข้ามอุปกรณ์ในการเข้าถึงข้อมูลที่จะคอนโทรล สามารถรับและทำงานได้อย่างดีกับระบบการสื่อสารใน IT และ OT สามารถใช้หลายภาษาสำหรับการโปรแกรมระบบควบคุมได้ ได้แก่ Function Block Diagram (FBD), Ladder Diagram (LD), Sequential Function Chart (SFC), Structured Text (ST) และ Instruction List (IL) มีความสามารถในการความปลอดภัยทางไซเบอร์และการตรวจสอบย้อนกลับและความต่อเนื่อง และการโยกย้ายจากช่วง PLC เดิมไปสู่ PAC รุ่นใหม่อย่างราบรื่นด้วยเครื่องมือการแปลงแบบบูรณาการของ EcoStruxure Control Expert และ Unity M580 Application Converter (UMAC)



รูปที่ 2.20 แสดงแผนภาพเครือข่ายระบบที่ซอฟต์แวร์สามารถรองรับได้

## บทที่ 3

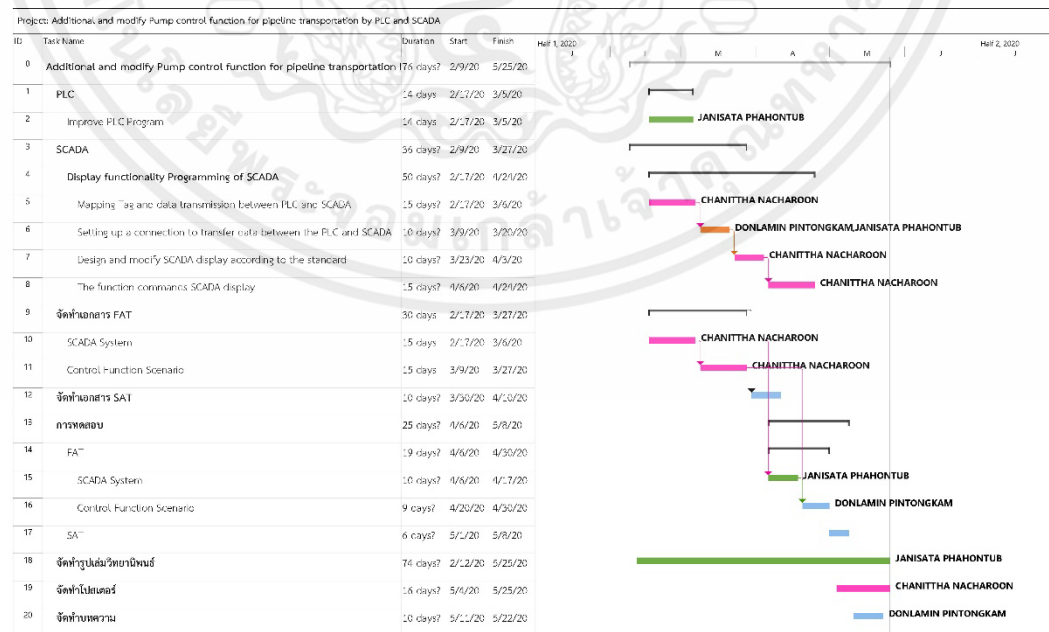
### ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

#### 3.1 ภาพรวมของวิธีจัดทำโครงการ

แผนการดำเนินการของโครงการแสดงโดยใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงรายละเอียดการทำโครงการและระยะเวลาที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน พร้อมระบุผู้รับผิดชอบแต่ละขั้นตอน



(ก)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### รูปที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการทำโครงการจากแผนภูมิแกนต์ (Gantt chart)

- (ก) แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงรายละเอียดการทำโครงการ 1
- (ข) แผนภูมิแกนต์ (Gantt chart) แสดงรายละเอียดการทำโครงการ 2

## 3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ด้วยโครงการนี้เป็นโครงการที่ทำร่วมกับบริษัท ทำให้รูปแบบงานต้องมีเอกสารกำกับทั้งหมด จึงต้องมาศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เพื่อจะได้รู้ถึงลำดับการทำงานและเพื่อศึกษารายละเอียดงานที่ทำตามเอกสารนี้ ซึ่งเอกสารส่วนใหญ่ที่นำมาศึกษาจะอยู่ในส่วนของเอกสารทางวิศวกรรมวิศวกรรมระบบ (System Engineering Documents) รวมไปถึงเอกสารอื่น ๆ เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้อง ที่นำมาศึกษาเพื่อที่จะรู้กระบวนการทำงานในขั้นต่อไป ดังนี้

### 3.2.1 เอกสารการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ PLC

เอกสารการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ PLC หรือ PLC System Architecture Design เป็นเอกสารการออกแบบโครงสร้างตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยลักษณะของเอกสารนี้จะแสดงถึงการส่งผ่านข้อมูลจากห้องควบคุม SCADA ไปยังตู้ควบคุมปลายทางทั้งหมดของระบบทั้งที่เพิ่มเติมชุดการทำงานของบัสสำหรับการขนส่งน้ำมันทางเข้าไปใหม่ และของเดิมที่มีอยู่ โดยจะแสดงการสื่อสารของอุปกรณ์ว่าใช้ช่องทางใด ไปยังตู้ควบคุมปลายทางที่มี PLC หรืออินพุต/เอาต์พุตโมดูลที่อยู่อีกที่ชนิด Ethernet (Ethernet Remote I/O) ต่าง ๆ ซึ่งทางฝ่ายวิศวกรจะต้องเป็นผู้จัดทำเอกสารนี้ทั้งหมดหลังจากปรึกษาและเห็นชอบทุกฝ่าย

### 3.2.2 เอกสารแผนผังการไหลการทำงานของบัส (PLC Flow Chart)

เป็นเอกสารการบอกลำดับการทำงานของ PLC ที่ควบคุมชุดบัสที่เพิ่มเข้าไปใหม่ในระบบ โดยจะแสดงเป็นแผนผังการไหลการทำงานอยู่ 2 ส่วน นั่นคือ การเริ่มการทำงานของบัสและการหยุดการทำงานของบัส ที่จะบอกถึงลำดับของการทำงาน ว่าเมื่อมีสัญญาณใดเข้ามาแล้วถึงจะทำงานในขั้นตอนนั้น ๆ ซึ่งทางฝ่ายวิศวกรจะต้องเป็นผู้จัดทำเอกสารนี้

### 3.2.3 เอกสารแสดง IP Address Assignment List ของแต่ละอุปกรณ์

เนื่องจากการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นแบบ Modbus TCP/IP จึงต้องทราบถึงหมายเลขระบุที่อยู่ (IP address) ของอุปกรณ์ เอกสารนี้จึงเป็นเอกสารที่บอกถึง IP address, subnet, port และ destination ของการสื่อสารทั้งหมด เพื่อให้ทุกส่วนงานสามารถเข้าใจตรงกันได้รวมทั้งเมื่อโครงการนี้จบลง เอกสารนี้จะเก็บไว้เผื่อกรณีซ่อมบำรุงหรือปรับปรุงแก้ไขระบบด้วย ซึ่งทางฝ่ายวิศวกรจะต้องเป็นผู้จัดทำเอกสารนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.4 เอกสาร SCADA Function Design Specification

เอกสาร SCADA Function Design Specifications หรือเอกสารข้อกำหนดการทำงาน เป็นเอกสารที่บอกถึงรายละเอียดของหน้าจอ SCADA ทั้งหมดตั้งแต่บหน้าและที่มา รูปแบบของ กราฟิกที่ใช้ คุณสมบัติของแต่ละสัญลักษณ์และการใช้งาน ความหมายของข้อความที่แสดง การแจ้งเตือนฉุกเฉินและสถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้น กราฟของระบบที่ดูแล ระบบความปลอดภัย คำอธิบาย ต่าง ๆ เพิ่มเติมตลอดจนโครงสร้างของแท็กชื่อ (Tag name structure) เพื่อที่จะได้เข้าใจสัญลักษณ์ ต่าง ๆ ของหน้าจอทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นผู้ใช้งานเองหรือผู้ที่ทำการแก้ไขให้เข้าใจได้ตรงกัน ซึ่งทาง ฝ่ายวิศวกรจะต้องเป็นผู้จัดทำเอกสารนี้

### 2.2.5 เอกสาร PLC IO Assignment List

เป็นเอกสารที่แสดงรายละเอียดแสดงข้อมูลอินพุต/เอาต์พุต (I/O list) ของอุปกรณ์ในระบบที่แสดงถึงแท็กชื่อ (Tag name) อุปกรณ์ ชนิดของข้อมูล ชนิดของสัญญาณ สถานที่ของอุปกรณ์ ต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งทางฝ่ายวิศวกรจะต้องเป็นผู้จัดทำเอกสารนี้ โดยอ้างอิงข้อมูลจากเอกสารแผนภาพ กระบวนการ P&ID ของโครงการและคุณสมบัติของอุปกรณ์ว่าส่งสัญญาณมาใช้สัญญาณ แล้วจึงนำมา สร้างเป็นแท็กชื่อ (Tag name) เพื่อที่จะเอาไปเขียน Mapping ในการเขียนโปรแกรม PLC

### 2.2.6 เอกสารแผนภาพกระบวนการ P&ID (Piping and Instrumentation Diagram)

เป็นแผนภาพที่ใช้สัญลักษณ์เพื่อใช้แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ในระบบ การขนส่งน้ำมันทางท่อ และแสดงเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม (Instrumentation) เพื่อแสดงหรือ อธิบายอุปกรณ์ที่อยู่กระบวนการผลิต โดยเอกสารนี้จะศึกษาเพื่อประกอบการจัดทำเอกสารต่าง ๆ เช่น เอกสารแสดงรายละเอียดข้อมูลอินพุต/เอาต์พุต (PLC IO Assignment List) เอกสารแผนผังการไหล การทำงานของปั๊ม (PLC Flow Chart) และการออกแบบกราฟิกของหน้าจอ SCADA

### 2.2.7 เอกสาร Project Master Documents Registration

เป็นเอกสารที่แสดงรายละเอียดของเอกสารทั้งหมดภายในโครงการของทุกฝ่ายที่ต้อง จัดทำส่งตามกำหนด เอกสารนี้ก็จะทำให้ทราบว่างานส่วนของวิศวกรนั้นต้องจัดการกับเอกสารใดบ้าง ต้องทำงานส่วนไหนบ้าง ทำให้การทำงานเป็นระบบและชัดเจน

### 2.2.8 เอกสาร Project Schedule

เป็นเอกสารที่แสดงรายละเอียดของหน้าการดำเนินงานทั้งหมด ภายในโครงการของ ทุกฝ่ายที่ต้องทำตามกำหนด เอกสารนี้ก็จะแสดงถึงจำนวนและระบุงานส่วนของวิศวกรนั้น ต้องเริ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานและเสร็จสิ้นในช่วงระยะเวลาใด ทำให้การทำงานเป็นระบบและชัดเจน รวมไปถึงทำให้รู้ว่า ข้อมูลตรงส่วนใดๆ อยู่ใฝ่ฝ่ายไหนที่เป็นผู้ดูแล

### 2.2.9 เอกสาร FAT & SAT Procedure ของโครงการอื่น

ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการทดสอบและการจัดทำเอกสาร FAT & SAT ของโครงการนี้เป็นเอกสารแสดงหัวข้อการทดสอบโปรแกรมและอุปกรณ์ก่อนและหลังการนำไปติดตั้งกับระบบจริงว่าเป็นไปตามที่กำหนด หรือเงื่อนไขการทำงานว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ โดยจะพิจารณาถึงรูปแบบการประเมินและรูปแบบของการจัดทำเอกสาร

### 2.2.10 เอกสาร FAT & SAT Report ของโครงการอื่น

ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการทดสอบและการจัดทำเอกสาร FAT & SAT ของโครงการนี้ซึ่งเป็นเอกสารแสดงผลการทดสอบโปรแกรมและอุปกรณ์ก่อน และหลังการนำไปติดตั้งกับระบบจริงว่าเป็นไปตามที่กำหนด หรือเงื่อนไขการทำงานว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ โดยจะพิจารณาถึงรูปแบบการประเมินและรูปแบบของการจัดทำเอกสาร

### 2.2.11 เอกสาร Packing List & Photo report ของโครงการอื่น

ศึกษาเพื่อจัดทำเอกสาร FAT & SAT ของโครงการนี้ Packing List เป็นเอกสารแสดงรายละเอียดอุปกรณ์และโปรแกรมหลังการทดสอบ FAT & SAT ที่จะจัดส่งให้กับลูกค้าของบริษัทว่าเป็นไปตามที่กำหนด หรือเงื่อนไขการทำงานว่าสามารถทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ ส่วนเล่มรายงานรูปภาพหรือ Photo report ก็คือภาพถ่ายแสดงหลังจากการทดสอบอุปกรณ์และโปรแกรมที่นำอุปกรณ์และโปรแกรมไปติดตั้งร่วมกับระบบเดิมแล้ว ว่าผลเป็นอย่างไรบ้าง เรียบร้อยดีหรือไม่

## 3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการ

ส่วนของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำโครงการนี้ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และอุปกรณ์ซอฟต์แวร์ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

### 3.3.1 อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

#### 1) PLC M580 Schneider



รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ Redundant HSBY processor module M580 - Level 4 - Remote

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของ Redundant HSBY processor module M580 - Level 4 - Remote

|               |                                 |                                                         |
|---------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION                     | PLC Cabinet                                             |
|               | Range of product                | Modicon M580                                            |
|               | Product or component type       | Redundant processor module                              |
|               | Number of racks                 | 1                                                       |
|               | Product compatibility           | All backplane                                           |
|               | Application specific I/O        | Accurate time stamping Counter<br>Serial link           |
|               | Integrated connection type      | USB type mini B                                         |
|               | Number of distributed equipment | 16 - 2 rack(s) per X80 and Quantum drops                |
|               | Number of distributed equipment | 64                                                      |
|               | Memory description              | Expandable flash 4 GB data storage Integrated RAM 10 kB |
|               | IP degree of protection         | IP20                                                    |

## 2) โมดูลอินพุต/เอาต์พุต

2.1) Discrete input module M340 - 32 inputs - 24 V DC positive



รูปที่ 3.3 แสดงอุปกรณ์ Discrete input module M340 – 32 inputs – 24 V DC positives

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติของ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane

|               |                           |                                  |
|---------------|---------------------------|----------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION               | PLC Cabinet                      |
|               | Range of product          | Modicon M340 automation platform |
|               | Product or component type | Discrete input module            |
|               | Electrical connection     | 40-way connector                 |
|               | Discrete input number     | 32                               |
|               | Input typer               | Current sink (logic positive)    |

2.2) Discrete output module M340 - 32 outputs -solid state - 24 V DC positive



รูปที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์ Discrete output module M340 - 32 outputs -solid state - 24 VDC positive

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของ Discrete output module M340 - 32 outputs -solid state - 24 V DC positive

|               |                           |                                  |
|---------------|---------------------------|----------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION               | PLC Cabinet                      |
|               | Range of product          | Modicon M340 automation platform |
|               | Product or component type | Discrete output module           |
|               | Electrical connection     | 40-way connector                 |
|               | Discrete input number     | 32                               |
|               | Output type               | Solid state                      |

### 2.3) Isolated analog input module X80 - 8 inputs -high speed



รูปที่ 3.5 แสดงอุปกรณ์ Isolated analog input module X80 - 8 inputs -high speed

ตารางที่ 3.4 แสดงคุณสมบัติของ isolated analog input module X80 - 8 inputs -high speed

|               |                           |                                                       |
|---------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION               | PLC Cabinet                                           |
|               | Range of product          | Modicon X80                                           |
|               | Product or component type | Analog input module                                   |
|               | Electrical connection     | 1 connector 28 ways                                   |
|               | Analogue input number     | 8                                                     |
|               | Analogue input type       | Current +/- 20 mA Current 0...20 mA Current 4...20 mA |

### 2.4) Analog output module X80 - 8 outputs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์ Analog output module X80 - 8 outputs

ตารางที่ 3.5 แสดงคุณสมบัติของ analog output module X80 - 8 outputs

|               |                           |                                        |
|---------------|---------------------------|----------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION               | PLC Cabinet                            |
|               | Range of product          | Modicon X80                            |
|               | Product or component type | Analog output module                   |
|               | Electrical connection     | 20 ways 1 connector                    |
|               | Analogue input number     | 8                                      |
|               | Analogue output type      | Current: 0...20 mA, Current: 4...20 mA |

### 3) โมดูลการสื่อสารสำหรับ Modbus TCP/IP

#### 3.1) Ethernet module M580 - 3-port Factory Cast Ethernet



รูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์ Ethernet module M580 - 3-port Factory Cast Ethernet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงคุณสมบัติของ Ethernet module M580 - 3-port Factory Cast Ethernet

|               |                             |                                                                  |
|---------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION                 | PLC Cabinet                                                      |
|               | Range of product            | Modicon M580                                                     |
|               | Product or component type   | Communication module                                             |
|               | Product compatibility       | BMEXBP... - Ethernet + X-bus rack                                |
|               | Integrated connection type  | 3 Ethernet, connector type: RJ45, transmission rate: 10/100      |
|               | Transmission support medium | Ethernet backplane                                               |
|               | Integrated connection type  | USB type mini B                                                  |
|               | Communication service       | Bandwidth management<br>FDR server<br>SNMP network administrator |

### 3.2) Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane



รูปที่ 3.8 แสดงอุปกรณ์ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane

ตารางที่ 3.7 แสดงคุณสมบัติของ Modicon X80 EIO Drop adapter with Ethernet backplane

|               |                             |                                                                                                |
|---------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION                 | PLC Cabinet                                                                                    |
|               | Range of product            | Modicon M580                                                                                   |
|               | Product or component type   | Ethernet RIO drop adaptor                                                                      |
|               | Number of port              | 3                                                                                              |
|               | Integrated connection type  | Ethernet/IP (device network) Ethernet/IP (service port)                                        |
|               | Communication port protocol | Ethernet/IP                                                                                    |
|               | Communication service       | USB type mini B                                                                                |
|               | Communication service       | RSTP support<br>Configure IP parameters                                                        |
|               | Product compatibility       | BMXERT multifunction input module BMXNOM Ethernet module BMXEHC counter module PMESWT weighing |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.3) Quantum RIO Drop E/IP 1CH



รูปที่ 3.9 แสดงอุปกรณ์ Quantum RIO Drop E/IP 1CH

ตารางที่ 3.8 แสดงคุณสมบัติของ Quantum RIO Drop E/IP 1CH

|               |                             |                                                        |
|---------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | APPLICATION                 | PLC Cabinet                                            |
|               | Range of product            | Modicon Quantu                                         |
|               | Product or component type   | Ethernet RIO drop adaptor                              |
|               | Number of port              | 3                                                      |
|               | Integrated connection type  | Ethernet IP/Modbus TCP (service port)                  |
|               | Communication port protocol | Ethernet IP/Modbus TCP                                 |
|               | Communication service       | output modules are updated with the data received from |

## 3.4) Ethernet TCP/IP switch - ConneXium - 8 ports for copper



รูปที่ 3.10 แสดงอุปกรณ์ Ethernet TCP/IP switch - ConneXium - 8 ports for copper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติของ Quantum RIO Drop E/IP 1CH

|               |                                 |                                                        |
|---------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------|
| SPECIFICATION | 6. APPLICATION                  | PLC Cabinet                                            |
|               | 7. Range of product             | ConneXium                                              |
|               | 8. Product or component type    | Ethernet TCP/IP unmanaged switch                       |
|               | 9. Port Ethernet                | 10BASE-T/100BASE-TX - 8 port(s) copper cable           |
|               | 10. Integrated connection type  | Ethernet IP/Modbus TCP (service port)                  |
|               | 11. Communication port protocol | Ethernet TCP/IP                                        |
|               | 12. Communication service       | output modules are updated with the data received from |

#### 4) สายเชื่อมต่อ LAN และสายเคเบิลใยแก้วนำแสงแบบ Hot standby



รูปที่ 3.11 แสดงสายเชื่อมต่อ LAN และสายเคเบิลใยแก้วนำแสงแบบ Hot standby  
HSBY SFP socket - FO singlemode

ตารางที่ 3.10 แสดงคุณสมบัติของ HSBY SFP socket - FO singlemode

|               |                           |                   |
|---------------|---------------------------|-------------------|
| SPECIFICATION | 6. APPLICATION            | PLC Cabinet       |
|               | 7. Product compatibility  | M580 HSBY CPU     |
|               | 8. Range compatibility    | Modicon M580      |
|               | 9. Material               | Metal             |
|               | 10. Electrical connection | 1 connector LC-LC |
|               | 11. Transmission rate     | 1 Gbit/s          |

#### 5) คอมพิวเตอร์

สำหรับคอมพิวเตอร์ เนื่องจากโครงการนี้ ทำงานโดยใช้ซอฟต์แวร์เป็นหลัก จึงต้องเลือกใช้คอมพิวเตอร์ที่มีสเปกขั้นต่ำ ดังนี้

- 1) Ram : 8GB ขึ้นไป
- 2) Storage : SSD > 512GB ขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

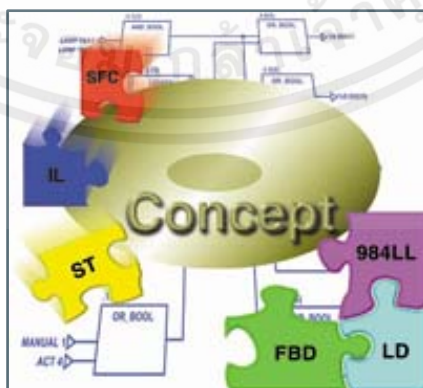
### 3.3.2 อุปกรณ์ซอฟต์แวร์

- 1) EcoStruxure Control Expert (สำหรับการทำโปรแกรม PLC M580 Schneider)



รูปที่ 3.13 แสดงอุปกรณ์ EcoStruxure Control Expert

- 2) Concept (สำหรับการทำโปรแกรม Quantum)



รูปที่ 3.14 แสดงอุปกรณ์ Program Concept

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Wonderware System Platform (สำหรับการออกแบบกราฟิก)



รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์ Wonderware System Platform

4) Modsim (สำหรับการทำ simulation Modbus protocol) และ Modscan (สำหรับการทำ monitor Modbus protocol)



รูปที่ 3.16 แสดงอุปกรณ์ Modsim และ Modscan

5) VMware Workstation (สำหรับใช้สร้าง Visual Machine)



รูปที่ 3.17 แสดงอุปกรณ์ VMware Workstation

6) Microsoft Office Word, Excel (สำหรับจัดทำเอกสารในโครงการ)

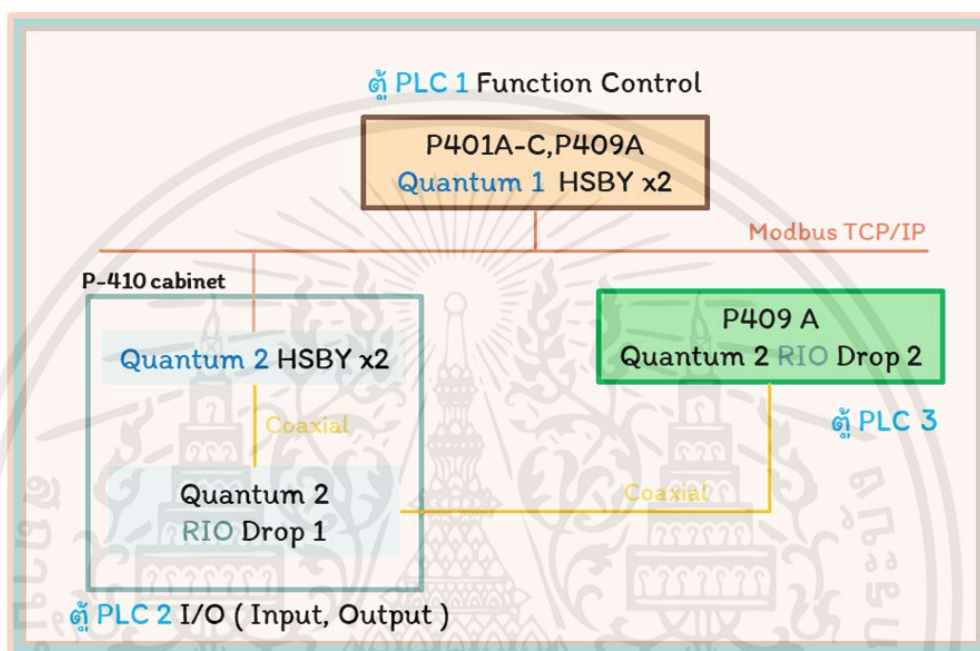


รูปที่ 3.18 แสดงอุปกรณ์ Microsoft Office

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 การออกแบบและการดำเนินงาน

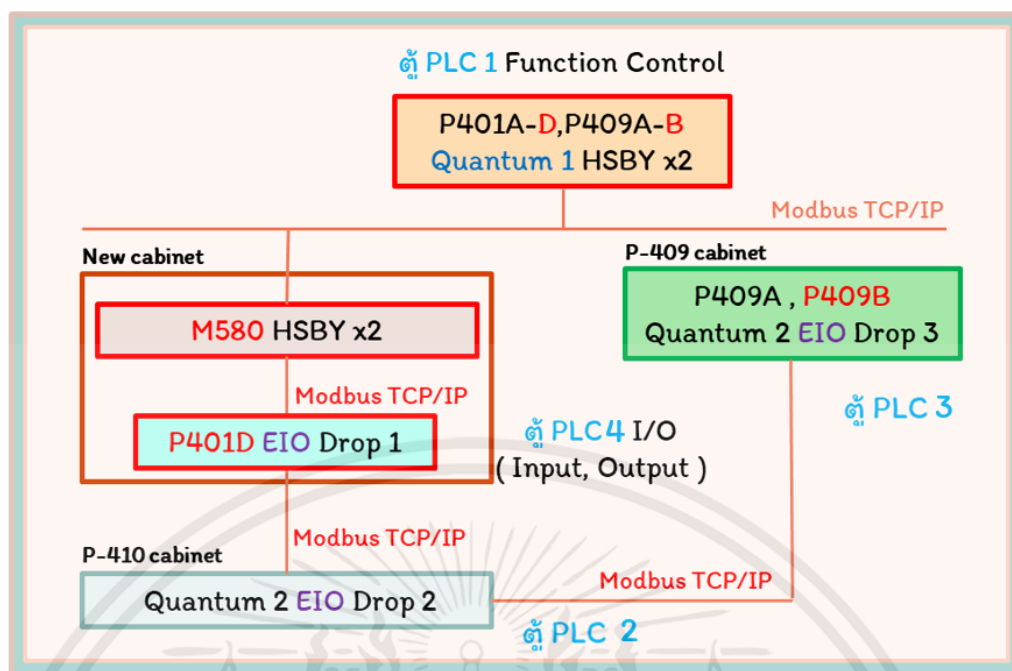
สำหรับโครงการระบบควบคุมการขนส่งน้ำมันทางท่อ เมื่อทำการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม ทำให้ต้องปรับเปลี่ยนเอกสารการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบหรือ PLC System Architecture ของระบบนี้ด้วยซึ่งเป็นเอกสารสำคัญในการเป็นข้อมูลให้กับการทำงานในขั้นต่อไปในโครงการ จากเดิมระบบจะมีการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดง System Architecture ระบบเดิม

จากรูปที่ 3.19 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบหรือ System Architecture ระบบเดิมจะประกอบไปด้วยตู้ PLC จำนวน 3 ตู้ ได้แก่

- 1) ตู้ PLC 1 มีโปรแกรมฟังก์ชันควบคุมของอุปกรณ์ชุดปั๊มในระบบทั้งระบบใหม่และระบบเดิม โดยใช้ PLC Quantum HSBY Redundancy (Quantum 1)
- 2) ตู้ PLC 2 มีอินพุตและเอาต์พุตของชุดอุปกรณ์ปั๊มที่เพิ่มและแก้ไขเข้าไปภายในระบบ โดยใช้ PLC Quantum HSBY Redundancy (Quantum 2) และมีรีโมตไอโอ (RIO)
- 3) ตู้ PLC 3 จะเป็นตู้ของการเก็บรีโมตไอโอ (RIO)



รูปที่ 3.20 แสดง System Architecture ระบบที่ถูกปรับแก้ไข

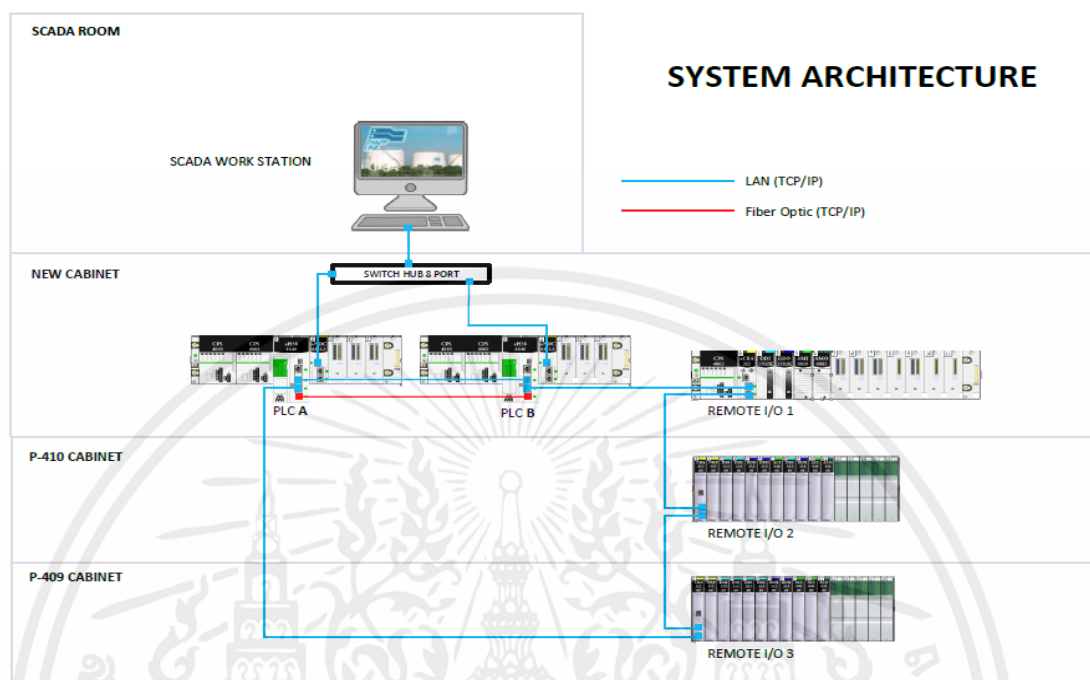
จากรูปที่ 3.20 การออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบหรือ System Architecture ระบบเดิมได้ถูกปรับแก้ โดยมีการเพิ่มตู้ PLC จำนวน 1 ตู้ ดังนั้นระบบใหม่หรือระบบหลังจากเพิ่มอุปกรณ์ชุดปั๊มจะประกอบไปด้วยตู้ PLC จำนวน 4 ตู้ ได้แก่

- 1) ตู้ PLC 1 มีโปรแกรมฟังก์ชันควบคุมของอุปกรณ์ชุดปั๊มในระบบทั้งระบบใหม่และระบบเดิม โดยใช้ PLC Quantum HSBY Redundancy (Quantum 1)
- 2) ตู้ PLC 3 จะเป็นตู้ของการเก็บรีโมตไอโอ (EIO)
- 3) ตู้ PLC 4 จะเป็นตู้ของการเก็บรีโมตไอโอ (EIO) ของชุดอุปกรณ์ปั๊ม P-409B ที่เพิ่มและแก้ไขเข้าไปภายในระบบ
- 4) ตู้ PLC 2 มีอินพุตและเอาต์พุตของชุดอุปกรณ์ปั๊มที่เพิ่มและแก้ไขเข้าไปภายในระบบ โดยใช้ PLC Modicon M580 และมีรีโมตไอโอ (EIO) ของชุดอุปกรณ์ปั๊ม P-401D ที่เพิ่มและแก้ไขเข้าไปภายในระบบ

ดังนั้น จากการเปรียบเทียบการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบหรือ System Architecture สิ่งที่เปลี่ยนแปลงภายในระบบ ได้แก่

- 1) เปลี่ยน PLC M580 แทน PLC Quantum 2
- 2) เปลี่ยนระบบการสื่อสารจากสาย coaxial เป็น Modbus TCP / IP
- 3) RIO เดิมที่อยู่ในระบบจะเปลี่ยนเป็น EIO และตู้ใหม่ที่เพิ่มเข้าไปก็จะเพิ่ม EIO เข้ามาด้วยทำให้ Drop ขยับลำดับเลขตามแผนภาพ
- 4) การเพิ่มเติมและแก้ไขหน้าจอ SCADA

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนแก้ไขทั้งหมดดังกล่าวข้างต้น จะทำให้ได้การออกแบบสถาปัตยกรรม หรือ PLC System Architecture ของระบบหลังเพิ่มอุปกรณ์ชุดป้อนเข้าไปใหม่ ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดง PLC System Architecture

### 3.5 หลักการทำงานของปั๊ม

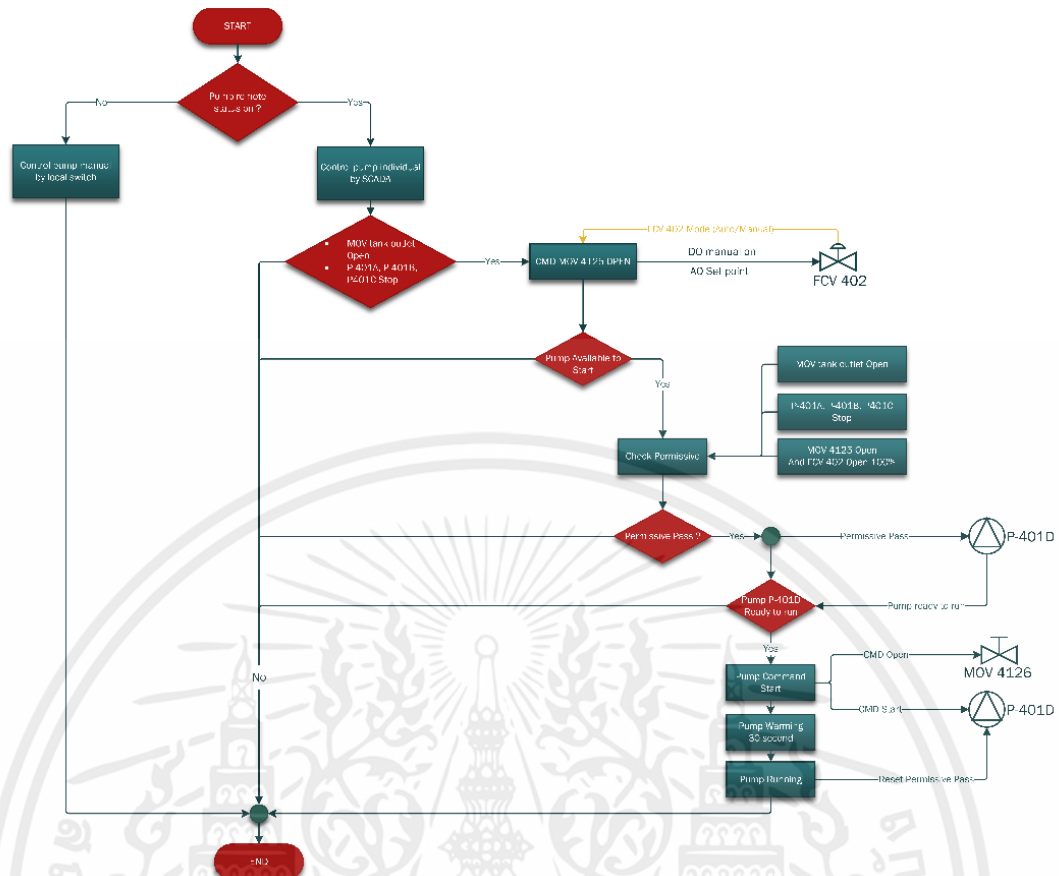
โครงการนี้เป็นการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม โดยปั๊มที่เพิ่มเข้าไปในระบบนั้นจะต้องศึกษาถึงหลักการทำงานโดยรวมของตัวปั๊ม เพื่อที่จะนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานให้ได้ตามที่ต้องการได้ ซึ่งปั๊มที่เพิ่มเข้าไปในนั้นมีทั้งหมด 2 ชุด ดังนี้

#### 3.5.1 หลักการทำงานของปั๊ม P-401D

หลักการทำงานของปั๊ม P-401D จะแบ่งเป็นการทำงานหลักๆอยู่ทั้งหมด 2 ส่วนด้วยกัน คือ ขั้นตอนการเริ่มการทำงานของปั๊มและขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม ซึ่งจะมีกระบวนการและลำดับการทำงาน ดังนี้

##### 3.5.1.1 ขั้นตอนการเริ่มการทำงานของปั๊ม (Start)

ในส่วนของขั้นตอนการเริ่มการทำงานของปั๊ม จะมีลำดับการทำงานและการรับและส่งสัญญาณ ดังแสดงในแผนผังการไหลการทำงานของปั๊ม (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-401D (Start)

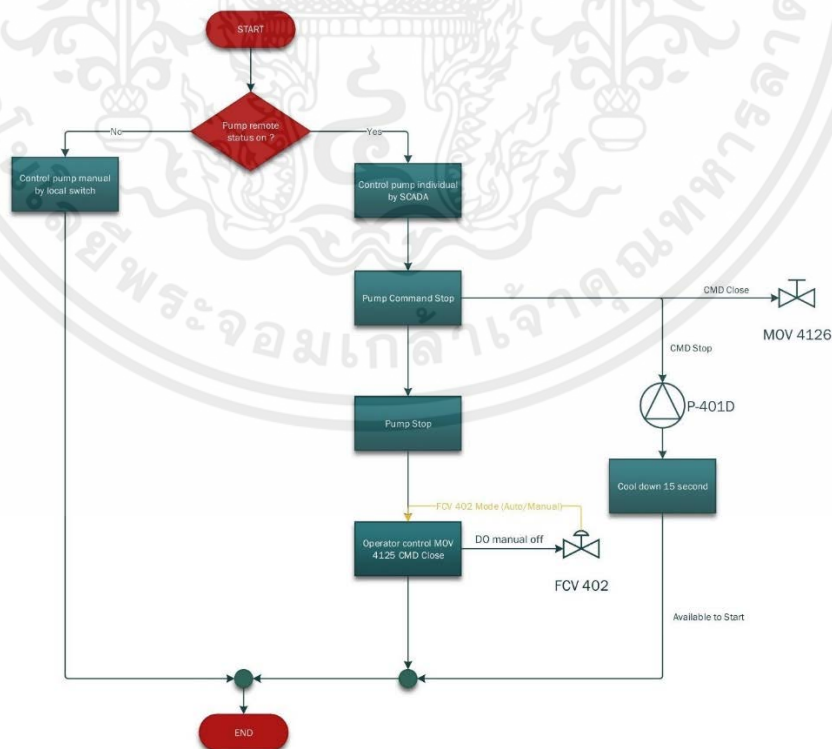
- 1) เริ่มการทำงานของปั๊มโดยเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มมีสัญญาณ “Pump remote status” หรือไม่ ถ้าไม่มีสัญญาณ Pump remote status แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากหน้าอุปกรณ์ ถ้ามีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจาก SCADA
- 2) เข้าสู่บล็อกการตรวจสอบเงื่อนไข โดยมีเงื่อนไข ดังนี้
  - 2.1) วาล์วขาออกของถังเปิด
  - 2.2) ปั๊ม P-401A P-401B P-401C ต้องไม่ทำงาน
- 3) ถ้าขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไขครั้งที่ 1 ผ่าน จะมีคำสั่งให้วาล์วหน้าปั๊มเปิด มี Digital Output ไปสั่งให้ FCV 402 ทำงาน และมี Analog Output ที่มีการกำหนดค่า Setpoint ของ FCV 402
- 4) เข้าสู่บล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มพร้อมที่จะทำงานหรือไม่
- 5) กรณีเมื่อปั๊มพร้อมที่จะทำงานจะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไขครั้งที่ 2 เพื่อเริ่มการทำงานของปั๊ม โดยมีเงื่อนไข ดังนี้
  - 5.1) วาล์วขาออกของถังเปิด
  - 5.2) ปั๊ม P-401A P-401B P-401C ต้องไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 5.3) วาล์ว MOV 4125 (วาล์วหน้าปั๊ม) เปิด
- 5.4) FCV 402 เปิด 100%
- 6) ถ้าขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไขครั้งที่ 2 ผ่านจะมีการส่งสัญญาณไปที่ปั๊มว่าการตรวจสอบเงื่อนไขผ่าน จากนั้นปั๊มจะส่งสัญญาณกลับมามาว่าพร้อมที่จะเริ่มการทำงาน
- 7) หลังจากขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไขครั้งที่ 2 จะเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มพร้อมที่จะเริ่มการทำงานหรือไม่ โดยเมื่อปั๊มส่งสัญญาณกลับมามาว่าพร้อมที่จะเริ่มการทำงาน จะมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มเริ่มการทำงาน และมีคำสั่งให้วาล์ว MOV 4126 (วาล์วหลังปั๊ม) เปิด
- 8) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มเริ่มการทำงานปั๊มจะต้องทำการวอร์ม (warming) ก่อน จากนั้นปั๊มจะเริ่มทำงาน
- 9) เมื่อปั๊มเริ่มทำงานแล้ว จะมีสัญญาณให้ปั๊ม P-401D ให้รีเซ็ตสัญญาณการตรวจสอบเงื่อนไข

### 3.5.1.2 ขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม (Stop)

ในส่วนของขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม จะมีลำดับการทำงานและการรับและส่งสัญญาณ ดังแสดงในแผนผังการไหลการทำงานของปั๊ม (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.23



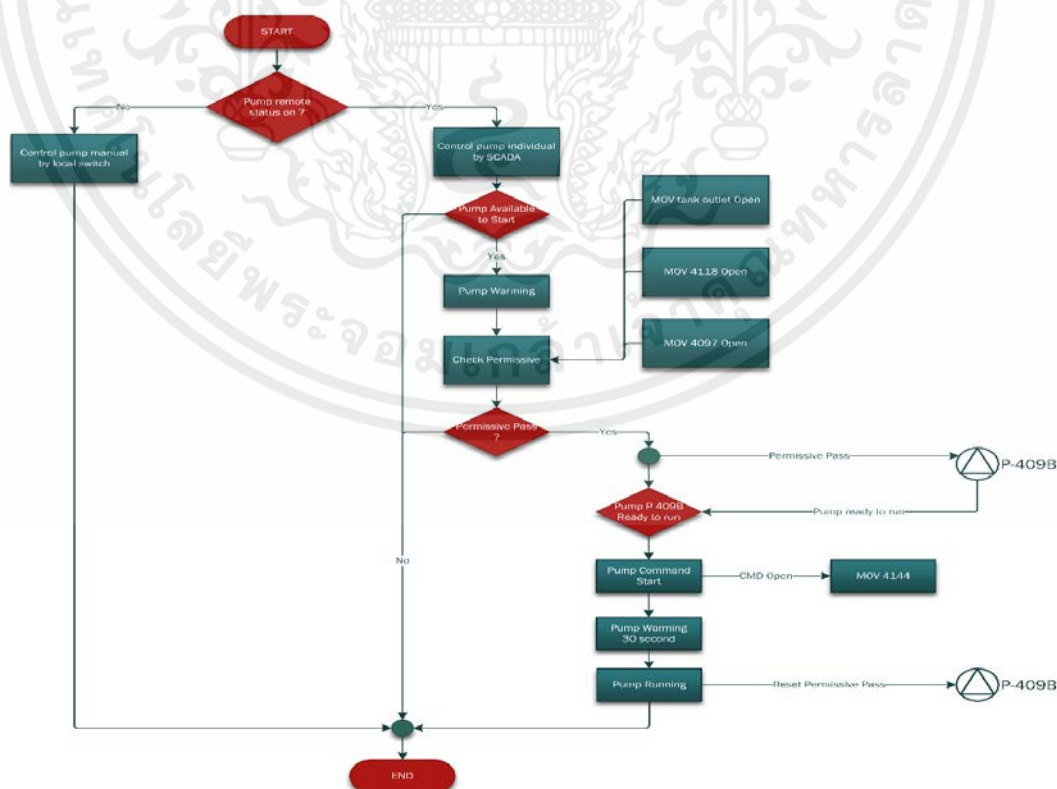
รูปที่ 3.23 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-401D (Stop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) เริ่มขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม โดยเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มมีสัญญาณ “Pump remote status” หรือไม่ ถ้าไม่มีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากด้านหน้าอุปกรณ์ ถ้ามีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากหน้าจอ SCADA
- 2) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงาน จะมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงานและจะมีคำสั่งสั่งให้วาล์ว MOV 4126 (วาล์วหลังปั๊ม) ปิด
- 3) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงานปั๊มจะหยุดการทำงานแล้วทำการ Cool down เป็นเวลา 15 วินาทีและมีสัญญาณส่งกลับจากปั๊มว่าปั๊มพร้อมที่จะเริ่มการทำงานใหม่อีกครั้ง
- 4) จากนั้นจะมี Digital Output ไปสั่งให้ FCV 402 หยุดการทำงาน และมีคำสั่งสั่งให้วาล์ว MOV 4125 (วาล์วหน้าปั๊ม) ปิด

### 3.5.2 หลักการทำงานของปั๊ม P-409B

#### 3.5.2.1 ขั้นตอนการเริ่มการทำงานของปั๊ม (Start)

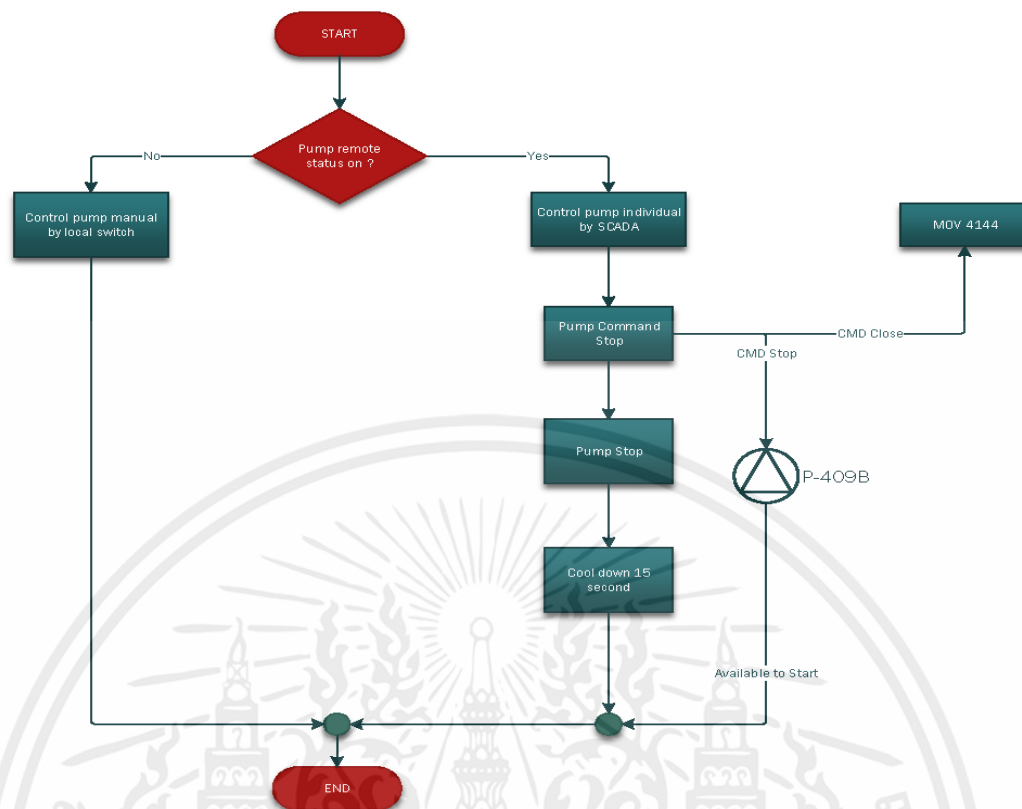


รูปที่ 3.24 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-409B (Start)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) เริ่มขั้นตอนการเริ่มการทำงานของปั๊ม โดยเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มมีสัญญาณ “Pump remote status” หรือไม่ ถ้าไม่มีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากด้านหน้าอุปกรณ์ ถ้ามีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากหน้าจอ SCADA
- 2) จากนั้นจะเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มพร้อมที่จะทำงานหรือไม่ ถ้าหากปั๊มพร้อมที่จะทำงาน ปั๊มจะทำการวอร์ม (warming)
- 3) จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไข เพื่อเริ่มการทำงานของปั๊ม โดยมีเงื่อนไขดังนี้
  - 3.1) วาล์วขาออกของถังเปิด
  - 3.2) วาล์วหน้าปั๊มเปิด
- 4) ถ้าขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไขผ่าน ก็จะมีการส่งสัญญาณไปที่ปั๊มว่าการตรวจสอบเงื่อนไขผ่าน จากนั้นปั๊มจะส่งสัญญาณกลับมามาว่าพร้อมที่จะเริ่มการทำงาน
- 5) หลังจากผ่านขั้นตอนการตรวจสอบเงื่อนไข จะเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มพร้อมที่จะเริ่มการทำงานหรือไม่ โดยเมื่อปั๊มส่งสัญญาณกลับมามาว่าพร้อมที่จะเริ่มการทำงาน จะมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มเริ่มการทำงาน และมีคำสั่งให้ วาล์ว MOV 4144 (วาล์วหลังปั๊ม) เปิด
- 6) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มเริ่มการทำงานปั๊มจะต้องทำการวอร์ม (warming) ก่อน จากนั้นปั๊มจะเริ่มทำงาน
- 7) เมื่อปั๊มเริ่มทำงานแล้ว จะมีสัญญาณให้ปั๊ม P-409B ให้รีเซตสัญญาณการตรวจสอบเงื่อนไข

### 3.5.2.2 ขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม (Stop)



รูปที่ 3.25 แสดงหลักการทำงานของปั๊ม P-409B (Stop)

- 1) เริ่มขั้นตอนการหยุดการทำงานของปั๊ม โดยเข้าบล็อกการตัดสินใจว่าปั๊มมีสัญญาณ “Pump remote status” หรือไม่ ถ้าไม่มีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากด้านหน้าอุปกรณ์ ถ้ามีสัญญาณ “Pump remote status” แสดงว่ามีการควบคุมการทำงานของปั๊มจากหน้าจอ SCADA
- 2) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงาน จะมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงานและจะมีคำสั่งสั่งให้วาล์ว MOV 4144 (วาล์วหลังปั๊ม) ปิด
- 3) เมื่อมีคำสั่งสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงานปั๊มจะหยุดการทำงานแล้วทำการ Cool down เป็นเวลา 15 วินาทีและมีสัญญาณส่งกลับจากปั๊มว่าปั๊มพร้อมที่จะเริ่มการทำงานใหม่อีกครั้ง

### 3.6 การออกแบบและแก้ไขการเขียนโปรแกรม PLC

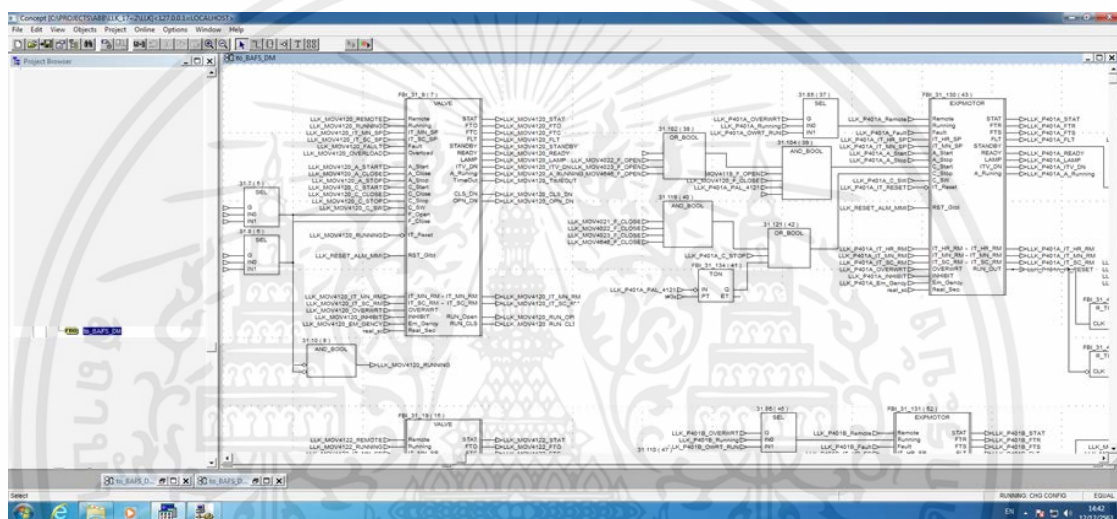
การออกแบบและแก้ไขการเขียนโปรแกรมในส่วนของ PLC โครงการนี้เป็นการทำโครงการที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมหลังจากการเพิ่มชุดอุปกรณ์ปั๊มเข้าไป ทำให้ในขั้นตอนการออกแบบและ

แก้ไขการเขียนโปรแกรม PLC จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกัน ได้แก่ การศึกษาโปรแกรมควบคุมระบบเดิม การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อรองรับการเพิ่มปั๊ม ซึ่งจะมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอน ดังนี้

### 3.6.1 การศึกษาโปรแกรมควบคุมระบบเดิมของโครงการ (Concept ของ Schneider)

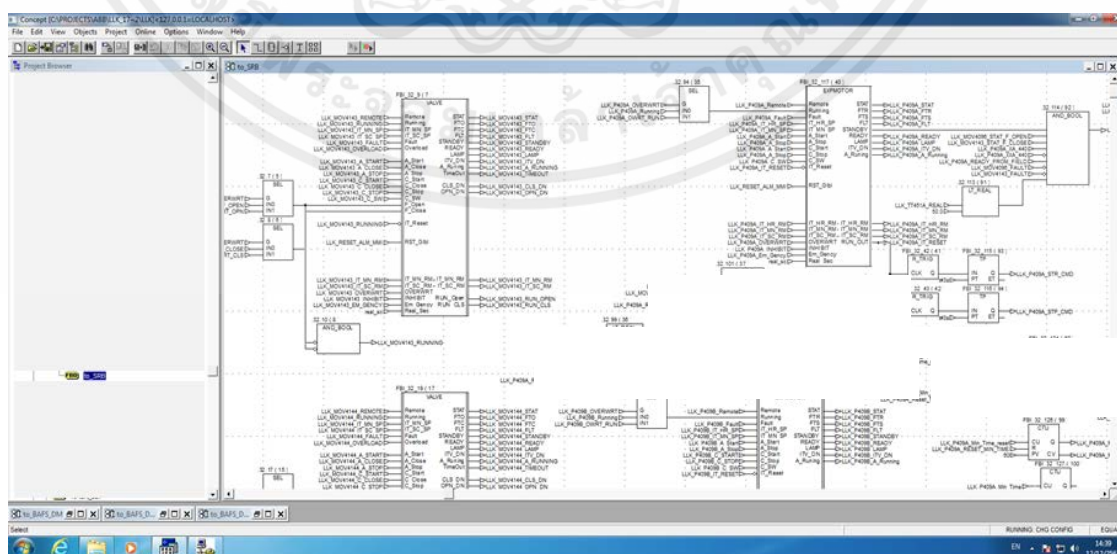
การศึกษาโปรแกรมควบคุมระบบเดิมของโครงการใช้โปรแกรม “Concept” ของบริษัท Schneider ซึ่งเป็นโปรแกรม PLC ที่ใช้ในการเขียนฟังก์ชันการทำงานของอุปกรณ์ทั้งที่มีอยู่เดิมและที่เพิ่มเติมเข้าไป โดยทำการศึกษา 2 ส่วน ได้แก่

- 1) การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 1 เป็นการส่งน้ำมันโดยใช้ปั๊มกลุ่ม P-401



รูปที่ 3.26 แสดง Function block การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 1

- 2) การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 2 เป็นการส่งน้ำมันโดยใช้ปั๊มกลุ่ม P-409

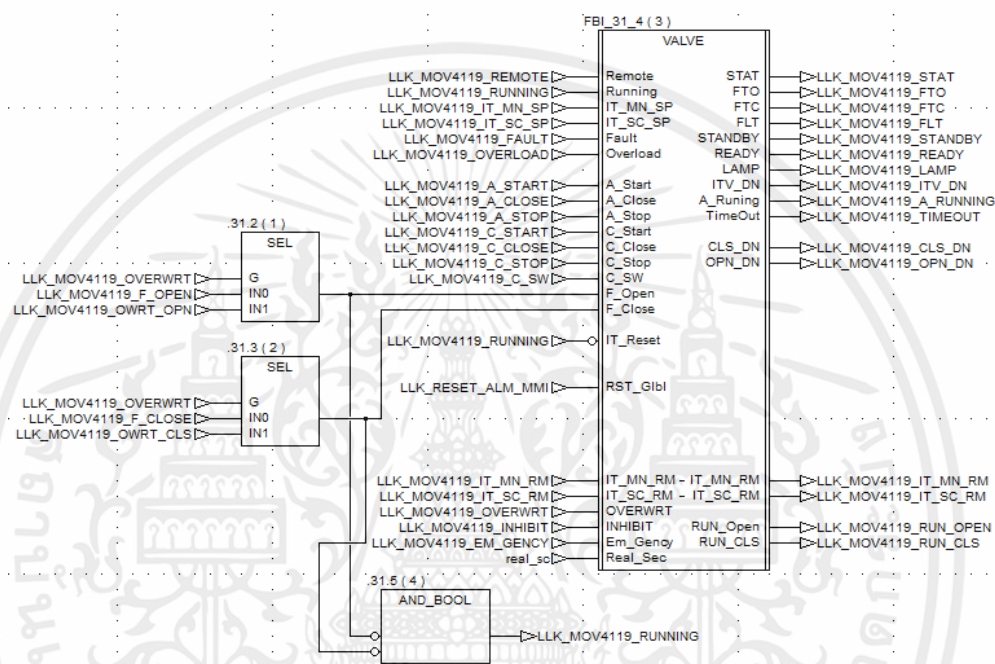


รูปที่ 3.27 แสดง Function block การขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งทั้งสองส่วนที่ศึกษามีฟังก์ชันการทำงานหลักเหมือนกัน ต่างที่มีเงื่อนไขการทำงานในส่วนย่อยที่แตกต่างกันในรายละเอียด และสำหรับฟังก์ชันการทำงานหลักสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 Function Block ได้แก่

### 3.6.1.1 MOV Suction เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวาล์วน้ำดื่ม



รูปที่ 3.28 แสดงตัวอย่าง Function block : MOV Suction

- 1) Valve Open เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเปิดวาล์ว ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงาน ดังนี้
  - 1.1) การสั่งงานผ่าน SCADA ต้องมีสัญญาณ Remote
  - 1.2) การสั่งงานมีโหมดการทำงาน 2 โหมด ได้แก่ Manual Mode (ต้องมีสัญญาณ C\_SW) และ Auto Mode มีรายละเอียดดังตาราง 3.11

ตารางที่ 3.11 แสดงการสั่งงาน Valve Open

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual Mode | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา C_SW ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งงานผ่าน SCADA แบบ Manual</li> <li>2. ขา C_Start ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งวาล์วเปิด</li> <li>3. ขา F_Close (Fully Close) ต้อง ON หมายถึง สถานะของวาล์วก่อนสั่งงานปิดอยู่</li> <li>4. ขา RUN_OPEN ด้าน output จะ ON เพื่อส่งคำสั่งให้วาล์วเปิดไปยัง MOV Suction</li> </ol> |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Auto Mode | <p>จะทำงานร่วมกับ Function Block : Auto Mode</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา A_Start ต้อง ON หมายถึง มีคำสั่งวาล์วเปิด</li> <li>2. ขา F_Close (Fully Close) ต้อง ON หมายถึง สถานะของวาล์วก่อนสั่งงานปิดอยู่</li> <li>3. ขา RUN_OPEN ด้าน output จะ ON เพื่อส่งคำสั่งให้วาล์วเปิดไปยัง MOV Suction</li> </ol> |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

2) Valve Close เป็นส่วนที่ใช้สำหรับปิดวาล์ว ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงาน ดังนี้

1.1) การสั่งงานผ่าน SCADA ต้องมีสัญญาณ Remote

1.2) การสั่งงานมีโหมดการทำงาน 2 โหมด ได้แก่ Manual Mode (ต้องมีสัญญาณ C\_SW) และ Auto Mode มีรายละเอียดดังตาราง 3.12

ตารางที่ 3.12 แสดงการสั่งงาน Valve Close

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual Mode | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา C_SW ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งงานผ่าน SCADA แบบ Manual</li> <li>2. ขา C_Close ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งวาล์วให้ปิด</li> <li>3. ขา F_Open (Fully Open) ต้อง ON หมายถึง สถานะของวาล์วก่อนสั่งงานเปิดอยู่</li> <li>4. ขา RUN_CLS ด้าน output จะ ON เพื่อส่งคำสั่งให้วาล์วปิดไปยัง MOV Suction</li> </ol> |
| Auto Mode   | <p>จะทำงานร่วมกับ Function Block : Auto Mode</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา A_Close ต้อง ON หมายถึง มีคำสั่งให้วาล์วปิด</li> <li>2. ขา F_Open (Fully Open) ต้อง ON หมายถึง สถานะของวาล์วก่อนสั่งงานเปิดอยู่</li> <li>3. ขา RUN_CLS ด้าน output จะ ON เพื่อส่งคำสั่งให้วาล์วปิดไปยัง MOV Suction</li> </ol>                           |

3) Valve Status (ด้านอินพุต) แสดงสถานะการทำงานของวาล์ว โดยวาล์วจะส่งสถานะตอบกลับมายัง PLC เพื่อนำมาเป็นเงื่อนไขสำหรับการสั่งงานดังที่กล่าวมาในข้อ 1) และ 2) ซึ่งมีสถานะต่าง ๆ ดังตาราง 3.13

ตารางที่ 3.13 แสดง Valve Status (ด้านอินพุต)

| Tag name | คำอธิบาย                             |
|----------|--------------------------------------|
| F_OPEN   | วาล์วเปิดเต็มที่                     |
| F_CLOSE  | วาล์วปิดเต็มที่                      |
| RUNNING  | วาล์วกำลังเคลื่อนที่เพื่อเปิดหรือปิด |
| FAULT    | เกิดข้อผิดพลาดที่อุปกรณ์             |

## 4) Interval Time Remaining

4.1) Interval Time Remaining Second/Minute แสดงเวลาการทำงานที่เหลือของวาล์ว

4.2) Interval Time Second/Minute แสดง time set point ของวาล์ว

## 5) Output จาก Valve Block มีรายละเอียดดังตาราง 3.14

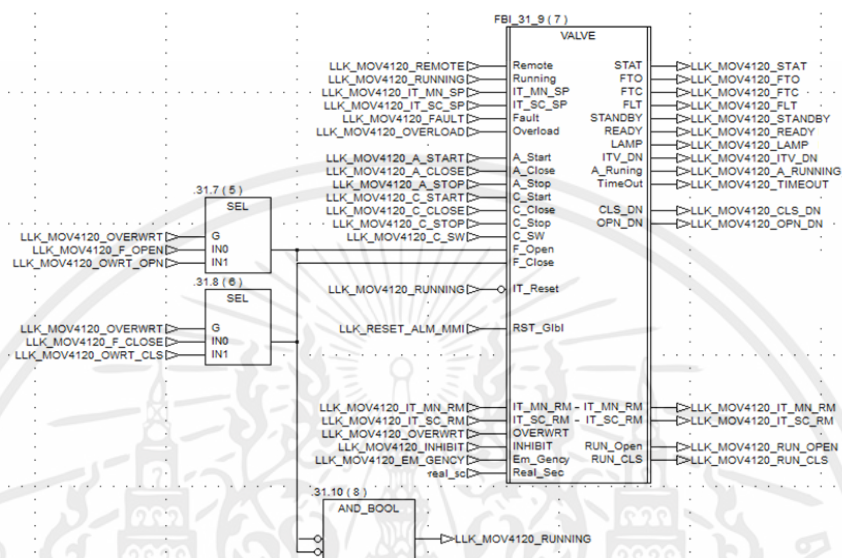
ตารางที่ 3.14 แสดง Output จาก Valve Block

| Tag name                    | คำอธิบาย                                                                                                                    |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| STAT                        | สถานะการทำงานของวาล์ว                                                                                                       |
| STANDBY                     | วาล์วเตรียมพร้อมทำงาน                                                                                                       |
| READY                       | วาล์วเตรียมพร้อมทำงาน                                                                                                       |
| FTO (Fail to Open)          | เมื่อมีสัญญาณ RUN_Open ทำงานครบเวลาที่กำหนด แต่ยังไม่ถึงสถานะ Running ตบกลับมาจากวาล์วจะเกิดการ FTO คือ การเปิดวาล์วล้มเหลว |
| FTC (Fail to Close)         | เมื่อมีสัญญาณ RUN_Close ทำงานครบเวลาที่กำหนด แต่ยังไม่ถึงสถานะ Running ตบกลับมาจากวาล์วจะเกิดการ FTC คือ การปิดวาล์วล้มเหลว |
| FLT (Fault)                 | การทำงานที่ไม่เป็นไปตามที่ต้องการจะทำให้เกิด Fault                                                                          |
| ITV_DN (Interval Time Done) | วาล์วทำงานครบตามเวลาที่กำหนดไว้                                                                                             |
| TIMEOUT                     | การที่วาล์วทำงานไม่ทันภายในเวลาที่กำหนดไว้                                                                                  |
| CLS_DN (Close Done)         | วาล์วปิดเรียบร้อยแล้ว                                                                                                       |
| OPN_DN (Open Done)          | วาล์วเปิดเรียบร้อยแล้ว                                                                                                      |
| RUN_OPEN                    | สัญญาณคำสั่งให้วาล์ว Open ซึ่งเงื่อนไขการทำงานได้กล่าวถึงในข้อที่ 1)                                                        |
| RUN_CLS                     | สัญญาณคำสั่งให้วาล์ว Close ซึ่งเงื่อนไขการทำงานได้กล่าวถึงในข้อที่ 2)                                                       |

### 3.6.1.2 MOV Discharge เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวาล์ว

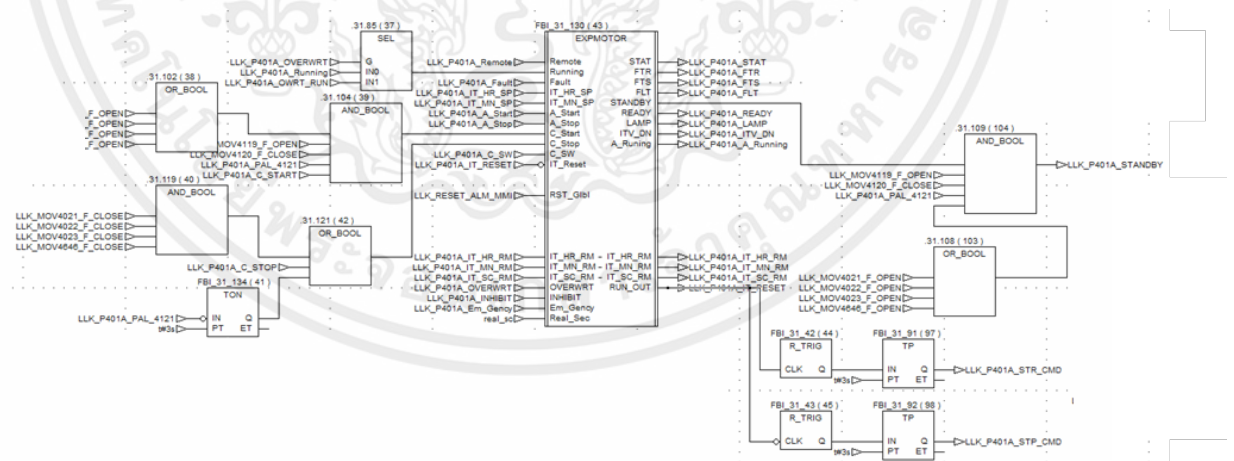
หลังปั๊ม

มีเงื่อนไขและวิธีการทำงานเหมือนกันกับส่วนของ MOV Suction



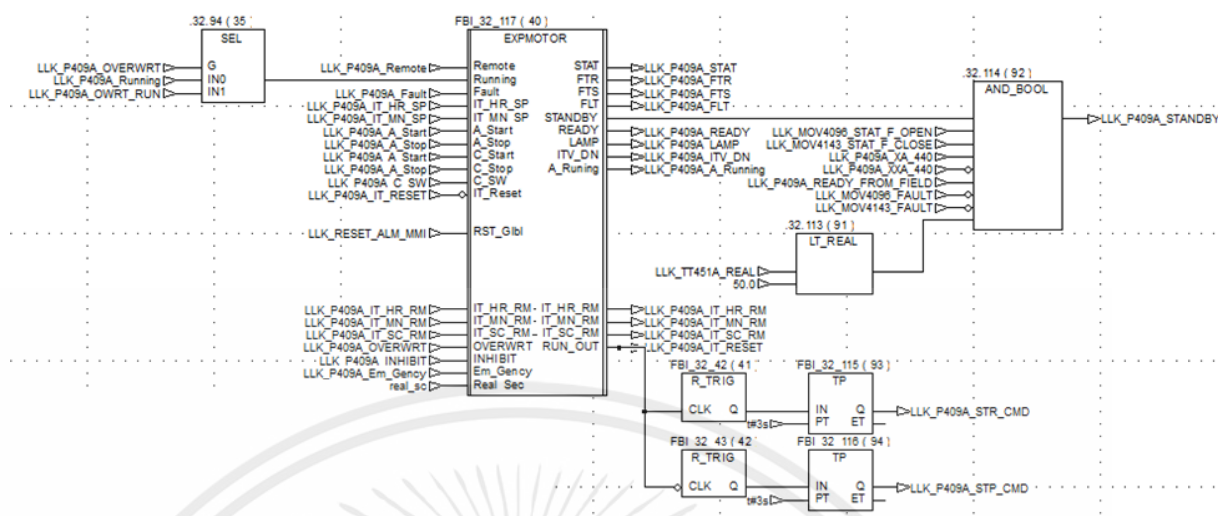
รูปที่ 3.29 แสดงตัวอย่าง Function block : MOV Discharge

### 3.6.1.3 Pump เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของปั๊ม



รูปที่ 3.30 แสดงตัวอย่าง Function block : Pump P-401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 แสดงตัวอย่าง Function block : Pump P-409

1) Pump RUN เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสั่งให้ปั๊มทำงาน ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงานดังนี้

1.1) การสั่งงานผ่าน SCADA ต้องมีสัญญาณ Remote

1.2) การสั่งงานมีโหมดการทำงาน 2 โหมด ได้แก่ Manual Mode (ต้องมีสัญญาณ C\_SW) และ Auto Mode มีรายละเอียดดังตาราง 3.15

ตารางที่ 3.15 แสดงการสั่งงาน Pump RUN

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual Mode | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา C_SW ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งงานผ่าน SCADA แบบ Manual</li> <li>2. ขา C_Start ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งให้ปั๊มทำงาน</li> <li>3. ก่อนสั่งให้ปั๊มเริ่มทำงาน ปั๊มต้องอยู่ในสถานะ STANDBY หรือคือต้องไม่กำลังทำงานอยู่และไม่อยู่ในสถานะ FAULT เพื่อรอรับคำสั่ง C_Start</li> <li>4. วาล์วหน้าปั๊มจะต้องเปิด เนื่องจากต้องทำหน้าที่ส่งน้ำมันเข้าสู่ปั๊ม หากปั๊มทำงานแต่ วาล์วหน้าปั๊มยังไม่เปิดจะทำให้ปั๊มไม่สามารถสูบน้ำมันได้</li> </ol> |
| Auto Mode   | <p>จะทำงานร่วมกับ Function Block : Auto Mode</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา A_Start ต้อง ON หมายถึง มีคำสั่งให้ปั๊มทำงาน</li> <li>2. ก่อนสั่งให้ปั๊มเริ่มทำงาน ปั๊มต้องอยู่ในสถานะ STANDBY หรือคือต้องไม่กำลังทำงานอยู่และไม่อยู่ในสถานะ FAULT เพื่อรอรับคำสั่ง A_Start</li> <li>3. วาล์วหน้าปั๊มจะต้องเปิด เนื่องจากต้องทำหน้าที่ส่งน้ำมันเข้าสู่ปั๊ม หากปั๊มทำงานแต่ วาล์วหน้าปั๊มยังไม่เปิดจะทำให้ปั๊มไม่สามารถสูบน้ำมันได้</li> </ol>                           |

2) Pump STOP เป็นส่วนที่ใช้สำหรับสั่งให้ปั๊มหยุดการทำงาน ซึ่งมีเงื่อนไขการทำงาน ดังนี้

2.1) การสั่งงานผ่าน SCADA ต้องมีสัญญาณ Remote

2.2) การสั่งงานมีโหมดการทำงาน 2 โหมด ได้แก่ Manual Mode (ต้องมีสัญญาณ C\_SW) และ Auto Mode มีรายละเอียดดังตาราง 3.16

ตารางที่ 3.16 แสดงการสั่งงาน Pump STOP

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Manual Mode | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา C_SW ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งงานผ่าน SCADA แบบ Manual</li> <li>2. ขา C_Stop ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งให้ปั๊มหยุดทำงาน</li> <li>3. หลังจากปั๊มเริ่มทำงานไปแล้ว ปั๊มจะอยู่ในสถานะ READY หรือ คือไม่อยู่ในสถานะ FAULT เพื่อรอรับคำสั่ง C_Stop</li> <li>4. วาล์วหน้าปั๊มจะต้องปิด เนื่องจากหากปั๊มหยุดทำงานแต่ วาล์วหน้าปั๊มยังไม่ปิดจะทำให้มีความดันในท่อสูงเกิน</li> </ol> |
| Auto Mode   | <p>จะทำงานร่วมกับ Function Block : Auto Mode</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. ขา A_Stop ต้อง ON หมายถึง ต้องการสั่งให้ปั๊มหยุดทำงาน</li> <li>2. หลังจากปั๊มเริ่มทำงานไปแล้ว ปั๊มจะอยู่ในสถานะ READY หรือ คือไม่อยู่ในสถานะ FAULT เพื่อรอรับคำสั่ง A_Stop</li> <li>3. วาล์วหน้าปั๊มจะต้องปิด เนื่องจากหากปั๊มหยุดทำงานแต่ วาล์วหน้าปั๊มยังไม่ปิดจะทำให้มีความดันในท่อสูงเกิน</li> </ol>                        |

3) Interval Time Remaining

3.1) Interval Time Remaining Second / Minute แสดงเวลาการทำงานที่เหลือของปั๊ม

3.2) Interval Time Second/Minute แสดง time set point ของปั๊ม

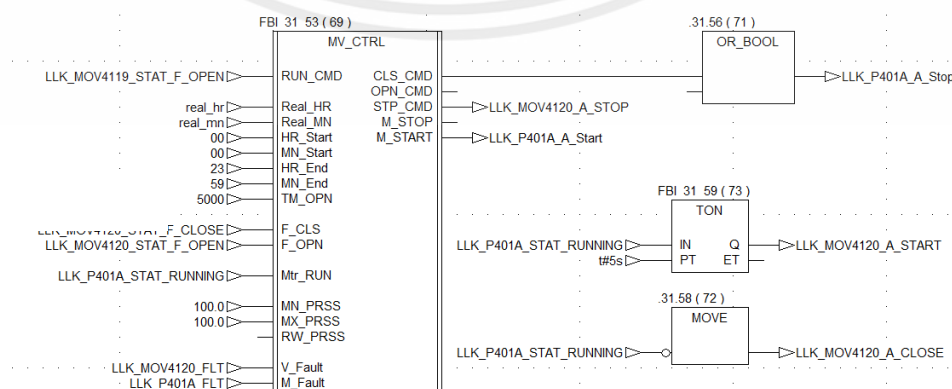
4) Output จาก EXPMOTOR Block มีรายละเอียดดังตาราง 3.17

ตารางที่ 3.17 แสดง Output จาก EXPMOTOR Block

| Tag name | คำอธิบาย             |
|----------|----------------------|
| STAT     | สถานะการทำงานของปั๊ม |

|                             |                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| STANDBY                     | ปั๊มเตรียมพร้อมทำงาน คือปั๊มต้องไม่กำลังทำงานอยู่แต่เตรียมพร้อมที่จะรับคำสั่งเพื่อทำงาน                                                                             |
| READY                       | ปั๊มเตรียมพร้อมทำงาน                                                                                                                                                |
| FTR (Fail to Run)           | เมื่อมีสัญญาณ RUN_OUT ทำงานครบเวลาที่กำหนด แต่ยังไม่มีความ Running ตอบกลับมาจากปั๊มจะเกิดการ FTR คือ การสั่งให้ปั๊มทำงานล้มเหลว                                     |
| FTS (Fail to Stop)          | เมื่อหยุดการส่งสัญญาณ RUN_OUT หรือคือการสั่งให้ปั๊มหยุดทำงานแต่ยังมีความ Running ตอบกลับมาจากปั๊มภายในเวลาที่กำหนด จะเกิดการ FTS คือ การสั่งให้ปั๊มหยุดทำงานล้มเหลว |
| FLT (Fault)                 | การทำงานที่ไม่เป็นไปตามที่ต้องการจะทำให้เกิด Fault                                                                                                                  |
| ITV_DN (Interval Time Done) | ปั๊มทำงานครบตามเวลาที่กำหนดไว้                                                                                                                                      |
| RUN_OUT                     | สัญญาณคำสั่งให้ปั๊มทำงาน ซึ่งเงื่อนไขการทำงานได้กล่าวถึงในข้อที่ 1)                                                                                                 |

3.6.1.4 Auto mode เป็น Block ที่ใช้ในการควบคุม Auto mode ของปั๊ม และ วาล์ว discharge



รูปที่ 3.32 แสดงตัวอย่าง Auto mode : Pump กลุ่ม P-401

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) Auto mode : Pump กลุ่ม P-401

1.1) Start Pump : เมื่อวาล์วหน้าปั๊มเปิดอยู่ และวาล์วหลังปั๊มเปิดอยู่ จะสั่งให้ปั๊มทำงานอัตโนมัติ

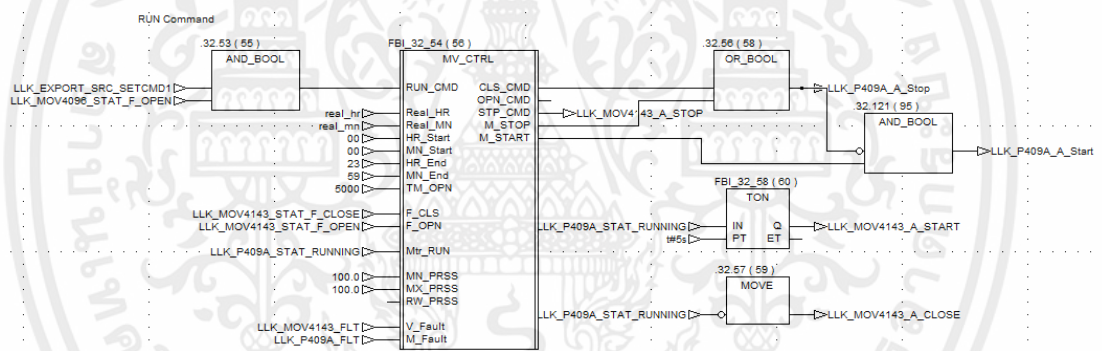
1.2) Stop Pump : เมื่อวาล์วหน้าปั๊มปิดอยู่ และวาล์วหลังปั๊มปิดอยู่ หรือเมื่อวาล์วหน้าปั๊มเปิดอยู่ และวาล์วหลังปั๊มปิดอยู่ จะสั่งให้ปั๊มหยุดทำงานอัตโนมัติ

2) Auto mode : วาล์วหลังปั๊มของ Pump กลุ่ม P-401

2.1) Start Valve : เมื่อมีสัญญาณตอบกลับจากปั๊มว่ากำลังทำงานอยู่ครบตามเวลาที่กำหนดไว้ จะสั่งให้วาล์วหลังปั๊มเปิด

2.2) Stop Valve : หากวาล์วหลังปั๊มเปิดอยู่แต่ไม่มีสัญญาณสั่งให้ปั๊มทำงาน จะมีคำสั่งให้ปิดวาล์วหลังปั๊ม

2.3) Close Valve : : เมื่อไม่มีสัญญาณตอบกลับจากปั๊มว่ากำลังทำงานอยู่ครบตามเวลาที่กำหนดไว้ จะสั่งให้วาล์วหลังปั๊มปิด



รูปที่ 3.33 แสดงตัวอย่าง Auto mode : Pump กลุ่ม P-409

3) Auto mode : Pump กลุ่ม P-409

3.1) Start Pump : เมื่อวาล์วหน้าปั๊มเปิดอยู่ พร้อมกับวาล์วหลังปั๊มเปิดอยู่ และปั๊มไม่ทำงาน จะสั่งให้ปั๊มทำงานอัตโนมัติ

3.2) Stop Pump : เมื่อวาล์วหน้าปั๊มปิดอยู่ และวาล์วหลังปั๊มปิดอยู่ หรือเมื่อวาล์วหน้าปั๊มเปิดอยู่ และวาล์วหลังปั๊มปิดอยู่ จะสั่งให้ปั๊มหยุดทำงานอัตโนมัติ

4) Auto mode : วาล์วหลังปั๊มของ Pump กลุ่ม P-409

4.1) Start Valve : เมื่อมีสัญญาณตอบกลับจากปั๊มว่ากำลังทำงานอยู่ครบตามเวลาที่กำหนดไว้ จะสั่งให้วาล์วหลังปั๊มเปิด

4.2) Stop Valve : หากวาล์วหลังปั๊มเปิดอยู่แต่ไม่มีสัญญาณสั่งให้ปั๊มทำงาน จะมีคำสั่งให้ปิดวาล์วหลังปั๊ม

4.3) Close Valve : เมื่อไม่มีสัญญาณตอบกลับจากปั๊มที่กำลังทำงานอยู่  
ครบตามเวลาที่กำหนดไว้ จะสั่งให้วาล์วหลังปั๊มปิด

### 3.6.2 การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อรองรับการเพิ่มปั๊ม

การเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเพื่อรองรับการเพิ่มปั๊มแบ่งออกเป็น 3 ส่วนของขั้นตอนการแก้ไขและเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงานของปั๊ม มีรายละเอียดดังนี้

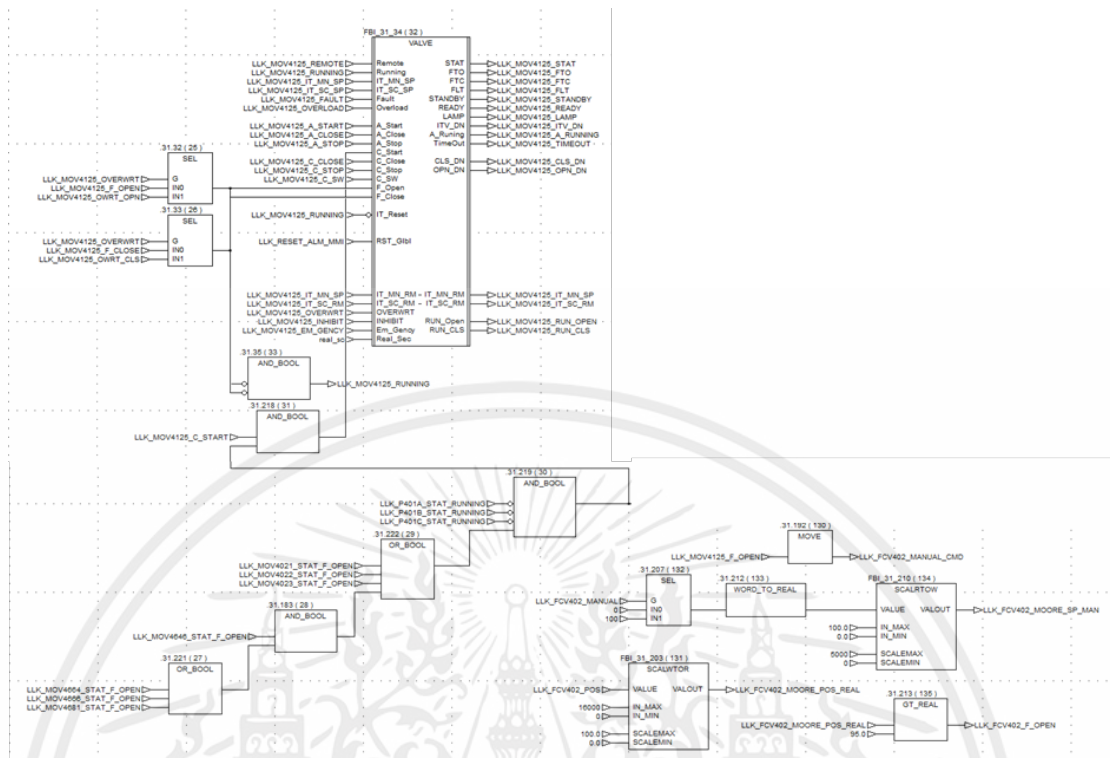
#### 3.6.2.1 การเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป โดยการเพิ่มเติมในโปรแกรม Concept ของ Schneider

มีรูปแบบการเขียนโดยจะใช้ FBD รูปแบบเดิมกับที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้ แต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดโดยการเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปมี ดังนี้

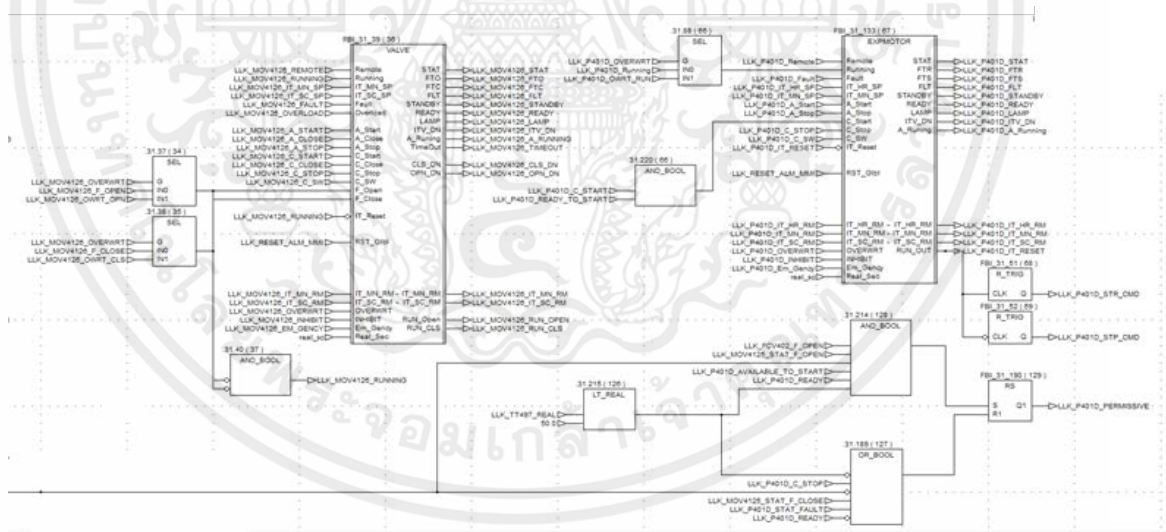
- 1) ส่วนควบคุมการขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 1 เป็นการส่งน้ำมันโดยใช้ปั๊ม  
กลุ่ม P-401 ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังตาราง 3.18

ตารางที่ 3.18 แสดงการเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปกลุ่ม P-401D

| อุปกรณ์                     | เงื่อนไขการทำงานเพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MOV Suction :<br>Valve Open | 1. มีการเพิ่มเติม Interlock ซึ่งเป็นไปตาม Flow Chart การทำงานของปั๊ม คือ<br>ปั๊มในกลุ่ม P-401 ตัวอื่นๆ (P-401A-C) ต้องไม่กำลังทำงาน และวาล์วหน้าที่อยู่<br>หน้า MOV Suction (MOV 4125) ต้องเปิดอยู่อย่างน้อย 1 ตัว <ul style="list-style-type: none"> <li>- MOV4021 OPEN</li> <li>- MOV4022 OPEN</li> <li>- MOV4023 OPEN</li> <li>- MOV4664 OPEN หรือ MOV4666 OPEN หรือ MOV4681 OPEN</li> </ul> พร้อมกับ MOV4646 OPEN                                                                                          |
| Pump Run                    | 1. มีการเพิ่มเติมการตรวจสอบ Permissive ของปั๊มซึ่งเป็นไปตาม Flow Chart<br>การทำงานของปั๊ม ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> <li>- MOV4125 OPEN คือ วาล์วหน้าปั๊มเปิด</li> <li>- FCV402 OPEN 100% ซึ่งวาล์วนี้อาจเปิดได้ต่อเมื่อวาล์วหน้าปั๊มเปิด</li> <li>- ปั๊มมีสัญญาณตอบกลับมามากกว่าพร้อมที่จะทำงาน</li> <li>- ค่าจาก Temp Transmitter ต้องน้อยกว่าค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้</li> </ul> 2. เมื่อตรวจสอบ Permissive ของปั๊มผ่านแล้ว ปั๊มจะส่งสัญญาณ READY TO<br>START กลับมาเพื่อรอรับคำสั่งเริ่มทำงาน |



รูปที่ 3.34 แสดง MOV Section กลุ่ม P-401D : Interlock



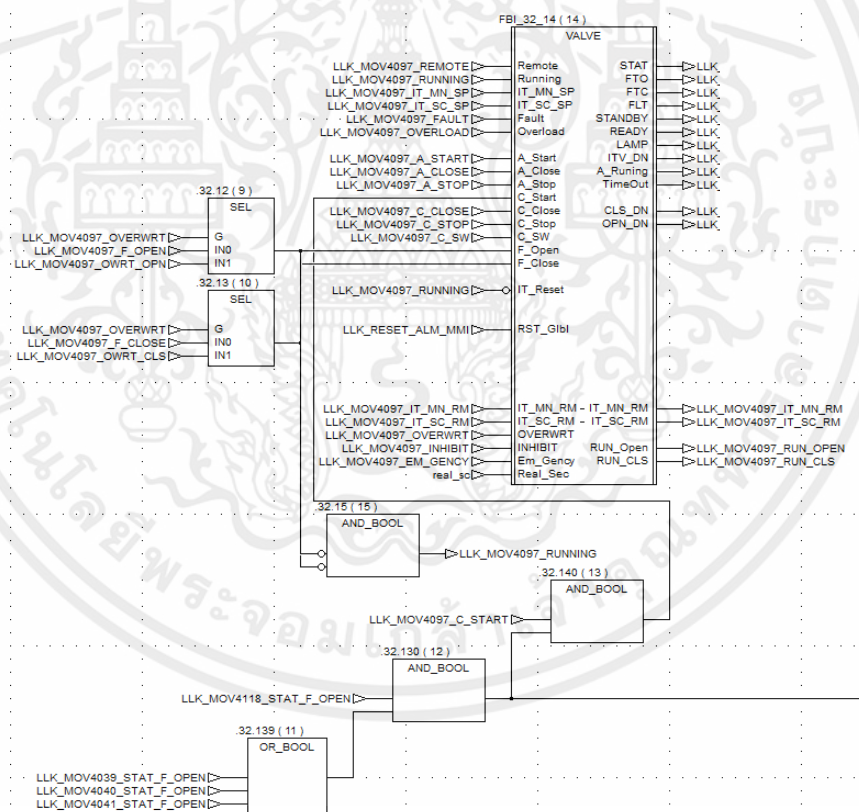
รูปที่ 3.35 แสดง Pump Run กลุ่ม P-401D : Interlock

- 2) ส่วนควบคุมการขนส่งน้ำมันไปยังสถานีที่ 2 เป็นการส่งน้ำมันโดยใช้ปั๊มกลุ่ม P-409B ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียดดังตาราง 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

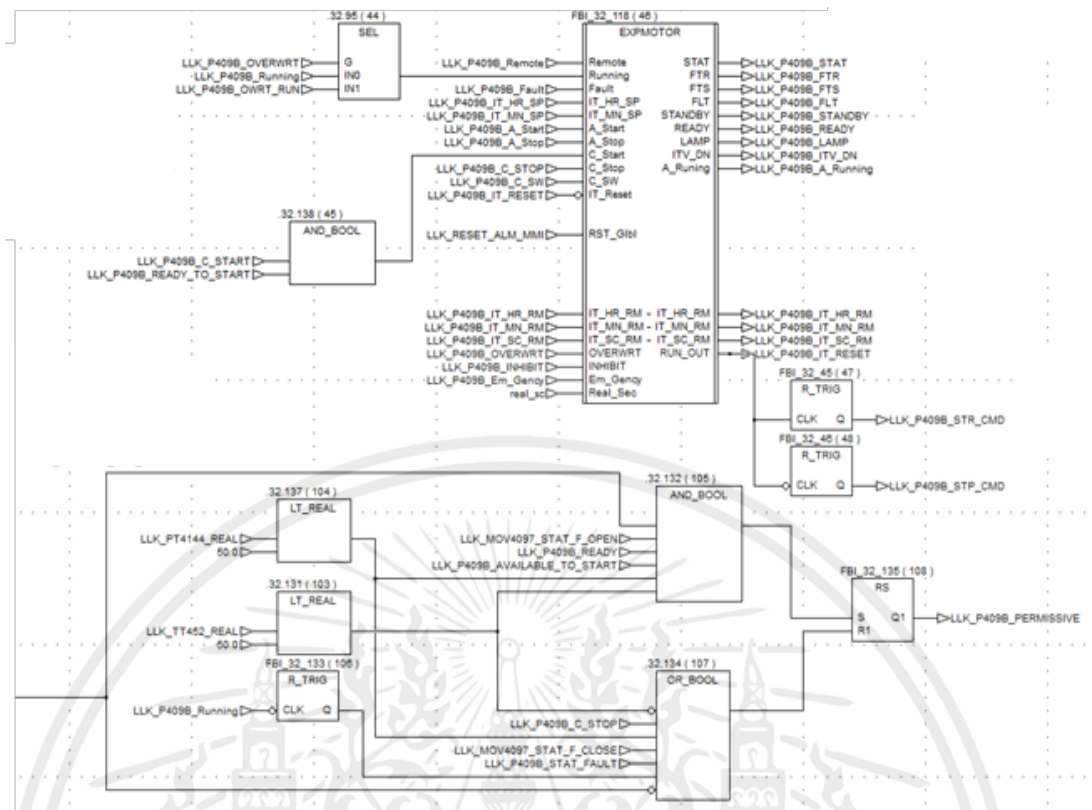
ตารางที่ 3.19 แสดงการเขียนฟังก์ชันการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไปกลุ่ม P-409B

| อุปกรณ์                     | เงื่อนไขการทำงานเพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MOV Suction :<br>Valve Open | 1. มีการเพิ่มเติม Interlock ซึ่งเป็นไปตาม Flow Chart การทำงานของปั๊ม คือ MOV4118 จะต้องเปิดพร้อมกับวาล์วหน้าที่อยู่หน้า MOV Suction (MOV 4097) ต้องเปิดอย่างน้อย 1 ตัว <ul style="list-style-type: none"> <li>- MOV4039 OPEN</li> <li>- MOV4040 OPEN</li> <li>- MOV4041 OPEN</li> </ul> |
| Pump Run                    | 1. มีการเพิ่มเติมการตรวจสอบ Permissive ของปั๊มซึ่งเป็นไปตาม Flow Chart การทำงานของปั๊ม ได้แก่ <ul style="list-style-type: none"> <li>- MOV4097 OPEN คือ วาล์วหน้าปั๊มเปิด</li> <li>- ปั๊มมีสัญญาณตอบกลับม่ว่าพร้อมที่จะทำงาน</li> </ul>                                                 |



รูปที่ 3.36 แสดง MOV Suction กลุ่ม P-409B : Interlock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

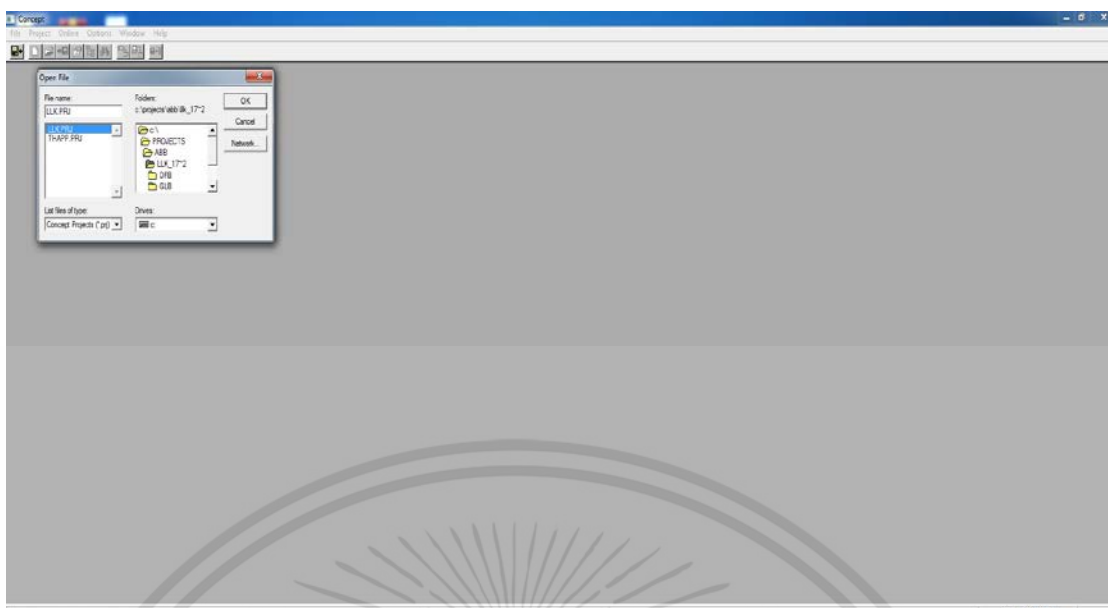


รูปที่ 3.37 แสดง Pump Run กลุ่ม P-409B : Interlock

### 3.6.2.2 การเขียนฟังก์ชันการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม EcoStruxure Control Expert และโปรแกรม Concept ของ Schneider

ในการเขียนครั้งนี้จะทำการเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมเข้าไปจำนวนสองหน้า ได้แก่ P401D\_P409B\_READ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้สำหรับการอ่านค่าจากโปรแกรม EcoStruxure Control Expert, หน้า P401D\_P409B\_MAPPING\_TAG เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการแตกกลุ่มข้อมูลที่รับมาออกเป็นบิต และหน้า P401D\_P409B\_TRANSFER เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการส่งค่าไปยังโปรแกรม EcoStruxure Control Expert โดยมีขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ดังนี้

- 1) เปิดโปรแกรม Concept ผ่าน VMware Workstation จากนั้นเลือก File > Open... > เลือกชื่อโปรเจกต์เพื่อทำการเพิ่มเติมและแก้ไข จากนั้นกด OK



รูปที่ 3.38 แสดงการเปิดโปรแกรม Concept

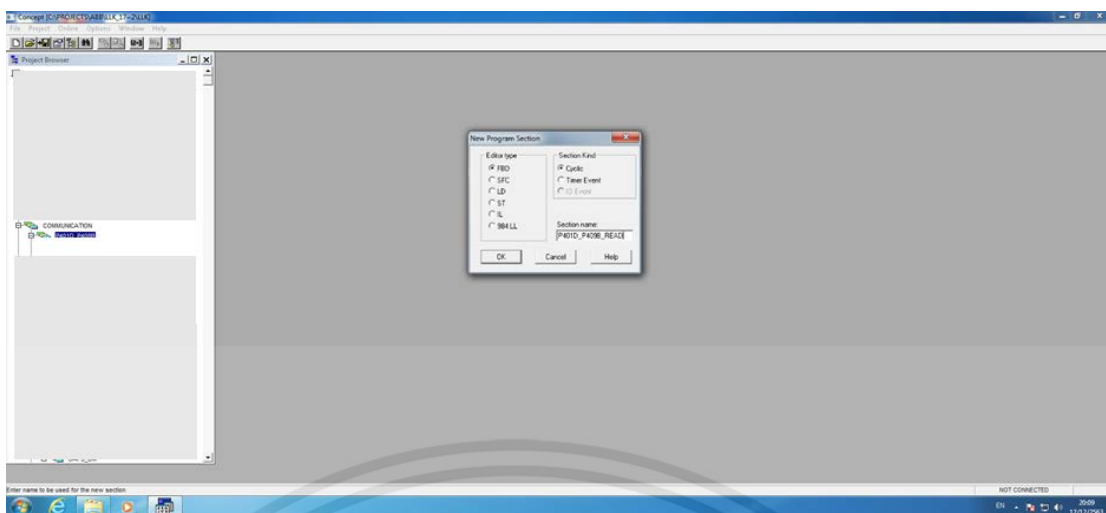
- 2) สร้าง FBD โดยเลือกที่กลุ่มโปรแกรม Communication > เลือกกลุ่มปั๊มใหม่  
ที่เพิ่มเข้ามา > คลิกขวาที่กลุ่มปั๊มใหม่ที่เพิ่มเข้ามา > เลือก New Section



รูปที่ 3.39 แสดงการสร้าง FBD

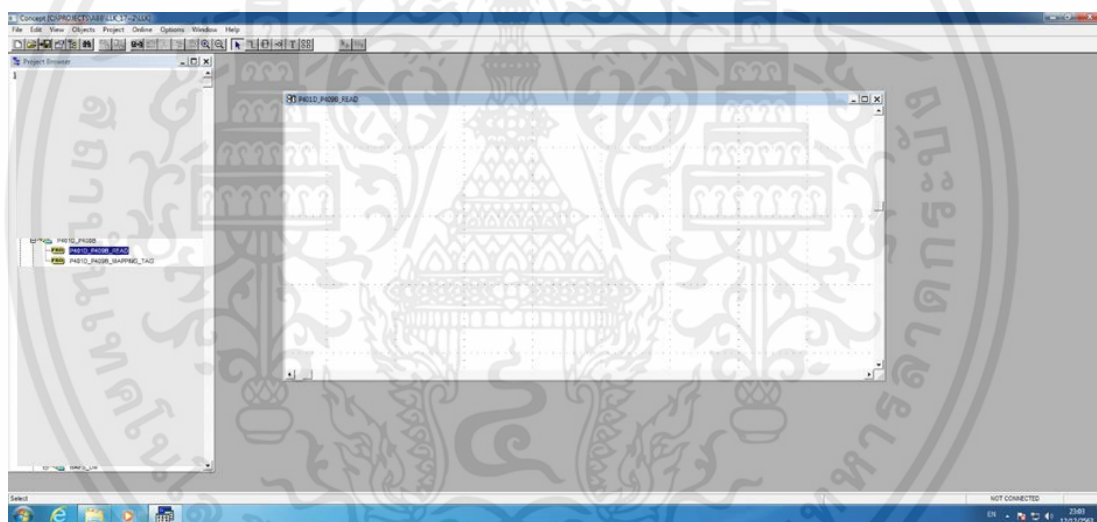
- 3) เมื่อมีหน้าต่าง New Program Section เด้งขึ้นมาให้เลือก Editor type เป็น  
FBD และตั้งชื่อ Section > กด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 แสดงการตั้งชื่อ FBD ที่สร้างใหม่

จะได้หน้าต่างที่ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมขึ้นมา



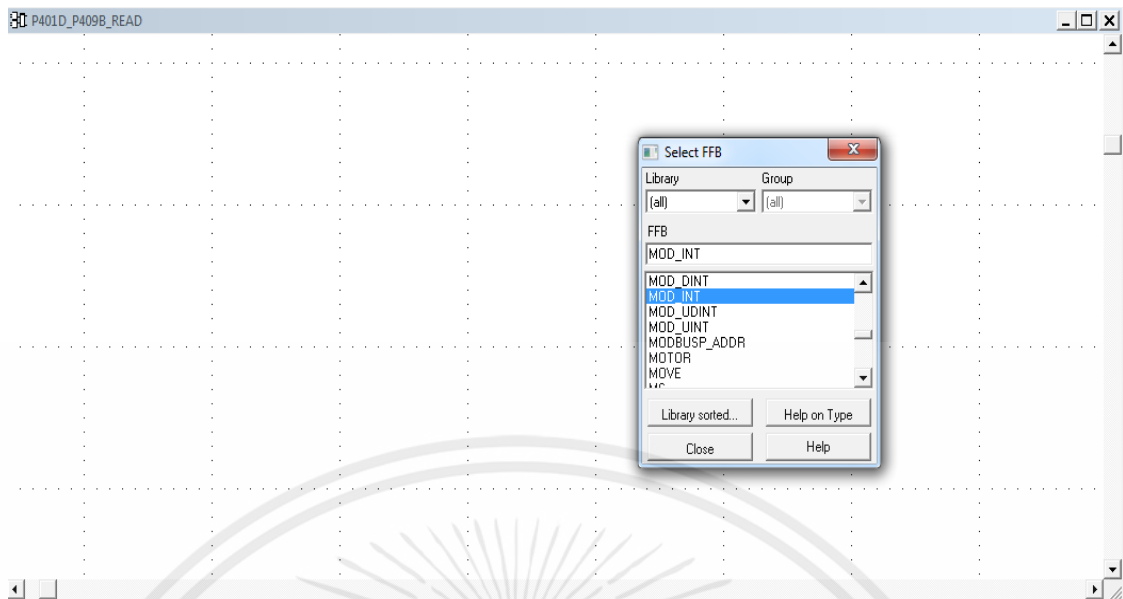
รูปที่ 3.41 แสดงหน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรมใหม่

- 4) เขียนโปรแกรมการอ่านค่าจากโปรแกรม EcoStruxure Control Expert ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลโดยการอ่านค่าจาก IP Address โดยมีวิธีการใช้โปรแกรมคือ เลือกประเภท FBD ที่ต้องการจากแถบเครื่องมือ > ใส่ตัวแปรที่ต้องการนำมา operate

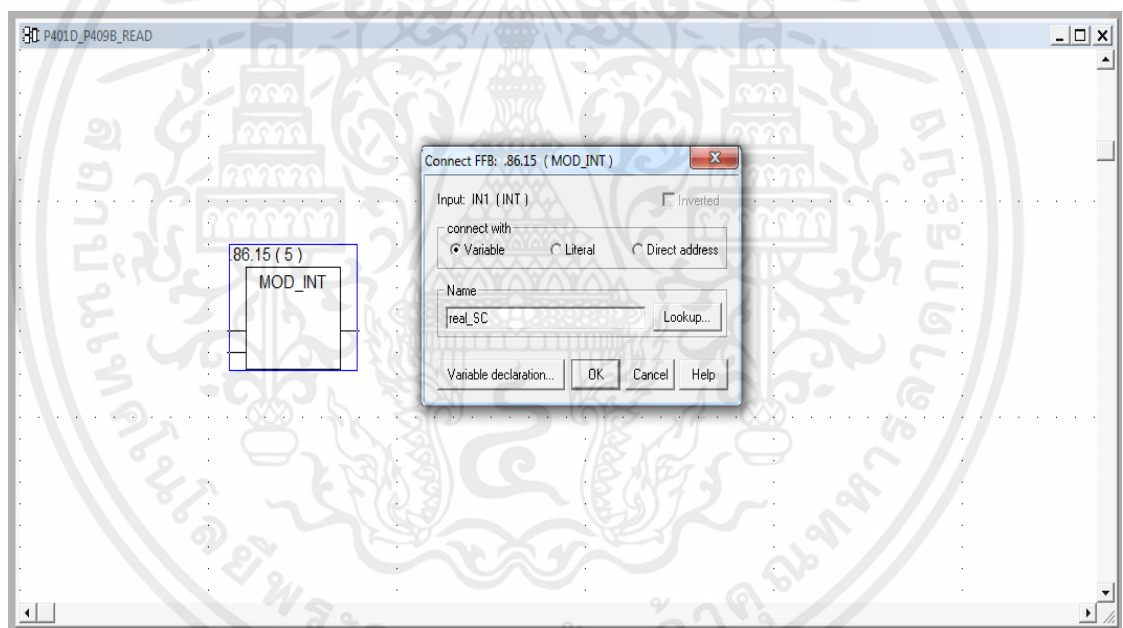


รูปที่ 3.42 แสดงแถบเครื่องมือสำหรับการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



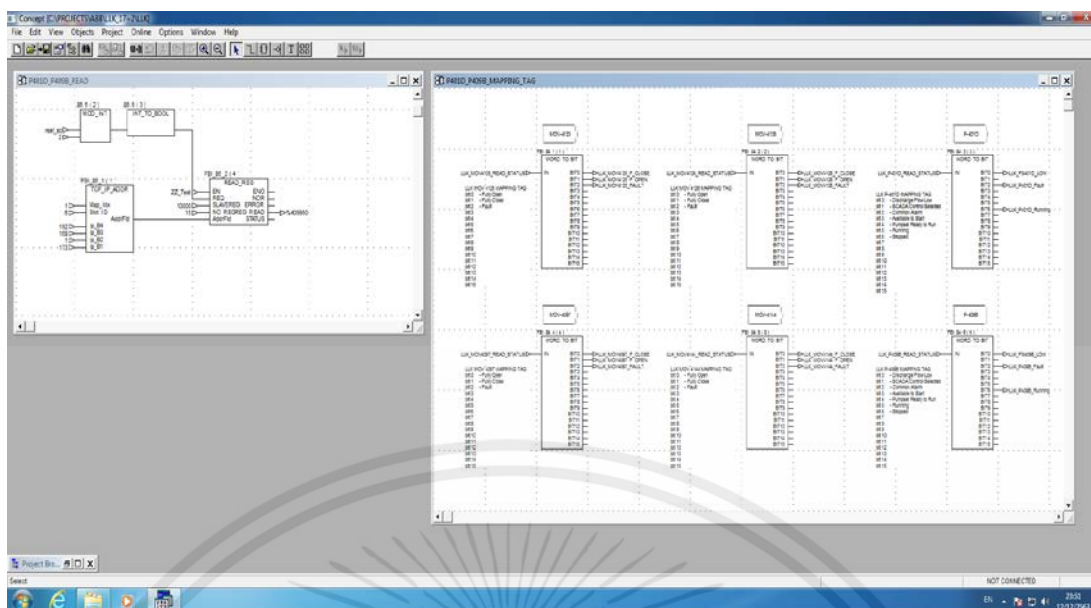
รูปที่ 3.43 แสดงการ Select FFB



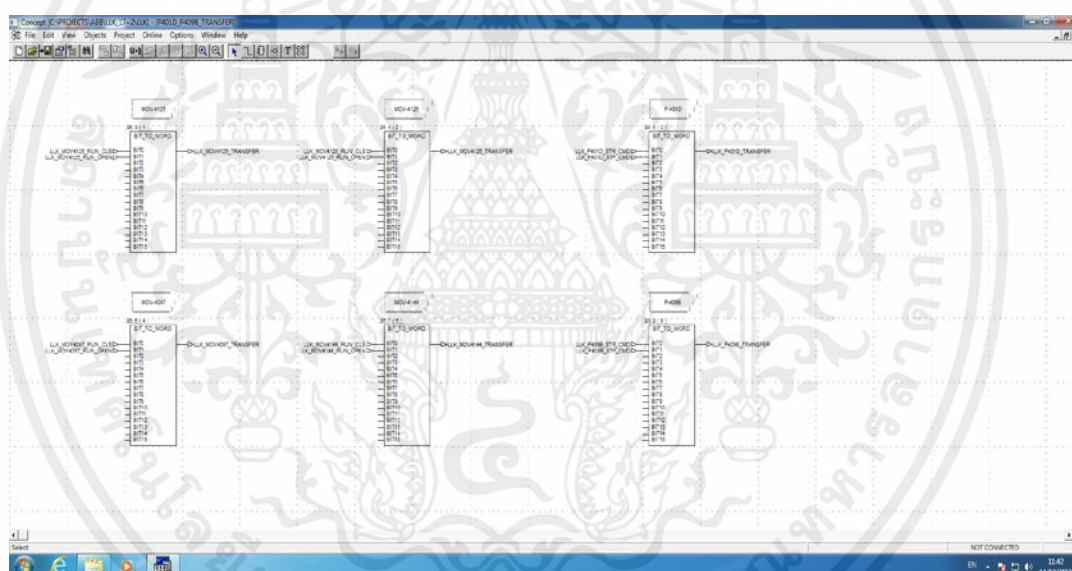
รูปที่ 3.44 แสดงการใส่ตัวแปรที่ต้องการนำมา operate

5) ภาพรวมของโปรแกรมทั้งสามหน้าที่เขียนเพิ่มเติมเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.45 แสดงโปรแกรมที่เขียนเพิ่มในโปรแกรม Concept



รูปที่ 3.46 แสดงหน้า P401D\_P409B\_TRANSFER

### 3.6.2.3 การเขียนฟังก์ชันการรับส่งข้อมูลระหว่างโปรแกรม EcoStruxure Control Expert และโปรแกรม Concept ของ Schneider โดยการเพิ่มเติมในโปรแกรม EcoStruxure Control Expert

ส่วนของ PLC ที่เปลี่ยนใหม่เพื่อให้รองรับอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป คือ Schneider Electric Modicon M580 PLC โปรแกรมที่ใช้ คือ EcoStruxure Control Expert ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ PLC ให้สามารถโปรแกรมอุปกรณ์ใหม่ที่เพิ่มเข้าไปได้ และยังคงย้ายโปรแกรมจาก PLC ตัวเก่า (Schneider Electric Modicon Quantum PLC) ถูกเขียนด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

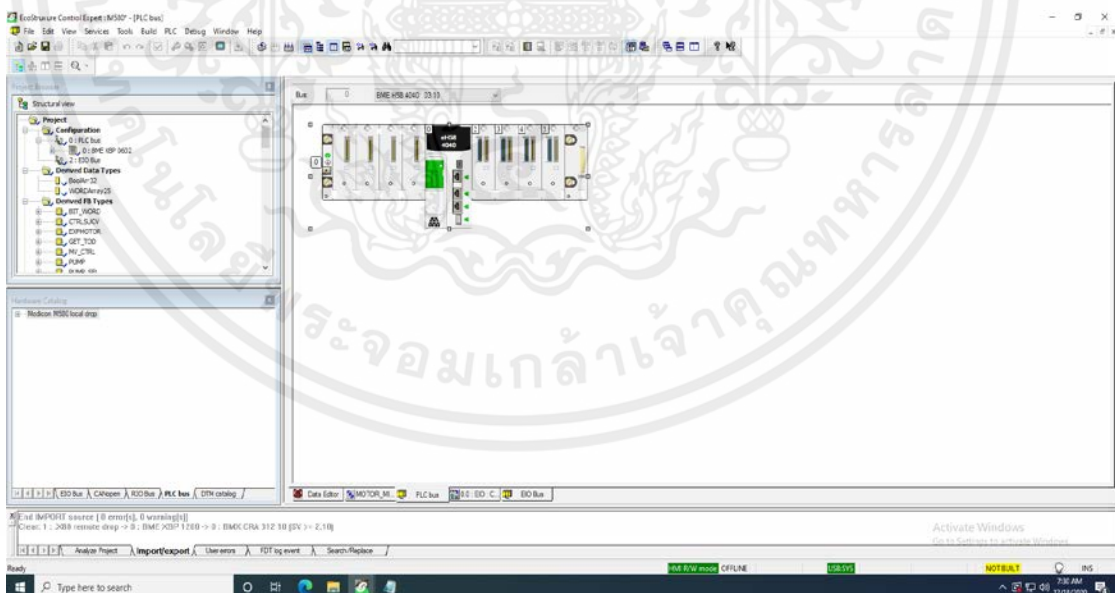
Concept ที่ควบคุมอุปกรณ์ส่วนของระบบเดิมอยู่มาไว้ในโปรแกรม EcoStruxure Control Expert ของ M580 PLC ด้วย โดยมีขั้นตอนการย้ายโปรแกรมและการเขียนโปรแกรมเพิ่ม ดังนี้

- 1) การย้ายโปรแกรมจาก Schneider Electric Modicon Quantum PLC มายัง Schneider Electric Modicon M580 PLC

ตารางที่ 3.20 แสดงการย้ายโปรแกรมจาก Schneider Electric Modicon Quantum PLC

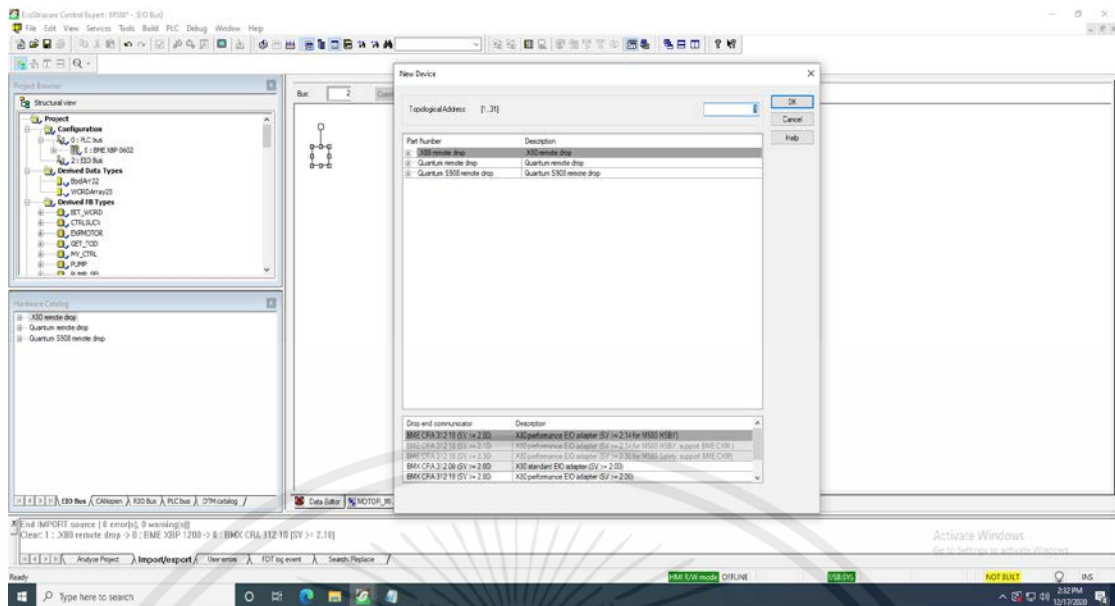
| ขั้นตอน | รายละเอียด                                                                                                                                         |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | ส่งออกไฟล์โปรเจกต์จากโปรแกรม Concept                                                                                                               |
| 2       | ใช้โปรแกรม Concept Converter ในการส่งออกไฟล์โปรเจกต์เป็นนามสกุล .ASC file                                                                          |
| 3       | เปิดไฟล์ในโปรแกรม EcoStruxure Control Expert โดยเลือกไฟล์นามสกุล .ASC file แล้วโปรแกรมจะอยู่ในฟอร์มของการเขียนโปรแกรมใน EcoStruxure Control Expert |

- 2) การ Configure hardware ตามเอกสาร BOQ



รูปที่ 3.47 แสดงการ Configure hardware ส่วนของ PLC Bus

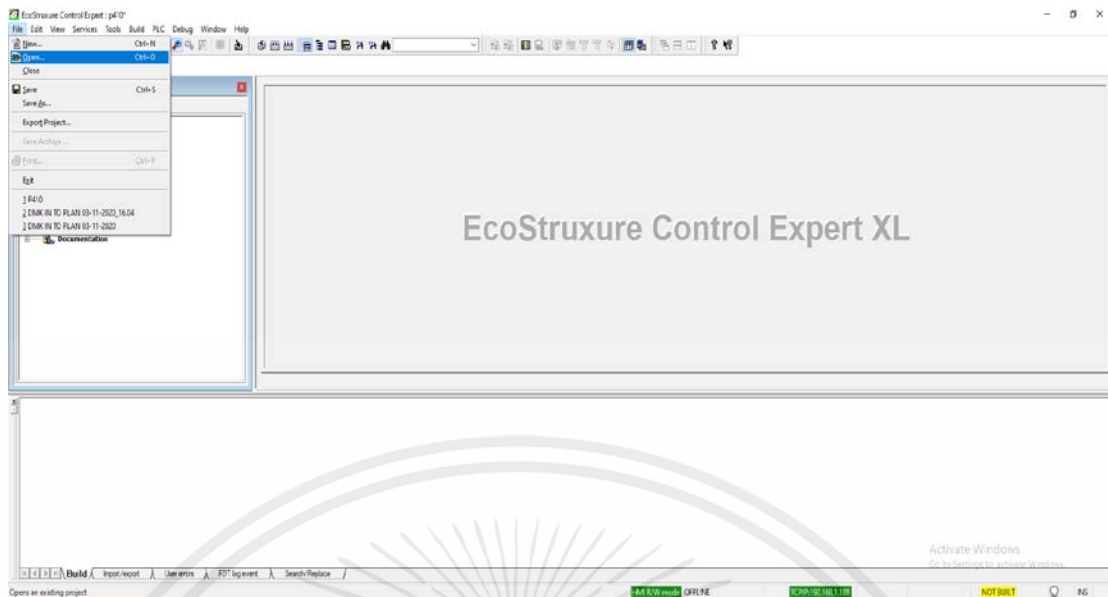
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



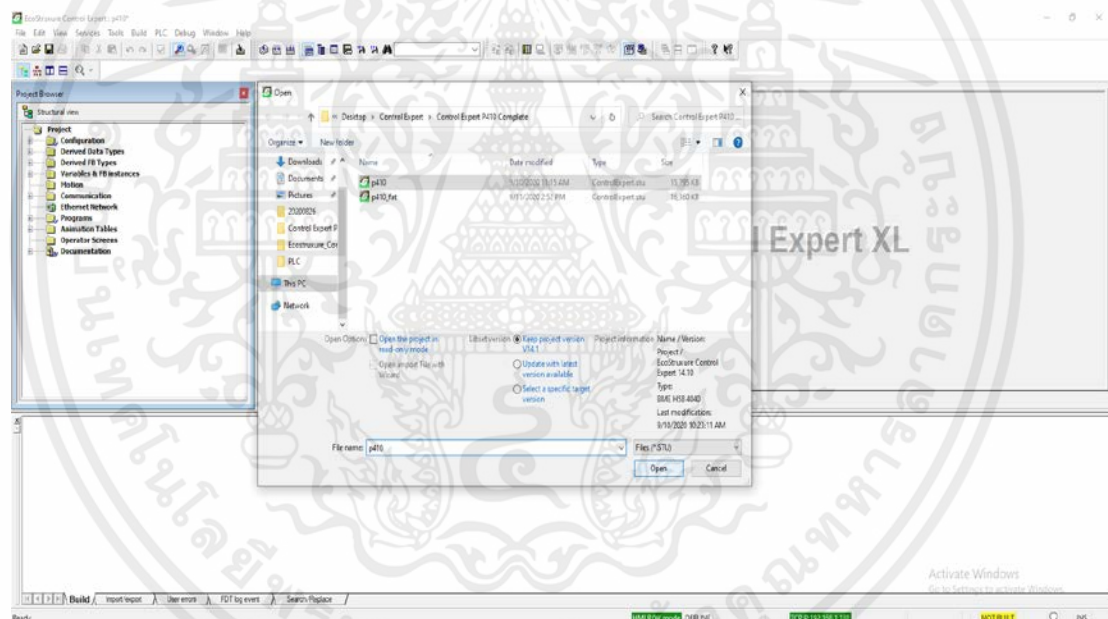
รูปที่ 3.48 แสดงการ Configure hardware ส่วนของ EIO Bus

3) ส่วนการเขียนโปรแกรมเพิ่มให้อุปกรณ์ที่เพิ่มเข้าไป สำหรับการสร้างโปรเจกต์ การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของบัสสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA นั้นจะทำการเขียนเพิ่มเข้าไปรวมกับโปรแกรมเดิมที่มีอยู่แล้วที่เราได้ย้ายโปรแกรมไว้ดังข้างต้น โปรแกรมที่ย้ายมาไว้จะเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บโปรแกรมจาก PLC ตัวเก่า และจะเป็นส่วนที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลการสื่อสารระหว่าง PLC ที่มีฟังก์ชันควบคุมกับชุดอุปกรณ์ที่เพิ่มและแก้ไขเข้าไปใหม่ ซึ่งโปรแกรมที่เราเขียนเพิ่มเข้าใหม่นั้นจะมีขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1) เมื่อเปิดโปรแกรม EcoStruxure Control Expert ขึ้นมาและเลือกคำสั่ง File -> Open เลือกเปิดโปรแกรม“p410” ไฟล์โปรแกรมที่มีโปรแกรมของ Schneider Electric Modicon Quantum PLC ที่เราย้ายและคอนฟิกฮาร์ดแวร์ก่อนหน้านี้ขึ้นมา ดังรูปที่ 3.49 และ 3.50



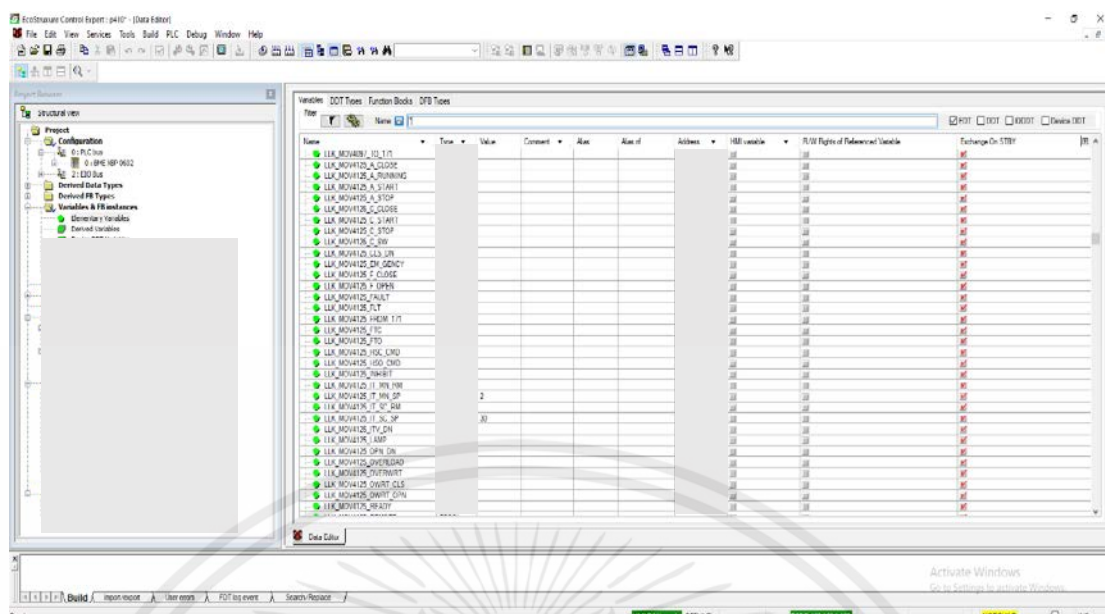
รูปที่ 3.49 แสดงการเปิดโปรแกรมเพื่อเปิดไฟล์งาน



รูปที่ 3.50 แสดงการเลือกไฟล์งานที่ต้องการจะเปิด

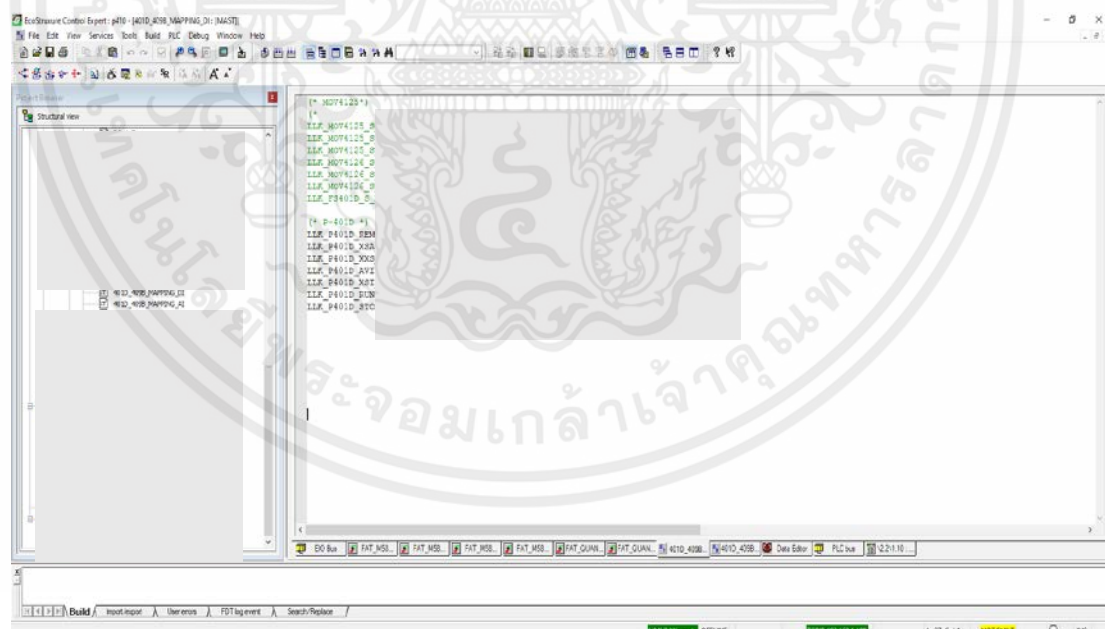
- 3.2) สร้าง Tag name ตามเอกสาร PLC IO Assignment List โดยจะต้องระบุชื่อแท็กตามเอกสาร และตั้งค่ารายละเอียดของแท็กให้ตรงกับเอกสารเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



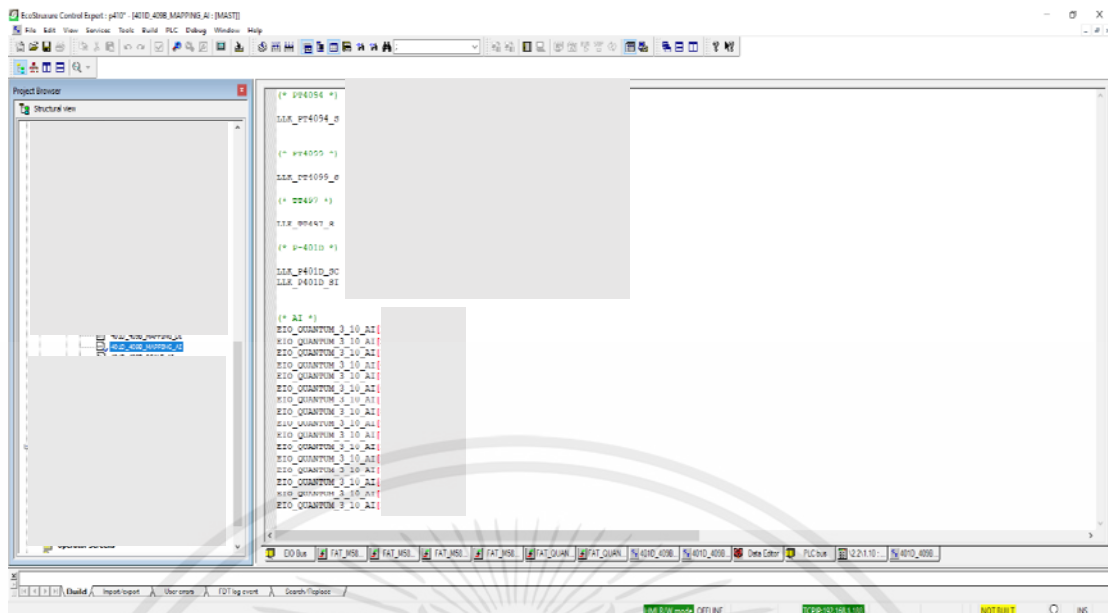
รูปที่ 3.51 แสดงการสร้าง Tag name ตามเอกสาร PLC IO Assignment List

3.3) การ Mapping digital Input / Output เป็นการตั้งค่าให้หน้าค่าที่ได้จากสัญญาณตัวแปรจากอินพุตและเอาต์พุตชนิดดิจิทัล มาเก็บไว้ในแท็กที่สร้าง



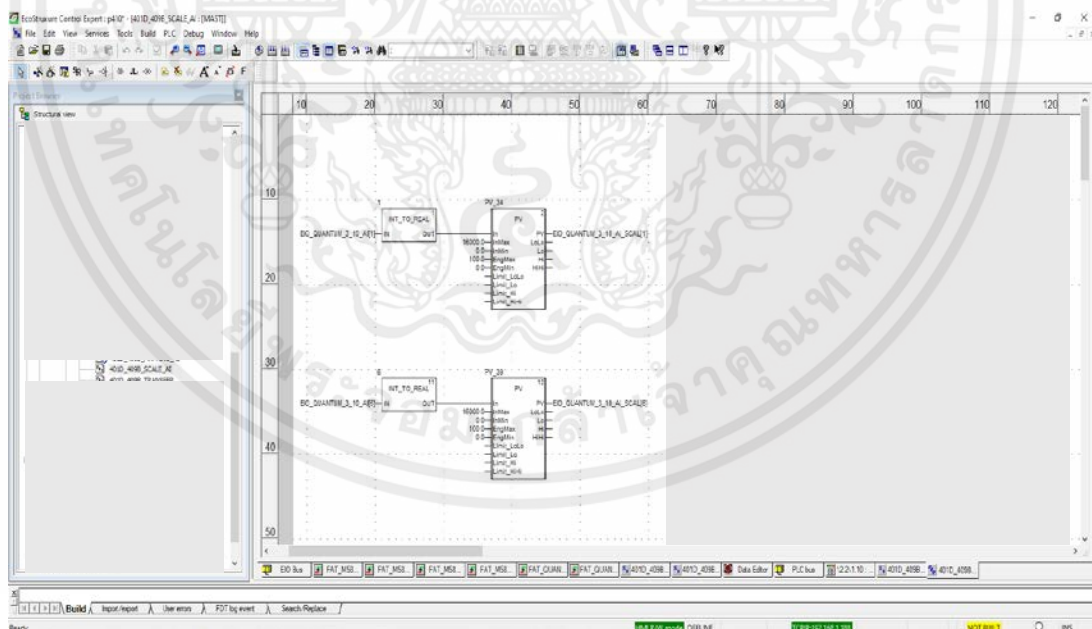
รูปที่ 3.52 แสดงการ Mapping digital Input / Output

3.4) การ Mapping Analog Input / Output เป็นการตั้งค่าให้นำค่าที่ได้จากสัญญาณตัวแปรจากอินพุตและเอาต์พุตชนิดอนาล็อก มาเก็บไว้ในแท็กที่สร้าง



รูปที่ 3.53 แสดงการ Mapping Analog Input / Output

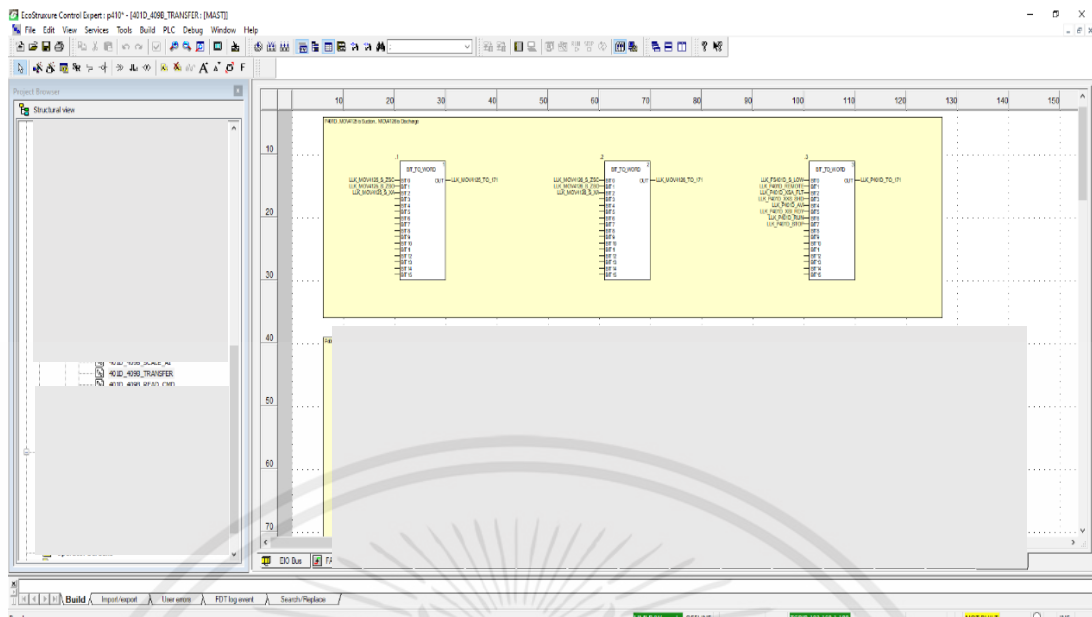
3.5) การ Scale Analog Input / Output เป็นการนำค่าที่ได้จากอินพุตและเอาต์พุตมาคำนวณเทียบสัดส่วนให้แสดงค่าเป็น 0-100% เพื่อส่งค่าให้ SCADA และแปลงค่าจาก SCADA ให้ส่งการไปยังอุปกรณ์



รูปที่ 3.54 แสดงการ Scale Analog Input/output

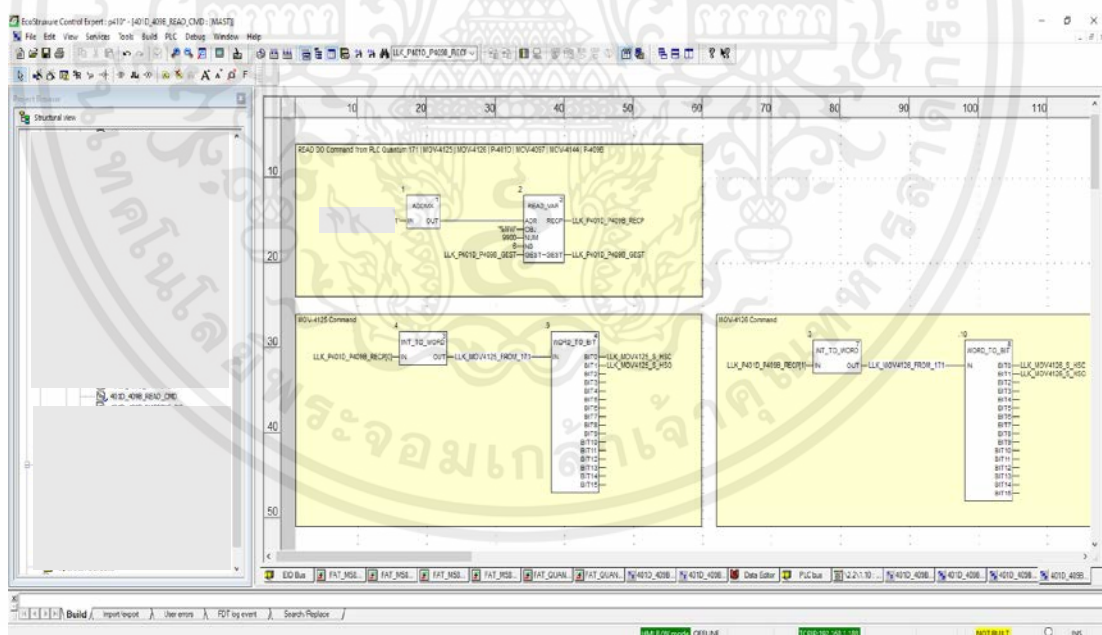
3.6) การ Transfer parameter to PLC Quantum1 เป็นการแปลงชนิดข้อมูลจากบิตเป็นเวิร์ดเพื่อส่งข้อมูลให้ PLC Quantum1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.55 แสดงการ Transfer parameter to PLC Quantum1

3.7) การ Read Command from PLC Quantum1 เป็นการแปลงชนิดข้อมูลที่อ่านมาจากเวิร์ดเป็นบิตเพื่อส่งข้อมูลให้ SCADA แสดงผล



รูปที่ 3.56 แสดงการ Read Command from PLC Quantum1

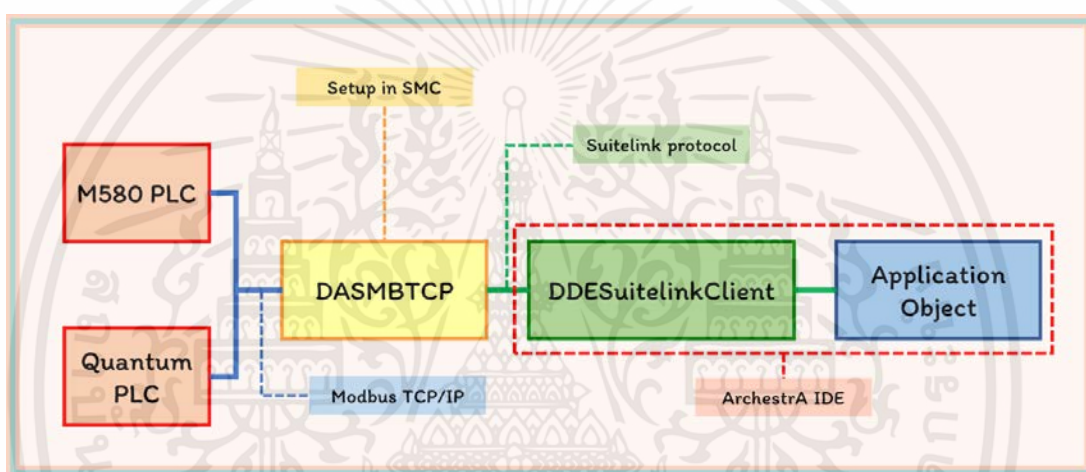
### 3.7 การเขียนโปรแกรมการทำงานหน้าจอ SCADA

การเขียนโปรแกรมการทำงานหน้าจอ SCADA จะเริ่มตั้งแต่กระบวนการตั้งแต่การรับ-ส่งค่า และขั้นตอนการนำค่ามาใช้งานโดยจะบอกถึงขั้นตอนและวิธีการในการทำ มีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.7.1 การตั้งค่าการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA

จากที่ M580 PLC ทำหน้าที่ในการรับส่งค่าอินพุตและเอาต์พุต และ Quantum PLC ที่ทำหน้าที่ควบคุมฟังก์ชันการทำงานของระบบ จะส่งข้อมูลมาเก็บไว้ที่เซิร์ฟเวอร์กลาง โดยการเชื่อมต่อกันด้วยโปรโตคอล Modbus TCP/IP (DASMBTCP) เมื่อเกิดการร้องขอข้อมูลโดย Object จะมีการเรียกขอข้อมูลผ่านทาง DDESuitelink (Suitelink protocol) ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับ DASMBTCP โดยเมื่อข้อมูลที่ถูกร้องขอส่งถึง Application object แล้ว จะทำการนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้เพื่อ Mapping ค่าที่ต้องการนำมาแสดงผลบนกราฟิก รวมทั้งใช้เพื่อการสร้างฟังก์ชันการทำงานให้กับส่วนหน้าจอแสดงผลต่อไป แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.66 ซึ่งจะมีรายละเอียดของการตั้งค่าการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA ดังนี้



รูปที่ 3.57 แสดงแผนภาพการเชื่อมต่อเพื่อรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA

#### 3.7.1.1 การตั้งค่า System Management Console (SMC)

การตั้งค่า System Management Console หรือ SMC เป็นไปเพื่อให้ PLC สามารถเชื่อมต่อ รับ-ส่งข้อมูลระหว่าง SCADA ได้ โดยเป็นการรับ-ส่งโดยใช้ DAServer ดังนั้นจึงต้องทำการตั้งค่าต่างๆใน SMC โดยมีขั้นตอนการตั้งค่าดังต่อไปนี้

- 1) เปิดโปรแกรม System Management Console

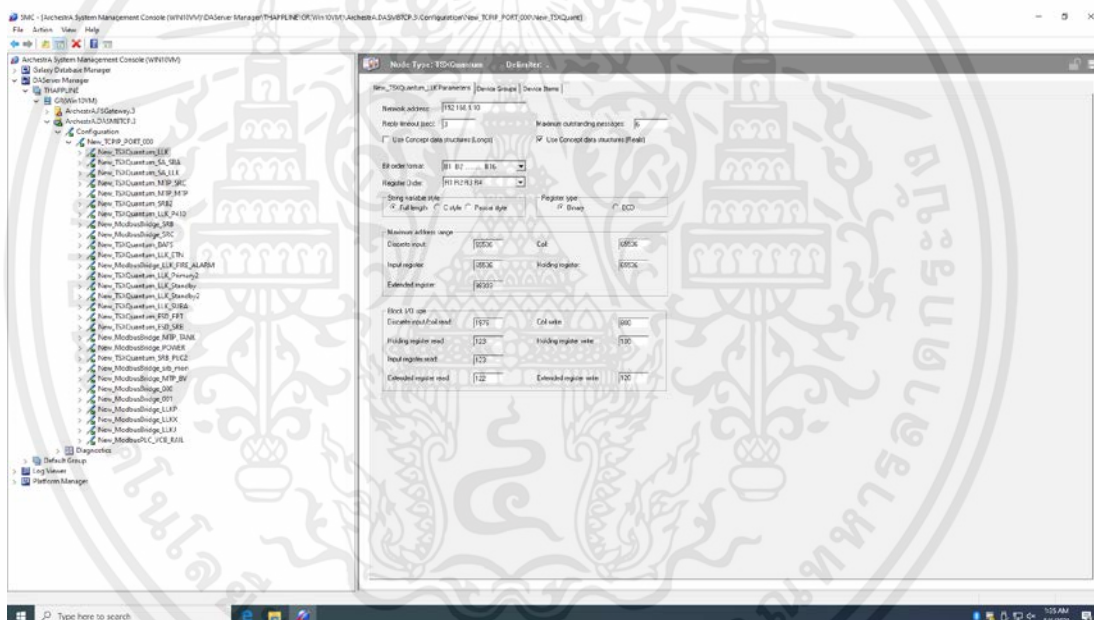


รูปที่ 3.58 แสดงโปรแกรม System Management Console

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) ในหัวข้อ ArchestrA System Management Console (WIN10VM)

- เลือก DAServer Manager
- เลือก THAPPLINE
- เลือก GR(Win10VM) : เป็นการเลือกเครื่องที่จะทำการส่งข้อมูลจาก PLC
- เลือก ArchestrA.DASMBTCP.3 : เป็นการเลือกโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสาร
- เลือก Configuration
- เลือก New\_TSXQuantum\_LLC : เป็นการเลือก PLC ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม



รูปที่ 3.59 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม System Management Console

## 3) จากนั้นทำการตั้งค่าการเชื่อมต่อกับ PLC โดย

- เลือก Network address : ใส่หมายเลข IP เครื่องของ PLC
- กำหนด Bit order format : ให้เป็นไปตามที่กำหนดใน PLC

เมื่อทำการตั้งค่าต่างๆ ดังรูปที่ 3.69 จะเป็นการตั้งค่า System Management Console หรือ SMC เป็นไปเพื่อให้ PLC สามารถเชื่อมต่อ รับ-ส่งข้อมูลระหว่าง SCADA ได้

Node Type: TSXQuantum Delimiter: .

New\_TSXQuantum\_LLK Parameters | Device Groups | Device Items

Network address: 192.168.1.10

Reply timeout (sec): 3 Maximum outstanding messages: 6

☐ Use Concept data structures (Longs) ☒ Use Concept data structures (Reals)

Bit order format: B1 B2 ..... B16

Register Order: R1 R2 R3 R4

String variable style: ☒ Full length ☐ C style ☐ Pascal style

Register type: ☒ Binary ☐ BCD

Maximum address range:

Discrete input: 65536 Coil: 65536

Input register: 65536 Holding register: 65536

Extended register: 98303

Block I/O size:

Discrete input/coil read: 1976 Coil write: 800

Holding register read: 123 Holding register write: 100

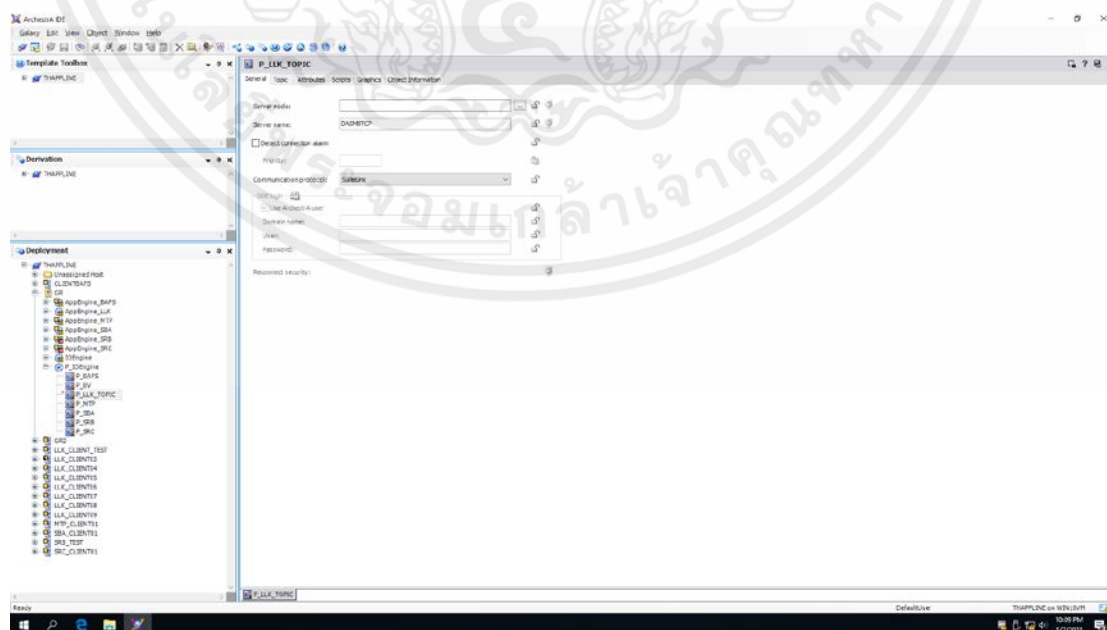
Input register read: 123

Extended register read: 122 Extended register write: 120

รูปที่ 3.60 แสดงการตั้งค่าโปรแกรม System Management Console

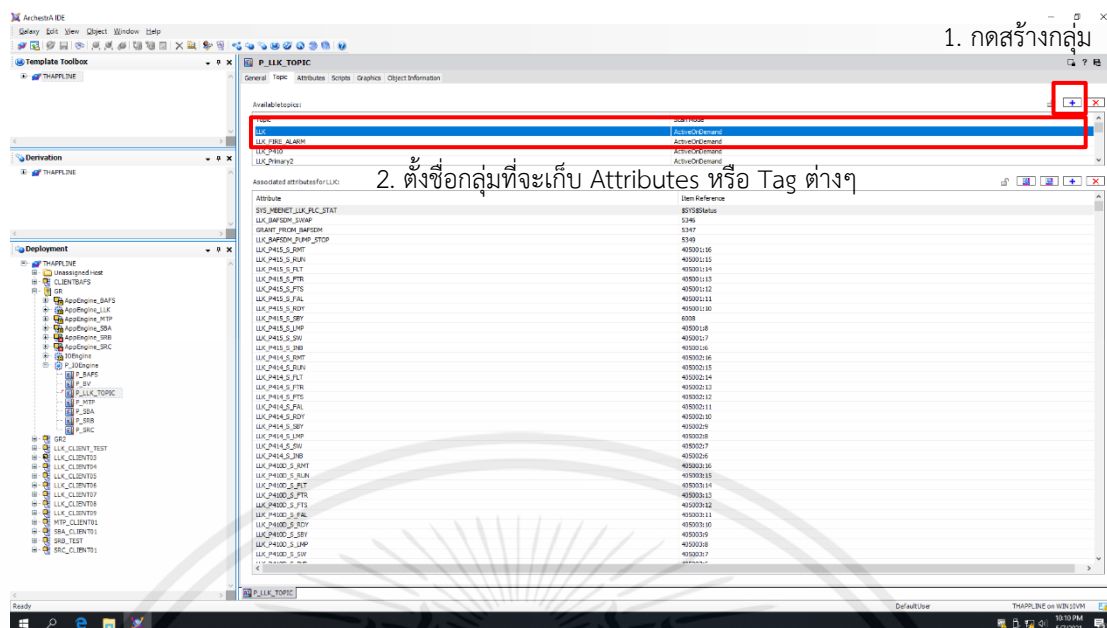
### 3.7.1.2 การตั้งค่า DDESuitelink (Suitelink protocol) สำหรับการเชื่อมต่อ

การตั้งค่าในส่วน General เป็นการตั้งชื่อไปหา Server node แต่ในขอบเขตของโครงการนี้ ทดสอบขั้นพื้นฐาน จึงไม่นำไปรวมกับ Server node จึงไม่จำเป็นต้องตั้งชื่อไปหาที่ไหน และต่อมาตั้งค่าในส่วน Topic ของการสร้างกลุ่มของ Attributes โดยตั้งชื่อที่ Topic name เพื่อนำไว้ในขั้นตอนของหัวข้อที่ 3.7.2



รูปที่ 3.61 แสดงการตั้งค่าส่วน General ของ DDESuitelink (Suitelink protocol)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

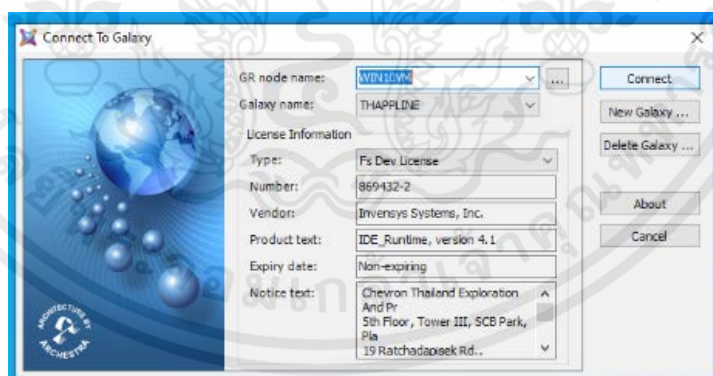


รูปที่ 3.62 แสดงการตั้งค่าส่วน Topic ของการสร้างกลุ่มของ Attributes

### 3.7.1.3 การสร้าง Application object สำหรับการนำข้อมูลไปใช้ต่อ

ส่วนของ Application object เป็นส่วนสำคัญในการนำค่าไปแสดงผล โดยจะต้องมีการสร้างและกำหนดกลุ่มให้กับตัวแปร เพื่อเตรียมพร้อมกับการนำไปใช้งานในการ Mapping หน้าจอ ซึ่งจะขึ้นตอนการสร้างและการตั้งค่าต่าง ๆ ดังนี้

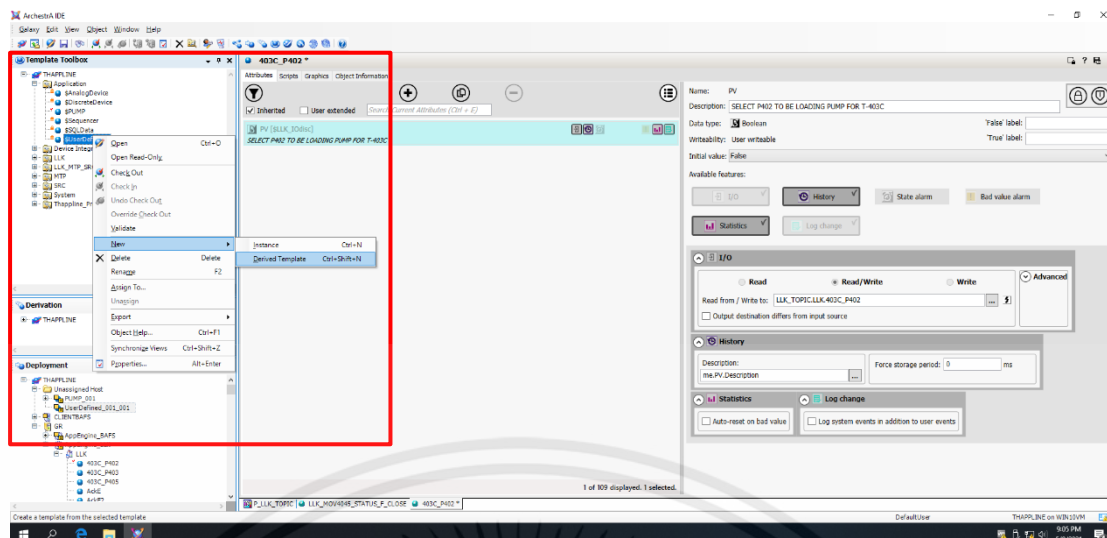
1) เปิด ArchestrA IDE แล้วกด Connect



รูปที่ 3.63 แสดงการเปิดโปรแกรม ArchestrA IDE

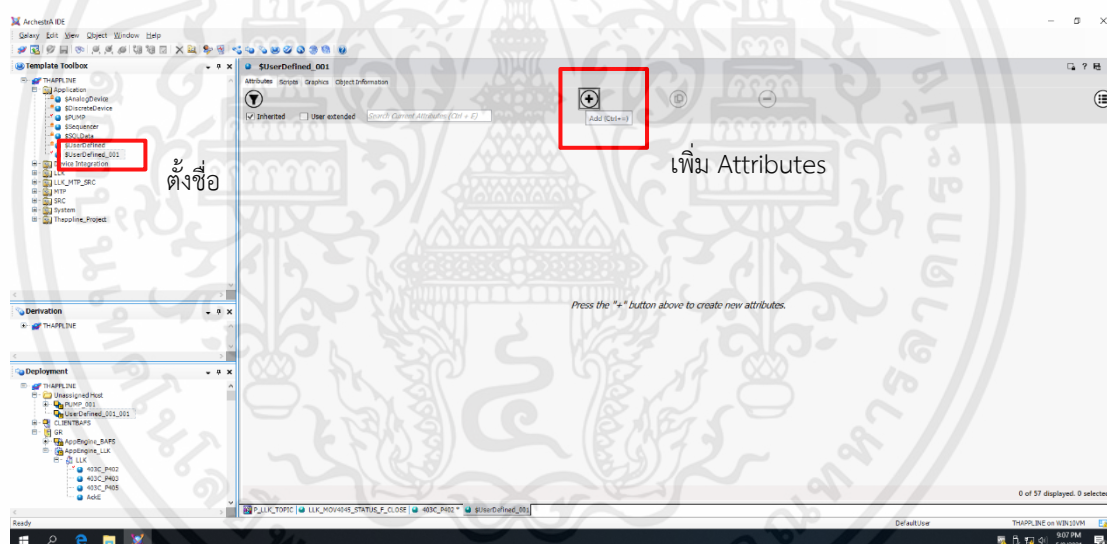
2) สร้างเทมเพลต (Template) ให้กับ Object เพื่อจัดกลุ่มตัวแปรให้พร้อมกับการรับค่าและการนำค่าไปใช้งาน โดยเข้าไปที่ Template Toolbox > Application > คลิกขวาที่ Object ที่มีอยู่ > New > Derived template

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.64 แสดงการสร้างเทมเพลต Application object

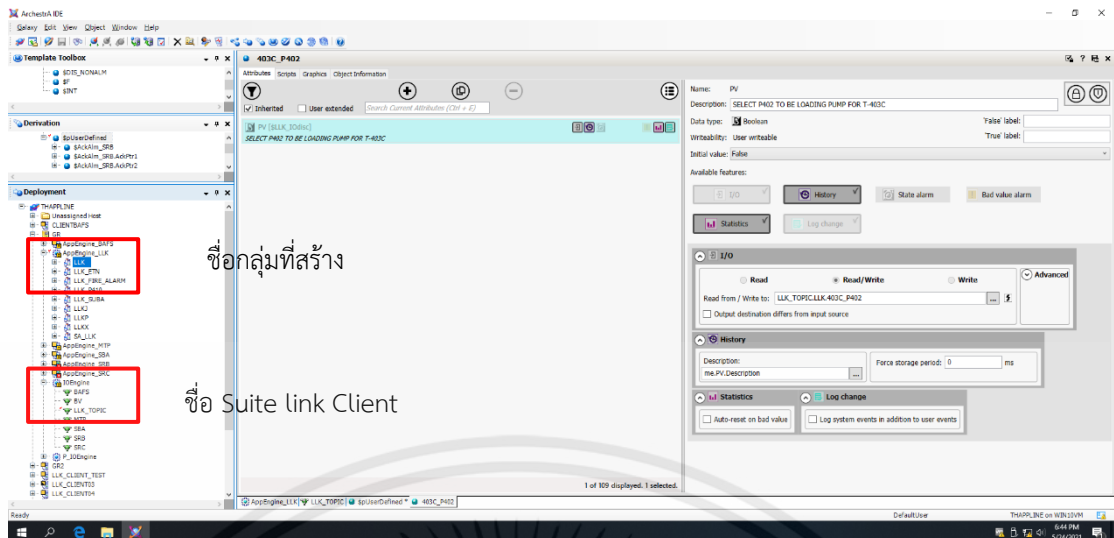
3) ตั้งชื่อให้เทมเพลตและสร้าง Attributes พร้อมตั้งค่าต่างๆในเทมเพลตนั้น



รูปที่ 3.65 แสดงการตั้งชื่อให้เทมเพลตและเพิ่ม Attributes

4) ตั้งค่าต่าง ๆ ของ Attributes ในเทมเพลต ซึ่งประกอบไปด้วย คำอธิบาย ชนิดของตัวแปร (ตั้งค่าตาม PLC) การนำไปใช้ในฟังก์ชันต่างๆ เช่น การนำไปทำ History การนำไปทำอินพุต/เอาต์พุต เพื่อแสดงผลใน SCADA เป็นต้น โดยในส่วนของการตั้งค่าอินพุต/เอาต์พุต เลือกได้ตามรูปที่ 3.73 (ก) หากไม่เลือกจะเป็นเมนูโมรีแทน โดยตรงส่วนที่อ่านมาจะเรียงลำดับชื่อเป็น ชื่อ Suite link Client.ชื่อกลุ่มที่สร้าง.ชื่อแท็กของค่าที่ต้องการ (จากที่ Mapping tag ในข้อ 3.71) ดังในรูปที่ 3.73 (ง)

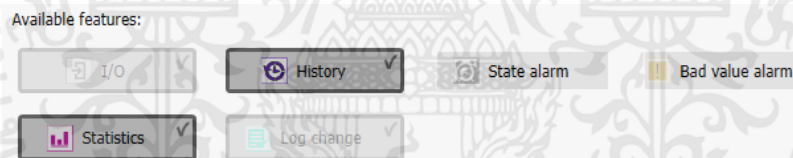
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



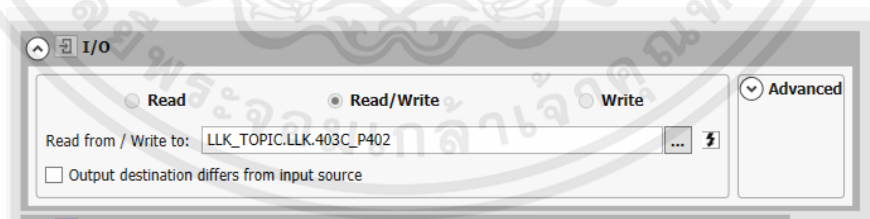
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 3.66 แสดงการตั้งค่าต่าง ๆ ของ Attributes ในเทมเพลต

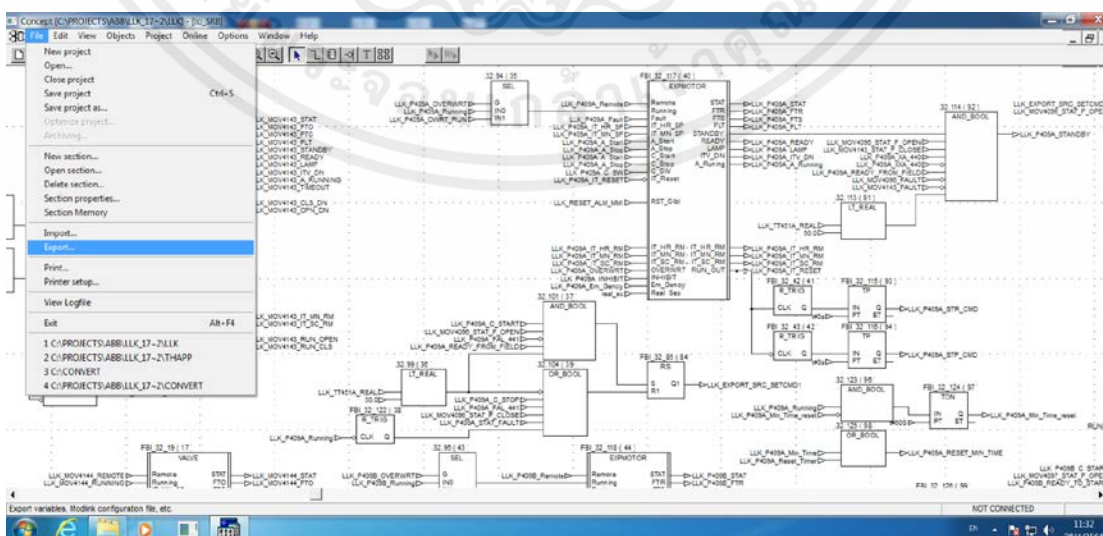
- (ก) แสดงหน้าต่างการตั้งค่าโดยรวม
- (ข) แสดงการใส่คำอธิบายและเลือกชนิดข้อมูล
- (ค) แสดงคุณสมบัติที่นำไปใช้ในฟังก์ชันต่างๆ
- (ง) แสดงการตั้งค่าอินพุต/เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) กัดบันทึกการตั้งค่า การสร้าง Application object เสร็จสมบูรณ์ขอ  
แนะนำการสร้าง คือเวลาสร้างให้สร้างทีละตัวจะทำให้มั่นใจในข้อมูลได้  
มากกว่า

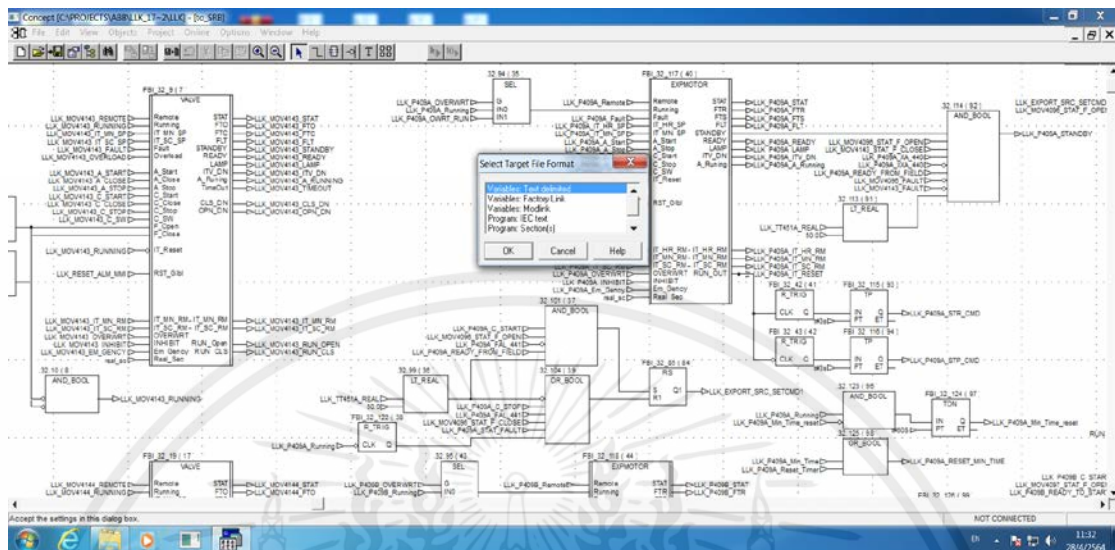
ในขั้นตอนแรกของการเขียนโปรแกรมการทำงานหน้าจอส SCADA คือการ Mapping Tag รับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA กล่าวคือเป็นการนำค่า Tag และที่อยู่หรือ Address จาก PLC ส่งค่าให้กับ SCADA เพื่อทำการเขียนโปรแกรมหน้าจอส SCADA ต่อไป

1) เปิดโปรแกรม PLC Concept ขึ้นมาและเลือกคำสั่ง File > Export



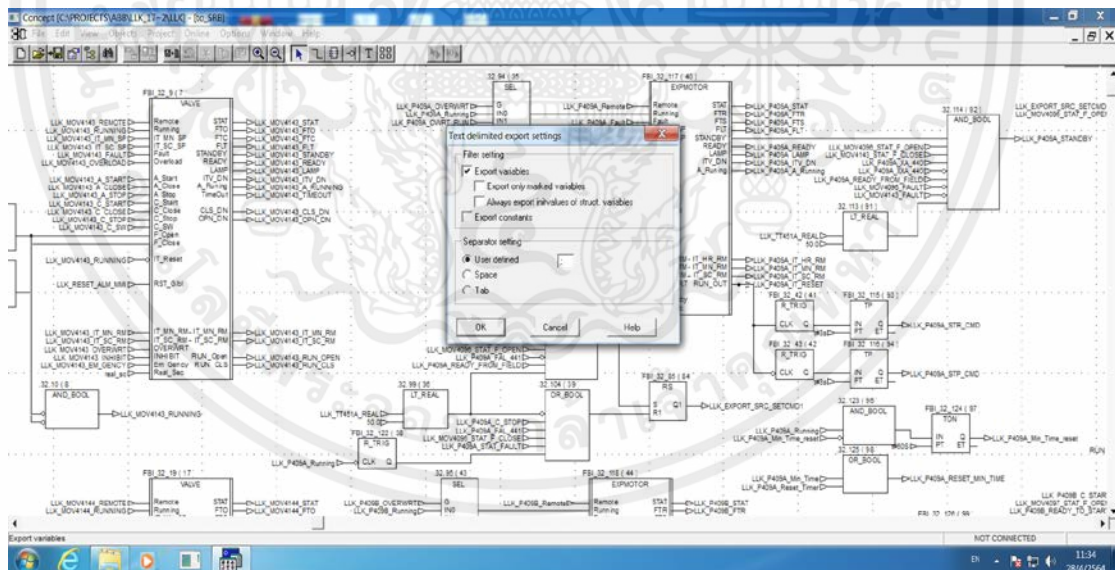
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จากนั้นจะมีหน้าต่าง Select Target File Format เลือก > Variables : Text delimited



รูปที่ 3.69 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC

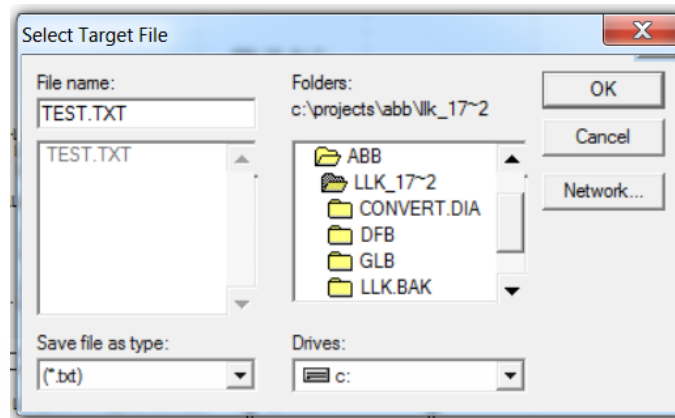
3) จากนั้นจะมีหน้าต่าง Text delimited export settings แสดงขึ้นมา กด > OK



รูปที่ 3.70 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC

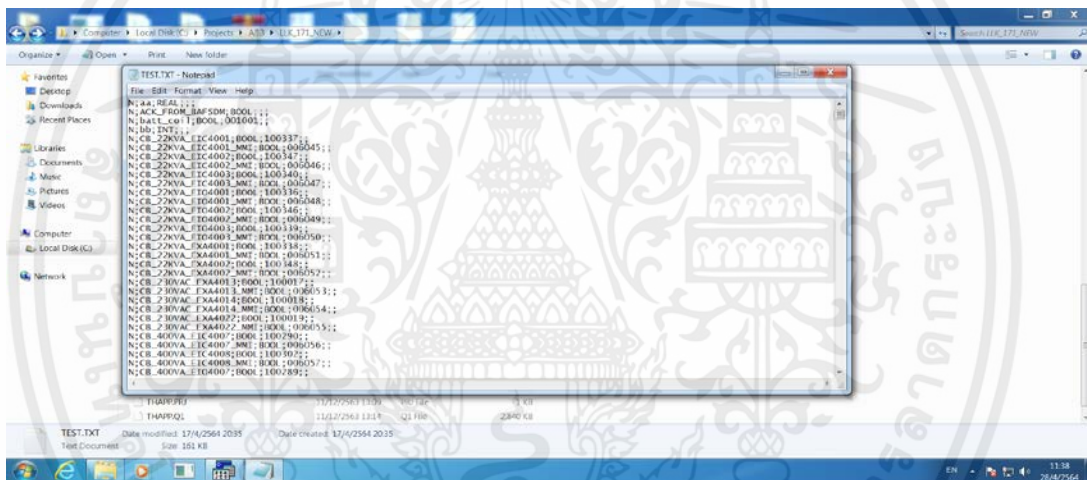
4) จากนั้นทำการตั้งชื่อไฟล์ โดยที่ประเภทของไฟล์คือ .TXT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

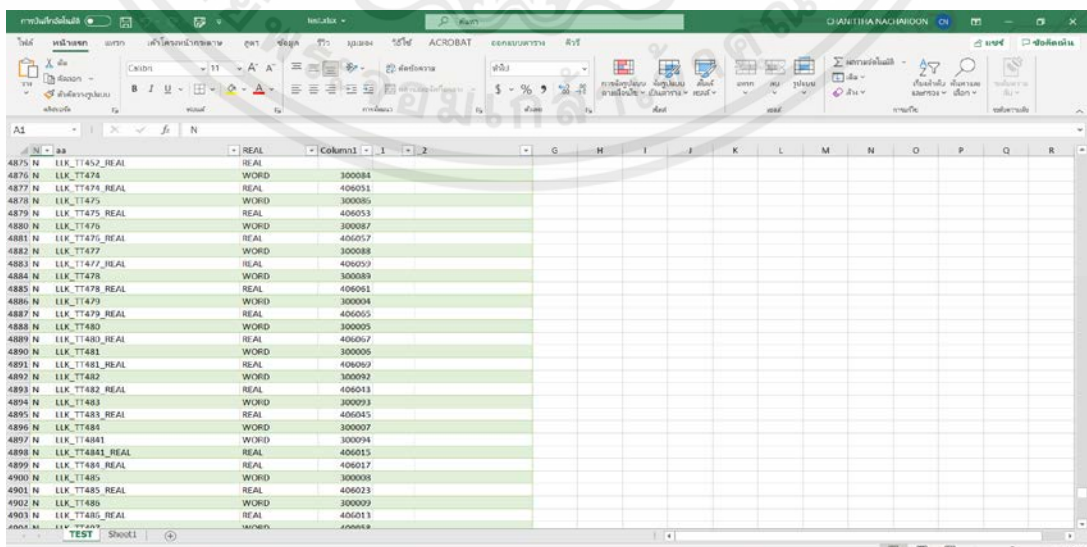


รูปที่ 3.71 แสดงการนำข้อมูลออกจากโปรแกรม PLC

- 5) จากการดำเนินการขั้นตอนข้างต้น จะได้ผลลัพธ์เป็นไฟล์ประเภท .TXT ต้องทำการแปลงเป็น Excel ก่อนจึงจะสามารถนำไปใช้ได้



รูปที่ 3.72 แสดงผลลัพธ์เป็นไฟล์ประเภท .TXT

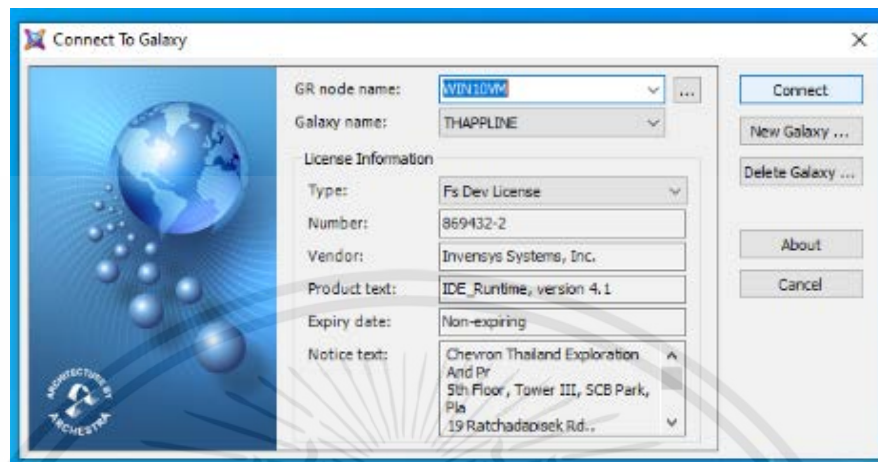


รูปที่ 3.73 แสดงการเปลี่ยนเป็นไฟล์ประเภท Excel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

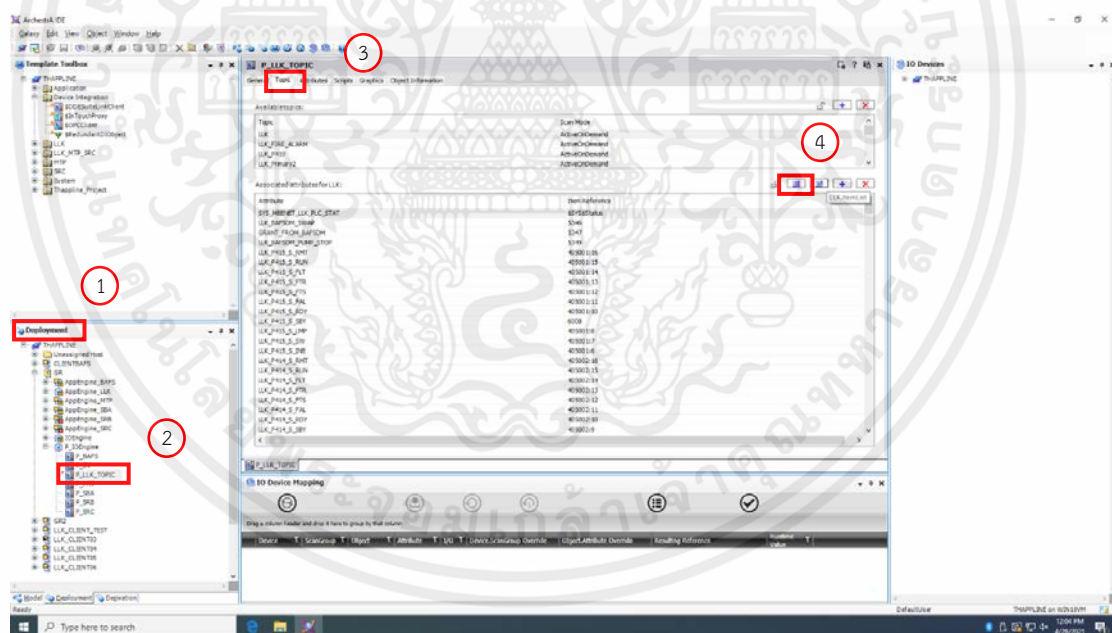
โดยขั้นตอนการนำข้อมูลเข้า (Import) จาก PLC เข้า SCADA มีขั้นตอนดังนี้

1) เปิดโปรแกรม ArchestrA IDE กด > Connect



รูปที่ 3.74 แสดงการเปิดโปรแกรม ArchestrA IDE

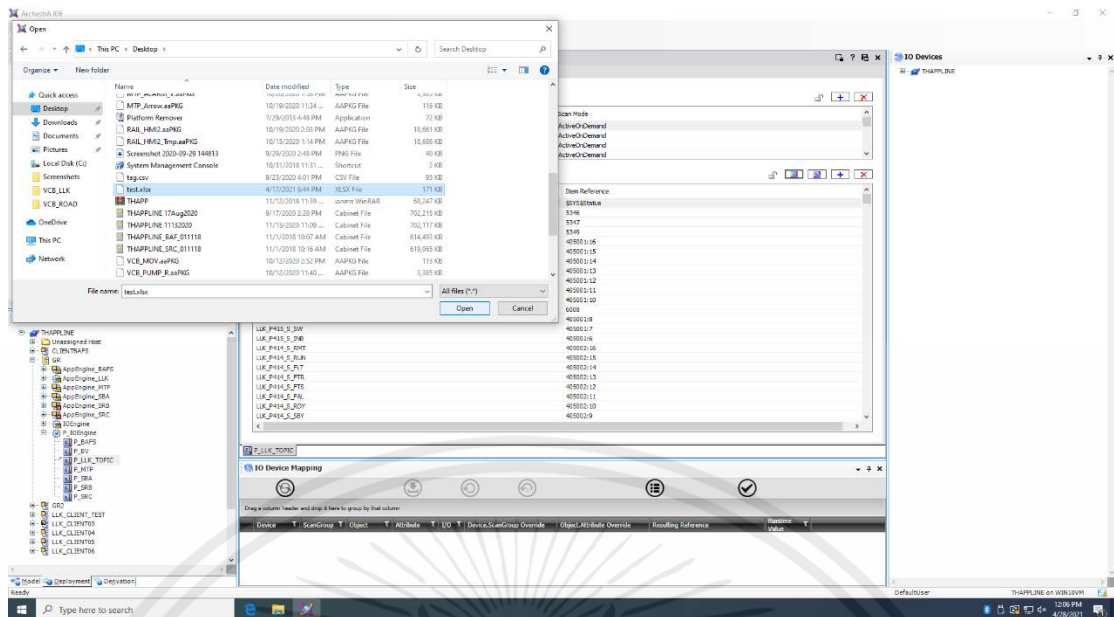
2) เปิดหน้าต่าง Deployment > P\_IOEngine > P\_LIK\_TOPIC > Topic > Import



รูปที่ 3.75 แสดงการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SCADA

3) จากนั้นทำการเลือกไฟล์ที่ได้ทำการนำออกจาก PLC > Open

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



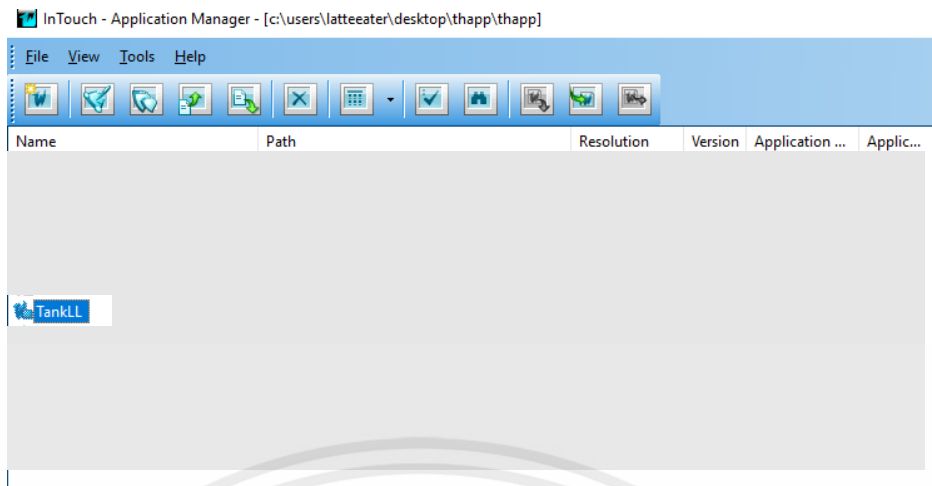
รูปที่ 3.76 แสดงการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม SCADA

ขั้นตอนทั้งหมดข้างต้นคือขั้นตอนของการ Mapping Tag รับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ SCADA กล่าวคือเป็นการนำค่า Tag และ Address จาก PLC ส่งค่าให้กับ SCADA เพื่อทำการเขียนโปรแกรมหน้าจอ SCADA ต่อไป

### 3.7.3 การออกแบบและแก้ไขหน้าจอ SCADA ให้เป็นไปตามมาตรฐาน

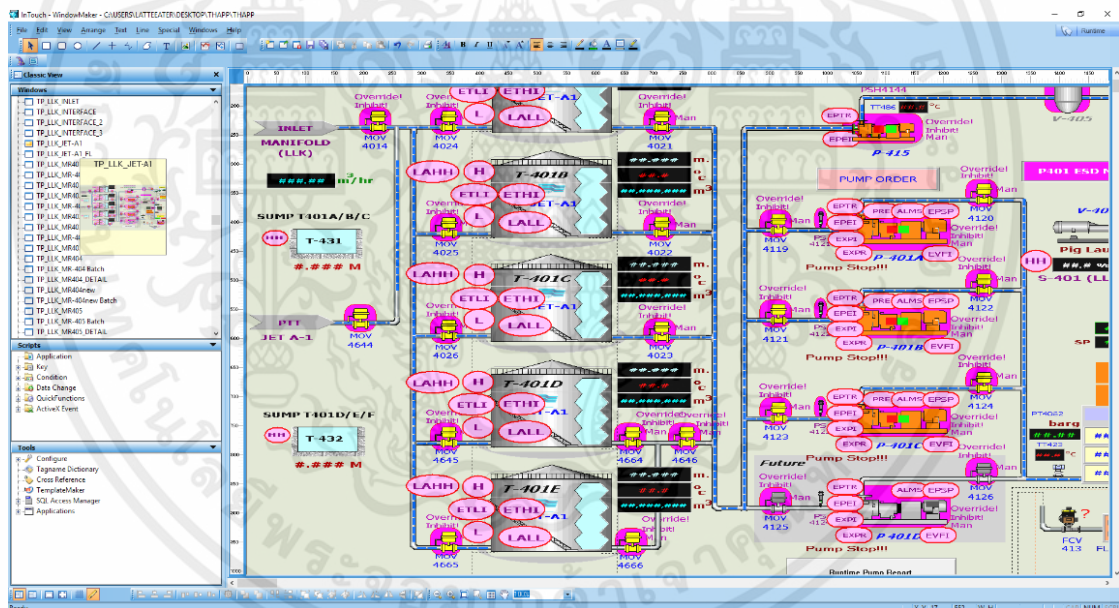
ขั้นตอนการจัดทำโปรแกรมเขียนหน้าจอ SCADA โครงการนี้ได้นำเอาระบบ SCADA มาใช้ในการเฝ้ามองและควบคุมกระบวนการส่งน้ำมันทั้งหมดโดยนำเอาโปรแกรม Wonderware Intouch เป็นตัวแสดงผลและสั่งงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยหน้าที่จะทำการเปลี่ยนหน้าจอ SCADA ให้เป็นไปตามมาตรฐาน คือ Overview, LLK :JET A-1, MAIN TRANSFER PUMPS B ซึ่งจะยกตัวอย่างการเปลี่ยนหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1

- 1) เปิดโปรแกรม Wonderware Intouch ใช้เป็นโปรแกรมสำหรับเขียนหน้าจอ SCADA จากนั้นเลือกโปรเจกต์ที่ต้องการเขียนโปรแกรมขึ้นมา ในโครงการนี้ใช้ชื่อว่า TankLL



รูปที่ 3.77 แสดงการเปิดโปรเจ็ค TankLL

- 2) เลือกหน้าจอที่ต้องการวาดโปรแกรมหน้าจอ SCADA ใหม่ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการวาดหน้าจอใหม่

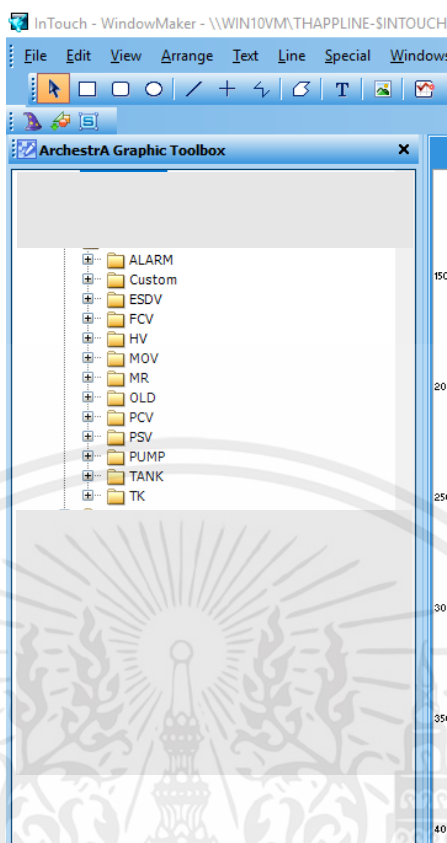


รูปที่ 3.78 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1

- 3) จากนั้นทำการสร้างหน้าใหม่เพื่อทำการวาดหน้าจอที่ตรงตามมาตรฐาน
- คลิกที่ File > New Window...

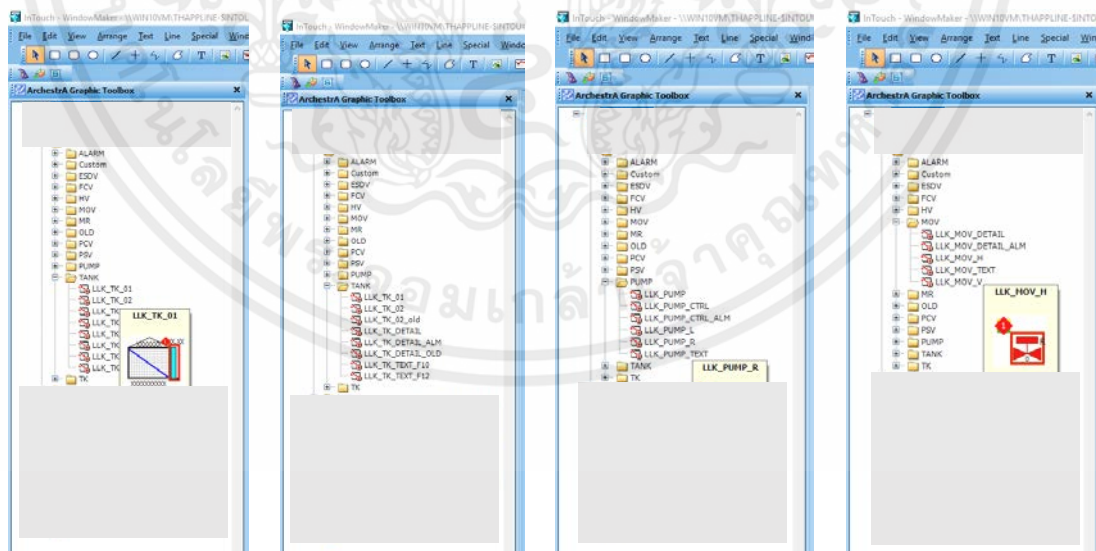
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.81 แสดง ArchestrA Graphic Toolbox

5) จากนั้นทำการจัดวางองค์ประกอบของหน้าจอให้เป็นไปตามหน้าจอตัวอย่าง

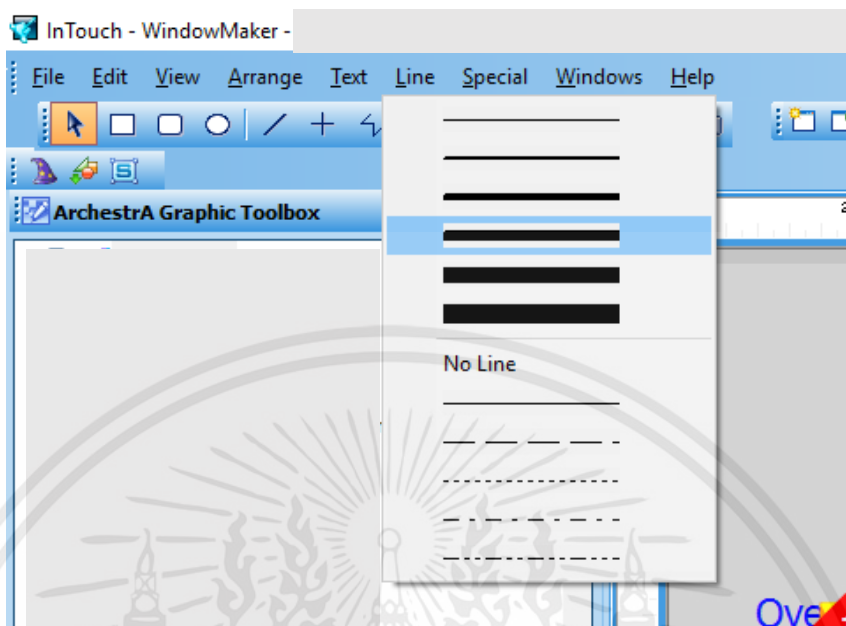


รูปที่ 3.82 แสดง ArchestrA Graphic Toolbox ของ Tank, Text, Pump, MOV

6) เมื่อทำการจัดวางองค์ประกอบเรียบร้อยแล้ว การเริ่มต้นการวาดเส้นท่อส่งน้ำมัน สามารถทำได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

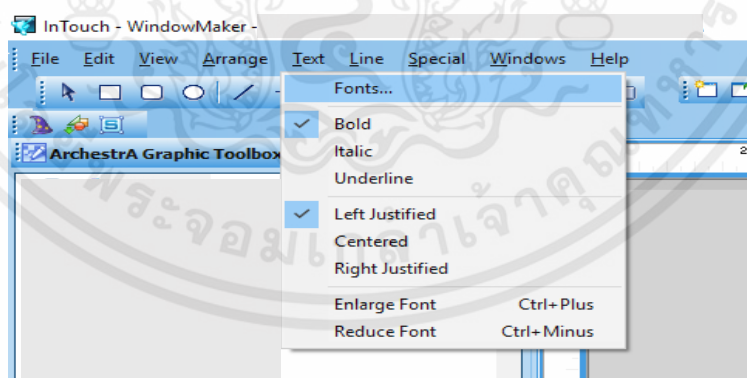
- คลิกที่ Line > เลือกเส้นที่ 4 สีดำ ใช้เป็นเส้นทอส่งน้ำมัน



รูปที่ 3.83 แสดง Toolbox Line

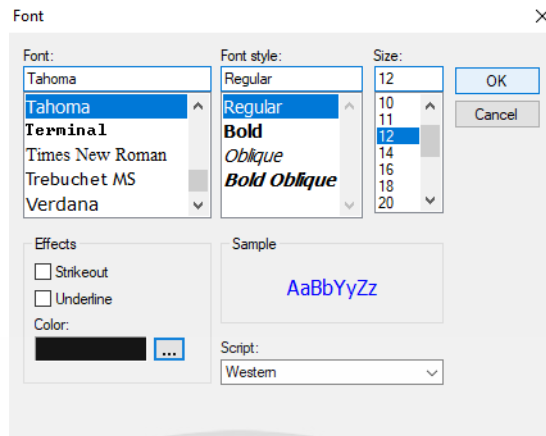
7) จากนั้นจะทำการใส่ชื่อของอุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำได้ดังนี้

- คลิกที่ Text > Fonts...
- ตั้งค่าตัวอักษรตามหน้าต่าง Fonts ในโครงการนี้ใช้ Tahoma Regular ขนาด 12



รูปที่ 3.84 แสดง Toolbox Text

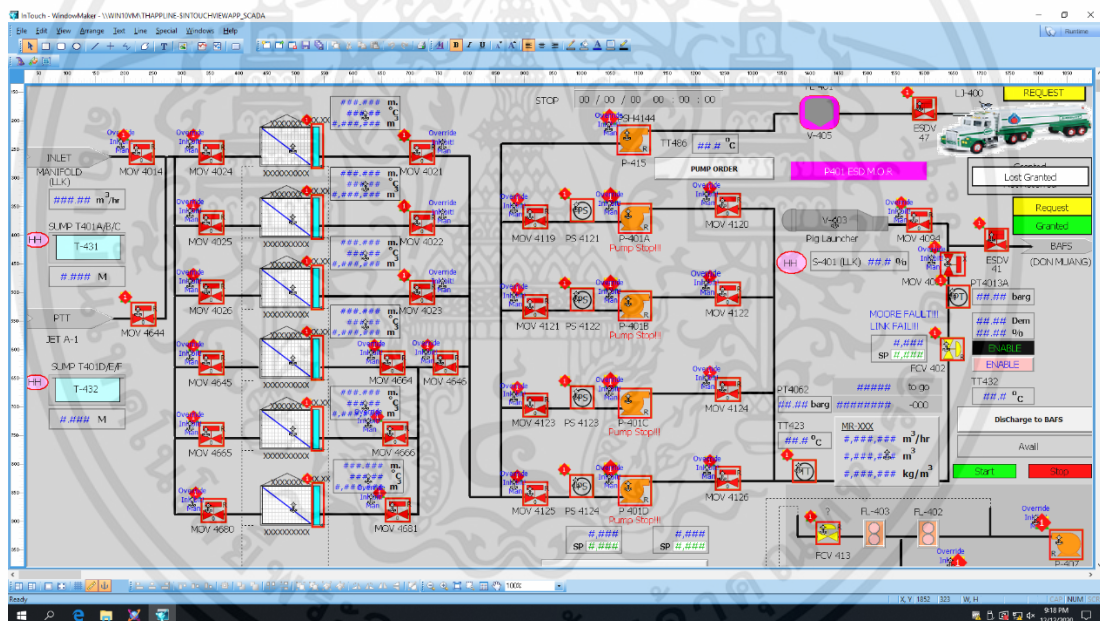
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.85 แสดงหน้าต่าง Pop up Font

– กด OK

หลังจากทำขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจะได้หน้าจอ SCADA ดังนี้

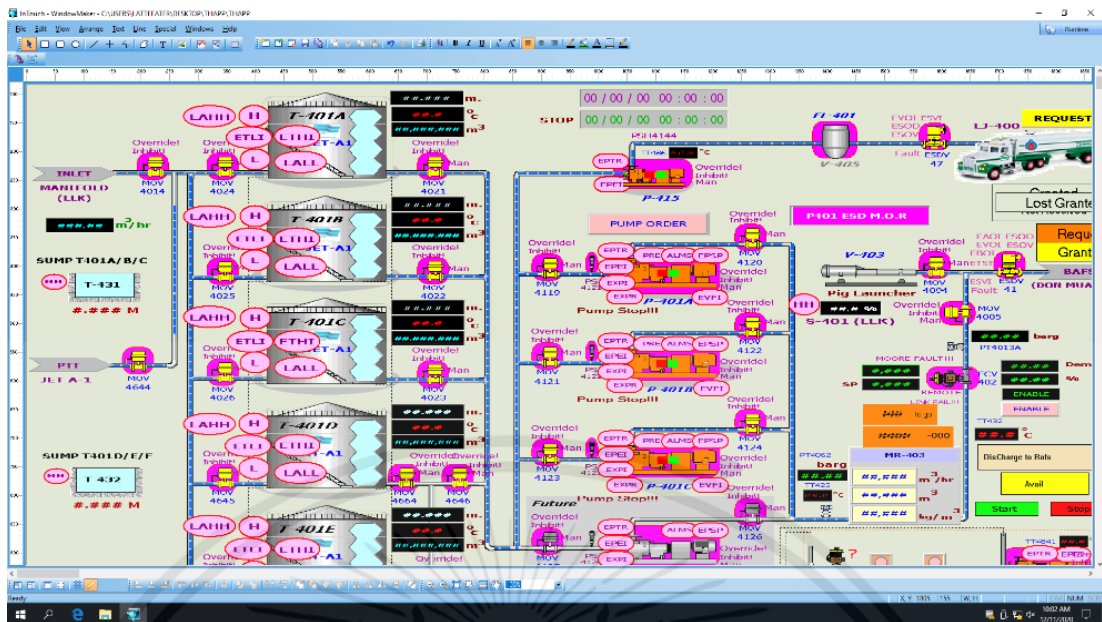


รูปที่ 3.86 แสดงหน้าจอ SCADA ที่ทำการวาดใหม่ตามขั้นตอน

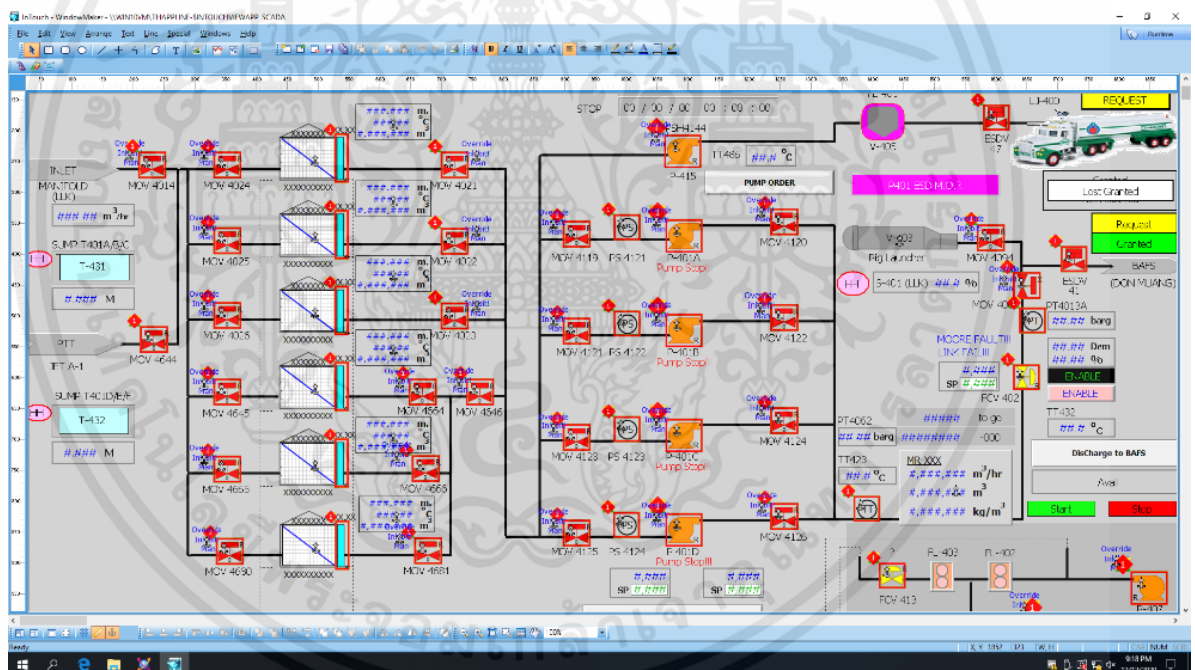
เมื่อนำหน้าจอที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐานมาการเปรียบเทียบกับหน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิมจะเป็นดังนี้

- 1) เปรียบเทียบหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1 ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐานมาการเปรียบเทียบกับหน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



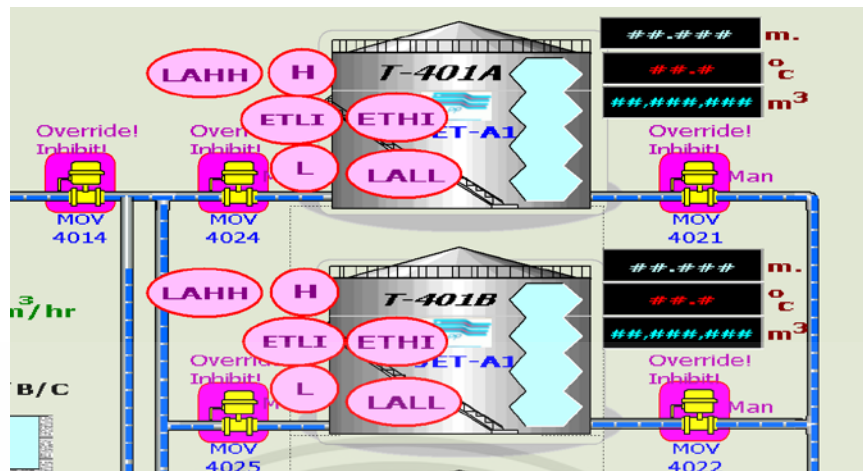
รูปที่ 3.87 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1 จอเก่าที่มีอยู่เดิม



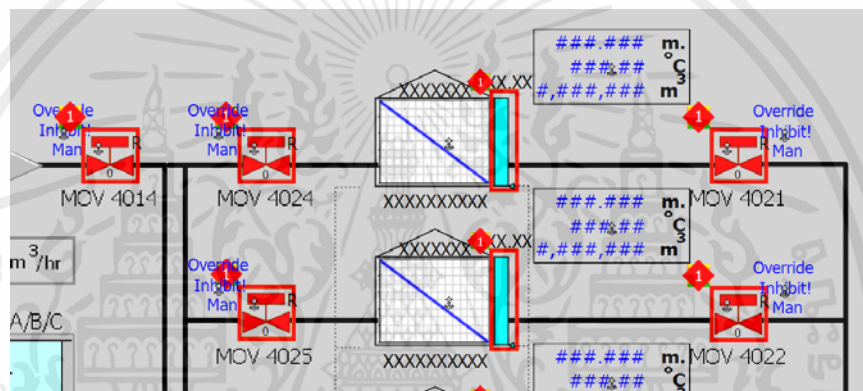
รูปที่ 3.88 แสดงหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1 ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน

- 2) เปรียบเทียบองค์ประกอบของหน้าจอที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน โดยที่นำมาเปรียบเทียบกับหน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม
  - ถังเก็บน้ำมัน (TANK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

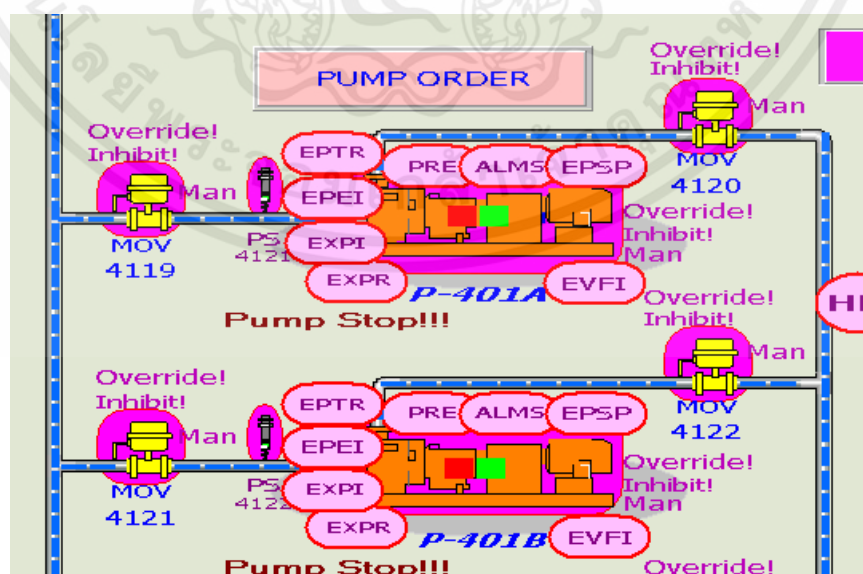


รูปที่ 3.89 แสดงถังเก็บน้ำมัน (Tank) หน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม



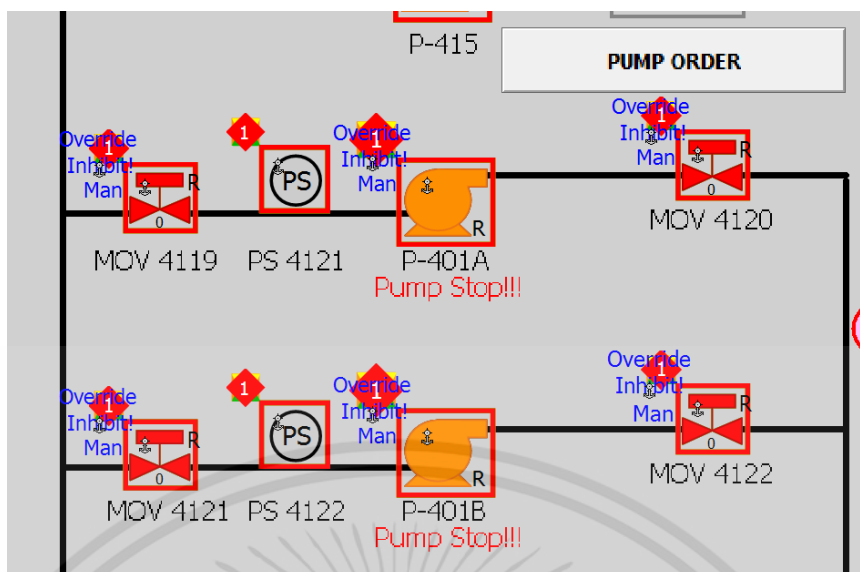
รูปที่ 3.90 แสดงถังเก็บน้ำมัน (Tank) ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน

– ปั๊ม (PUMP) และ วาล์ว (MOV)



รูปที่ 3.91 แสดงปั๊ม(Pump) และวาล์ว(MOV) หน้าจอเก่าที่มีอยู่เดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.92 แสดงปั๊ม(Pump) และวาล์ว(MOV) ที่เขียนขึ้นใหม่ตามมาตรฐาน

### 3.7.4 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA

ขั้นตอนการเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA โครงการนี้ได้นำเอาระบบ SCADA มาใช้ในการเฝ้ามอง และควบคุมกระบวนการขนส่งน้ำมันทางท่อทั้งหมดโดยนำเอาโปรแกรมของ Wonderware Intouch เป็นตัวแสดงผลและสั่งงานบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยหน้าที่จะทำการเปลี่ยนหน้าจอ SCADA ให้เป็นไปตามมาตรฐาน คือ Overview, LLK :JET A-1, MAIN TRANSFER PUMPS B ซึ่งจะยกตัวอย่างการเปลี่ยนหน้าจอ SCADA LLK :JET A-1

#### 3.7.4.1 การกำหนดคุณสมบัติของ Tag

- EN\_S\_xxx เป็น Tag ชนิด Boolean ใช้สำหรับการเปิดและปิดการส่งค่า ใช้ Tag S\_xxx
- S\_xxx เป็น Tag ชนิด Boolean ใช้สำหรับการแสดงสถานะอุปกรณ์
- TAG\_xxx เป็น Tag ชนิด String ใช้สำหรับการใส่ชื่อ Tag ในกรณีที่ไม่ปกติ
- TagObj เป็น Tag ชนิด String ใช้สำหรับการใส่ชื่ออุปกรณ์
- IndTag เป็น Tag ชนิด indirect โดยใช้สำหรับรับฝากค่า เป็นการถูกโยนค่ามาเก็บชั่วคราว

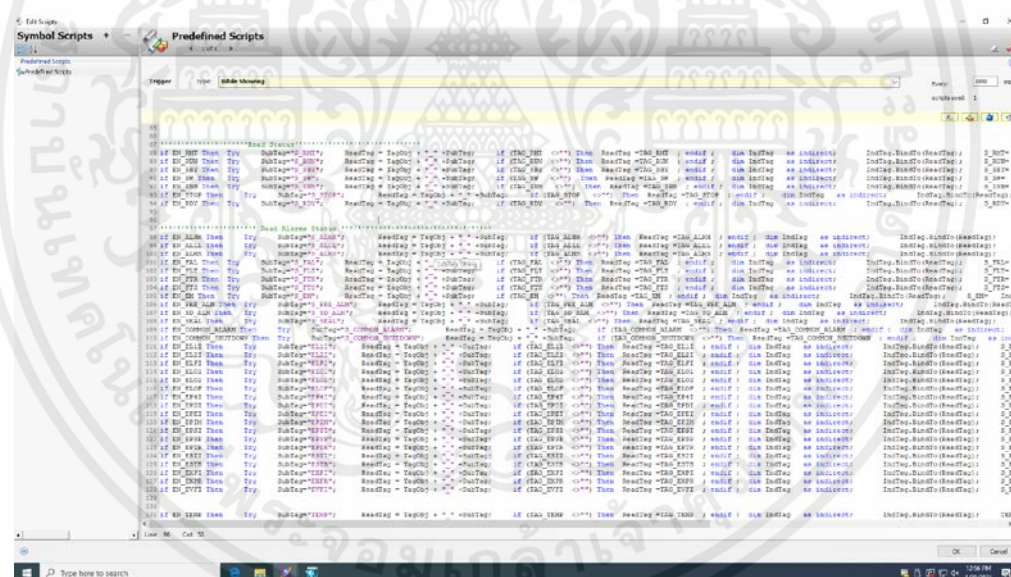
#### 3.7.4.2 การกำหนดค่าตัวแปรในการเขียนสคริปต์

การประกาศตัวแปร (Variable Declaration) เป็นการประกาศตัวแปรชั่วคราวสำหรับใช้ในการเขียนสคริปต์

- Readtag เป็นตัวแปรชนิด String โดย ReadTag = TagObj + "\_" + SubTag;
- SubTag เป็นตัวแปรชนิด String โดย SubTag = "S\_XXX";
- IndTag เป็นตัวแปรชนิด indirect โดย IndTag.BindTo(ReadTag);  
และ S\_XXX = IndTag.Value;

### 3.7.4.3 การเขียนสคริปต์สำหรับการอ่านค่าTag

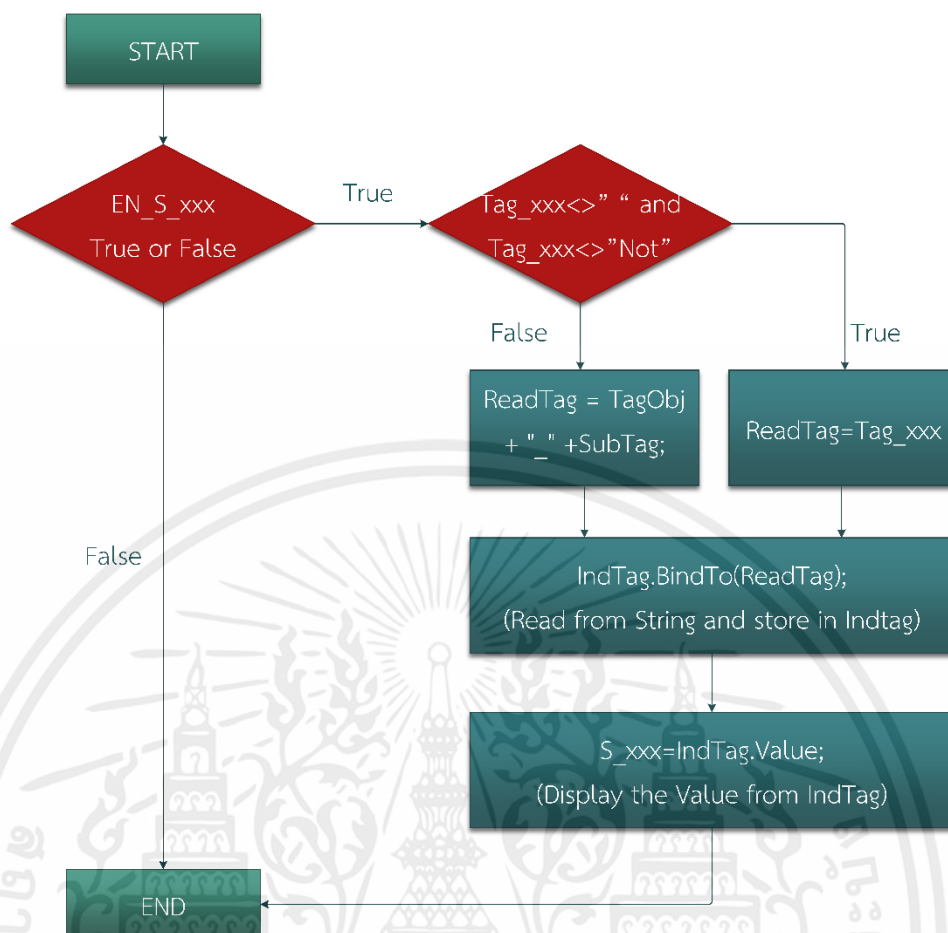
การเขียนสคริปต์ในโครงการนี้ใช้ Visual Basic.NET (วิซวลเบสิกดอทเน็ต) หรือ VB.NET คือ ภาษาที่ใช้สำหรับการพัฒนาโปรแกรม เป็นอีกภาษาหนึ่งที่กลุ่มไมโครซอฟต์ได้พัฒนาขึ้นมา ซึ่งโปรแกรมมีสภาพแวดล้อมกราฟฟิกสำหรับการปฏิบัติการบนวินโดว์ ถูกออกแบบมาให้มีความสามารถในการพัฒนาโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างแท้จริงและรองรับการออกแบบด้วยยูเอ็มแอล ซึ่งเป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน ที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการ Windows ดังนั้น วิซวลเบสิกดอทเน็ต จึงเป็นภาษาอีกตัวหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโปรแกรมหรือแอปพลิเคชัน ซึ่งมีสภาพแวดล้อมกราฟฟิกสำหรับการปฏิบัติการบนวินโดว์



รูปที่ 3.93 แสดงตัวอย่างสคริปต์

โดยรูปที่ 3.93 แสดงตัวอย่างของการเขียนสคริปต์ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นแผนผังการไหลการทำงานของบีม (Flow Chart) ดังรูปที่ 3.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



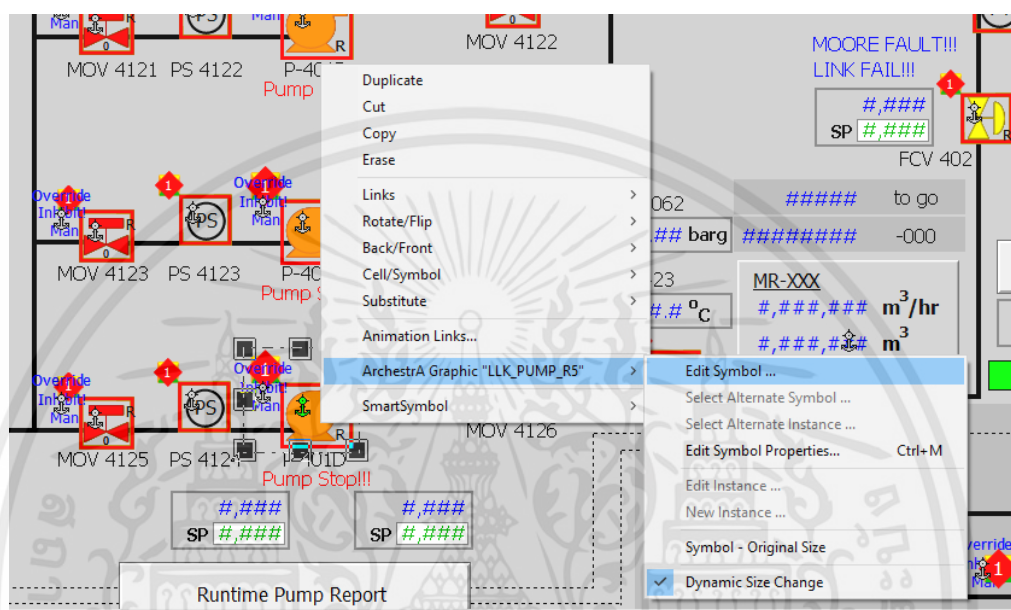
รูปที่ 3.94 แสดง Flowchart สรุปรูปการเขียนสคริปต์การรับ-ส่งค่าจาก Tag

- เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบสถานะของ Tag EN\_S\_xxx ว่า True หรือ False ถ้า True ให้เข้าการตรวจสอบต่อไป แต่ถ้า False ให้จบการดำเนินการ
- การตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นการเรียกชื่อ Tag แบบใด โดยเมื่อ Tag\_xxx ไม่ว่างและไม่ Not หรือไม่ จะเป็นการเรียก Tag แบบ ReadTag = TAG\_xxx แต่ถ้าไม่ก็จะเป็นการเรียก Tag แบบ ReadTag = TagObj + "\_" + SubTag;
- เมื่อผ่านการตรวจสอบเงื่อนไขแล้ว จะเข้าสู่การนำค่าจาก String มาเก็บไว้ชั่วคราวที่ IndTag
- จากนั้น Indtag จะนำค่าที่เก็บไว้ชั่วคราวส่งให้ Tag S\_xxx เพื่อนำ Tag S\_xxx เชื่อมต่อกับ Symbols ที่สร้างไว้ นำไปแสดงบนจอกราฟฟิก SCADA

### 3.7.4.4 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA ของปั๊ม (Pump)

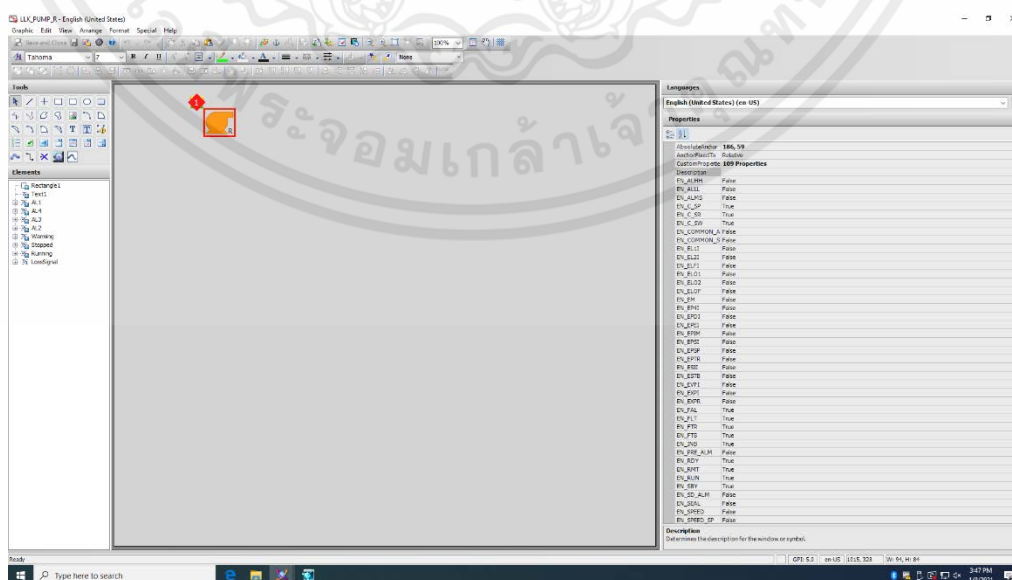
ขั้นตอนการเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA ของปั๊ม (Pump) มีขั้นตอนการเขียนฟังก์ชัน ดังนี้

- 1) คลิกขวาที่ Pump Symbol > ArchestrA Graphic “LLK\_PUMP” > Edit Symbol...



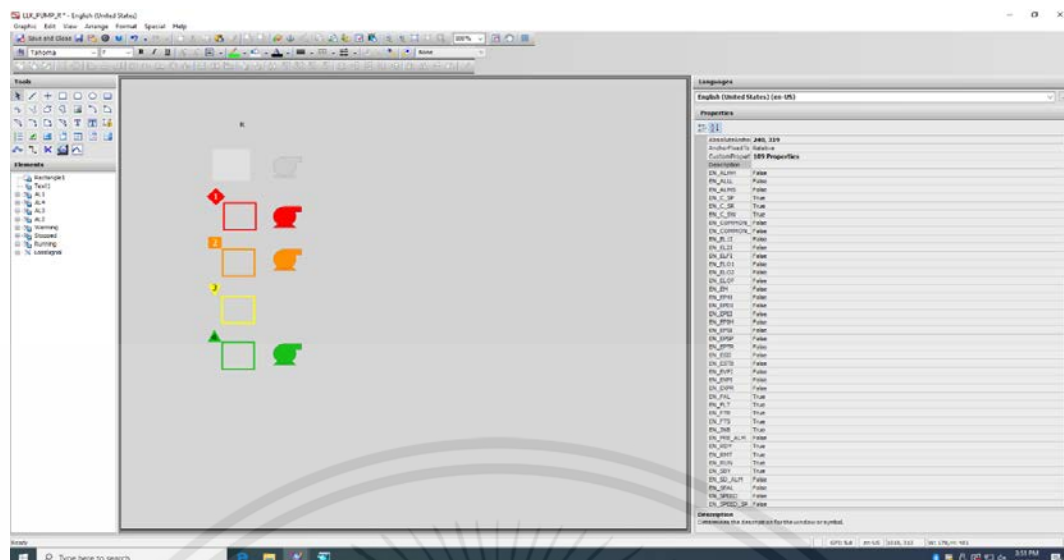
รูปที่ 3.95 แสดงการ Edit Symbol

- 2) จากนั้นจะแสดงหน้าต่าง Graphic และสามารถแยกองค์ประกอบของ symbol ได้ดังนี้



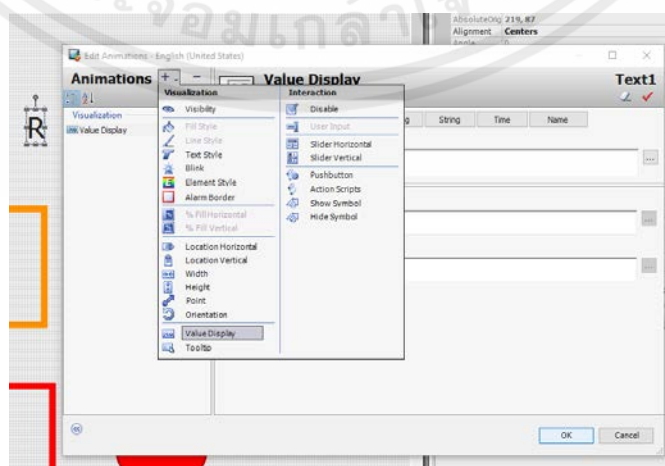
รูปที่ 3.96 แสดงหน้าต่างกราฟิก (Graphic)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



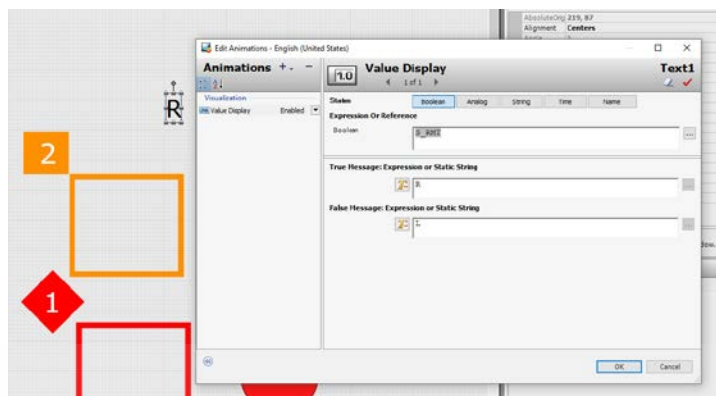
รูปที่ 3.97 แสดงหน้าต่าง Graphic ที่แยกองค์ประกอบของ symbol

- 3) องค์ประกอบแรกคือ Remote/Local มีไว้เพื่อแสดงว่าบิ๊มตัวนี้ มีการควบคุมผ่าน ทางไหน สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก Value Display
  - จากนั้นเลือก Status เป็น Boolean >ช่อง Boolean ใส่ชื่อ Tag S\_RMT เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าบิ๊มตัวนี้มีการควบคุมผ่านทางไหน
  - ช่อง True Message : Expression or Static String คือเมื่อข้อมูลเป็น True หรือ 1 จะให้แสดง String ว่าอะไร ในกรณีนี้คือ R หมายถึง เป็นการควบคุมผ่าน SCADA
  - ช่อง False Message : Expression or Static String คือเมื่อข้อมูลเป็น False หรือ 0 จะให้แสดง String ว่าอะไร ในกรณีนี้คือ L หมายถึง เป็นการควบคุมผ่าน Local จากนั้นกด OK



รูปที่ 3.98 แสดงการเขียนฟังก์ชันขององค์ประกอบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



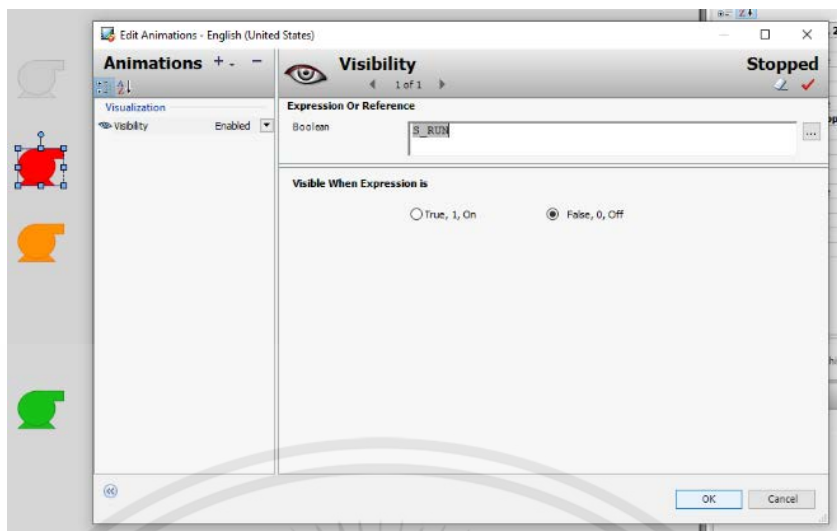
รูปที่ 3.99 แสดงการเขียนฟังก์ชันองค์ประกอบแรก

4) องค์ประกอบที่สอง คือ ปุ่ม มีไว้เพื่อแสดงสถานะของปุ่มโดยมีสถานะการทำงานดังนี้

- Run แสดงเป็น ปุ่มสีเขียว
- Not Run แสดงเป็น ปุ่มสีแดง
- Standby แสดงเป็น ปุ่มสีส้ม
- Loss Signal แสดงเป็น ปุ่มสีเทา

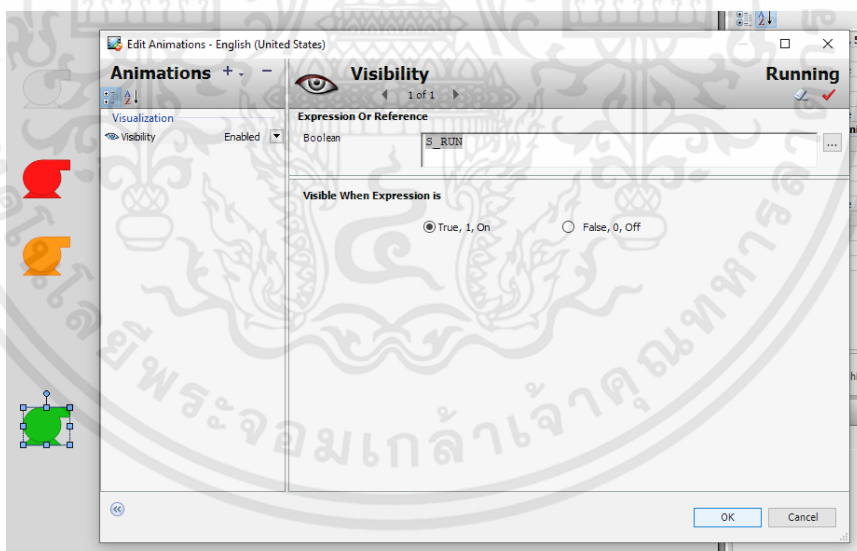
ในการแสดงสถานะของปุ่มจะให้ผลเป็นการทับซ้อนกัน เมื่อจะแสดงสถานะไหนให้เขียนฟังก์ชันแสดงขึ้นมา ส่วนสถานะอื่นจะถูกสถานะที่แสดงอยู่ทับซ้อนไว้ โดยมีขั้นตอนการเขียนฟังก์ชันการแสดงผลสถานะของปุ่มดังนี้

- เริ่มที่สถานะ Not Run ซึ่ง Symbol ปุ่มแดงต้องแสดงขึ้นมา เขียนฟังก์ชันโดย คลิกที่เครื่องหมาย + > Visibility
- ช่อง Boolean ใส่ Tag S\_RUN เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าปุ่มเป็นสถานะ Run หรือไม่
- จากนั้น Visible When Expression is > False, 0, Off คือสถานะปุ่มสีแดงจะแสดงขึ้นเมื่อ Tag S\_RUN มีสถานะเป็น False, 0, Off



รูปที่ 3.100 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Not Run ของปุ่ม

- ต่อไปคือสถานะ Run ซึ่ง Symbol ปุ่มเขียวต้องแสดงขึ้นมา การเขียนฟังก์ชันคล้ายกับสถานะ Not Run แตกต่างที่ Visible When Expression is > True, 1, On คือ สถานะปุ่มสีเขียวจะแสดงขึ้นมาเมื่อ Tag S\_RUN มีสถานะเป็น True, 1, On

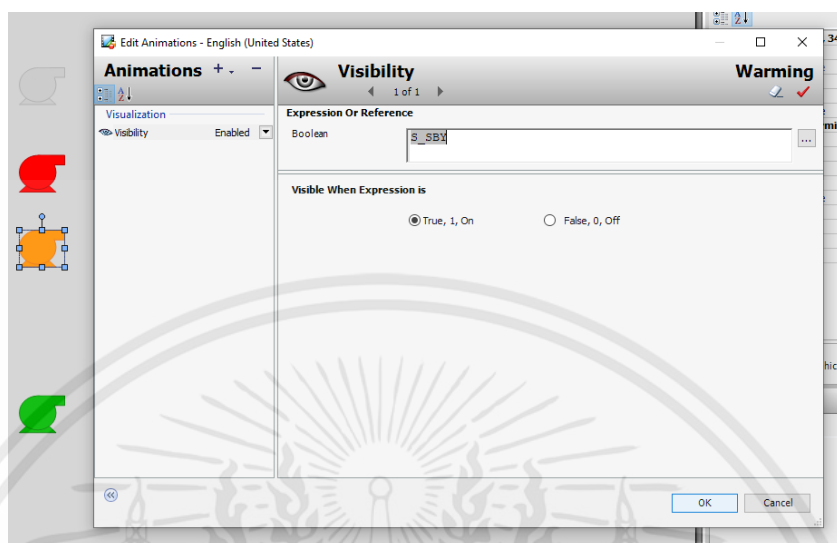


รูปที่ 3.101 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Run ของปุ่ม

- ต่อไปคือสถานะ Standby ซึ่ง Symbol ปุ่มส้มต้องแสดงขึ้นมา การเขียนฟังก์ชันคล้ายกับสถานะ Not Run แตกต่างที่ ช่อง Boolean ใส่ Tag S\_SBY เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าปุ่มเป็นสถานะ Standby หรือไม่

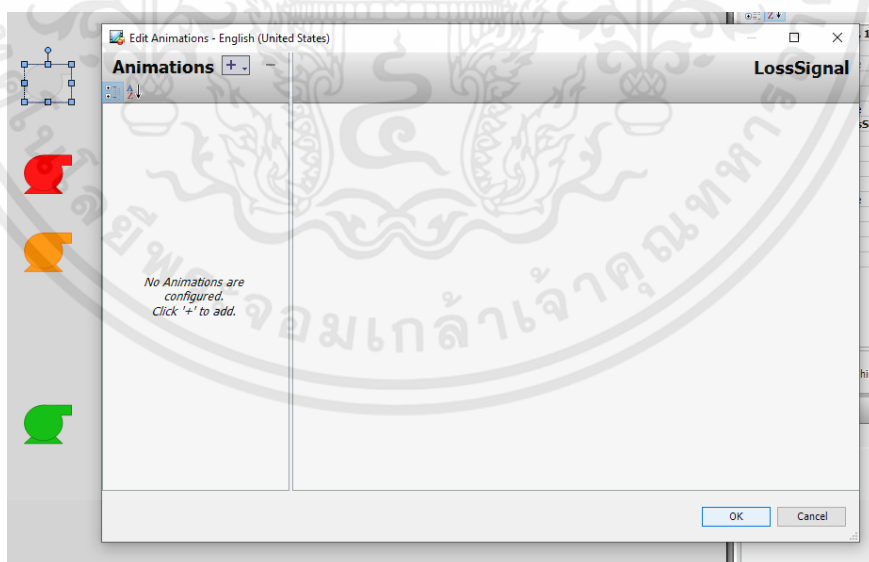
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากนั้น Visible When Expression is > True, 1, On คือ สถานะ ปุ่มสีส้มจะแสดงขึ้นเมื่อ Tag S\_RUN มีสถานะเป็น True, 1, On



รูปที่ 3.102 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Standby ของปุ่ม

- ต่อไปคือสถานะ Loss Signal ซึ่ง Symbol ปุ่มเทาต้องแสดงขึ้นมา จะไม่มีการเขียนฟังก์ชันเพราะเมื่อไม่มีสัญญาณสถานะใดๆ Symbol ปุ่มสีต่างๆจะไม่แสดง ดังนั้นสีเทาจะแสดง



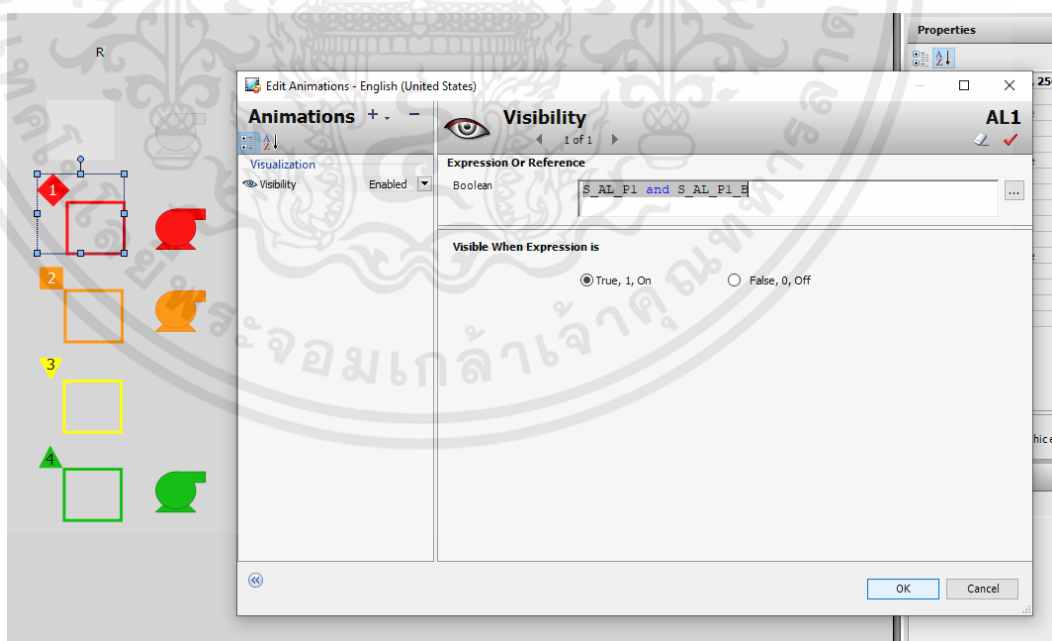
รูปที่ 3.103 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Loss Signal ของปุ่ม

- 5) องค์ประกอบที่สาม คือ ช่วงลำดับความสำคัญ (Priority Ranges) เพื่อสามารถใช้ช่วงลำดับความสำคัญของการเตือนเพื่อกรองสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตือนได้ Alarm Control สามารถแสดงสัญญาณเตือนภายในที่กำหนด แต่ละช่วงที่มีข้อความและสีพื้นหลังที่แตกต่างกันดังนี้

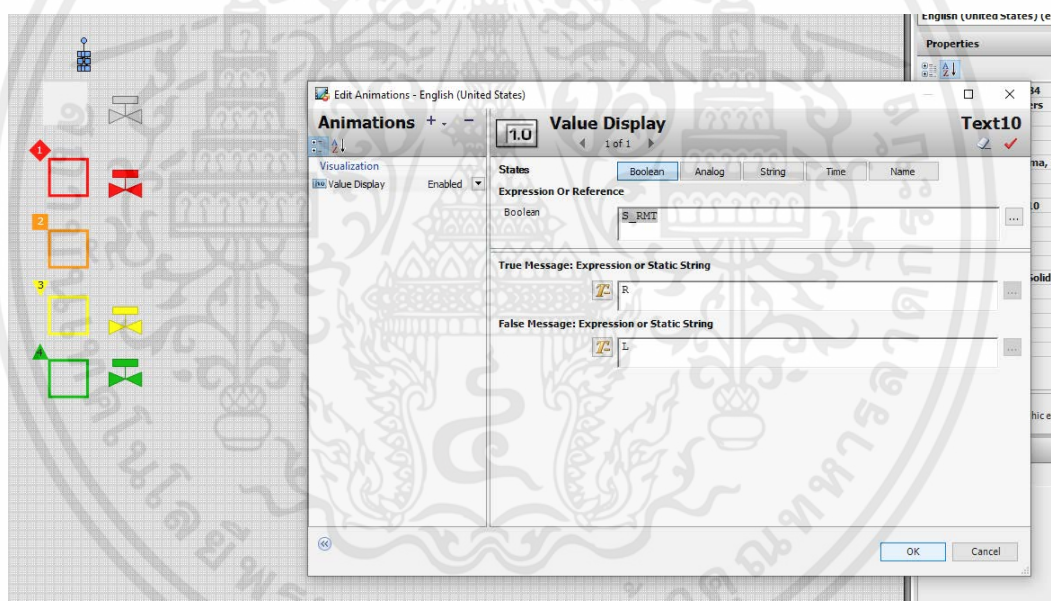
- หมายเลข 1 สีแดง คือ ลำดับความสำคัญที่ 1 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P1 และ S\_AL\_P1\_B
- หมายเลข 2 สีส้ม คือ ลำดับความสำคัญที่ 2 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 250-499 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P2 และ S\_AL\_P2\_B
- หมายเลข 3 สีเหลือง คือ ลำดับความสำคัญที่ 3 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-749 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P3 และ S\_AL\_P3\_B
- หมายเลข 4 สีเขียว คือ ลำดับความสำคัญที่ 4 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 750-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P4 และ S\_AL\_P4\_B
- โดยช่อง Boolean ใส่ชื่อ Tag ที่เก็บข้อมูล จากนั้นเลือก True,1,On เพื่อให้ Priority Ranges แสดงขึ้นเมื่อมีค่าสัญญาณเข้ามา



รูปที่ 3.104 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะช่วงลำดับความสำคัญของบี



- 3) องค์ประกอบแรกคือ Remote/Local มีไว้เพื่อแสดงว่าวาล์วตัวนี้ มีการควบคุมผ่านทวนไหน สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก Value Display
  - จากนั้นเลือก Status เป็น Boolean >ช่อง Boolean ใส่ชื่อ Tag S\_RMT เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าปั๊มตัวนี้มีการควบคุมผ่านทวนไหน
  - ช่อง True Message : Expression or Static String คือเมื่อข้อมูลเป็น True หรือ 1 จะให้แสดง String ว่าอะไร ในกรณีนี้คือ R หมายถึง เป็นการควบคุมผ่าน SCADA
  - ช่อง False Message : Expression or Static String คือเมื่อข้อมูลเป็น False หรือ 0 จะให้แสดง String ว่าอะไร ในกรณีนี้คือ L หมายถึง เป็นการควบคุมผ่าน Local
  - จากนั้นกด OK



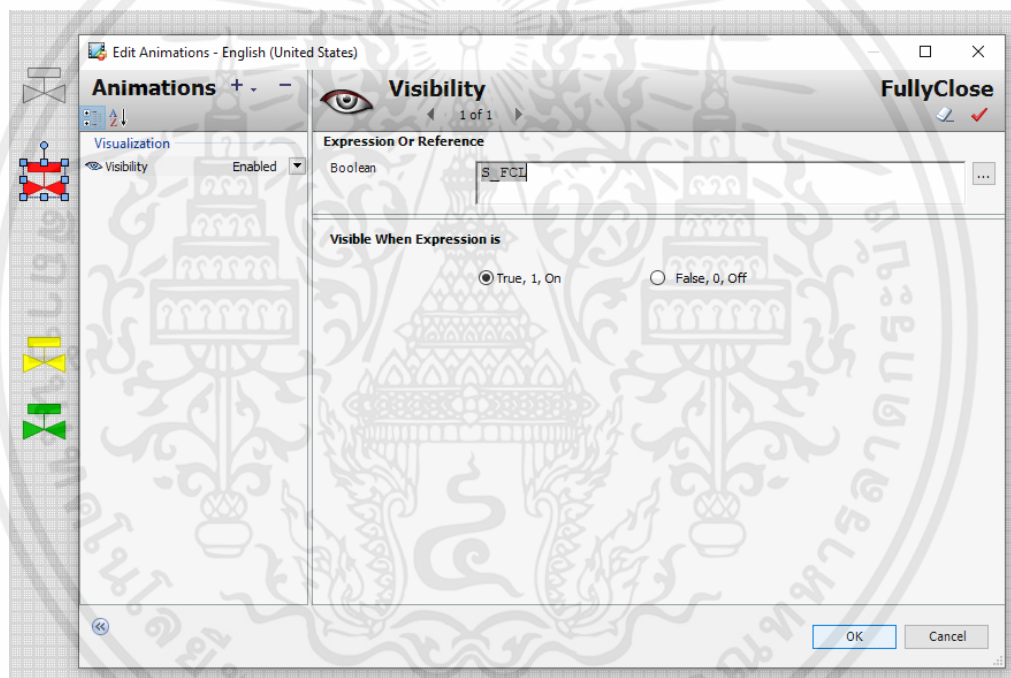
รูปที่ 3.107 แสดงการเขียนฟังก์ชันขององค์ประกอบแรก

- 4) องค์ประกอบที่สอง คือ วาล์ว มีไว้เพื่อแสดงสถานะของวาล์วโดยมีสถานะของการทำงานดังนี้
- Fully Open แสดงเป็น วาล์วสีเขียว
  - Fully Close แสดงเป็น วาล์วสีแดง
  - Running แสดงเป็น วาล์วสีเหลือง
  - Loss Signal แสดงเป็น วาล์วสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

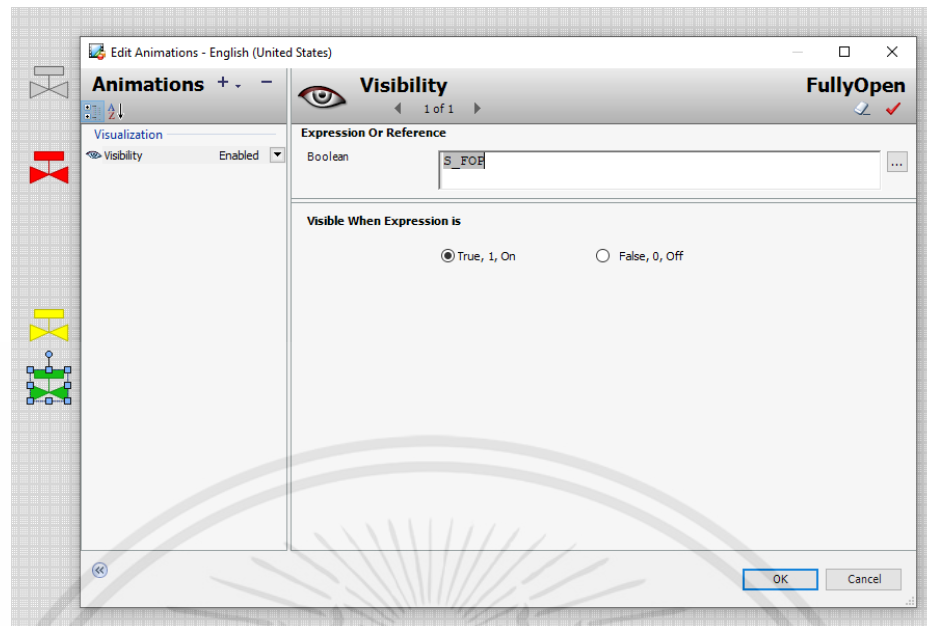
ในการแสดงสถานะของวาล์วจะให้เป็นการทับซ้อนกัน เมื่อจะแสดงสถานะไหนให้เขียนฟังก์ชันแสดงขึ้นมา ส่วนสถานะอื่นจะถูกสถานะที่แสดงอยู่ทับซ้อนไว้ โดยมีขั้นตอนการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะของวาล์วดังนี้

- เริ่มที่สถานะ Fully Close ซึ่ง Symbol วาล์วสีแดงต้องแสดงขึ้นมา เขียนฟังก์ชันโดย คลิกที่เครื่องหมาย + > Visibility
- ช่อง Boolean ใส่ Tag S\_FCL เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าวาล์วเป็นสถานะ Fully Close หรือไม่
- จากนั้น Visible When Expression is > True, 1, On คือ สถานะวาล์วสีแดงจะแสดงขึ้นมาเมื่อ Tag S\_FCL มีสถานะเป็น True, 1, On



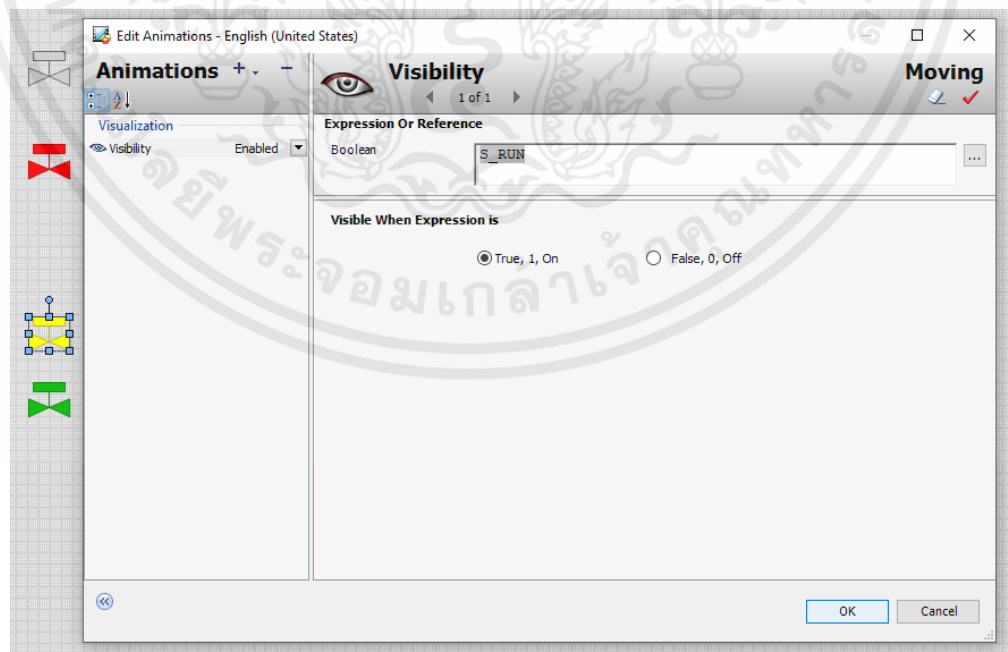
รูปที่ 3.108 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Fully Close ของวาล์ว

- ต่อไปคือสถานะ Fully Open ซึ่ง Symbol วาล์วสีเขียวต้องแสดงขึ้นมา การเขียนฟังก์ชันคล้ายกับสถานะ Fully Close แตกต่างที่ช่อง Boolean ใส่ Tag S\_FOP เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าวาล์วเป็นสถานะ Fully Open หรือไม่ คือ สถานะวาล์วสีเขียวจะแสดงขึ้นมาเมื่อ Tag S\_FOP มีสถานะเป็น True, 1, On



รูปที่ 3.109 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Fully Open ของวาล์ว

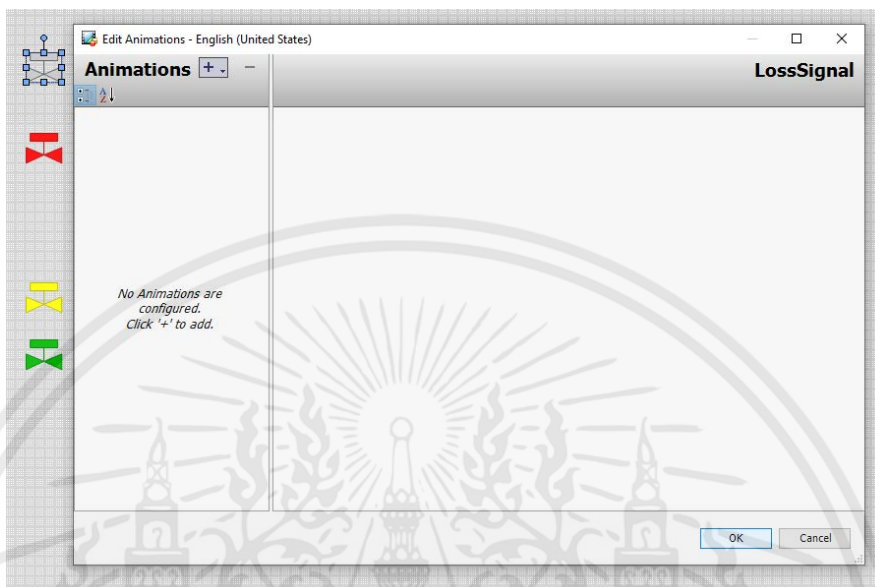
- ต่อไปคือสถานะ Running ซึ่ง Symbol วาล์วสีเหลืองต้องแสดงขึ้นมา การเขียนฟังก์ชันคล้ายกับสถานะ Fully Close แตกต่างที่ช่อง Boolean ใส่ Tag S\_RUN เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลว่าวาล์วเป็นสถานะ Running หรือไม่ คือ สถานะวาล์วสีเหลืองจะแสดงขึ้นเมื่อ Tag S\_RUN มีสถานะเป็น True, 1, On



รูปที่ 3.110 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Running ของวาล์ว

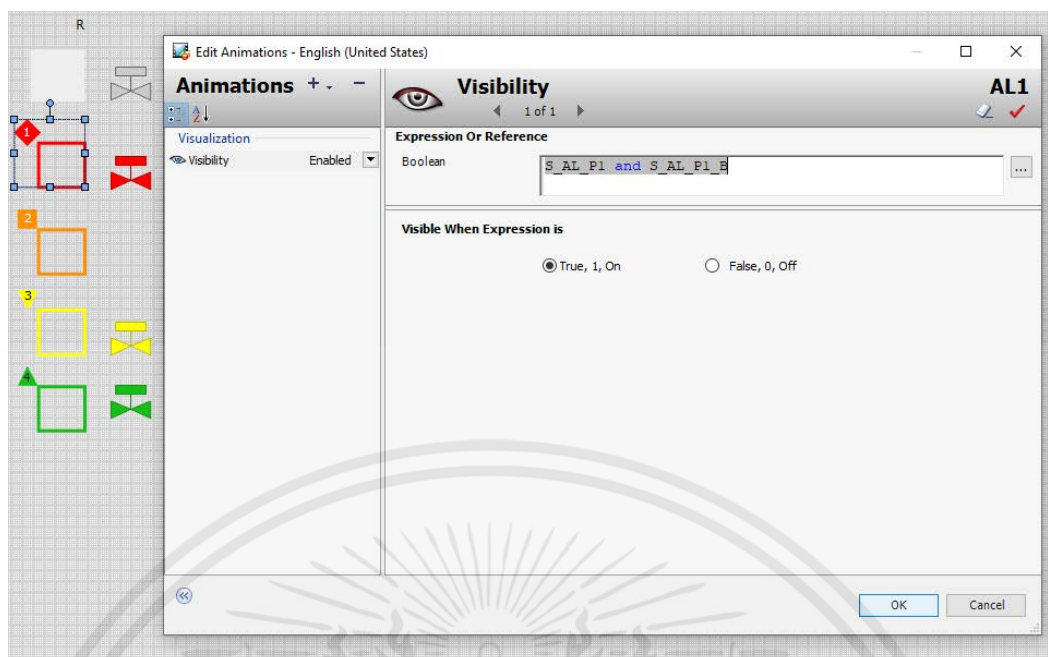
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ต่อไปคือสถานะ Loss Signal ซึ่ง Symbol วาล์วสีเทาต้องแสดงขึ้นมา จะไม่มีการเขียนฟังก์ชันเพราะเมื่อไม่มีสัญญาณสถานะใดๆ Symbol วาล์วสีต่างๆจะไม่แสดง ดังนั้นสีเทาจะแสดง



รูปที่ 3.111 แสดงการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะ Loss Signal ของวาล์ว

- 5) องค์ประกอบที่สาม คือ ช่วงลำดับความสำคัญ (Priority Ranges) เพื่อสามารถใช้ช่วงลำดับความสำคัญของการเตือนเพื่อกรองสัญญาณเตือนได้ Alarm Control สามารถแสดงสัญญาณเตือนภายในที่กำหนด แต่ละช่วงที่มีข้อความและสีพื้นหลังที่แตกต่างกันดังนี้
  - หมายเลข 1 สีแดง คือ ลำดับความสำคัญที่ 1 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P1 และ S\_AL\_P1\_B
  - หมายเลข 2 สีส้ม คือ ลำดับความสำคัญที่ 2 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 250-499 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P2 และ S\_AL\_P2\_B
  - หมายเลข 3 สีเหลือง คือ ลำดับความสำคัญที่ 3 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-749 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P3 และ S\_AL\_P3\_B
  - หมายเลข 4 สีเขียว คือ ลำดับความสำคัญที่ 4 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 750-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ S\_AL\_P4 และ S\_AL\_P4\_B
  - โดยช่อง Boolean ใส่ชื่อ Tag ที่เก็บข้อมูล จากนั้นเลือก True,1,On เพื่อให้ Priority Ranges แสดงขึ้นเมื่อมีค่าสัญญาณเข้ามา

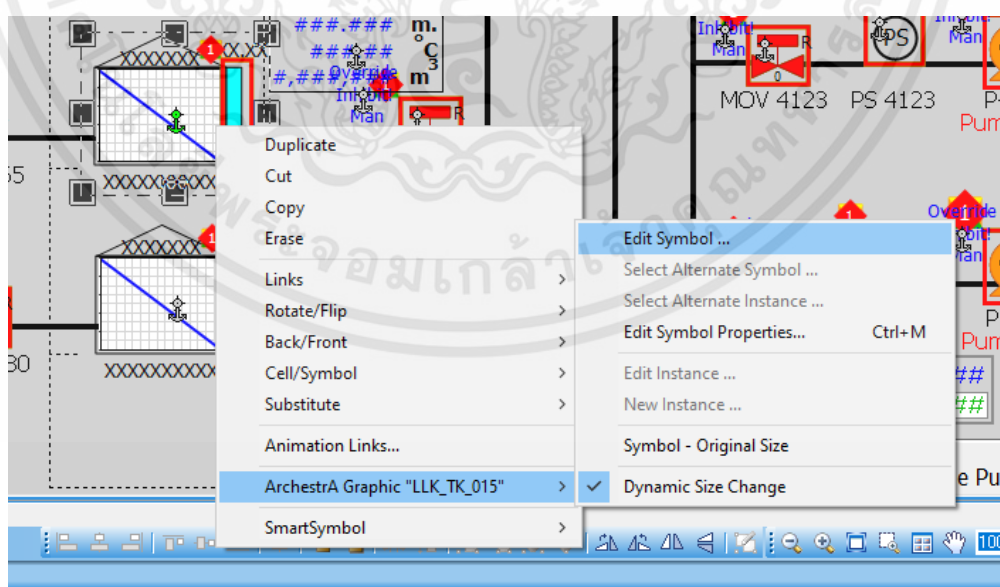


รูปที่ 3.112 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะช่วงลำดับความสำคัญของวาล์ว

### 3.7.4.6 การเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA ของถังเก็บน้ำมัน (Tank)

ขั้นตอนของการเขียนฟังก์ชันการสั่งงานผ่านหน้าจอ SCADA ของถังเก็บน้ำมัน (Tank) มีขั้นตอน ดังนี้

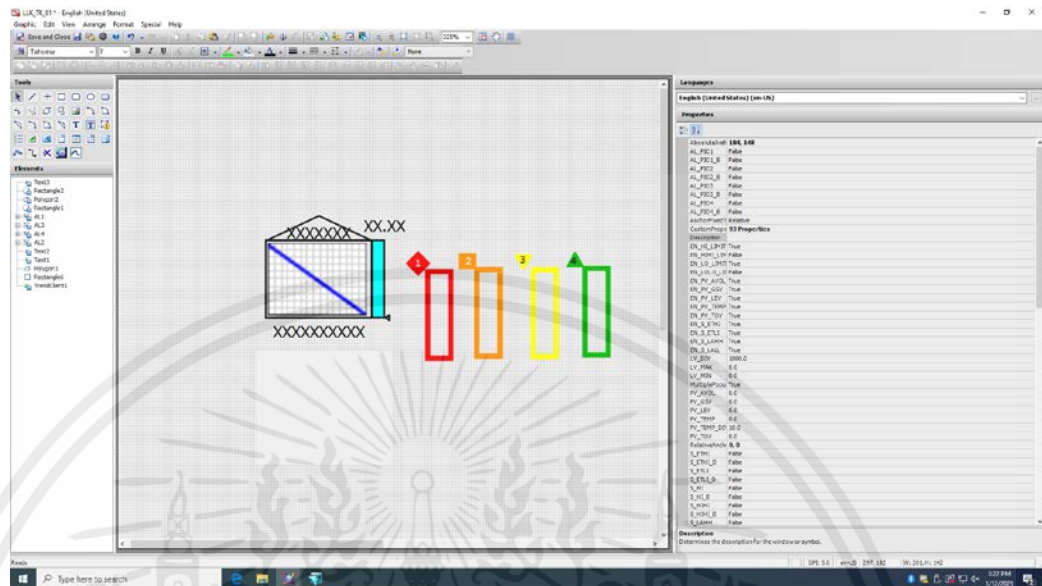
- 1) คลิกขวาที่ Tank Symbol > ArchestrA Graphic "LLK\_TK" > Edit Symbol...



รูปที่ 3.113 แสดงการ Edit Symbol

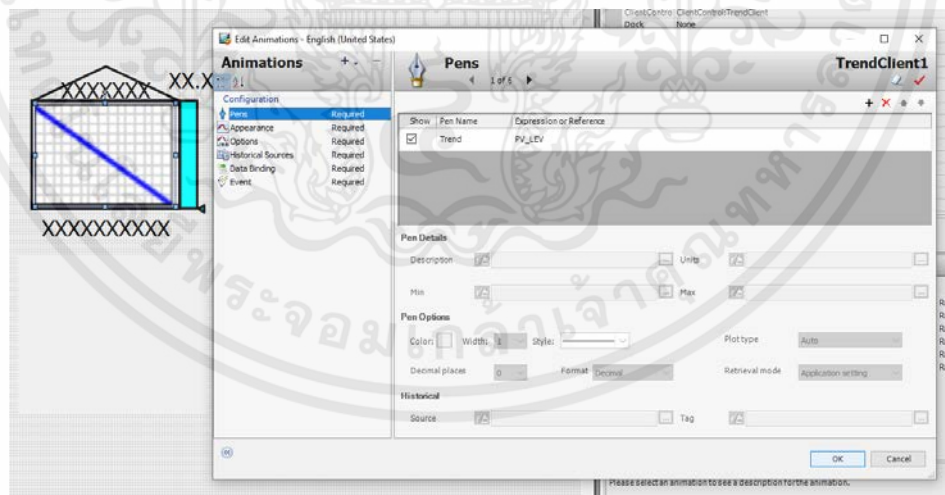
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) จากนั้นจะแสดงหน้าต่างกราฟิก (Graphic) และสามารถแยกองค์ประกอบของ symbol ได้ดังนี้



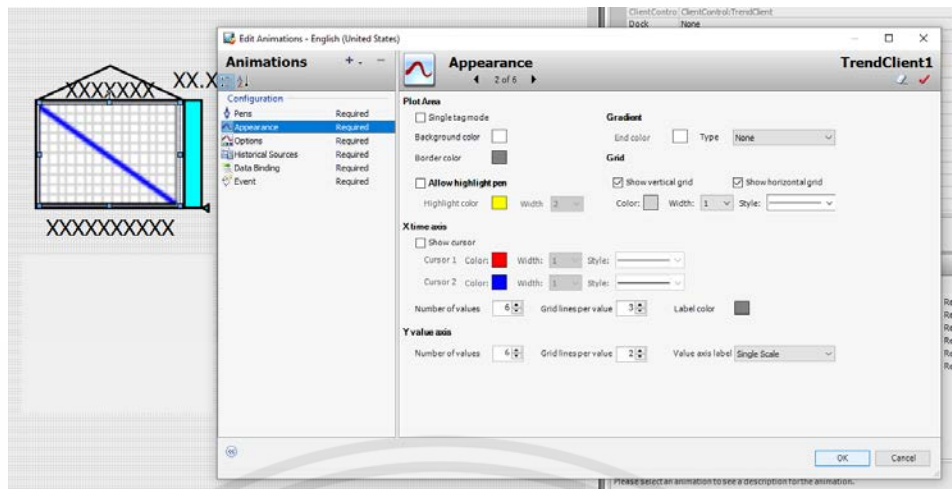
รูปที่ 3.114 แสดงหน้าต่างกราฟิก (Graphic) ที่แยกองค์ประกอบของ symbol

- 3) องค์ประกอบแรก คือ Trend ของระดับน้ำมันในถัง มีเพื่อแสดงกราฟของระดับน้ำมัน สามารถใส่ฟังก์ชันได้ดังรูปที่ 3.115 – 3.121

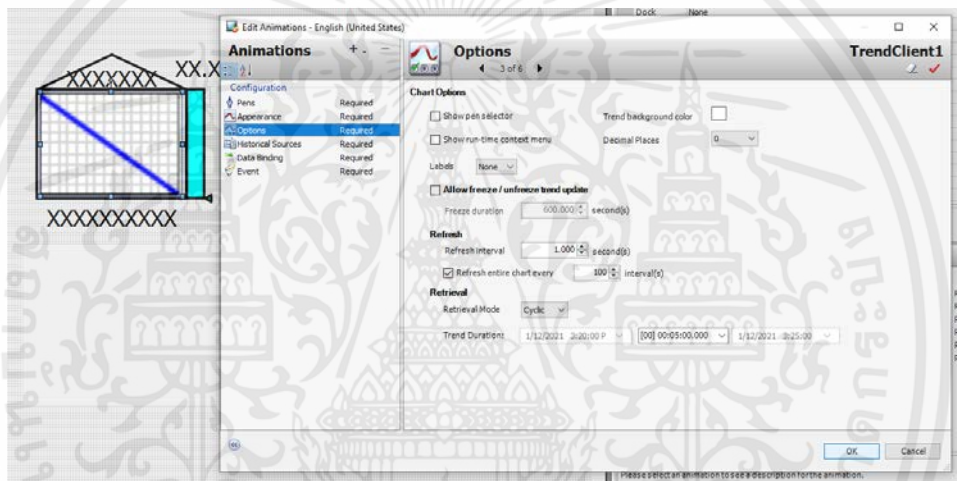


รูปที่ 3.115 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน

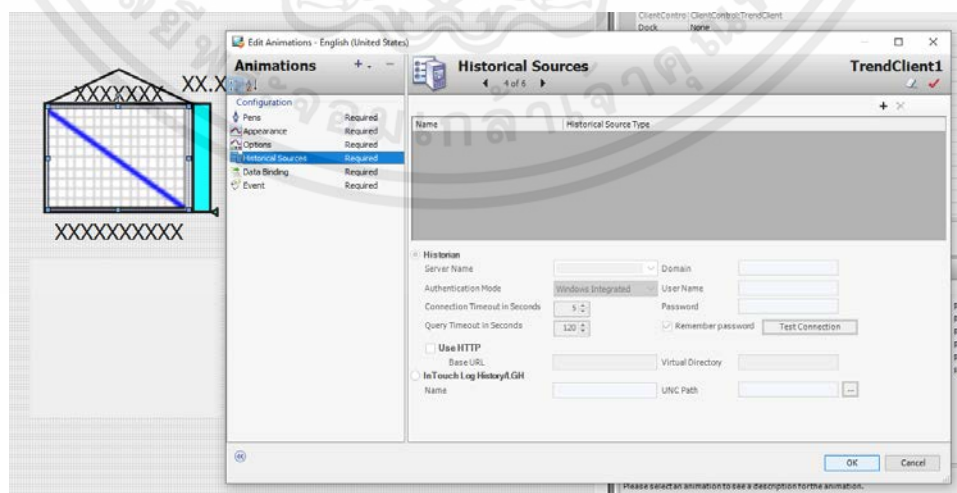
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.116 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน

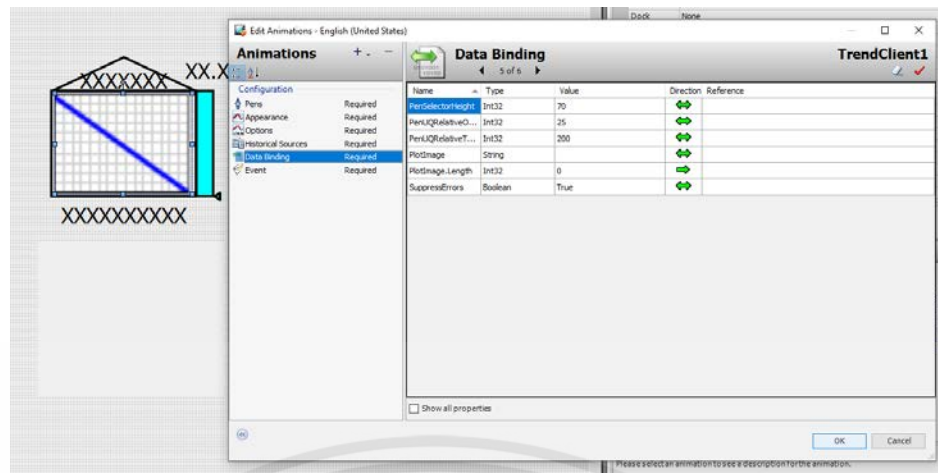


รูปที่ 3.117 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน

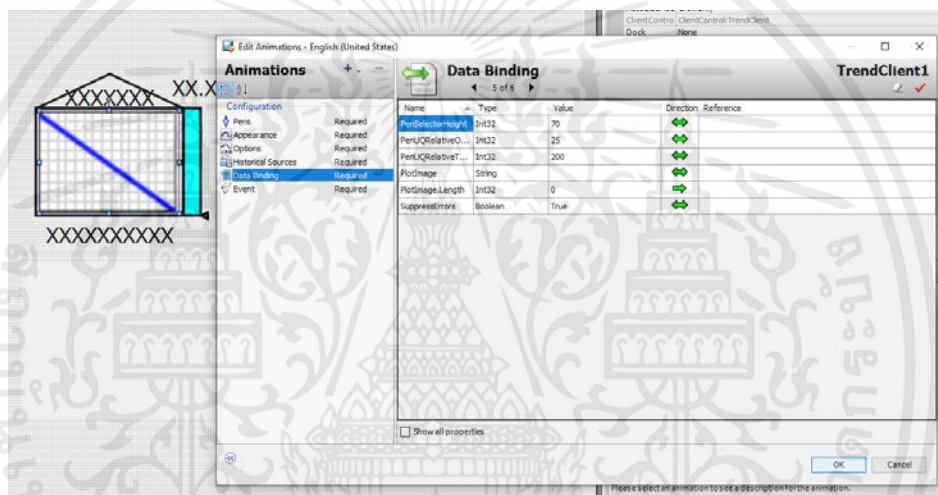


รูปที่ 3.118 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน

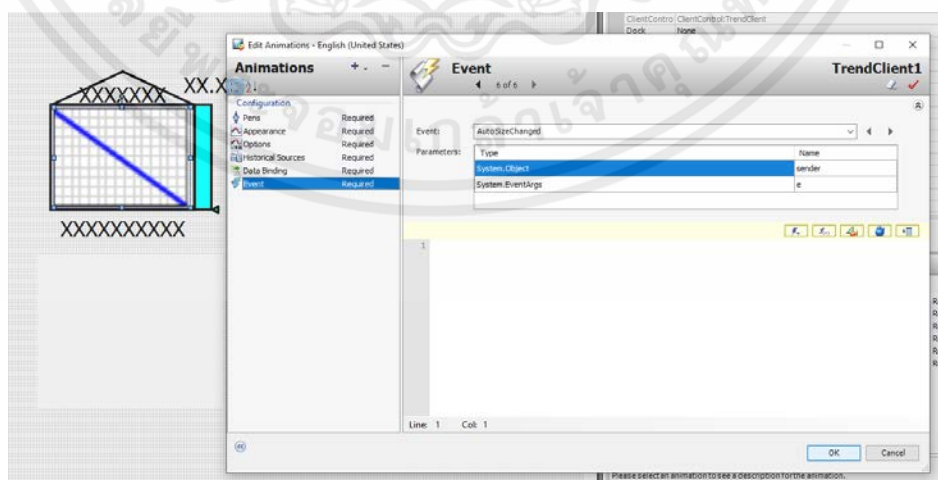
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.119 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน



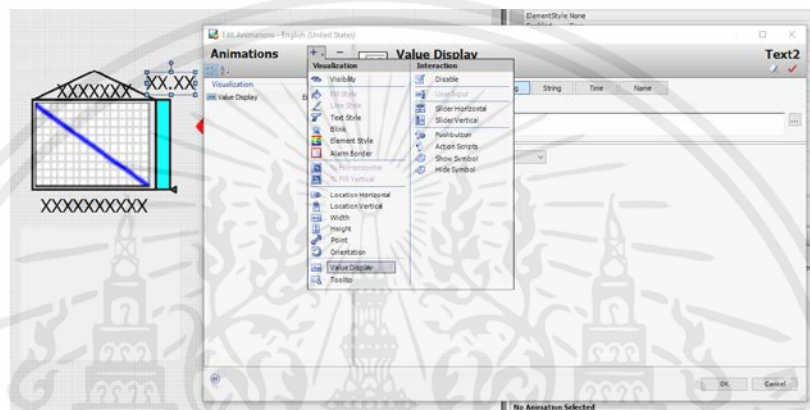
รูปที่ 3.120 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน



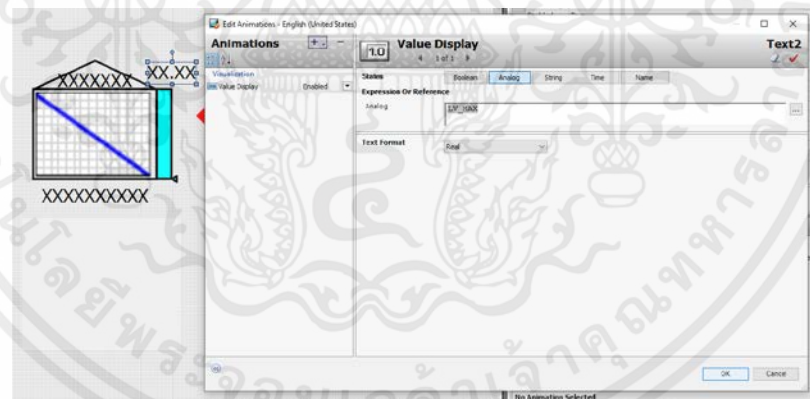
รูปที่ 3.121 แสดงการเขียนฟังก์ชันกราฟของระดับน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 4) องค์ประกอบที่สอง คือ Text แสดงค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก Value Display
  - จากนั้นเลือก Status เป็น Analog >ช่อง Analog ใส่ชื่อ Tag LV\_MAX เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน
  - Text Format > เลือก Real

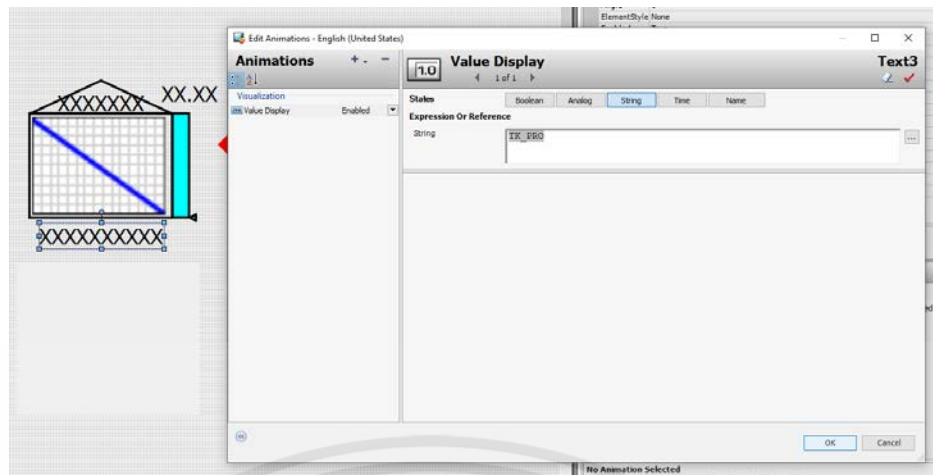


รูปที่ 3.122 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน



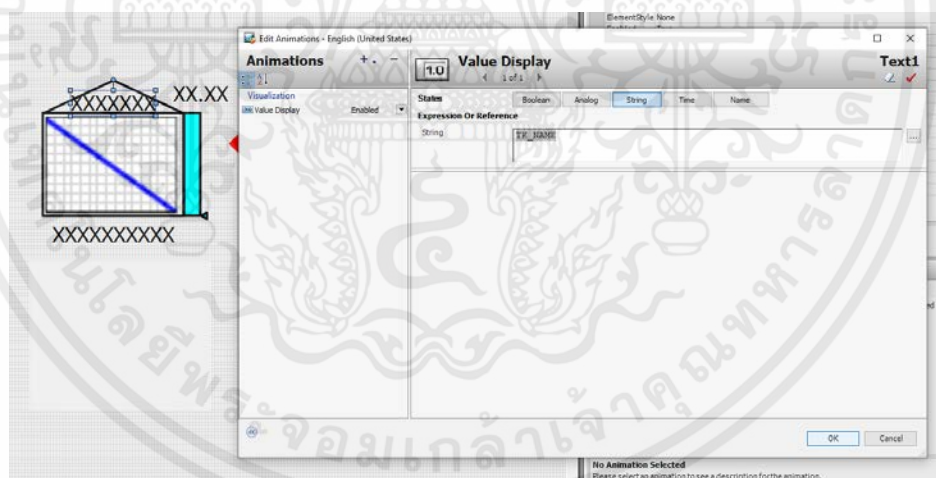
รูปที่ 3.123 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงค่าสูงสุดของระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน

- 5) องค์ประกอบที่สาม คือ Text แสดงว่าถังเก็บน้ำมันนี้อยู่ในกระบวนการใด สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก Value Display
  - จากนั้นเลือก Status เป็น String >ช่อง String ใส่ชื่อ Tag LV\_PRO เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลถังเก็บน้ำมันอยู่ในกระบวนการใด



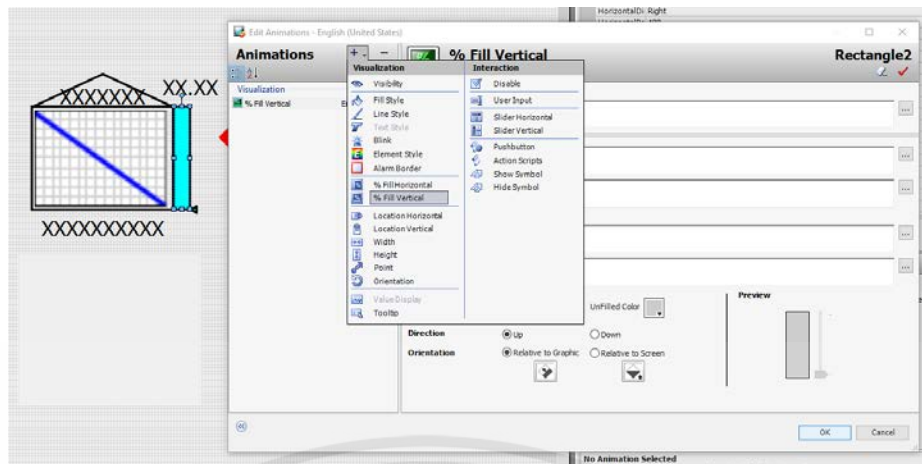
รูปที่ 3.124 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงกระบวนการของถังเก็บน้ำมัน

- 6) องค์ประกอบที่สี่ คือ Text แสดงว่าถังเก็บน้ำมันนี้ชื่ออะไร สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก Value Display
  - จากนั้นเลือก Status เป็น String > ช่อง String ใส่ชื่อ Tag TK\_NAME เป็น Tag ที่เก็บข้อมูลถังเก็บน้ำมันว่าชื่ออะไร



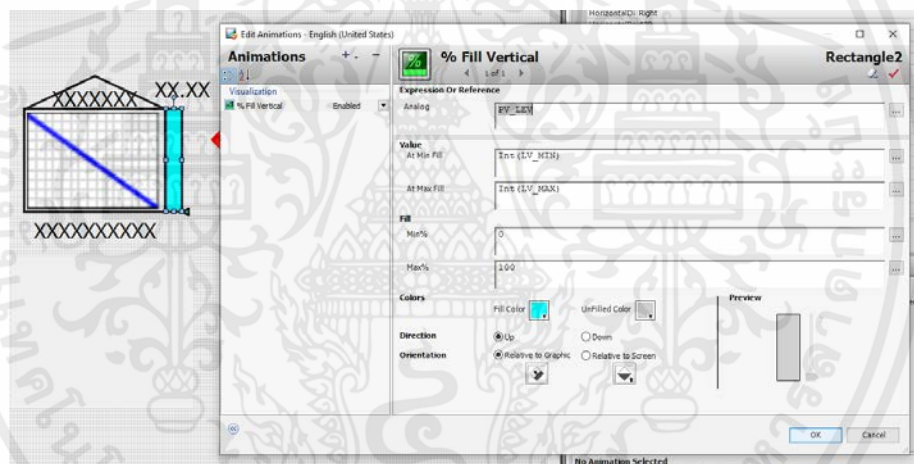
รูปที่ 3.125 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงชื่อของถังเก็บน้ำมัน

- 7) องค์ประกอบที่ห้า คือ ระดับน้ำมันในถัง มีเพื่อแสดงระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน สามารถใส่ฟังก์ชันได้โดย
- คลิกที่เครื่องหมาย + > เลือก % Fill Vertical



รูปที่ 3.126 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน

- จากนั้นทำการตั้งค่าดังในรูปที่ 122 โดยช่อง Analog ใส่ Tag PV\_LEV เป็น Tag ที่เก็บค่าระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน



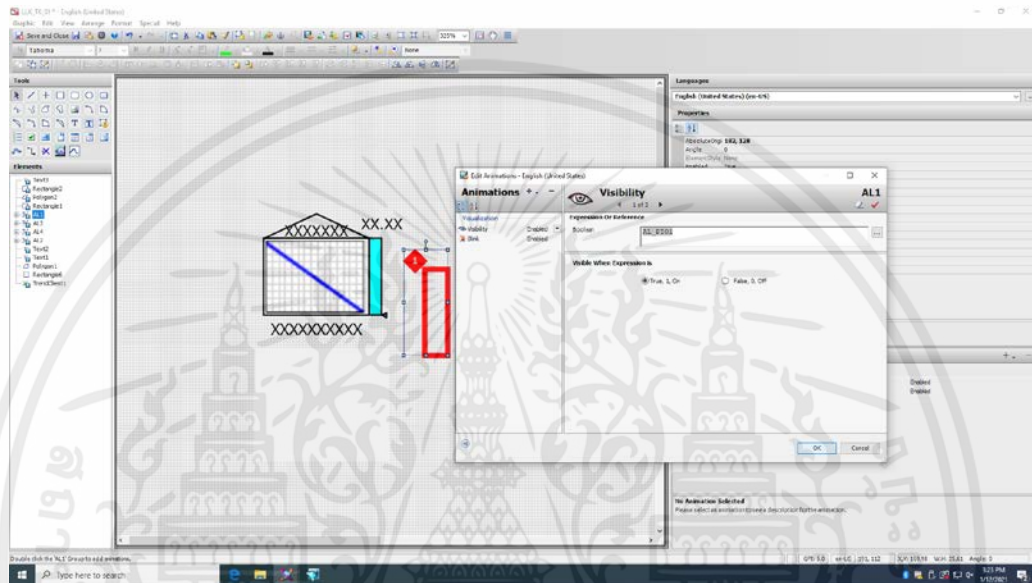
รูปที่ 3.127 แสดงการเขียนฟังก์ชันแสดงระดับน้ำมันในถังเก็บน้ำมัน

8) องค์ประกอบที่สาม คือ ช่วงลำดับความสำคัญ (Priority Ranges) เพื่อสามารถใช้ช่วงลำดับความสำคัญของการเตือนเพื่อกรองสัญญาณเตือนได้ Alarm Control สามารถแสดงสัญญาณเตือนภายในที่กำหนด แต่ละช่วงที่มีข้อความและสีพื้นหลังที่แตกต่างกันดังนี้

- หมายเลข 1 สีแดง คือ ลำดับความสำคัญที่ 1 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ AL\_PIO1
- หมายเลข 2 สีส้ม คือ ลำดับความสำคัญที่ 2 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 250-499 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ AL\_PIO2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หมายเลข 3 สีเหลือง คือ ลำดับความสำคัญที่ 3 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 500-749 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ AL\_PIO3
- หมายเลข 4 สีเขียว คือ ลำดับความสำคัญที่ 4 ช่วงลำดับความสำคัญเป็น 750-999 โดยมี Tag ที่เก็บข้อมูลคือ AL\_PIO4
- โดยช่อง Boolean ใส่ชื่อ Tag ที่เก็บข้อมูล จากนั้นเลือก True,1,On เพื่อให้ Priority Ranges แสดงขึ้นเมื่อมีค่าสัญญาณเข้ามา



รูปที่ 3.128 แสดงตัวอย่างการเขียนฟังก์ชันการแสดงสถานะช่วงลำดับความสำคัญของถังเก็บน้ำมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดสอบและผลการทดสอบ

#### 4.1 การทดสอบ Factory Acceptance Test (FAT)

การทดสอบ Factory Acceptance Tests (FAT) คือ การทดสอบอุปกรณ์ ณ โรงงานผลิต เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์และโครงการว่าเป็นไปตามการออกแบบหรือไม่ ก่อนที่จะดำเนินการส่งมาติดตั้งที่พื้นที่หน้างานของโครงการ ซึ่งรูปแบบของเอกสาร FAT จะสรุปขั้นตอนการทดสอบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ และสำหรับโครงการการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ แบ่งขั้นตอนการทดสอบ FAT ได้ 4 ส่วน ดังนี้

##### 4.1.1 FAT การตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check)

การทดสอบนี้แสดงรายการสิ่งของและปริมาณวัสดุที่ส่งมอบได้สำหรับโครงการมีวิศวกรเป็นผู้ทดสอบและมีพยานเจ้าของโครงการร่วมด้วย ต้องตรวจสอบว่ารายการและปริมาณวัสดุถูกต้องและครบถ้วนตามที่เสนอในเอกสารวัสดุและอุปกรณ์หรือ BOM ( Bill of Materials)

Deliverable Materials Check

| ITEM | DESCRIPTION                                                 | MANUFACTURER | MODEL             | P/N-DESCRIPTION | SN | UNIT | QTY | ACCEPTABLE | UNACCEPTABLE | REMARK |
|------|-------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|-----------------|----|------|-----|------------|--------------|--------|
| 1    | PLC                                                         |              |                   |                 |    |      |     |            |              |        |
| 1.01 | PLC 6 slot Ethernet backplane PWS independent Schneider     | Schneider    | 01E4SP0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.02 | Industrial High Power supply AC 110/220VDC Schneider        | Schneider    | 01E4CP0002        |                 |    | 4    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.03 | MSK CPU independent temp. 40 with remote Schneider          | Schneider    | 01E4MS0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.04 | MSK Independent I/O Single Slot Fiber Optical IOP Schneider | Schneider    | 01E4IO0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.05 | Memory slot 10 Slot 4 Gb for MSK CPU Schneider              | Schneider    | 01E4MS0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              | (SFP)  |
| 1.06 | MSK Ethernet Network module Schneider                       | Schneider    | 01E4MS0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.07 | PLC 12 slot Ethernet backplane Schneider                    | Schneider    | 01E4SP0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.08 | Industrial High Power supply AC 110/220VDC Schneider        | Schneider    | 01E4CP0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.09 | MSK Ethernet Network module Schneider                       | Schneider    | 01E4MS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.10 | 12 Digital 24 VDC power supply module Schneider             | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.11 | 12 pre-processor module Schneider                           | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.12 | 12 Digital 24 VDC power supply module Schneider             | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.13 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.14 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.15 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.16 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.17 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 1.18 | 12 Analog input/output module Schneider                     | Schneider    | 01E4PS0002        |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2    | Enclosure for PLC Cabinet                                   |              |                   |                 |    |      |     |            |              |        |
| 2.01 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.02 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.03 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.04 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.05 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.06 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.07 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.08 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 2    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.09 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |
| 2.10 | 20 ENCLOSURE 400X600X1200mm IP67 (1st floor) 1st floor      | Siemens      | 6ES7300-0100-0AA0 |                 |    | 1    | Ex  | ✓          |              |        |

รูปที่ 4.1 แสดงเอกสารการตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Deliverable Materials Check**

| ITEM  | DESCRIPTION                 | MANUFACTURER | MODEL               | FUNCTION | QTY | UNIT | QTY | ACCEPTABLE | UNACCEPTABLE | REMARK |
|-------|-----------------------------|--------------|---------------------|----------|-----|------|-----|------------|--------------|--------|
| 3     | Accessories for Fabrication |              |                     |          |     |      |     |            |              |        |
| 3.01  | ACTING CHIEF OF JOB Crew    | Schneider    | AP71220             |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.02  | ACTING CHIEF OF JOB Crew    | Schneider    | AP71210             |          | 2   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.03  | ABX V-BT                    | Schneider    | ABX1000             |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.04  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.05  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.06  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.07  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.08  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.09  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.10  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.11  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.12  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.13  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.14  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.15  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.16  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.17  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.18  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.19  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.20  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.21  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.22  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.23  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.24  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.25  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.26  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.27  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.28  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.29  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.30  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.31  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.32  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.33  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.34  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.35  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.36  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.37  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.38  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.39  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.40  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.41  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.42  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.43  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.44  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.45  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.46  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.47  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.48  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.49  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.50  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.51  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.52  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.53  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.54  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.55  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.56  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.57  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.58  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.59  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.60  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.61  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.62  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.63  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.64  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.65  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.66  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.67  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.68  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.69  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.70  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.71  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.72  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.73  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.74  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.75  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.76  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.77  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.78  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.79  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.80  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.81  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.82  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.83  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.84  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.85  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.86  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.87  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.88  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.89  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.90  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.91  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.92  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.93  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.94  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.95  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.96  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.97  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.98  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.99  | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |
| 3.100 | ABX V-BT                    | Phos Energy  | Phos PL 10125 (24V) |          | 1   | EA   |     | ✓          |              |        |

รูปที่ 4.2 แสดงเอกสารการตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check)

จากการทดสอบแสดงรายการสิ่งของและปริมาณวัสดุที่ส่งมอบได้สำหรับโครงการ พบว่าผลการดำเนินงานในส่วนของการตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบโครงการนี้ จากการทำ FAT Test ณ ABEX HYDRAULICS & ENGINEERING วันที่ 11 กันยายน พ.ศ.2563 เป็นไปตามเอกสาร BOM ทั้งหมด

#### 4.1.2 FAT การทดสอบระบบ PLC (PLC System Test)

การทดสอบระบบนี้เพื่อตรวจสอบและทดสอบตู้ PLC Control และซอฟต์แวร์ PLC ฟังก์ชันการกำหนดค่าและควบคุมลอจิก โดยในการทดสอบระบบ PLC มีรายละเอียดดังนี้

##### 1) การตรวจสอบรายการและปริมาณวัสดุ (Bill of Materials)

การตรวจสอบรายการและปริมาณวัสดุ (Bill of Materials) เป็นการตรวจสอบวัสดุภายในตู้ PLC ที่ทำการจัดซื้อว่ารายละเอียดอุปกรณ์ตรงและเป็นไปตามใบจัดซื้อสินค้า BOM (Bill of Materials)

#### 2.1 Bill of Materials

##### 2.1.1 Reference Documents:

- a. PLC Control Panel General Arrangement

##### 2.1.2 Procedure

| Step | Test Description                                                                     | Complete | Comment |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------|
| 1    | Check all components in the cabinet against BOM in the General Arrangement drawings. | ✓        |         |
| 2    | Confirm all specified materials comply with require specifications                   | ✓        |         |
|      |                                                                                      |          |         |

รูปที่ 4.3 แสดงเอกสารการตรวจสอบรายการและปริมาณวัสดุ (Bill of Materials)

##### 2) การตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection)

การตรวจสอบตู้ PLC เป็นการตรวจสอบรายละเอียดต่างๆที่อยู่ภายในตู้ PLC เช่น ขนาดและสีของตู้ PLC การเชื่อมต่อภายในตู้ PLC การตรวจสอบ Power supply และระบบ Safety ภายในตู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INSPECTION OF CABINETS VISUAL CHECK SHEET**  
**CABINET APPEARANCE AND COMPONENT CHECK**

| Item     | Description of Check Point           | PASS                                | HOLD                                | FAIL | N/A | Punch List (CAR No.) |
|----------|--------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------|-----|----------------------|
| <b>1</b> | <b>Cabinet External Appearance</b>   |                                     |                                     |      |     |                      |
| 1.1      | Cabinet Name plates                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |      |     | wait 1 happy line    |
| 1.2      | Cabinet Appearance and Dimensions    | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 1.3      | Cabinet Colour (RAL7035)             | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 1.4      | Painting                             |                                     |                                     |      |     |                      |
| <b>2</b> | <b>Cabinet Mechanical Components</b> |                                     |                                     |      |     |                      |
| 2.1      | Cabinet Assembly                     | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 2.2      | Bill of Materials                    | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 2.3      | Door Operation (Open/Close)          | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 2.4      | Door Louvers and Filters             | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 2.5      | Internal Nameplates                  |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> |      |     | waiting infinite     |
| 2.6      | Plinth (installed)                   | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     | note 1 สลัก 1 ชิ้น   |
| 2.8      | Cable Entry                          | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     | ปิดสนิทแล้ว          |
| 2.9      | Gland Plates provided (removeable)   | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| <b>3</b> | <b>Cabinet Electrical Components</b> |                                     |                                     |      |     |                      |
| 3.1      | Terminal Identification              | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 3.2      | Terminal Mounting                    | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 3.3      | Terminal/Power Segregation           | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 3.4      | Terminal Power Protection Covers     |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> |      |     | to infinite          |
| 3.5      | Earth Bars provided                  | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| 3.6      | Power Distribution & Fusing          | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     |      |     |                      |
| Remarks: |                                      |                                     |                                     |      |     |                      |

Signed: \_\_\_\_\_ Date: 11/9/63

TEST BY: \_\_\_\_\_

WITNESS BY: \_\_\_\_\_

รูปที่ 4.4 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[illegible]

รูปที่ 4.5 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 2

[illegible]

รูปที่ 4.6 แสดงเอกสารการตรวจสอบตู้ PLC (Cabinet Visual Inspection) 3

### 3) การตรวจสอบการเปิดเครื่อง PLC (Power Up Inspection)

การตรวจสอบการเปิดเครื่อง PLC จะเป็นการตรวจสอบเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกันระหว่าง PLC, ซีพียู (CPU) และแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

**INSPECTION OF POWER UP CHECK CHECK SHEET**

| Item                                                                                                    | Description of Check Point                      | PASS          | HOLD | FAIL                 | N/A | Punch List (CAR No.) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------|------|----------------------|-----|----------------------|
| 1                                                                                                       | <b>Equipment Power Up</b>                       |               |      |                      |     |                      |
| 1.1                                                                                                     | PSU-01 power up                                 | /             |      |                      |     |                      |
| 1.2                                                                                                     | PSU-02 power up                                 | /             |      |                      |     |                      |
| 1.3                                                                                                     | PLC CPU Rack1 power up                          | /             |      |                      |     |                      |
| 1.4                                                                                                     | PLC CPU-Chassis B power up <i>Rack 2</i>        | /             |      |                      |     | <i>Rack 2</i>        |
| 1.5                                                                                                     | PLC I/O Chassis (EIO-01) power up <i>Rack 3</i> | /             |      |                      |     | <i>Rack 3</i>        |
| 1.6                                                                                                     | PLC I/O Chassis (EIO-02) power up               |               |      |                      | /   |                      |
| 1.7                                                                                                     | PLC I/O Chassis (EIO-03) power up               |               |      |                      | /   |                      |
| 1.8                                                                                                     | PLC Ethernet Switch                             | /             |      |                      |     |                      |
| 1.9                                                                                                     | Cabinet Fan                                     | /             |      |                      |     |                      |
| 1.10                                                                                                    | Cabinet Lamp                                    | /             |      |                      |     |                      |
| 1.11                                                                                                    | Thermostat and Power Receptacle                 | /             |      |                      |     |                      |
| 2                                                                                                       | <b>Redundancy 24VDC Power Supply operation</b>  | /             |      |                      |     |                      |
| 3                                                                                                       | Measure Feed Power Voltage (AC) _____ VAC       |               |      |                      |     |                      |
| <b>Remarks:</b><br> |                                                 |               |      |                      |     |                      |
| TEST BY: _____                                                                                          |                                                 | Signed: _____ |      | Date: <i>11/9/63</i> |     |                      |
| WITNESS BY: _____                                                                                       |                                                 | _____         |      | Date: <i>11/9/63</i> |     |                      |

รูปที่ 4.7 แสดงเอกสารการตรวจสอบการเปิดเครื่อง PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4) การตรวจสอบการกำหนดค่า PLC (PLC System Configuration)

การตรวจสอบการกำหนดค่า PLC เป็นการทดสอบเกี่ยวกับการกำหนด Module การเชื่อมต่อแบบ Ring Topology และการทดสอบระบบ Redundancy

| INSPECTION OF PLC SYSTEM CONFIGURATION<br>MODULE ASSIGNMENT AND RING TOPOLOGY |                                                                                    |               |      |               |     |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------|---------------|-----|----------------------|
| Item                                                                          | Description of Check Point                                                         | PASS          | HOLD | FAIL          | N/A | Punch List (CAR No.) |
| 1                                                                             | <b>Module Assignment</b>                                                           |               |      |               |     |                      |
| 1.1                                                                           | Each module on the CPU Rack 1 is installed as per PLC System Architecture drawings | /             |      |               |     |                      |
| 1.2                                                                           | Each module on the CPU Rack 2 is installed as per PLC System Architecture drawings | /             |      |               |     |                      |
| 1.3                                                                           | Each module on the I/O Rack 3 is installed as per PLC System Architecture drawings | /             |      |               |     |                      |
| 2                                                                             | <b>Ring Network Topology</b>                                                       |               |      |               |     |                      |
| 2.1                                                                           | Ring network connection is terminate as per PLC System Configuration               | /             |      |               |     |                      |
| 2.2                                                                           | CPU Rack and I/O Rack able to communicate when lost one connection at CPU Rack 1   | /             |      |               |     |                      |
| 2.3                                                                           | CPU Rack and I/O Rack able to communicate when lost one connection at CPU Rack 2   | /             |      |               |     |                      |
| 2.4                                                                           | CPU Rack and I/O Rack able to communicate when lost one connection at I/O Rack 3   | /             |      |               |     |                      |
| Remarks:<br>Add LAN wiring drawing PLC wiring diagram.                        |                                                                                    |               |      |               |     |                      |
| TEST BY: _____                                                                |                                                                                    | Signed: _____ |      | Date: 11/9/63 |     |                      |
| WITNESS BY: _____                                                             |                                                                                    | _____         |      | 11/9/63       |     |                      |

รูปที่ 4.8 แสดงเอกสารการตรวจสอบการกำหนดค่า PLC 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INSPECTION OF PLC SYSTEM CONFIGURATION**  
**CPU REDUNDANCY OPERATION**

| Item     | Description of Check Point                                                   | PASS | HOLD | FAIL | N/A | Punch List (CAR No.) |
|----------|------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|-----|----------------------|
| 1        | CPU Redundancy Operation                                                     |      |      |      |     |                      |
| 1.1      | CPU A action as Primary                                                      | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.2      | CPU B action as Sync                                                         | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.3      | CPU B take action as Primary after turn off CPU A                            | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.4      | CPU A take action as Sync after turn on CPU A                                | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.5      | CPU A take action as Primary after turn off CPU B                            | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.6      | CPU B take action as Sync after turn on CPU B                                | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.7      | CPU B take action as Primary after disconnect all ethernet cable on CPU A    | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.8      | CPU A take action as Sync after connect at least one ethernet cable on CPU A | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.9      | CPU A take action as Primary after disconnect all ethernet cable on CPU B    | ✓    |      |      |     |                      |
| 1.10     | CPU B take action as Sync after connect at least one ethernet cable on CPU B | ✓    |      |      |     |                      |
|          |                                                                              |      |      |      |     |                      |
|          |                                                                              |      |      |      |     |                      |
|          |                                                                              |      |      |      |     |                      |
|          |                                                                              |      |      |      |     |                      |
|          |                                                                              |      |      |      |     |                      |
| Remarks: |                                                                              |      |      |      |     |                      |

TEST BY: \_\_\_\_\_ Signed: \_\_\_\_\_ Date: 11/9/63

WITNESS BY: \_\_\_\_\_ Date: 11/9/63

รูปที่ 4.9 แสดงเอกสารการตรวจสอบการกำหนดค่า PLC 2

## 5) การตรวจสอบอินพุต/เอาต์พุตของ PLC (PLC I/O Check)

การตรวจสอบอินพุต/เอาต์พุตของ PLC เป็นการตรวจสอบ อินพุต/เอาต์พุตของ PLC ว่าสามารถใช้งานได้ทุก module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INSPECTION OF PLC I/O DIGITAL INPUT CHECK SHEET**

| Ch no.  | TAG NAME          | TAG DESCRIPTION                  | TYPE | TEST RESULT |      |       | Remark |
|---------|-------------------|----------------------------------|------|-------------|------|-------|--------|
|         |                   |                                  |      | PASS        | FAIL | OTHER |        |
| 1       | LLK_MOV4125_ZSC   | MOV-4097 FULLY CLOSE 4125        | DI   | /           |      |       |        |
| 2       | LLK_MOV4125_ZSO   | MOV-4097 FULLY OPEN 4125         | DI   | /           |      |       |        |
| 3       | LLK_MOV4125_XA    | MOV-4097 FAULT 4125              | DI   | /           |      |       |        |
| 4       | LLK_MOV4126_ZSC   | MOV-4144 FULLY CLOSE 4126        | DI   | /           |      |       |        |
| 5       | LLK_MOV4126_ZSO   | MOV-4144 FULLY OPEN 4126         | DI   | /           |      |       |        |
| 6       | LLK_MOV4126_XA    | MOV-4144 FAULT 4126              | DI   | /           |      |       |        |
| 7       | LLK_FS401D_LOW    | PUMP P-401D DISCHARGE FLOW LOW   | DI   | /           |      |       |        |
| 8       |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 9       | LLK_P401D_REMOTE  | PUMP-401D SCADA CONTROL SELECTED | DI   | /           |      |       |        |
| 10      | LLK_P401D_XSA_FLT | PUMP-401D COMMON ALARM           | DI   | /           |      |       |        |
| 11      | LLK_P401D_XXS_SHD | PUMP-401D COMMON SHUTDOWN        | DI   | /           |      |       |        |
| 12      | LLK_P401D_AVI     | PUMP-401D AVAIALE TO START       | DI   | /           |      |       |        |
| 13      | LLK_P401D_XSI_RDY | PUMP-401D PUMPSET READY TO RUN   | DI   | /           |      |       |        |
| 14      | LLK_P401D_RUN     | PUMP-401D RUNNING                | DI   | /           |      |       |        |
| 15      | LLK_P401D_STOP    | PUMP-401D STOPPED                | DI   | /           |      |       |        |
| 16      | LLK_P401D_TRIP    | PUMP-401D VSD TRIPED             | DI   | /           |      |       |        |
| 17      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 18      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 19      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 20      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 21      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 22      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 23      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 24      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 25      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 26      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 27      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 28      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 29      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 30      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 31      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| 32      |                   | SPARE                            | DI   | /           |      |       |        |
| Remark: |                   |                                  |      |             |      |       |        |

TEST BY: \_\_\_\_\_

WITNESS BY: \_\_\_\_\_

Signed: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Date: 11/9/63

11/9/63

รูปที่ 4.10 แสดงการตรวจสอบ Digital Input ของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INSPECTION OF PLC I/O DIGITAL OUTPUT CHECK SHEET**

| Ch no.  | TAG NAME          | TAG DESCRIPTION                     | TYPE | TEST RESULT |      |       | Remark |
|---------|-------------------|-------------------------------------|------|-------------|------|-------|--------|
|         |                   |                                     |      | PASS        | FAIL | OTHER |        |
| 1       | LLK_MOV4125_HSC   | MOV-4125 CLOSE COMMAND              | DO   | /           |      |       |        |
| 2       | LLK_MOV4125_HSO   | MOV-4125 OPEN COMMAND               | DO   | /           |      |       |        |
| 3       | LLK_MOV4126_HSC   | MOV-4126 CLOSE COMMAND              | DO   | /           |      |       |        |
| 4       | LLK_MOV4126_HSO   | MOV-4126 OPEN COMMAND               | DO   | /           |      |       |        |
| 5       |                   |                                     | DO   | /           |      |       |        |
| 6       | LLK_P401D_HS_STR  | PUMP-401D STOP COMMAND <i>start</i> | DO   | /           |      |       |        |
| 7       | LLK_P401D_HS_STP  | PUMP-401D START COMMAND <i>stop</i> | DO   | /           |      |       |        |
| 8       | LLK_P401D_PERMISS | PUMP-401D PERMISSIVE                | DO   | /           |      |       |        |
| 9       |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 10      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 11      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 12      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 13      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 14      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 15      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 16      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 17      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 18      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 19      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 20      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 21      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 22      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 23      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 24      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 25      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 26      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 27      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 28      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 29      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 30      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 31      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| 32      |                   | SPARE                               | DO   | /           |      |       |        |
| Remark: |                   |                                     |      |             |      |       |        |

Signed: \_\_\_\_\_ Date: 11/9/63

TEST BY: \_\_\_\_\_

WITNESS BY: \_\_\_\_\_

11/9/63

รูปที่ 4.11 แสดงการตรวจสอบ Digital Output ของ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**INSPECTION OF PLC I/O ANALOG INPUT CHECK SHEET**

| Ch no.  | TAG NAME     | TAG DESCRIPTION               | TYPE | TEST RESULT |     |     |     |      | Remark |
|---------|--------------|-------------------------------|------|-------------|-----|-----|-----|------|--------|
|         |              |                               |      | 0%          | 25% | 50% | 75% | 100% |        |
| 1       | LLK_PT4094   | P-401D DISCHARGE PRESSURE     | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 2       | LLK_PT4099   | P-401D SUCTION PRESSURE       | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 3       | LLK_TT497    | P-401D DISCHARGE TEMPERATURE  | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 4       | LLK_P401D_SC | MOTOR ACTIVE POWER FORM VSD   | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 5       | LLK_P401D_SI | MOTOR SPEED FEEDBACK FORM VSD | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 6       |              | SPARE                         | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 7       |              | SPARE                         | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 8       |              | SPARE                         | AI   | 0           | 25  | 50  | 75  | 100  |        |
| 9       |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 10      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 11      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 12      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 13      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 14      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 15      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 16      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 17      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 18      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 19      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 20      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 21      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 22      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 23      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 24      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 25      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 26      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 27      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 28      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 29      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 30      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 31      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| 32      |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |
| Remark: |              |                               |      |             |     |     |     |      |        |

TEST BY: \_\_\_\_\_

WITNESS BY: \_\_\_\_\_

Signed: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_

11/9/62

11/9/63

รูปที่ 4.12 แสดงการตรวจสอบ Analog Input ของ PLC

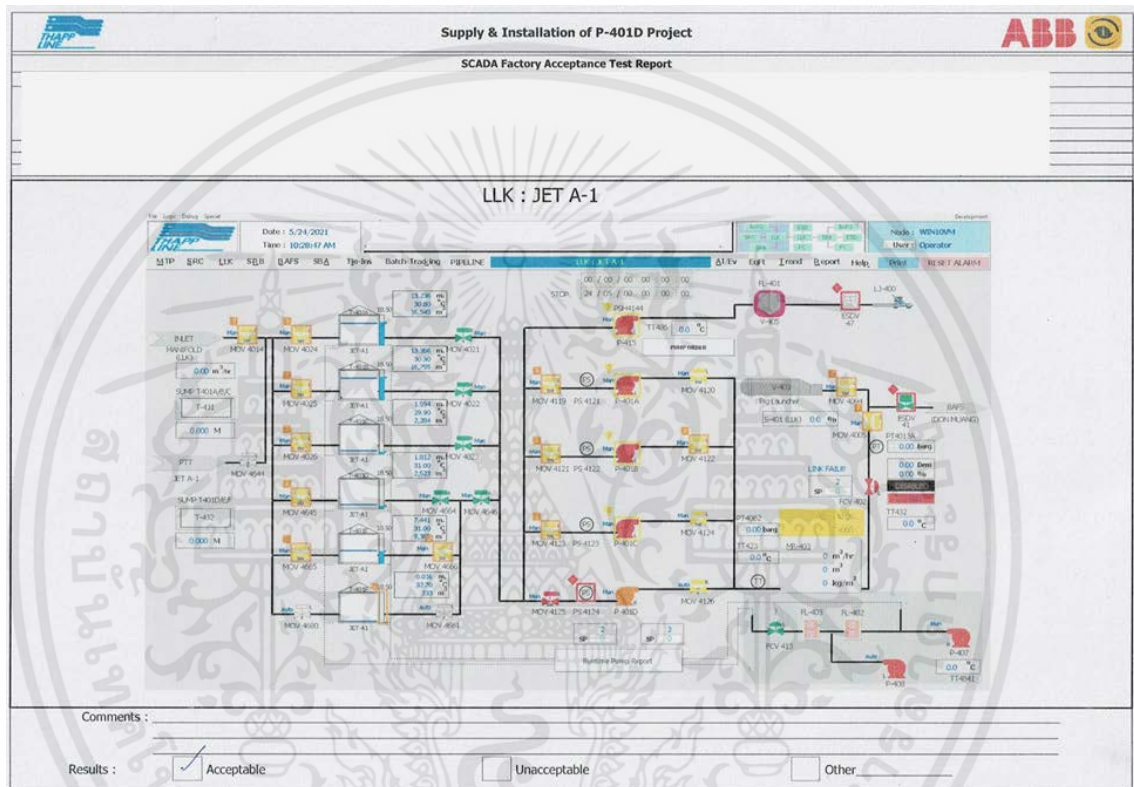
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



#### 4.1.3.1 การทดสอบหน้าแสดงผลหลัก

การทดสอบหน้าจอแสดงผลหลักนี้ เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าหน้าจอหลักมีองค์ประกอบการแสดงผลต่าง ๆ ครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ โดยหน้าจอแสดงผลหลักที่ทำการทดสอบมี 2 หน้าจอ คือ

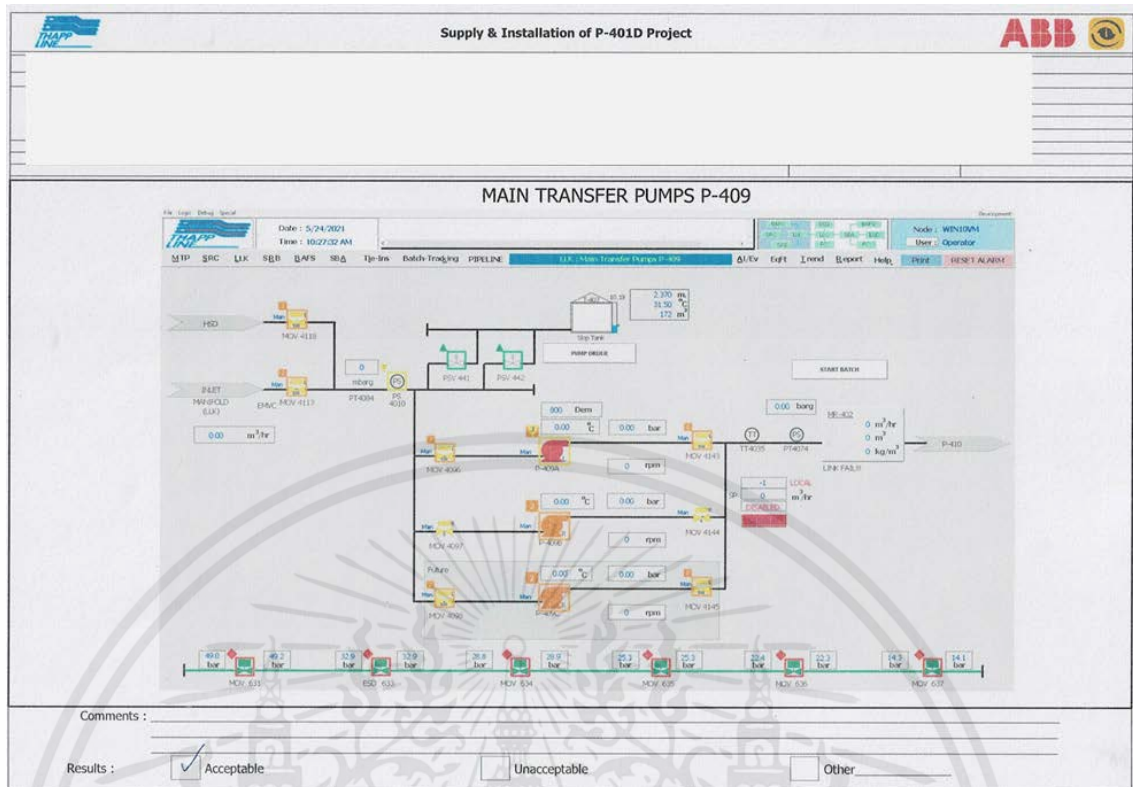
- 1) หน้าจอแสดงผลหลักของสถานีที่ 1



รูปที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลหน้าจอหลักของสถานีที่ 1

- 2) หน้าจอแสดงผลหลักของสถานีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลหน้าจอหลักของสถานีที่ 2

โดยผลการดำเนินงานในส่วนของการทดสอบหน้าจอแสดงผลหลักทั้ง 2 หน้า มีผลการทดสอบ คือ ผ่านการทดสอบ หน้าจอหลักทั้ง 2 หน้า มีองค์ประกอบการแสดงผลต่าง ๆ ครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ

#### 4.1.3.2 การทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์ (Symbol)

การทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์นี้ เป็นการทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าสัญลักษณ์ต่าง ๆ มีองค์ประกอบครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ โดยสัญลักษณ์ที่ทำการทดสอบมี 2 ส่วน คือ

- 1) การทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์วาล์ว
  - ผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 1

|                                                                                   |                                                    |                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |   |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                                                                                                         |
| REPORT NO. : P1202030-01-EN-COM-001-JC-003                                        |                                                    |                                                                                                                                                                         |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           |                                                    |                                                                                                                                                                         |
| <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                                                         |                                                    |                                                                                                                                                                         |
| IOC'S ENGINEER :<br>THAPLINE'S WITNESS :                                          |                                                    |                                                                                                                                                                         |



**NAME :**

| APPEARANCE           | PASS                                | FAIL                     |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Tag name             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve open status    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve close status   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b> |                                     |                          |
| Open/Close button    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

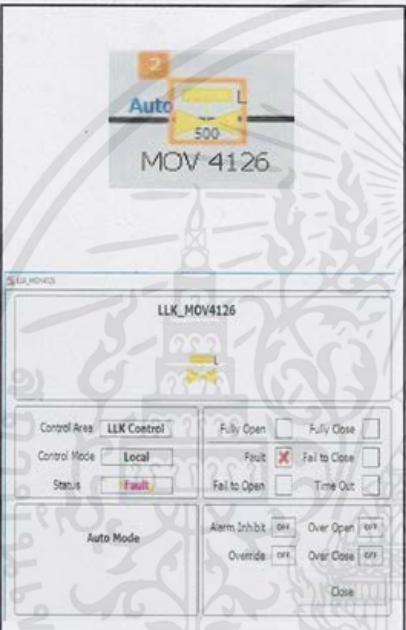
\_\_\_\_\_

รูปที่ 4.16 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 1 MOV4125

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                   |                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |  |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                     |
| REPORT NO. : P3202030-01-EN-CON-001-JC-003                                        |                                                    |                                                                                     |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           |                                                    |                                                                                     |
| <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                                                         |                                                    |                                                                                     |
| ICC'S ENGINEER :                                                                  |                                                    |                                                                                     |
| THAPLINE'S WITNESS :                                                              |                                                    |                                                                                     |



Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NAME : MANUAL VALVE GV202**

| APPEARANCE           | PASS                                | FAIL                     |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Tag name             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve open status    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve close status   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b> |                                     |                          |
| Open/Close button    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

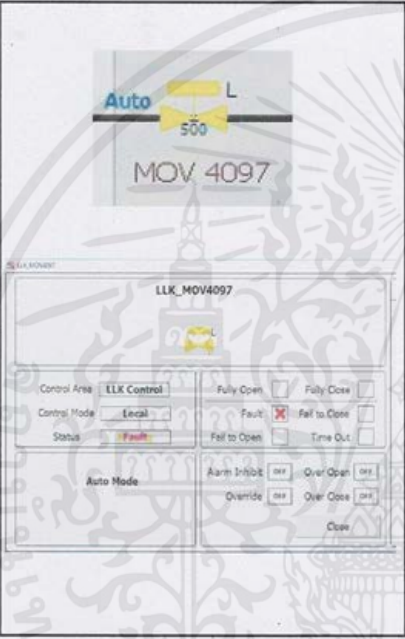
รูปที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 1 MOV4126

— ผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                   |                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |  |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                     |
| REPORT NO. : P1202030-01-EN-CON-001-JC-003                                        |                                                    |                                                                                     |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           |                                                    |                                                                                     |
| <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                                                         |                                                    |                                                                                     |
| IOC'S ENGINEER :<br>THAPLINE'S WITNESS :                                          |                                                    |                                                                                     |



**NAME :**

| APPEARANCE           | PASS                                | FAIL                     |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Tag name             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve open status    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve close status   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b> |                                     |                          |
| Open/Close button    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

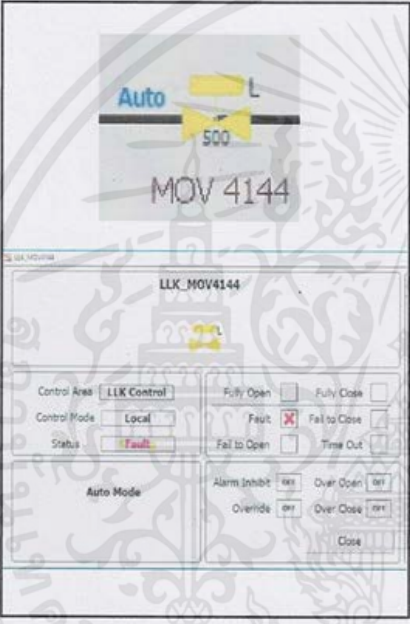
\_\_\_\_\_

รูปที่ 4.18 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 2 MOV4097

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                   |                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |  |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                     |
| REPORT NO. :                                                                      | PJ202030-01-EN-CON-001-JC-003                      |                                                                                     |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           | <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                          |                                                                                     |
| ICC'S ENGINEER :                                                                  |                                                    |                                                                                     |
| THAPLINE'S WITNESS :                                                              |                                                    |                                                                                     |



Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**NAME : MANUAL VALVE GV202**

| APPEARANCE           | PASS                                | FAIL                     |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Tag name             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve open status    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Valve close status   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b> |                                     |                          |
| Open/Close button    | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

รูปที่ 4.19 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของวาล์วจากสถานีที่ 2 MOV4144

2) การทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์ปั๊ม

- ผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                   |                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |  |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                     |
| REPORT NO. :                                                                      | PJ202030-01-EN-CON-001-JC-003                      |                                                                                     |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           | <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                          |                                                                                     |
| ICC'S ENGINEER :                                                                  |                                                    |                                                                                     |
| THAPPLINE'S WITNESS :                                                             |                                                    |                                                                                     |



Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

|                               |  |                                     |                          |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|--------------------------|
| <b>NAME :</b>                 |  |                                     |                          |
| <b>APPEARANCE</b>             |  | <b>PASS</b>                         | <b>FAIL</b>              |
| Tag name                      |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump Running Status           |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump stop status              |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Remote/Local status           |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto/Manual mode status       |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ready status                  |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b>          |  |                                     |                          |
| Open/Close button             |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto/Manual button            |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Alarming/Event</b>         |  |                                     |                          |
| Pump trip status              |  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| Pump fail to run status       |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump fail to stop status      |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| All activity show Alarm&Event |  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

รูปที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 1 P-401D

– ผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                                                                                   |                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Supply &amp; Installation of P-401D Project</b> |  |
| <b>SCADA Factory Acceptance Test Report</b>                                       |                                                    |                                                                                     |
| REPORT NO. :                                                                      | PJ202030-01-EN-COR-001-JC-003                      |                                                                                     |
| FIELD INSPECTION ITEM :                                                           | <b>SCADA SYMBOL CHECK</b>                          |                                                                                     |
| ICC'S ENGINEER :                                                                  |                                                    |                                                                                     |
| THAPLINE'S WITNESS :                                                              |                                                    |                                                                                     |



Remark : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

|                               |                                     |                          |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| <b>NAME :</b>                 |                                     |                          |
| <b>APPEARANCE</b>             | <b>PASS</b>                         | <b>FAIL</b>              |
| Tag name                      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump Running Status           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump stop status              | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Remote/Local status           | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto/Manual mode status       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ready status                  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Functionality</b>          |                                     |                          |
| Open/Close button             | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Auto/Manual button            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Alarming/Event</b>         |                                     |                          |
| Pump trip status              | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> |
| Pump fail to run status       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Pump fail to stop status      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| All activity show Alarm&Event | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

รูปที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบการแสดงผลของปั๊มจากสถานีที่ 2 P-409B

โดยผลการดำเนินงานในส่วนของการทดสอบการแสดงผลของสัญลักษณ์ทั้ง 2 ส่วนนี้ มีผลการทดสอบ คือ ผ่านการทดสอบ โดยสัญลักษณ์ทั้ง 2 ส่วน มีองค์ประกอบการแสดงผลต่าง ๆ ครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

















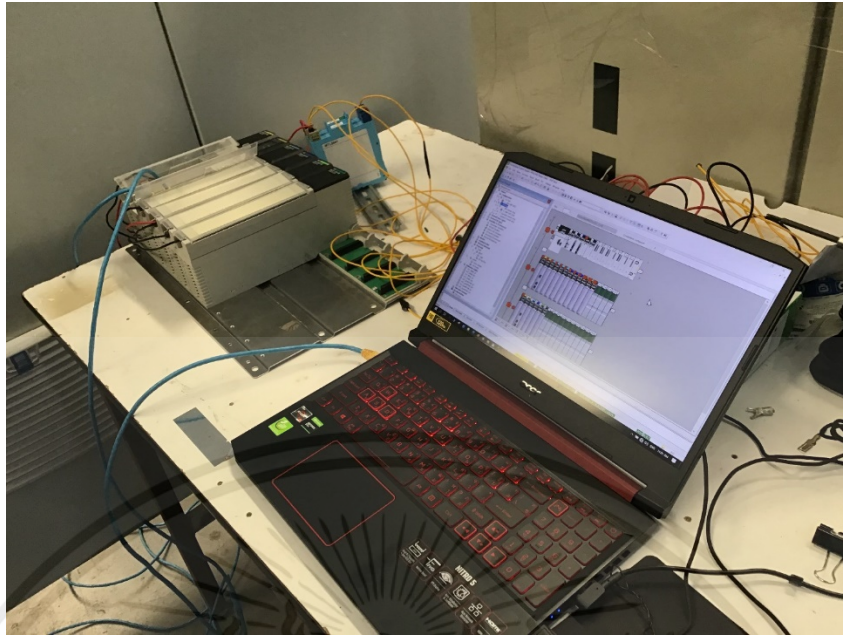


รูปที่ 4.30 แสดงการทำ FAT test ร่วมกับวิศวกร infinite control และเจ้าของโครงการ 1



รูปที่ 4.31 แสดงการทำ FAT test ร่วมกับวิศวกร infinite control และเจ้าของโครงการ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 แสดงการเชื่อมต่อเพื่อทดสอบ input/output ของ PLC



รูปที่ 4.33 แสดงตู้ PLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการดำเนินการ

โครงการฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายสำคัญคือ การเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อโดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA เพื่อรองรับการเพิ่มอุปกรณ์ได้แก่ ปั๊ม ทราน สมิตเตอร์ และวาล์ว เข้าไปในระบบการขนส่งน้ำมันทางท่อระบบเดิม เพื่อขยายและแก้ไขการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และแก้ไขระบบ SCADA เพื่อให้ผู้ใช้สามารถทำการควบคุมระบบทั้งหมดได้จากห้องควบคุม ซึ่งจากการดำเนินการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ โดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA พบว่า การทดสอบในขั้นตอนการทำ FAT ทั้ง 4 ขั้นตอนสามารถสรุปผลการทดสอบได้ ดังนี้

1. การตรวจสอบวัสดุที่ส่งมอบ (Deliverable Materials Check) เป็นไปตามเอกสารวัสดุและอุปกรณ์หรือ BOM ทั้งหมด
2. การทดสอบระบบ PLC (PLC System Test) มีความถูกต้องของสถานะอุปกรณ์ต่างๆ ประมาณ 99%
3. การทดสอบการแสดงผลของหน้าจอ SCADA (FAT : SCADA System) มีการแสดงผลของทั้งสถานีที่ 1 (P-401D) และสถานีที่ 2 (P-409B) ครบถ้วนเป็นไปตามมาตรฐาน และสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ
4. การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC ร่วมกับการแสดงผลผ่านหน้าจอ SCADA (FAT : Control Function Scenario Test) ฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC สามารถทำงานได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและครอบคลุมเงื่อนไขการทำงานของระบบทั้งหมด รวมทั้งสามารถแสดงผลการทำงานของโปรแกรม PLC ผ่านทางหน้าจอ SCADA ได้อย่างถูกต้องตามที่ต้องการ

จากผลการทดสอบจึงสามารถสรุปได้ว่าเมื่อดำเนินการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของปั๊มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ โดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA แล้วสามารถขยายและแก้ไขการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและสามารถแก้ไขระบบ SCADA ให้ผู้ใช้สามารถทำการควบคุมระบบทั้งหมดจากห้องควบคุมได้ตามที่ต้องการ

#### 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

1. ไม่มีความเชี่ยวชาญทางด้าน System platform มากพอ ทำให้ขั้นตอนในการทำในส่วนนี้มีความล่าช้า

2. ด้วยเป็นโครงการแบบต่อเนื่อง เป็นการแก้ไขและเพิ่มส่วนต่าง ๆ เข้าไปในระบบเดิม ทำให้ต้องใช้เวลาในการศึกษารายละเอียดโครงการของระบบเดิมค่อนข้างนาน
3. การแก้ไขรายละเอียดบางส่วนต้องใช้ระยะเวลารอคอยนาน ไม่สามารถทำได้ทันที เนื่องจากต้องผ่านการประชุมจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องก่อน จึงจะเริ่มดำเนินการได้
4. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลได้ไม่ดีพอในการดำเนินการ
5. ไม่สามารถดำเนินการทดสอบในขั้นตอน FAT ได้อย่างเป็นทางการร่วมกับผู้จ้างงาน ภายในระยะเวลาโครงการนี้ เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ทำให้แผนงานจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องขยับเลื่อนระยะเวลาออกไป ซึ่งฝ่ายที่เกี่ยวข้องคือบริษัทผู้จ้างงานและบริษัท อินฟินิท คอนโทรลที่เป็นผู้ร่วมงานหลักของโครงการนี้ แต่ได้ทำการทดสอบ FAT ภายในถึง 2 รอบด้วยกัน จึงสามารถสรุปได้ตามผลสรุปในข้อที่ 5.1 ได้
6. ไม่สามารถดำเนินการทดสอบในขั้นตอน SAT ได้ทันภายในระยะเวลาโครงการนี้ เนื่องจากสถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 ทำให้แผนงานจากฝ่ายที่เกี่ยวข้องต้องขยับเลื่อนระยะเวลาออกไป ซึ่งฝ่ายที่เกี่ยวข้องคือบริษัทผู้จ้างงานและบริษัท อินฟินิท คอนโทรลที่เป็นผู้ร่วมงานหลักของโครงการนี้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

การดำเนินการเพิ่มเติมและแก้ไขฟังก์ชันการทำงานของบีเอ็มสำหรับการขนส่งน้ำมันทางท่อ โดยใช้โปรแกรม PLC และ SCADA นั้น เป็นระบบที่มีความซับซ้อน ทั้งในส่วนของโปรแกรมที่มีรายละเอียดการใช้งานมาก หากไม่มีความรู้พื้นฐานจะต้องศึกษาด้วยคู่มือการใช้งานของโปรแกรมหรือหาข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตได้อีกทางหนึ่ง และนอกจากนี้ยังมีรายละเอียดเกี่ยวกับการทำงานของระบบขนส่งน้ำมันซึ่งต้องเข้าใจรูปแบบและเงื่อนไขการทำงานของระบบ และอุปกรณ์ที่จะใช้งานจึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการศึกษาและสอบถามข้อมูลเชิงลึกจากวิศวกรผู้ดูแลเพื่อทำความเข้าใจในระบบและนำออกแบบการทำงานได้อย่างถูกต้อง และเนื่องจากการทำงานในตำแหน่ง System Engineer งานที่รับผิดชอบส่วนใหญ่จะเป็นการทำงานด้านซอฟต์แวร์ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดระหว่างการทำงาน ได้ตั้งนั้นควรเตรียมพร้อมเกี่ยวกับอุปกรณ์เช่น คอมพิวเตอร์ แลปท็อป และอุปกรณ์การเชื่อมต่อต่างๆ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น และเพื่อป้องกันความผิดพลาดระหว่างทำงาน

จากปัญหาและอุปสรรคในข้อ 5.2 ข้อย่อยที่ 5 และ 6 พบว่าเป็นสถานการณ์ที่นอกเหนือจากการควบคุม การดำเนินการทำโครงการที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวกับคนและเวลาเช่นโครงการนี้ ควรมีแนวทางการรับมือสำหรับโครงการเพื่อไว้ หรือวางแผนขอบเขตงานให้รัดกุมกว่านี้ เพื่อที่จะดำเนินงานได้ตามจุดประสงค์ของโครงการได้อย่างดี

## บรรณานุกรม

ดร.ธีรเชษฐ์ สุรพันธุ์ และ ณัฐพล ตันสังวรณ. 2563. การสื่อสารในงานอุตสาหกรรมด้วยโพรโทคอล **Modbus**. [Online]. Available : [https://ozeki.hu/p\\_5843-ozeki-frame-format.html](https://ozeki.hu/p_5843-ozeki-frame-format.html).

ปลุกดันไม้ละกัน. 2559. **VMware คืออะไร มีประโยชน์อะไร**. [Online]. Available : <http://vmbyboat.blogspot.com/2016/05/vmware.html>.

AVEVA. 2007. **System Platform 2017 Update 3 Getting Started Guide**. [Online]. Available: [https://d2uars7xkdmztq.cloudfront.net/app\\_resources/47721/documentation/160867\\_en.pdf](https://d2uars7xkdmztq.cloudfront.net/app_resources/47721/documentation/160867_en.pdf).

AVEVA .2020. **AVEVA System Platform 2020 Getting Started Guide**. [Online]. Available : <https://cdn.logic-control.com/docs/aveva/SystemPlatformGettingStarted.pdf>.

CHAITANYA SINGH. 2020. **Computer Network Topology – Mesh, Star, Bus, Ring and Hybrid**. [Online]. Available : <https://beginnersbook.com/2019/03/computer-network-topology-mesh-star-bus-ring-and-hybrid/>.

DMC. 2019. **Wonderware ArchestrA Object Basics**. [Online]. Available: <https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/id/9883/wonderware-archestra-object-basics-creating-efficient-and-powerful-objects>.

Invensys Systems, Inc.2007. **Wonderware System Platform Getting Started Guide**. [Online]. Available: <http://cdn.logic-control.com/media/SystemPlatformGettingStartedGuide.pdf>.

Invensys Systems, Inc.2012. **Wonderware ArchestrA System Platform 2012 R2 with InTouch 2012 R2 Getting Started Guide**. [Online]. Available: <http://docshare01.docshare.tips/files/31178/311785831.pdf>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Modbus Organization. 2006. **MODBUS MESSAGING ON TCP/IP IMPLEMENTATION GUIDE V1.0b**. [Online]. Available : [https://www.modbus.org/docs/Modbus\\_Messaging\\_Implementation\\_Guide\\_V1\\_0b.pdf](https://www.modbus.org/docs/Modbus_Messaging_Implementation_Guide_V1_0b.pdf).

Nortel Networks. 2009. **InTouch User Guide**. [Online]. Available: <https://downloads.avaya.com/css/P8/documents/100096493>.

Ozeki Ltd. 2002. **Control modbus with TCP protocol**. [Online]. Available : [https://ozeki.hu/p\\_5852-ozeki-tcp.html](https://ozeki.hu/p_5852-ozeki-tcp.html).

Ozeki Ltd. 2002. **Modbus frame format types**. [Online]. Available : [https://ozeki.hu/p\\_5843-ozeki-frame-format.html](https://ozeki.hu/p_5843-ozeki-frame-format.html).

Pace University. 2006. **Ring Topology**. [Online]. Available : <http://webpage.pace.edu/ms16182p/networking/ring.html>.

Sbayitstore. 2019. **VMWARE WORKSTATION PLAYER คืออะไรและการติดตั้ง**. [Online]. Available : <https://www.sbayit.com/?p=1010>.

Schneider Electric. **PLC, PAC and Dedicated Controllers**. [Online]. Available : <https://www.se.com/ww/en/product-category/3900-plc%2C-pac-and-dedicated-controllers/?filter=business-1-industrial-automation-and-control>.

Schneider Electric. **Concept Software**. [Online]. Available : <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/545-concept-software/>.

Schneider Electric. **EcoStruxure Control Expert (Unity Pro)**. [Online]. Available : <https://www.se.com/ww/en/product-range/548-ecostruxure-control-expert-%28unity-pro%29/?parent-subcategory-id=5140&filter=business-1-industrial-automation-and-control>.

Sonic Automation. 2019. **การสื่อสารผ่าน Modbus TCP/IP**. [Online]. Available : <https://sonicautomation.co.th/2019/>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sornchai Leeji. 2013. **อุปกรณ์รับ และแสดงผล**. [Online]. Available:  
<https://sornchailee.wordpress.com>.

Suchaiyut. 2556. **โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบวงแหวน (ring topology)**. [Online].  
 Available : <http://suchaiyut.blogspot.com/p/ring.html>.

VMware Pages. 2019. **Using VMware Workstation Pro**. [Online]. Available :  
<https://docs.vmware.com/en/VMware-Workstation-Pro/15.0/com.vmware.ws.using.doc/GUID->

WinTECH Software Design. 2017. **Evaluation Software**. [Online]. Available:  
<https://www.win-tech.com/html/demos.htm>.

WinTECH Software Design. 2009. **ModScan32...Application Description**. [Online].  
 Available: <https://www.win-tech.com/html/modscan32.htm>.

WinTECH Software Design. 1996. **ModSim32...Application Description**. [Online].  
 Available: <https://www.win-tech.com/html/modsim32.htm>.

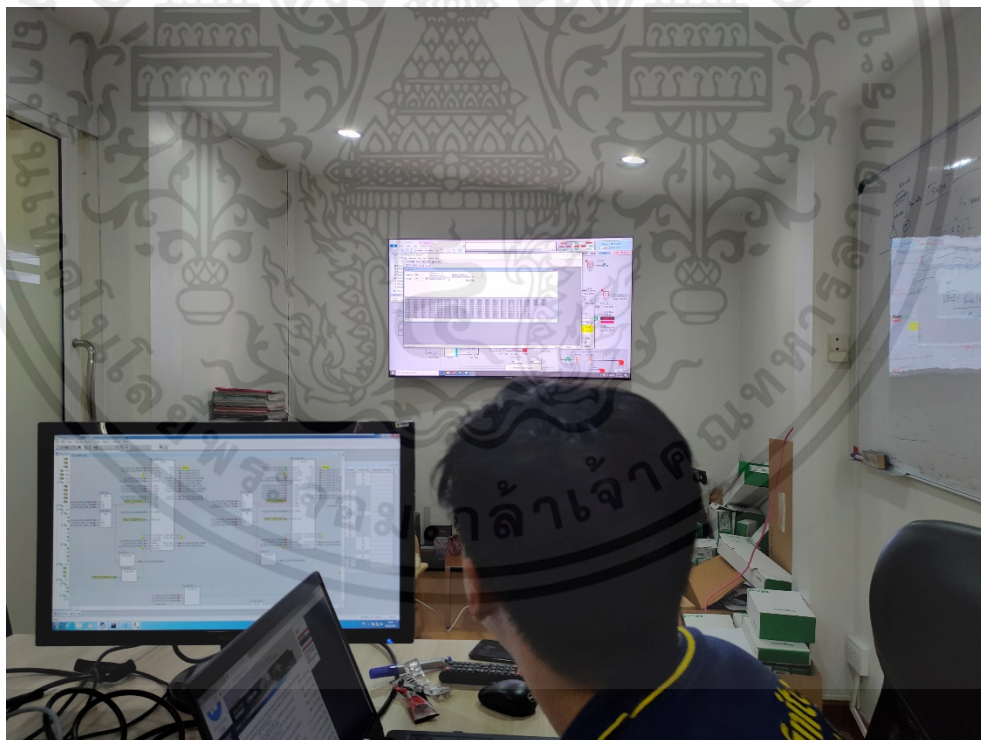
## ภาคผนวก

### การทดสอบ FAT

#### ก.1 ภาพเบื้องหลังการทดสอบ FAT

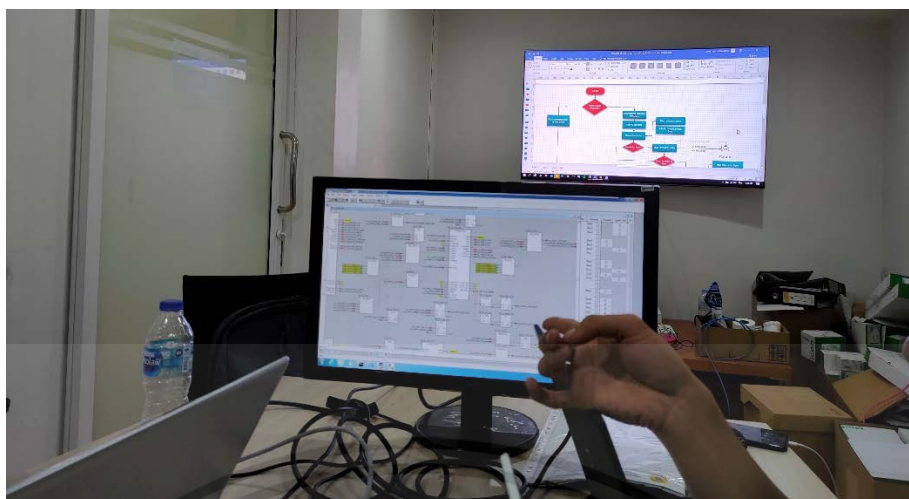
การทดสอบ FAT ในส่วนของ FAT การทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม PLC ร่วมกับการแสดงผลผ่านหน้าจอ SCADA (FAT : Control Function Scenario Test) ภายในโครงการแบบไม่เป็นทางการ เป็นการทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ 2 เครื่อง โดยเครื่องแรกรันโปรแกรมของ PLC ส่วนอีกเครื่องรันโปรแกรมของหน้าจอ SCADA โดยเชื่อมต่อและส่งข้อมูลผ่านโปรแกรม Modsim32 และโปรแกรม Modscan และทดสอบโดยการจำลองการใส่ค่าตามเงื่อนไขการทำงานของโปรแกรมและบันทึกผลลัพธ์ในรูปแบบเอกสาร FAT ที่ได้จัดทำไว้เบื้องต้น โดยการทดสอบมีผู้ให้คำปรึกษาและควบคุมดูแลจากบริษัทอินฟินิท คอนโทรล เข้าร่วมด้วย

การทดสอบในขั้นตอนนี้ได้จัดทำเป็นวิดีโอเพื่อประกอบผลการทดสอบสามารถดูประกอบความเข้าใจในส่วนนี้ได้ ที่ลิ้งค์ <https://youtu.be/SDs6-3-dXZk>

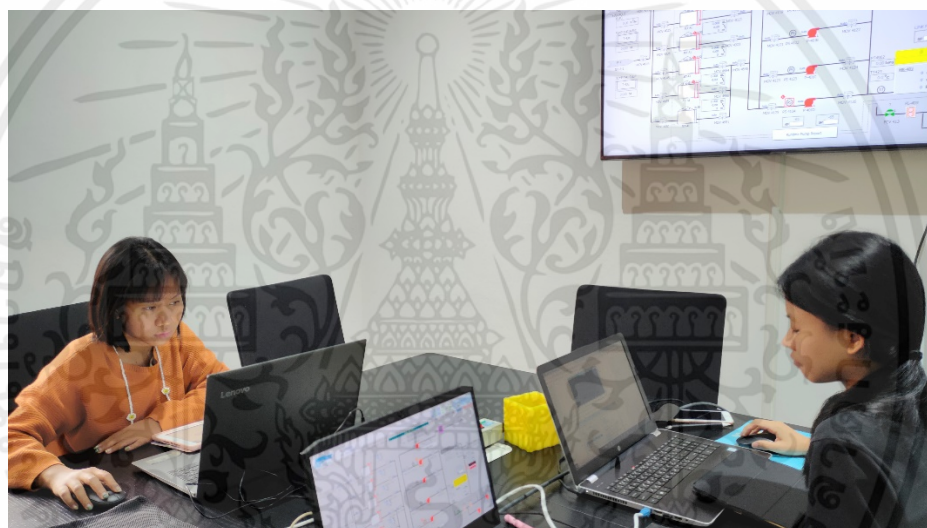


ก.1 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 1

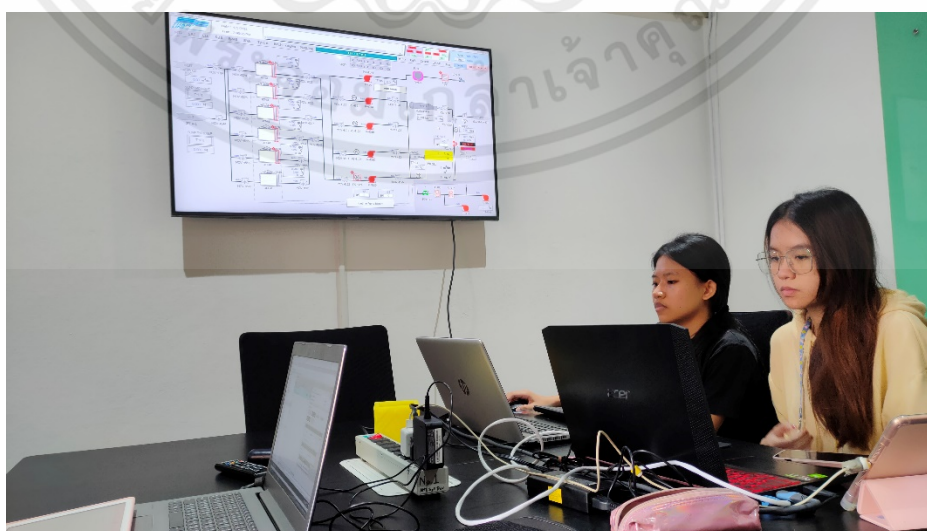
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.2 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 2



ก.3 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 3



ก.4 แสดงบรรยากาศการทดสอบ FAT 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้