รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง
Instrument Tester and Simulation

นายฐิติพงษ์ จันทร์ทำ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

Instrument Tester and Simulation

นายฐิติพงษ์ จันทร์ทำ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

ชื่อ - สกุล นักศึกษา นายฐิติพงษ์ จันทร์ทำ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ - สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.สักรียา ชิตวงศ์

ชื่อ - สกุล ผู้นิเทศงาน นายวิเชียร นามสนธ์

สถานประกอบการ บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้อธิบายถึงการสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง ที่ใช้ PLC Allen Bradley CompactLogix – L31 เป็นคอนโทรลเลอร์และ Wonderware InTouch เป็น SCADA สำหรับสั่งงานและแสดงผล โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการทดสอบทรานสมิตเตอร์ ที่สัญญาณมาตรฐาน เอาต์พุตเป็น 4–20 mA และสามารถรองรับการทดสอบทรานสมิตเตอร์ทั้ง 4 ชนิดหลัก คือ Pressure Transmitter, Level Transmitter, Temperature Transmitter และ Flow Transmitter นอกจากนั้นมีแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC 220 VAC และ 110 VAC ในชุดทดสอบ เพื่อรองรับสำหรับการทดสอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ เช่น Solenoid valve, Motor driver valve เป็นต้น และชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงนี้ ยังถูกใช้เป็นชุดฝึกอบรมสำหรับฝึกอบรมให้กับผู้ที่สนใจศึกษาเกี่ยวกับ PLC และมีการจำลองกระบวนการ Raw water forwarding system ซึ่งเป็นกระบวนที่ใช้ในการส่งน้ำดิบจากบ่อพักน้ำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าหนองแซง โดยใช้ PLC ในการควบคุมกระบวนการและมี SCADA ในการสั่งงานและแสดงผล สำหรับผู้ที่สนใจในการนำ PLC มาใช้ในการควบคุมกระบวนการอัตโนมัติ สามารถศึกษาจากกระบวนการ Raw water forwarding system ที่จำลองขึ้นได้ โดยสามารถเข้าใจได้ง่าย เพราะเป็นกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนมาก นอกจากจะสังเกตการทำงานของกระบวนการได้จาก SCADA แล้วยังสามารถต่ออุปกรณ์เอาต์พุต เพื่อสังเกตการทำงานได้

คำสำคัญ : PLC, SCADA, Wonderware InTouch

Cooperative Title: Instrument Tester and Simulation
Student intern name: Mr. Titipong Juntum
Faculty: Engineering **Department:** Instrumentation and Control Engineering
Advisor name: Assoc. Prof. Sakreya Chitwong
Mentor name: Mr. Wichian Namson
Company: Gulf JP NS Public Company Limited

ABSTRACT

This co-operative education report presents the methodology to design the instrument tester and simulation. It used PLC Allen Bradley CompactLogix – L31 as a controller and Wonderware InTouch as SCADA to command and display the process. The objective of this report is to test 4-20 mA transmitters as well as being able to test four types of transmitters: pressure, level, temperature, and flow transmitters. This report includes a 24 VDC, a 220 VAC and a 110 VAC voltage source in the instrument tester and simulation to support testing of components that require an power supply such as solenoid valves and motor driver valves. The instrument tester and simulation can also be used to train those interested in PLC, as well as including the raw water forwarding system that the process of transporting raw water from a reservoir to the electricity generation process in Nong Saeng power plant. The process uses PLC to control the process and implements SCADA to execute commands and display. The process has simplified the simulation of the raw water forwarding system process so that those interested can easily observe the output of the process from SCADA as well as connect the system to the output devices to visualize the process.

Keywords : PLC, SCADA, Wonderware Intouch

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านก่อนอื่นต้องขอขอบพระคุณ บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน) หรือโรงไฟฟ้าหนองแซง ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปฝึกปฏิบัติงานในโครงการสหกิจศึกษา ตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคการศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานด้านวิศวกรรมการวัดคุมมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการทำงานในอนาคตและต้องกราบขอบพระคุณคุณวิเชียร นามสนธ์ หัวหน้าแผนกซ่อมบำรุงระบบควบคุมและเครื่องมือวัด และผู้นิเทศงาน รวมไปถึงพนักงานในแผนกซ่อมบำรุงระบบควบคุมและเครื่องมือวัดทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้ประสบการณ์ในการทำงาน

ขอขอบพระคุณ รศ.สักรียา ชิตวงศ์ อาจารย์นิเทศงาน ที่ได้ให้คำแนะนำตรวจแก้รายงานฉบับนี้ และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่ข้าพเจ้าตลอดมา และขอขอบพระคุณคณาจารย์หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ทุกท่านที่ได้สั่งสอนให้ความรู้อันเป็นประโยชน์ต่อการทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้

ฐิติพงษ์ จันทร์ทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VII

สารบัญตาราง XI

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 3

1.4 วิธีดำเนินงาน 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

2.1 บทนำ 5

2.2 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม 5

2.2.1 ความหมายของ PLC 5

2.2.2 Programable logic control (PLC) 5

2.2.3 ส่วนประกอบของ PLC 7

2.2.4 ชนิดของ PLC 11

2.2.5 อุปกรณ์การโปรแกรม 12

2.2.6 ความสามารถของ PLC 14

2.2.7 ขนาดของ PLC 14

2.2.8 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม 15

2.3 Communication ที่ใช้โนโครงการ 18

2.3.1 RS-232 18

2.3.2 DF1 Protocol 22

2.3.3 OPC (OLE for Process Control) 22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 SCADA 23

2.4.1 องค์ประกอบของ SCADA 24

2.4.2 ประเภทงานที่เหมาะสมกับ SCADA 25

2.4.3 รูปแบบของ SCADA 26

2.4.4 ส่วนประกอบของ SCADA 26

2.4.5 ฐานข้อมูลของ SCADA 27

2.4.6 การแปลงข้อมูล SCADA Protocol 28

2.5 Hardware ที่ใช้ในโครงงาน 29

2.5.1 PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 (1769-L31) 29

2.5.2 I/O Module 32

2.5.3 Switching power supply 24 VDC 10 A 35

2.5.4 Adapter transformer stepdown (220 VAC to 110 VAC) 36

2.5.5 Relay 38

2.5.6 Switch 40

2.6 Software ที่ใช้ในโครงงาน 42

2.6.1 RSLogix5000 42

2.6.2 RSLinx classic gateway 42

2.6.3 Wonderware InTouch 43

บทที่ 3 การสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมืองจริง

3.1 บทนำ 45

3.2 ออกแบบฟังก์ชันการทำงาน (Function design) 45

3.3 ออกแบบโครงสร้างภายนอก 46

3.4 ออกแบบวงจรไฟฟ้า 48

3.5 ออกแบบโปรแกรมทางลอจิก (PLC) และสกาดา (SCADA) 49

3.5.1 ออกแบบโปรแกรมทางลอจิก (PLC) 49

3.5.2 ออกแบบการทำงานบนสกาดา (SCADA) 52

3.6 ออกแบบกระบวนการการควบคุมอัตโนมัติที่นำมาทดสอบ 56

3.7 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อดาวน์โหลดลง PLC controller 64

3.8 ขั้นตอนการ Configuration ให้ Software สามารถติดต่อกับ PLC ได้ 73

3.9 Wonderware InTouch Configuration 75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.10 การดำเนินงานสร้างชิ้นงานตามที่ออกแบบทั้งหมด 80

3.10.1 อุปกรณ์ในการสร้างโครงสร้าง 80

3.10.2 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน 81

บทที่ 4 ผลการทดสอบของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมืองจริง

4.1 บทนำ 83

4.2 ผลการทดสอบอ่านค่าสัญญาณมาตรฐาน 4 – 20 mA 83

4.3 ผลการทดสอบสั่งงานรีเลย์เพื่อจ่ายไฟฟ้า 84

4.4 ผลการทดสอบการทำงานของระบบบนสกาดา (SCADA) 85

4.4.1 การทดสอบใน Analog Mode 85

4.4.2 การทดสอบส่งสัญญาณจาก SCADA เพื่อ Active Relay 86

4.5 ผลการทดสอบกระบวนการจำลองเสมือนจริง 87

บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 93

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข 93

5.2.1 ปัญหาที่พบ 93

5.2.2 แนวทางการแก้ไขปัญหา 94

5.3 ข้อเสนอแนะ 94

บรรณานุกรม 95

ภาคผนวก 96

ภาคผนวก ก. 97

ภาคผนวก ข. 113

ประวัติผู้เขียน 134

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ลักษณะโครงสร้างของ PLC	7
2.2 ลำดับการทำงานในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC	8
2.3 ส่วนประกอบของ CPU	9
2.4 โครงสร้างของ PLC และหน่วยความจำ	10
2.5 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต	11
2.6 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนของเอาต์พุต	11
2.7 PLC ชนิดบล็อก	12
2.8 PLC ชนิดโมดูล	12
2.9 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ	13
2.10 ตัวอย่างวิธีการต่อ PC กับ PLC	13
2.11 Ladder Diagram	16
2.12 Function block diagram	16
2.13 Instruction list	17
2.14 Structure text	17
2.15 SFC (Sequential Function)	18
2.16 การเชื่อมต่อ RS-232 ระหว่างความพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด	19
2.17 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูล OPC	23
2.18 องค์ประกอบของ SCADA	24
2.19 การติดตั้ง SCADA สำหรับตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูลและบริหารระบบควบคุม	25
2.20 Point-to-Point Configuration	26
2.21 Point-to-Multipoint Configuration	26
2.22 การติดต่อโดย SPC เป็นตัวกลางระหว่าง Central Computer SCADA Software และ RTU	29
2.23 PLC Allen Bradley CompactLogix – L31 (1769 – L31)	31
2.24 Wiring diagram of 1769 – IQ16 module	32
2.25 1769 – IF4 Terminal Layout	32
2.26 1769 – IF4 Wiring Single-ended Sensor/Transmitter Types	33
2.27 1769 – IF4 Wiring Mixed Transmitter Types	33
2.28 Wiring diagram of 1769 – OB16 module	35
2.29 Phoenix Contact Power Supply 24 VDC 10 A	35
2.30 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตซ์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.31 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า	37
2.32 ลักษณะและสัญลักษณ์ของรีเลย์	38
2.33 การต่อใช้งานจากรีเลย์	39
2.34 ตัวอย่างโปรแกรม RSLogix5000	42
2.35 การทำงานและหน้าที่ของ RSLinx classic gateway	43
2.36 ตัวอย่างโปรแกรม RSLinx classic gateway	43
2.37 ตัวอย่างโปรแกรม Wonderware InTouch	44
3.1 Flow chart ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	45
3.2 โครงสร้าง 2 มิติของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	46
3.3 โครงสร้าง 3 มิติของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	47
3.4 เลย์เอาต์ของส่วนการสั่งงานและแสดงผลหรือ Panel	47
3.5 Wiring Diagram ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	48
3.6 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า	48
3.7 ลอจิกไดอะแกรมของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	50
3.8 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงงาน บนโปรแกรม RSLogix5000	50
3.9 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงงาน บนโปรแกรม RSLogix5000 (ต่อ)	51
3.10 กราฟฟิกสกาดาหน้าหลักของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริง	52
3.11 กราฟฟิกสกาดาหน้าการทดสอบทรานสมิตเตอร์	53
3.12 กราฟฟิกสกาดาหน้าการคอนฟิกย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์	53
3.13 กราฟฟิกสกาดาหน้าการทดสอบสั่งงาน Power switching	54
3.14 P&ID of Raw water forwarding system	56
3.15 Flow chart ของกระบวนการ Raw water forwarding system ที่จำลองขึ้นมา	57
3.16 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A start-up sequence ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ	57
3.17 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A shut-down sequence ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ	58
3.18 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A discharge valve ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ	58
3.19 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A recirculation valve ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ	59

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.20 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A pump ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ	59
3.21 ตัวอย่างลอจิกของ Raw water forwarding system (Auto select pump)	60
3.22 ตัวอย่างลอจิกของ Raw water forwarding system (Discharge valve A)	60
3.23 กราฟฟิกกระบวนการ Raw water forwarding system	61
3.24 กราฟฟิกกระบวนการ Raw water forwarding system (ต่อ)	61
3.25 Motor drive valve wiring diagram	63
3.26 แสดงการต่อใช้งาน Hardware input และ output กับชุดทดสอบ	64
3.27 สร้าง New project ด้วย RSLogix5000	64
3.28 คุณสมบัติของคอนโทรลเลอร์	65
3.29 การเพิ่มการ์ดที่ใช้ลงใน Project	65
3.30 การเลือกการ์ดที่ใช้เพื่อเพิ่มใน Project	66
3.31 การกำหนดคุณสมบัติของ 1769 – Module (Communication Module)	66
3.32 การกำหนดค่า RPI ของ 1769 - Module	67
3.33 เลือกการ์ด Analog input 1769 – IF4	68
3.34 การสร้าง Routine สำหรับเขียนโปรแกรมใหม่	68
3.35 สร้าง New Routine และกำหนดภาษาเขียนโปรแกรม	69
3.36 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วย Ladder diagram	70
3.37 ตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติของ Tag	70
3.38 ขั้นตอนการสร้าง Tag ใน RSLogix5000	71
3.39 ขั้นตอนการสร้าง Tag ใน RSLogix5000 (ต่อ)	71
3.40 Verify program และ controller	72
3.41 ขั้นตอนการ Download โปรแกรมลง controller	72
3.42 เลือก Run Mode ใน Software RSLogix5000	73
3.43 การเลือกเพื่อ Configure Drivers	73
3.44 เลือก Driver สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง Hardware และ Software	74
3.45 Configure Drivers	74
3.46 การเลือกเพื่อสร้าง New Project ในโปรแกรม InTouch	75
3.47 เลือกตำแหน่งสำหรับจัดเก็บ project file ในโปรแกรม InTouch	75
3.48 ตั้งชื่อ project file name ในโปรแกรม InTouch	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.49 ตั้งชื่อ project file name ในโปรแกรม InTouch	76
3.50 เลือก Project เพื่อสร้างกราฟิก SCADA	76
3.51 การเลือกเพื่อสร้าง New window ในโปรแกรม InTouch	77
3.52 Window configuration ในโปรแกรม InTouch	77
3.53 การเลือกเพื่อสร้าง Access ในโปรแกรม InTouch	77
3.54 Access configuration ในโปรแกรม InTouch	78
3.55 Access configuration ในโปรแกรม InTouch (ต่อ)	78
3.56 เลือกเพื่อสร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch	78
3.57 สร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch	79
3.58 เลือก Access ในขั้นตอนสร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch	79
3.59 แสดงตัวอย่างการสร้างกราฟฟิกบนโปรแกรม InTouch	80
3.60 จัดวางอุปกรณ์บนแผ่นอคิลิคที่เจาะเสร็จแล้ว	81
3.61 จัดวางอุปกรณ์และ Wiring สายไฟ	81
3.62 Wiring สายไฟส่วนของ Panel	82
3.63 ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง	82
4.1 กราฟฟิกแสดงการทดสอบ Transmitter	85
4.2 กราฟฟิกแสดงการทดสอบ Transmitter และกำหนดย่านการวัด	86
4.3 กราฟฟิกแสดงการทดสอบสั่งงาน ON-OFF Switching Power	86
4.4 รีเลย์ทำงานได้ตามเงื่อนไขลอจิกในกระบวนการ Raw water forwarding system	88
4.5 รีเลย์จากภาพที่ 4.4 สั่งงานให้ Actuator ทำงานได้ตามลอจิก	88
4.6 สั่ง Run Pump A	89
4.7 Discharge head pressure trip	90
4.8 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.2 – 0.253 kPa	90
4.9 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.265 – 0.3 kPa	91
4.10 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.253 – 0.265 kPa	91
4.11 สั่ง Run Pump A และ Pump B Auto Run	92
4.12 Level trip	92

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม	6
2.2 การจำแนกขนาดของ PLC	15
2.3 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของ RS-232, RS-423, RS-422 และ RS-485	19
2.4 ความยาวสายเคเบิล RS-232 ตาม Texas Instrument	22
2.5 แรงดันไฟฟ้าในการส่งสัญญาณของ RS-232	22
2.6 แสดงคุณสมบัติของ PLC 1769-L31	30
2.7 Default serial configuration	31
2.8 1769 – IF4 valid input data	34
3.1 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์ของวงจรไฟฟ้าภาพที่ 3.5	49
3.2 PLC I/O list	54
3.3 SCADA Tag list	55
3.4 SCADA tag list for interface of Raw water forwarding system	62
3.5 PLC output for process simulation	63
4.1 ผลการทดสอบโดยอ่านค่า InRaw เมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)	83
4.2 ผลการทดสอบโดยอ่านค่าสัญญาณมาตรฐานเมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)	84
4.3 ผลการทดสอบโดยการอ่านค่าเปอร์เซนต์เมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)	84
4.4 ผลการทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าจากเอาต์พุต	84

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท กัลฟ์ เอ็นเนอร์จี ดีเวลลอปเมนท์ จำกัด (มหาชน) บริหารโครงการโรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติและโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนต่าง ๆ ซึ่งให้บริการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าแก่ลูกค้าทั้งภาครัฐ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือ กฟผ.) และเอกชนในพื้นที่เขตนิคมอุตสาหกรรมหลักๆ ภายในประเทศไทย นอกจากการผลิตไฟฟ้าแล้ว โครงการโรงไฟฟ้าบางแห่งยังผลิตไอน้ำและน้ำเย็นให้แก่กลุ่มลูกค้าอุตสาหกรรม นอกจากนี้บริษัทยังให้บริการบริหารจัดการโครงการโรงไฟฟ้าต่างๆ ภายในกลุ่มบริษัท โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการพัฒนาและก่อสร้างโครงการ ไปจนถึงการบริหารจัดการภายหลังที่โครงการเปิดดำเนินการเชิงพาณิชย์

ปัจจุบัน กัลฟ์มีโครงการโรงไฟฟ้าที่เปิดดำเนินการเชิงพาณิชย์แล้วรวม 17 โครงการ ได้แก่ โครงการ IPP ก๊าซธรรมชาติ 2 โครงการ โครงการ SPP ก๊าซธรรมชาติ (Cogen) จำนวน 11 โครงการ และโครงการ VSPP พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา (Solar rooftop) จำนวน 4 โครงการ และมีโครงการโรงไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการก่อสร้างและพัฒนาจำนวน 11 โครงการ ได้แก่ โครงการ IPP ก๊าซธรรมชาติ 2 โครงการ โครงการ SPP ก๊าซธรรมชาติ (Cogen) จำนวน 8 โครงการ และมีโครงการ SPP ชีวมวลจำนวน 1 โครงการ โดยบริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นสถานประกอบการที่ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา เป็นโครงการโรงไฟฟ้า IPP ก๊าซธรรมชาติ 1600MW ที่ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าให้กับภาครัฐ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือ กฟผ.) 100%

เนื่องจากโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)) ใช้กระบวนการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ 1) ภาคอินพุตเช่น เซนเซอร์และทรานสมิตเตอร์ เป็นต้น 2) ส่วนการควบคุมและสั่งการกระบวนการ เช่น PLC และ DCS เป็นต้น และ 3) ภาคเอาต์พุต เช่น วาล์ว เปิด-ปิด (ON-OFF Valve), วาล์วควบคุม (Control Valve), มอเตอร์และปั๊มต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้น จึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมา ซึ่งเป็นการสร้างชุดจำลองทางการวัดคุมและทดสอบอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์และอุปกรณ์เอาต์พุตประเภท เปิด-ปิด (ON-OFF) โครงงานนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นชุดการฝึกอบรมและพัฒนาศักยภาพของพนักงานที่ปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าหนองแซง และใช้ทดสอบอุปกรณ์ทรานสมิตเตอร์ ที่สามารถทดสอบ Pressure Transmitter, Level Transmitter, Temperature Transmitter และ Flow Transmitter ที่มีเอาต์พุต 4-20 mA ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงไฟฟ้า ปิโตรเลียม ปิโตรเคมี ระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น โดยใช้ PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 เป็นคอนโทรลเลอร์ เพราะในการทดสอบเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม หรืออุปกรณ์เอาต์พุตในแต่ละครั้งจะต้องเตรียมอุปกรณ์หลาย ๆ อย่างในการทดสอบ

อุปกรณ์ เช่น power supply, multi-meter และ transformer เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนในการเตรียมอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นมาและอาจทำให้ผลการทดสอบเครื่องมือวัด คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงเนื่องจากการใช้อุปกรณ์ในการทดสอบที่ไม่เหมาะสม ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริงนี้สามารถคอนฟิกย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์ เพื่อรองรับการทดสอบทรานสมิตเตอร์ที่มีย่านการวัดต่าง ๆ และแสดงพารามิเตอร์ผ่านทางสกาดา (SCADA) รุ่น Wonderware InTouch ที่ใช้โปรโตคอลเป็น RS-232 DF1 ผ่าน RSLinx OPC Server และสามารถทดสอบอุปกรณ์เอาต์พุตที่มีสถานะการทำงานเปิด-ปิด (ON-OFF) ที่เป็น 24 VDC, 220 VAC และ 110 VAC และใช้ในการฝึกอบรมพัฒนาศักยภาพของพนักงานในโรงไฟฟ้าหนองแซง ให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการวัดและควบคุม การต่ออินพุตและเอาต์พุตใช้งานกับ PLC เพื่อควบคุมกระบวนการ และเพื่อให้ผู้จัดทำโครงงาน ผู้ฝึกปฏิบัติ ที่ใช้ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริง เข้าใจถึงโครงสร้างสถาปัตยกรรมของ PLC การออกแบบลอจิกในการควบคุมกระบวนการ การติดต่อสื่อสารข้อมูล ซึ่งใช้ PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 เป็นคอนโทรลเลอร์และมีการจำลองกระบวนการ เป็นการควบคุมกระบวนการการส่งน้ำดิบจากบ่อพักน้ำ (Raw Water Forwarding System) เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าหนองแซง โดยที่กระบวนการที่จำลองขึ้นสามารถสั่งงานและแสดงผลต่าง ๆ ผ่านสกาดา (SCADA) รุ่น Wonderware InTouch และสามารถต่ออุปกรณ์ภาคอินพุตและภาคเอาต์พุต เพื่อทดสอบอุปกรณ์กับกระบวนการควบคุมที่จำลองขึ้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อใช้เป็นชุดทดสอบสำหรับทรานสมิตเตอร์ที่มีสัญญาณเอาต์พุตเป็น 4 – 20 mA (Pressure Transmitter, Temperature Transmitter, Level Transmitter, Flow Transmitter) และ อุปกรณ์เอาต์พุตที่มีสถานะเปิด-ปิด (ON-OFF) ที่รองรับ 24 VDC, 220 VAC หรือ 110 VAC

1.2.2 เพื่อใช้เป็นชุดสำหรับฝึกอบรม พัฒนาศักยภาพของพนังงานในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)) เพื่อเตรียมความพร้อมและเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับการปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน))

1.2.3 เพื่อศึกษา communication ของชุดจำลองที่สร้างขึ้น

1.2.4 เพื่อศึกษาและออกแบบลอจิกควบคุมกระบวนการด้วย PLC

1.2.5 เพื่อศึกษาและใช้งานสกาดา (SCADA) ด้วยซอฟต์แวร์ Wonderware InTouch

1.2.6 เพื่อเรียนรู้กระบวนการทำงานทางวิศวกรรมการวัดคุมและกระบวนการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน))

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

จัดทำชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง โดยในชิ้นงานมี PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 เป็นคอนโทรลเลอร์ และให้สามารถแสดงผลและสั่งการผ่าน SCADA รุ่น Wonderware InTouch ที่ใช้โปรโตคอล RS-232 DF1 ผ่าน RSLinx OPC Server และจำลองกระบวนการการควบคุมอัตโนมัติเพื่อทดสอบกระบวนการทำงานของกระบวนการที่จำลองขึ้นกับชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

1.4 วิธีดำเนินงาน

1.4.1 ติดตั้งโปรแกรมที่ใช้ในโครงงานและศึกษาการใช้งานของโปรแกรม รวมไปถึงฟังก์ชันของโปรแกรมเพื่อที่จะได้นำความรู้ที่ศึกษาได้มาประยุกต์ใช้กับโครงงาน และเมื่อเกิดปัญหาขึ้นระหว่างดำเนินงานสามารถแก้ไขได้

1.4.2 ออกแบบการทำงานของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงโดยเขียนขึ้นมาเป็นแผนภูมิการไหล (Flow chart)

1.4.3 ออกแบบส่วนการสั่งงานและแสดงผล (Panel) รวมไปถึงวงจรไฟฟ้าของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

1.4.4 ออกแบบลอจิก PLC ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง โดยใช้ PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 เป็นคอนโทรลเลอร์

1.4.5 ออกแบบระบบสกาดา (SCADA) ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง ให้มีฟังก์ชันและกราฟฟิกตามที่ออกแบบระบบการทำงาน

1.4.6 ดำเนินการสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงตามที่ได้ออกแบบโครงสร้างและวงจรไฟฟ้าไว้

1.4.7 ทดสอบการทำงาน

1.4.7.1 ทดสอบการทำงานโหมดอนาล็อกอินพุตซึ่งเป็นการทดสอบทรานสมิตเตอร์โดยใช้ Loop calibrator และแสดงพารามิเตอร์ผ่านสกาดา (SCADA)

1.4.7.2 ทดสอบการทำงานโหมดดิจิตอลอินพุตซึ่งเป็นสวิตช์เปิดและปิดเพื่อทดสอบการทำงานของเอาต์พุตที่มีสถานะแบบ เปิด-ปิด และวัดแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตของรีเลย์ซึ่งเป็นสวิตช์ชิ่ง 24 VDC 220 VAC และ 110 VAC

1.4.7.3 ทดสอบการทำงานของกระบวนการที่จำลองขึ้น ซึ่งเป็นการส่งน้ำดิบจากบ่อพักน้ำเพื่อใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าหนองแซง โดยสั่งงานและสังเกตผลผ่านสกาดา (SCADA) รวมถึงสังเกตผลของอินพุตและเอาต์พุต

1.4.7.4 ทำการปรับปรุงและแก้ไขหากผลการทดสอบไม่เป็นตามผลที่คาดหวัง

1.4.7.5 จัดทำเอกสารข้อมูลทั้งหมดของโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถใช้เป็นชุดสำหรับการทดสอบอุปกรณ์การวัดและควบคุม ในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)) ได้

1.5.2 สามารถใช้เป็นชุดสำหรับการฝึกอบรมและพัฒนาศักยภาพ ให้กับพนักงานในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)) ได้

1.5.3 มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ PLC มากยิ่งขึ้น ทั้งในส่วนสถาปัตยกรรม PLC, Programming และการสื่อสารข้อมูล (Communication)

1.5.4 มีความรู้เกี่ยวกับสกาดา (SCADA) มากยิ่งขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้กับงานอื่น ๆ ได้ในอนาคต

1.5.5 มีความเข้าใจในส่วนของอุปกรณ์การวัดและควบคุมมากยิ่งขึ้นทั้งองค์ประกอบการทำงาน รวมไปถึงการซ่อมบำรุงอุปกรณ์การวัดคุมทางอุตสาหกรรม

1.5.6 ได้ทักษะการทำงานและความรู้เกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้า

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

2.1 บทนำ

ในการออกแบบกระบวนการและระบบควบคุมที่มี Programmable logic control (PLC) เป็นคอนโทรลเลอร์ สำหรับควบคุมการทำงานของกระบวนการให้เป็นอัตโนมัติและทำงานตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ออกแบบ ซึ่งในโครงการนี้ก็ได้นำ PLC มาใช้ในการควบคุมระบบและประมวลผลการทำงานของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริง โดยในการออกแบบระบบการทำงานและสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริง จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เพื่อให้สามารถสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริงขึ้นมาได้ ซึ่งความรู้พื้นฐานที่ต้องใช้ประกอบด้วย PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และโปรโตคอลที่ใช้ในโครงงาน

2.2 PLC และภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม

2.2.1 ความหมายของ PLC

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic Control) หรือ PLC เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ ให้สามารถทำงานอย่างอัตโนมัติตามที่ออกแบบ ภายในมี Microprocessor เป็นเหมือนสมองสั่งการและประมวลผล ที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันทีจากโมดูล ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะถูกต่อเข้ากับส่วนที่เป็นภาคอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมายเช่น มอเตอร์ วาล์ว เป็นต้น เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมการทำงานได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC ซึ่งในปัจจุบันนอกจาก PLC จะใช้งานเป็นแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมาก ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมปิโตรเคมี กระบวนการผลิตน้ำสะอาด เป็นต้น จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

2.2.2 Programable logic control (PLC)

Programable logic control (PLC) เป็นอุปกรณ์ซนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่มีการทำงานแบบลอจิก (Logic Function) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ และจากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้สามารถทำงานและตัดสินใจแบบลอจิกได้ PLC ใช้สำหรับ

ควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กระบวนการผลิตน้ำสะอาด กระบวนการเพิ่มแรงดันให้กับแก๊ส (Gas compressor) เป็นต้น

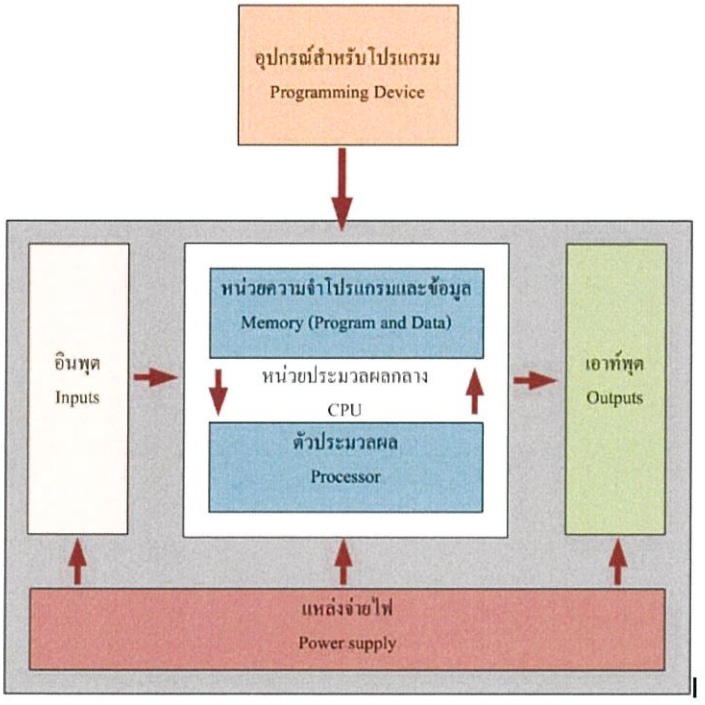
การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC สำหรับควบคุมการทำงานของกระบวนการแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่ให้กับ PLC เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท (Solid state) ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการ นอกจากนั้น PLC ยังสามารทำการติดต่อสื่อสารข้อมูลเป็นโครงข่ายผ่าน Ethernet Protocol, Profibus และ ASI-bus เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งาน PLC และระบบรีเลย์ในการควบคุม

คุณลักษณะ	PLC	**รีเลย์**
ราคาค่าใช้จ่าย (ต่อการใช้รีเลย์มากกว่า 50 ตัวขึ้นไป)	ต่ำกว่า	สูงกว่า
ขนาดเมื่อทำการติดตั้ง	กระทัดรัด	มีขนาดใหญ่กว่า
ความเร็วในการปฏิบัติการ	มีความเร็วสูงกว่า	ช้ากว่า
ความทนทานต่อการรบกวนของสัญญาณไฟฟ้า	ดี	ดีมาก
การติดตั้ง	ง่ายในการติดตั้งและโปรแกรม	ใช้เวลามากกว่าในการออกแบบและติดตั้ง
ความสามารถในการปฏิบัติการฟังก์ชันที่มีซับซ้อน	สามารถกระทำได้	ไม่สามารถกระทำได้
ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงลำดับการควบคุม	สามารถกระทำได้ง่าย	สามารถกระทำได้แต่ค่อนข้างยุ่งยาก
การซ่อมบำรุง และตรวจสอบแก้ไข	ไม่ต้องการการบำรุงรักษามากและง่ายสำหรับการตรวจสอบแก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหาภายในระบบควบคุม	ต้องการการดูแลในส่วนของคอล์ยและหน้าสัมผัสของรีเลย์ และยากในการตรวจสอบและแก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหา

2.2.3 ส่วนประกอบของ PLC

PLC หรือProgrammable logic control เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรม ซึ่ง PLC จะประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อนโปรแกรมสำหรับ PLC ขนาดเล็ก ส่วนประกอบของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็น PLC ขนาดใหญ่จะสามารถแยกย่อยออกมาประกอบได้ โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างของ PLC จะประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ๆ แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของ PLC

สำหรับโปรแกรมลอจิกที่ป้อนลงในโมดูล PLC เมื่อ PLC ทำงาน การประมวลผลโปรแกรมของ PLC นั้นจะเป็นรอบ เรียกว่า “รอบการทำงาน (Operating Cycle)” ในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC นั้นจะมีการทำงานเป็นลำดับตามแสดงในภาพที่ 2.2 โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

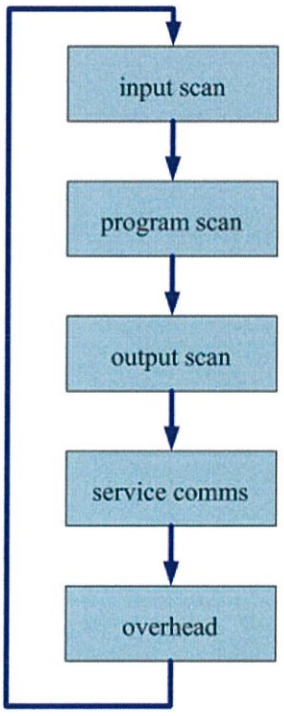
1) สแกนอินพุต (Input Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับอ่านข้อมูลอินพุตของ PLC โดยเวลาที่ใช้นั้นเป็น ไมโครวินาที

2) สแกนโปรแกรม (Program Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับการปฏิบัติการคำสั่งในโปรแกรมลอจิกนั่นก็คือโปรแกรมที่เขียนขึ้นนั่นเอง เวลาที่ใช้นั้นขึ้นอยู่กับจำนวนคำสั่งที่ใช้หรือจำนวนโปรแกรมที่เขียนว่ามีขนาดแค่ไหน

3) สแกนเอาต์พุต (Output Scan) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สำหรับเขียนข้อมูลเอาต์พุตของ PLC โดยเวลาที่ใช้นั้นเป็นไมโครวินาที

4) การบริการการสื่อสาร (Service Communication) เป็นเวลาที่ PLC ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์อื่นเช่น คอมพิวเตอร์ หรือ อุปกรณ์สำหรับโปรแกรม (Hand Help)

5) Housekeeping และ Overhead เป็นเวลาที่ PLC ใช้ในการจัดการดำเนินการให้ PLC นั้นมีความพร้อมในการใช้งาน เช่น การตรวจสอบและจัดระเบียบหน่วยความจำ และเวลาส่วนเกินที่จำเป็น

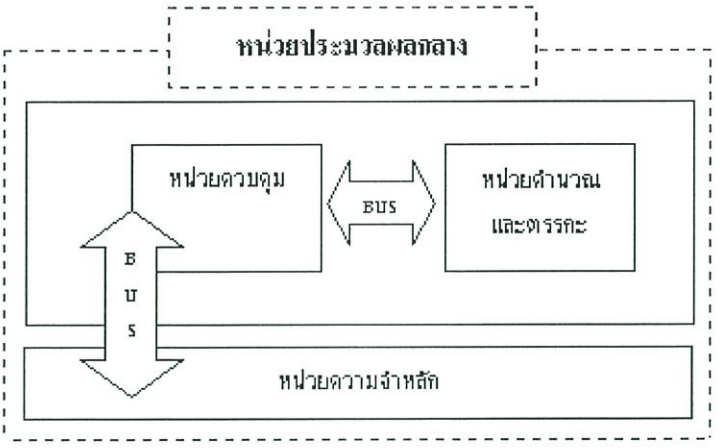


ภาพที่ 2.2 ลำดับการทำงานในหนึ่งรอบการทำงานของ PLC

2.2.3.1 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU)

CPU ทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของระบบภายในอุปกรณ์ นอกจากนั้น CPU หรือหน่วยประมวลผลกลางประกอบไปด้วยลอจิกเกท (Logic gate) ต่าง ๆ และมีไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Microprocessor base) เพื่อสำหรับออกแบบวงจรรีเลย์แลดเดอร์ลอจิก (Ladder logic)

CPU จะยอมรับข้อมูลอินพุตจากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่าง ๆ เช่น เซนเซอร์ ทรานสมิตเตอร์และสวิตช์ เป็นต้น และจะทำการเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำข้อมูลที่ถูกต้อง เหมาะสมจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ควบคุมแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงเพื่อใช้สำหรับแรงดันต่ำ



ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของ CPU

จากภาพที่ 2.3 เป็น CPU ที่รวมแหล่งจ่ายไฟเข้าด้วยกันซึ่งจะแยกแหล่งจ่ายไฟออกมาต่างหาก นอกจากนี้ยังมีส่วนสำคัญที่อยู่ภายในของ CPU อีกชุดหนึ่ง คือ โปรเซสเซอร์เมมโมรีโมดูล (Processor memory module) ซึ่งถือเป็นสมองที่ควบคุมโปรแกรมภายในประกอบด้วย ไมโครเมมโมรีชิพ (Micro memory shift) ทำหน้าที่เก็บและเรียกข้อมูลจากหน่วยความจำและติดต่อกับวงจรที่ต้องการ

2.2.3.2 หน่วยความจำของ PLC

หน่วยความจำของ PLC ทำหน้าที่เก็บและรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกออกแบบเป็นบิตข้อมูล ภายในหน่วยความจำ 1 บิต จะมีสถานะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง PLC ประกอบด้วยหน่วยความจำ 2 ชนิด คือ แรม (RAM) และรอม (ROM)

1) RAM (Random Access Memory)

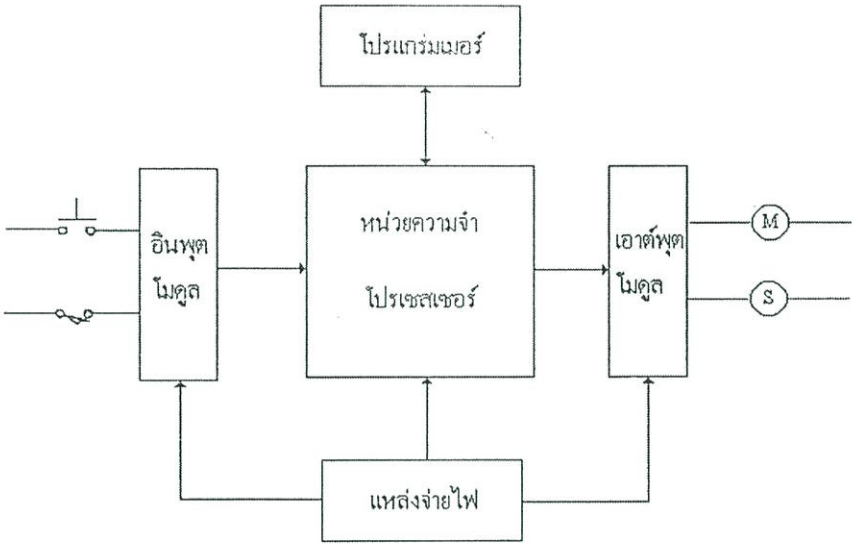
หน่วยความจำนี้มีแบตเตอรี่เล็ก ๆ ต่อไว้ เพื่อใช้เลี้ยงข้อมูลเมื่อไฟดับ การอ่านและการเขียนโปรแกรมลงในแรมทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานในระยะทดลองเครื่องที่มีการแก้ไขโปรแกรมบ่อย

2) EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความชนิดนี้จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต มีข้อดีตรงไฟดับแล้วข้อมูลไม่หาย

3) EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory)

หน่วยความชนิด EEPROM นี้ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีทางไฟฟ้าเหมือนแรม (RAM) ไม่ต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเป็นการรวมเอาข้อดีของแรม (RAM) และอีพรอม (EPROM) ไว้ด้วยกัน



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของ PLC และหน่วยความจำ

2.2.3.3 ภาคอินพุต (Input)

ภาคอินพุต (Input) ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามา จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลต่อไปยังหน่วยประมวลผลหรือ CPU เพื่อทำการประมวลผลต่อไป สัญญาณอินพุตต่าง ๆ ที่เข้ามาจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้องไม่เช่นนั้น CPU จะเสียหายได้

สัญญาณที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1) สัญญาณเข้าจะต้องได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC

2) การส่งสัญญาณระหว่างภาคอินพุตกับ CPU กระทำด้วยแสงซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อแยกสัญญาณทางไฟฟ้าออกจากกัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดการลัดวงจร

3) หน้าสัมผัสต้องไม่สั่นสะเทือน

อุปกรณ์ภาคอินพุตที่ส่งสัญญาณออกมาในลักษณะ เปิด – ปิด หรือ 0 – 1 จะสามารถใช้ได้กับ PLC ที่รับสัญญาณเป็นแบบดิจิตอล (Digital input) เท่านั้น ส่วนสัญญาณอินพุตที่เป็นแบบอนาล็อกมาตรฐาน (Analog input) ต่าง ๆ จะต้องต่อเข้ากับภาคอินพุตของ PLC ที่สามารถรับสัญญาณอนาล็อกเท่านั้น

Rotary Encoder Switch Proximity Sensor Thumwheel Switch

ภาพที่ 2.5 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต

2.2.3.4 ภาคเอาต์พุต (Output)

ภาคเอาต์พุต (Output) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลหรือ CPU แล้วส่งข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ด้านเอาต์พุตทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ ส่วนเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสภาวะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และนอกจากนั้นยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจากอุปกรณ์

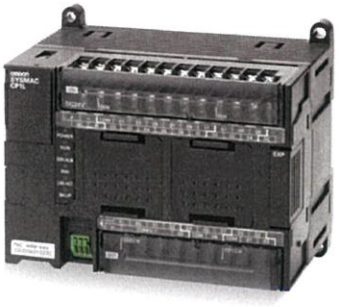
ภาพที่ 2.6 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่เป็นส่วนของเอาต์พุต

2.2.4 ชนิดของ PLC

ตามโครงสร้างของ PLC สามารถจำแนก PLC ออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.2.4.1 PLC ชนิดบล็อก (Block Type PLCs)

PLC ชนิดนี้จะรวมส่วนประกอบทั้งหมดของ PLC อยู่ในบล็อกเดียวกันทั้งหมด ในภาพที่ 2.7 จะแสดง PLC ชนิดบล็อก



ภาพที่ 2.7 PLC ชนิดบล็อก

2.2.4.2 PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs)

PLC ชนิดโมดูล (Modular Type PLCs) หรือ แร็ค (Rack Type PLCs) PLC ชนิดโมดูลนี้ ส่วนประกอบแต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันเป็นโมดูล ซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับรุ่นของ PLC ในส่วนของหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำจะอยู่กับโมดูล CPU

ภาพที่ 2.8 PLC ชนิดโมดูล

2.2.5 อุปกรณ์การโปรแกรม

การสั่งการให้ PLC ทำงานจะต้องป้อนโปรแกรมให้ PLC ก่อน ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนโปรแกรมให้นั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

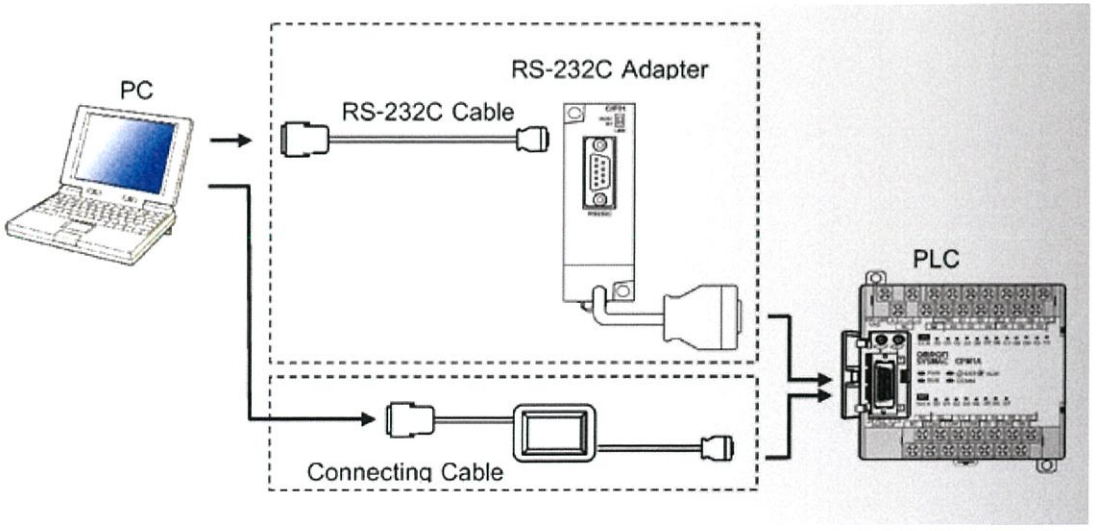
2.2.5.1 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ (Hand Held Programmer)

การเขียนโปรแกรมสำหรับป้อนให้ PLC โดยการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ ภาษาที่ใช้เป็นภาษาสเตทเมนต์ลิสต์ เช่น คำสั่งโหลด (LD) แอนด์ (AND) ออร์ (OR) ซึ่งเป็นคำสั่งพื้นฐานสามารถเรียกใช้งานได้โดยการกดปุ่มที่อยู่ที่ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ แต่เมื่อต้องการใช้งานฟังก์ชันอื่น ๆ ที่มีอยู่ใน PLC สามารถเรียกใช้โดยปุ่มเรียกใช้คำสั่งพิเศษ ซึ่งวิธีการใช้งานตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือต้องศึกษาจากคู่มือแต่ละรุ่น

ภาพที่ 2.9 ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ

2.2.5.2 คอมพิวเตอร์ส่วนตัว (PC : Personal Computer)

PC หรือ Personal computer สามารถใช้เขียนโปรแกรมให้กับ PLC ได้ โดยใช้งานร่วมกันกับซอฟต์แวร์เฉพาะของ PLC ยี่ห้อนั้น ๆ ภาษาที่ใช้เขียนนอกจากสเตทเมนลิสต์แล้ว ยังมีแลดเดอร์ และฟังก์ชันบล็อกซึ่งทำให้เข้าใจได้ง่ายกว่าภาษาสเตทเมนลิสต์ ดังนั้นการใช้ PC จึงทำได้ง่ายกว่าการใช้ตัวป้อนโปรแกรมแบบมือถือ



ภาพที่ 2.10 ตัวอย่างวิธีการต่อ PC กับ PLC

2.2.6 ความสามารถของ PLC

PLC สามารถควบคุมงานได้ 3 ลักษณะ คือ

1) งานที่ทำตามลำดับก่อนหลัง เช่น

1.1) การทำงานของระบบรีเลย์

1.2) การทำงานของไทเมอร์ เคาน์เตอร์

1.3) การทำงานของพีซีบีการ์ด

1.4) การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรือเครื่องจักรต่างๆ

2) งานควบคุมสมัยใหม่ เช่น

2.1) การทำงานทางคณิตศาสตร์

2.2) การควบคุมแบบอนาล็อก

2.3) การควบคุม PID (Proportional – Integral – Derivative)

2.4) การควบคุมมอเตอร์

3) การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ เช่น

3.1) งานสัญญาณเตือน และโปรเซสมอนิเตอร์ริง

3.2) งานควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3) งานต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์

3.4) LAN (Local Area Network) และWAN (Wide Area Network)

2.2.7 ขนาดของ PLC

เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำ PLC ไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ซึ่งในการนำเอา PLC ไปใช้งานในแต่ละชนิดนั้น จะพิจารณาจากขนาดของงานที่จะนำไปควบคุมเป็นหลัก ดังนั้นจึงเป็นผลให้ผู้ผลิต PLC ทำการผลิต PLC ออกมาหลากหลายระดับซึ่งในแต่ละระดับก็มีสมรรถภาพที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละประเภท

โดยทั่วไปแล้วนั้นการแบ่งขนาดของ PLC จะพิจารณาจากขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) และจำนวนของอินพุต และเอาต์พุต (Input / Output channels) สูงสุดที่ระบบ PLC นั้น สามารถที่จะรองรับได้ ซึ่งจากตารางที่ 2.2 จะแสดงการจำแนก PLC ตามขนาดของหน่วยความจำโปรแกรม และจำนวนของอินพุต และเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตามในการพิจารณาคุณสมบัติของ PLC เพื่อนำไปใช้งานจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบหรือคุณสมบัติอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น Processor, Language facilities, Communication port, Function operations, Expansion capability, Cycle time เป็นต้น

ตารางที่ 2.2 การจำแนกขนาดของ PLC

ขนาดของ PLC	จำนวน I/O สูงสุด	หน่วยความจำโปรแกรม
ขนาดเล็ก (Small size)	ไม่เกิน 128 / 128	4 Kbyte (2,000 Statements)
ขนาดกลาง (Medium size)	ไม่เกิน 1024 / 1024	16 Kbyte (8,000 Statements)
ขนาดใหญ่ (Large size)	ไม่เกิน 2048 / 2048	64 Kbyte (32,000 Statements)
ขนาดใหญ่มาก (Very large size)	ประมาณ 8192 / 8192	256 Kbyte (128,000 Statements)

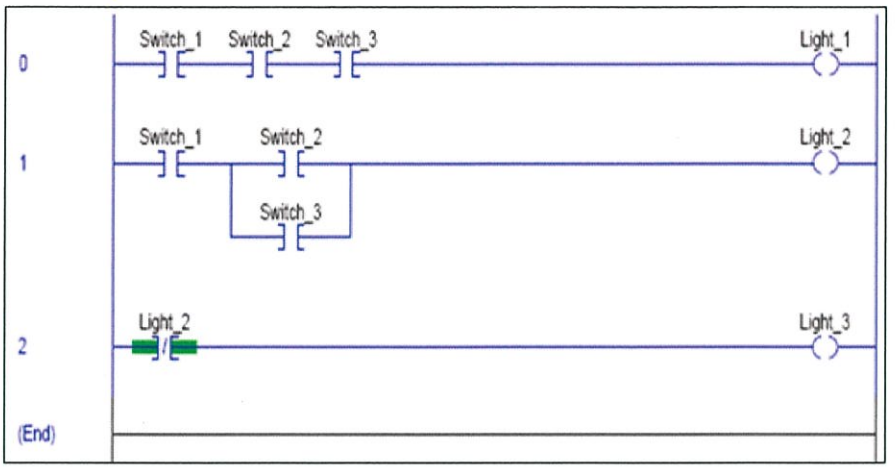
2.2.8 ภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรม

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม ตามมาตรฐาน IEC จะประกอบด้วย 5 ภาษา คือ LD (Ladder Diagram), FBD (Function Block Diagram), IL (Instruction List), ST (Structure Text), SFC (Sequential Function Chart) ถึงแม้ว่าลักษณะโครงสร้างของแต่ละภาษาจะมีความแตกต่างกัน แต่ในแต่ละภาษจะมีส่วนประกอบต่าง ๆ ในโปรแกรมมีลักษณะเดียวกัน ตามมาตรฐาน IEC 1131 – 3 เช่น ลักษณะของการประกาศตัวแปร ฟังก์ชันและฟังก์ชันบล็อก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะเขียนโปรแกรมในรูปแบบการเขียนต่าง ๆ มารวมกันได้และมีฟังก์ชันพื้นฐานดังนี้

1) LD เป็นการรับค่าเบื้องต้นของบล็อก
2) OR การ or หรือ การต่อแบบขนาน
3) AND การ and หรือ การต่อแบบอนุกรม
4) NOT การ not หรือ การกลับค่า
5) OUT เอาต์พุตแบบรีเลย์
6) TIM เอาต์พุตแบบไทเมอร์หรือตัวจับเวลา
7) CNT เอาต์พุตแบบเคาเตอร์หรือตัวนับ
8) KEEP เอาต์พุตแบบรีเลย์แบบมีแลตช์หรือค้างสถานะ
9) END คำสั่งจบโปรแกรม

2.2.8.1 LD (Ladder diagram)

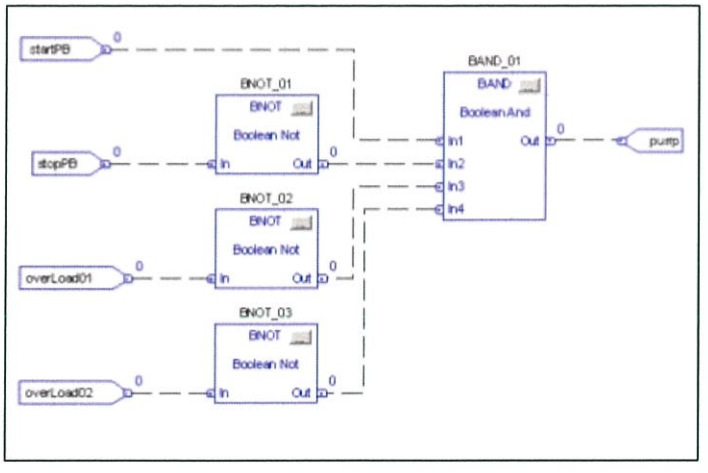
LD (Ladder diagram) เป็นการเขียนอยู่ในรูปกราฟฟิก ซึ่งมีพื้นฐานมาจากวงจรควบคุมแบบรีเลย์และวงจรไฟฟ้า ซึ่งแลดเดอร์ไดอะแกรมจะประกอบด้วย ราง (Rail) ทั้งซ้ายขวาของไดอะแกรมเพื่อใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่เป็นสวิตช์หน้าสัมผัส เพื่อเป็นทางผ่านของกระแสและมีขดลวดหรือคอยล์เป็นเอาต์พุต



ภาพที่ 2.11 Ladder Diagram

2.2.8.2 FBD (Function block diagram)

FBD (Function block diagram) เป็นภาษาที่ฟังก์ชัน การทำงานในรูปแบบในรูปของกราฟฟิกเช่นเดียวกับแลดเดอร์ไดอะแกรม (Ladder diagram) และมาการเชื่อมต่อเข้ากันเป็นโครงข่าย ซึ่งในการเขียนโปรแกรมในรูปแบบของฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรม จะมีพื้นฐานมาจากลอจิกไดอะแกรม



ภาพที่ 2.12 Function block diagram

2.2.8.3 IL (Instruction list)

IL (Instruction list) เป็นภาษาที่เขียนในรูปแบบของข้อความ และมีลักษณะคล้ายกับภาษาแอสแซมบี้ (Assembly) และภาษาเครื่อง (Machine code) และส่วนที่ถูกดำเนินการ (Operand) จะเห็นว่าในภาษาปัจจุบัน LD, FBD และ IL เป็นภาษาที่บริษัทผู้ผลิต PLC/PC ในปัจจุบันนั้นกำหนดให้ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC ซึ่งในแต่ละบริษัทจะมีการพัฒนารูปแบบของ

ฟังก์ชันและฟังชันบล็อกมีความแตกต่างกัน ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ PLC ในแต่ละยี่ห้อ ควรที่จะศึกษารูปแบบของฟังก์ชันบล็อกให้เข้าใจเสียก่อน

Label	Opcode	Operand	Comment
TEST:	LD	%I:000	(* Load the word from input card 000 *)
	BCD_TO_INT		(* Convert the BCD value to an integer *)
	ST	%N7:0	(* Store the value in N7:0 *)
	GT	100	(* Check for the stored value (N7:0) > 100 *)
	JMPC	ON	(* If true jump to ON *)
	CAL	RES(C5:0)	(* Reset the timer *)
ON:	LD	2	(* Load a value of 2 for the preset *)
	ST	%C5:0.PR	(* Store 2 in the preset value *)
	CAL	TON(C5:0)	(* Update the timer *)
	LD	%C5:0.DN	(* Get the timer done condition bit *)
	ST	%O:001/00	(* Set the output bit *)
	RET		(* Return from the subroutine *)

ภาพที่ 2.13 Instruction list

2.2.8.4 ST (Structure text)

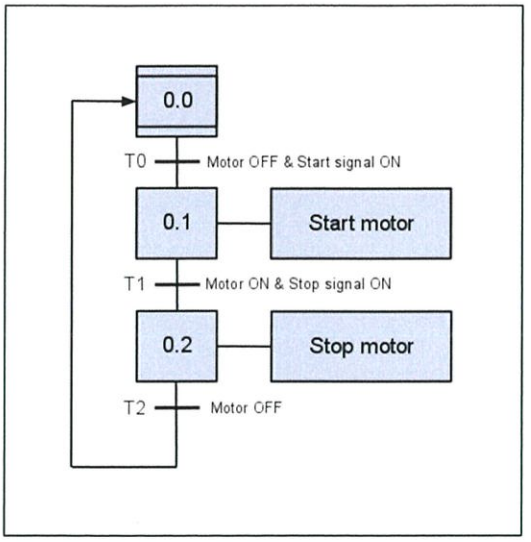
ST (Structure text) เป็นภาษาในระดับสูง ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วมาจากภาษา Pascal ซึ่งจะประกอบด้วยนิพจน์และคำสั่งโดยคำสั่งทั่วไปแล้วจะอยู่ในรูปของคำสั่งเกี่ยวกับการเลือกการทำงาน เช่น IF.....THEN.....ELSE และ คำสั่งเกี่ยวข้องกับการทำงานซ้ำ เช่น FOR , WHILE เป็นต้น

```
F8:10 := 0;
WHILE (N7:0 < 5) DO
   F8:10 := F8:10 + F8:[N7:0];
   N7:0 := N7:0 + 1;
END_WHILE;
```

ภาพที่ 2.14 Structure text

2.2.8.5 SFC (Sequential Function)

SFC (Sequential Function) เป็นภาษาที่ในการเขียนโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานเป็นแบบลำดับหรือซีเควนซ์ ส่วนประกอบของภาษา SFC ประกอบด้วย Step (ปฏิบัติการย่อย) และTransition (เงื่อนไขที่กำหนดให้ปฏิบัติงานตามคำสั่งย่อย) นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดลักษณะการทำงานเป็นแบบ Alternative, Parallel Step Sequence และ Liner เป็นต้น



ภาพที่ 2.15 SFC (Sequential Function)

2.3 Communication ที่ใช้โนโครงงาน

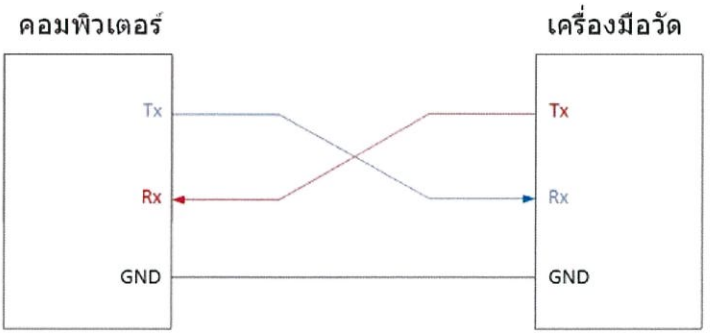
2.3.1 RS-232

RS-232 (Recommended Standard no. 232) คือมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลดิจิตอลแบบอนุกรม (Serial communication) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1960 โดย EIA (Electronic Industries Association) หรือ สมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา ซึ่งในยุคแรก RS-232 เป็นที่นิยมมากขนาดที่คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องมี Serial port สำหรับการสื่อสารมาตรฐานนี้และเชื่อว่าคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้หลายๆท่านก็ยังมี Port เชื่อมต่อนี้อยู่ แต่ในปัจจุบันได้มี USB ซึ่งเป็นมาตรฐานสื่อสารที่รับ/ส่งข้อมูลได้เร็วกว่าเข้ามาแทนที่ ทำให้มาตรฐานการสื่อสารอย่าง RS232 ก็ค่อย ๆ มีอุปกรณ์ที่รองรับน้อยลงเรื่อย ๆ ตามการเวลา

หลักการทำงานของ RS-232

มาตรฐาน RS-232 เป็นมาตรฐานที่รับ/ส่งข้อมูลแบบ Full duplex ซึ่งรับและส่งข้อมูลได้พร้อมกันทั้งคู่ในเวลาเดียวกัน โดยการรับ/ส่งข้อมูลนั้นจะใช้สายไฟทั้งหมด 3 เส้น ได้แก่

1) Tx (Transmit data) คือ สายส่งข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการส่งข้อมูล
2) Rx (Receive data) คือ สายรับข้อมูล ซึ่งสายเส้นนี้จะมีหน้าที่ในการรับข้อมูล
3) GND (Signal ground) คือ กราวด์ เป็นสายเทียบหรืออ้างอิงแรงดันไฟฟ้า 0V



ภาพที่ 2.16 การเชื่อมต่อ RS-232 ระหว่างความพิวเตอร์กับเครื่องมือวัด

จากภาพเป็นตัวอย่างการเชื่อมต่อแบบ RS-232 ของเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมกับคอมพิวเตอร์ เพื่อตั้งค่าเครื่องมือวัดผ่าน Software โดย

1) Tx จะถูกต่อเข้าที่ Rx เพื่อส่งข้อมูลจากเครื่องวัดไปยังตัวรับของคอมพิวเตอร์
2) Rx จะถูกต่อเข้าที่ Tx เพื่อรับข้อมูลที่ถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์
3) GND (เครื่องวัด) จะถูกต่อเข้าที่ GND (คอม) เพื่อเทียบสัญญาณแรงดัน 0V

ตารางที่ 2.3 ตารางการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ของ RS-232, RS-423, RS-422 และ RS-485

คุณสมบัติ	RS – 232	RS – 423	RS – 422	RS – 485
Differential	No	No	Yes	Yes
Max number of drivers	1	1	1	32
Max number of receivers	1	10	10	32
Module of operation	Half/Full duplex	Half duplex	Half duplex	Half duplex
Network topology	Point to Point	Multidrop	Multidrop	Multipoint
Max distance (acc. Standard)	15 m	1200 m	1200 m	1200 m
Max speed at 12 m	20 kbs	100 kbs	10 Mbs	35 Mbs
Max speed at 1200 m	1 kbs	1 kbs	100 kbs	100 kbs
Max slew late	30 V/μs	Adjustable	n/a	n/a
Receivers input resistance	3..7 kΩ	≥4 kΩ	≥4 kΩ	≥12 kΩ
Drivers load impedance	3..7 kΩ	≥450 kΩ	100 Ω	54 Ω
Receivers input sensitivity	±3 V	±200 mV	±200 mV	±200 mV
Receivers input range	±15 V	±12 V	±10 V	-7..12 V
Max drivers output voltage	±25 V	±6 V	±6 V	-7..12 V
Max drivers output voltage (load)	±5 V	±3.6 V	±2.0 V	±1.5 V

ข้อดีของสัญญาณ RS-232

จากที่กล่าวมาข้างต้นการสื่อสารแบบ RS-232 ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1960 ซึ่งถือว่านานมาก จากการถือกำเนิดมาอย่างยาวนานนั้นก็ทำให้ข้อดีของ RS-232 เหลือน้อยลงไปทุกทีเพราะมีการสื่อสารรูปแบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น ให้ดีกว่าเกิดขึ้นอยู่ทุกวัน แต่ถึงกระนั้น RS-232 ก็ยังพอมีข้อดีหลงเหลืออยู่ ซึ่งจะขออธิบายเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1) ความคุ้นเคยของผู้ใช้

ปัจจุบันรูปแบบการสื่อสารได้ถูกพัฒนามาอย่างยาวไกลจนทิ้ง RS-232 แบบไม่เห็นฝุ่นและการคงอยู่ของ RS-232 จะเป็นไปได้ก็เพราะตัวผู้ใช้ยังคงใช้งานมันอยู่นั่นเองและสาเหตุหลักที่ยังมีการใช้อยู่ก็คงหนีไม่พ้นสิ่งที่เรียกว่า "ความคุ้นเคย" เนื่องจากเรื่องการใช้งานสัญญาณดิจิตอลต้องมีการเขียนโปรแกรม(ยกเว้นซื้อสำเร็จรูป) และในการเขียนโปรแกรมนั้นต้องมีความรู้เรื่องสัญญาณนั้น ๆด้วยถึงจะเขียนโปรแกรมได้ และหากผู้ใช้มีความรู้เกี่ยวกับ RS-232 แล้วจึงไม่ใช่เรื่องแปลกที่จะเลือกใช้สัญญาณนี้

2) มีอุปกรณ์รองรับการใช้งาน

RS-232 เป็นระบบที่ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ปี 1960 และเป็นที่นิยมในยุคแรกมีข้อดีคือ มีอุปกรณ์ที่รองรับเยอะ การสื่อสารแบบ RS-232 เป็นการสื่อสารที่มีอยู่ในเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์แทบจะทุกรุ่น ซึ่งคนทั่วไปจะรู้จักกันในชื่อ Serial port ซึ่งทำให้การสื่อสารแบบ RS-232 ไม่จำเป็นต้องใช้ Converter (ตัวแปลงสัญญาณ) ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งต่างจากมาตรฐานใหม่ ๆ อย่าง RS-422, RS-485 ที่ถึงแม้จะมีข้อดีที่มากกว่า แต่ก็ต้องใช้ Converter ในการแปลงสัญญาณอยู่ดี แต่ข้อดีข้อนี้อาจอยู่ได้อีกไม่นาน เพราะปัจจุบันเมนบอร์ดรุ่นใหม่ ๆ ได้นำ Serial port ออกจากเมนบอร์ดและเพิ่ม Port การสื่อสารน้องใหม่ที่กำลังเป็นที่นิยมเข้าไปแทนนั้นคือการสื่อสารแบบ USB ซึ่งทำให้การสื่อสารรุ่นเก่าอย่าง RS-232 ค่อย ๆ เลือนหายไปตามการเวลา

ข้อเสียของสัญญาณ RS-232

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาการสื่อสารข้อมูลรูปแบบใหม่ขึ้นมามากมาย RS-232 ซึ่งเป็นการสื่อสารรุ่นเก่าก็ย่อมมีข้อเสียอยู่เช่นกัน ซึ่งจะขออธิบายเป็นข้อ ๆ ดังนี้

1) ปัญหาการส่งนะยะไกล

RS-232 สามารถรับรับ/ส่งข้อมูลที่ความเร็วสูงสุด 19.2 kbit/s ได้ระยะ 15 เมตร ซึ่งแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารมาตรฐานใหม่อย่าง RS-485 ซึ่งสามารถรับ/ส่งข้อมูลได้ไกลถึง 1,200 เมตร ที่ความเร็ว 100 kbit/s เนื่องจากการสื่อสารแบบ RS-232 นั้นเป็นระบบที่ง่ายต่อการถูกสัญญาณรบกวน (Noise) เข้าแทรกแซง และทำให้ระยะของการสื่อสารของ RS-232 ไม่สามารถส่งในระยะไกลได้ แต่หากมองดูเผิน ๆ แล้ว 15 เมตร อาจจะถือว่าไกลมากสำหรับการใช้งานทั่ว ๆ ไป แต่

ในโรงงานอุตสาหกรรมแล้ว การส่งข้อมูลในเครื่องมือวัดอุตสาหกรรมหรือเครื่องมือทางวิศวกรรมมายังห้องควบคุมด้วยระยะ 15 เมตรนั้นถือว่าสั้นมาก ๆ เมื่อเทียบกับขนาดของโรงงาน

2) รับ/ส่งข้อมูลได้เฉพาะ 1 ต่อ 1

ไม่สามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์พร้อมกันหลาย ๆ ตัวมายังคอมพิวเตอร์ได้ โดยทำได้เพียงแค่ส่งข้อมูลมาที่คอมพิวเตอร์ทีละตัวแบบ 1 ต่อ 1 ซึ่งจะมีความแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการสื่อสารมาตรฐานใหม่อย่าง RS-485 ซึ่งสามารถส่งข้อมูลจากอุปกรณ์พร้อมกันได้ถึง 32 ตัว

3) ความเร็วที่ล่าช้าในการรับ/ส่งข้อมูล

ความล่าช้าในการรับ/ส่งข้อมูล คือสาเหตุหลักที่ Microsoft เคยประกาศยกเลิกการสนับสนุน RS-232 และถูกแทนที่ขึ้นด้วยการสื่อสารแบบใหม่นั้นคือ การสื่อสารแบบ USB ซึ่งเชื่อมต่อง่ายและรวดเร็วกว่า RS-232 ถึงเกือบ 100 เท่าในยุคแรก ๆ ซึ่งในปัจจุบันอาจเร็วกว่านี้มาก แต่อย่างไรก็ตามในการรับ/ส่งข้อมูลในเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม หรือ เครื่องมือทางวิศวกรรมก็ยังใช้การสื่อสารแบบ RS-232 อยู่ เพราะผู้ใช้จำนวนมากยังคุ้นชินและยังมีอุปกรณ์จำนวนมากในโรงงานอุตสาหกรรมที่ยังรองรับมาตรฐานนี้อยู่ บวกกับงานบางประเภทเป็นการสื่อสารแบบ 1 ต่อ 1 ในระยะสั้น เช่น การตั้งค่าเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรมโดยใช้ Note book ในการตั้งค่าตามจุดต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา เป็นต้น

4) ความยาวสายเคเบิลสูงสุดของ RS-232

ความยาวของสายเคเบิล RS-232 เป็นอีกหนึ่งสิ่งที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุดในโลก ซึ่งตัวมาตรฐานได้พูดไว้อย่างชัดเจนว่าความยาวสูงสุดของสายเคเบิล RS232 คือ 50 ฟุต (15 เมตร) หรือสายเคเบิลต้องมีค่า Capacitance สูงสุดเท่ากับ 2,500 pF ซึ่งกฎข้อหลังนี้มักจะถูกลืม นั่นหมายความว่าการใช้สายเคเบิลที่มีค่า Capacitance ต่ำ ๆ จะช่วยขยายระยะสายเคเบิลให้ไกลขึ้นได้ ยกตัวอย่างเช่น หากใช้สายเคเบิลแบบ UTP CAT-5 ที่มีค่า Capacitance อยู่ที่ 17 pF/ft ก็จะทำให้สามารถใช้สายเคเบิลได้ที่ความยาวสูงสุด 147 ฟุต (44 เมตร) นั้นเอง

ความยาวสูงสุดของสายเคเบิล RS-232 ที่ระบุในมาตรฐานเป็นความยาวที่จะช่วยให้สามารถรับ/ส่งข้อมูลได้ที่ความเร็วสูงสุด และถ้าความเร็วในการรับ/ส่งข้อมูลลดลง หมายความว่าความยาวสูงสุดของสายเคเบิลก็จะเพิ่มขึ้น ซึ่งทาง Texas Instruments ได้ทดลองในทางปฏิบัติเมื่อหลายปีก่อน โดยใช้ความเร็วในการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันเพื่อหาความยาวสูงสุดของสายเคเบิล โปรดจำไว้ว่ามาตรฐาน RS-232 เดิมได้รับการพัฒนาขึ้นสำหรับความเร็ว 20,000 bit/s ซึ่งหากลดความเร็วลงครึ่งนึงจะทำให้ความยาวสายเคเบิลเพิ่มขึ้นได้อีกถึง 10 เท่า

ตารางที่ 2.4 ความยาวสายเคเบิล RS-232 ตาม Texas Instrument

อัตราการถ่ายโอนข้อมูล	ความยาวสายเคเบิลสูงสุด (ft)
19200	50
9600	500
4800	1000
2400	3000

รหัสสัญญาณของ RS-232

RS-232 เป็นรูปแบบของการส่งข้อมูลดิจิตอลรูปแบบหนึ่ง ซึ่งอย่างที่ทุกคนทราบกันดีว่าข้อมูลดิจิตอลจะประกอบด้วยตัวเลขเพียงสองตัว คือ 0 และ 1 เรียงต่อกันเป็นรหัสหรือชุดคำสั่งเพื่อสั่งงานอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่ง RS-232 จะใช้ ระดับของแรงดันไฟฟ้า เป็นตัวบอกว่าข้อมูลไหนคือ 0 และ 1 ตามตาราง

ตารางที่ 2.5 แรงดันไฟฟ้าในการส่งสัญญาณของ RS-232

รหัส	ตัวส่งสัญญาณ (V)	ตัวรับสัญญาณ (V)
0	+5 ... +15	+3 ... +25
1	-5 ... -15	-3 ... -25
Undefined	-	-3 ... +3

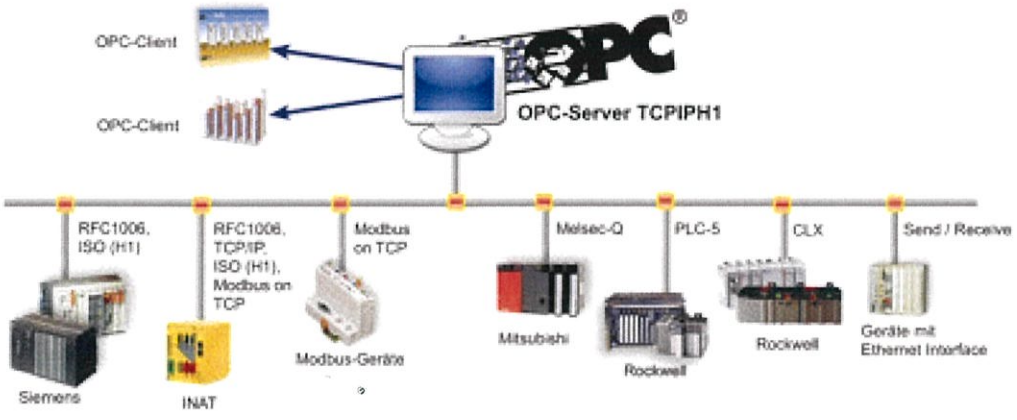
2.3.2 DF1 Protocol

DF1 Protocol เป็นโปรโตคอลที่ใช้ไบต์แบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) ซึ่งใช้ในการสื่อสารกับโมดูลอินเตอร์เฟส RS-232 ของ Allen Bradley ส่วนใหญ่ โปรโตคอล DF1 ประกอบด้วย link layerและ Application layer format อย่างไรก็ตาม DF1 ทำงานได้มากกว่าโหมด half duplex และ full duplex ในการติดต่อสื่อสาร

2.3.3 OPC (OLE for Process Control)

OPC หรือ OLE For Process Control เป็น Communication Sever หนึ่ง ซึ่งอธิบายง่าย ๆ คือ หากเรามี Controller (PLC, DCS) แต่ต้องการจะสื่อสารกับอุปกรณ์ควบคุมอื่น ๆ เช่น HMI, SCADA หรือ Remote Unit ต่าง ๆ ที่คนละยี่ห้อกันเพื่อให้สามารถสื่อสารกันได้จะต้องใช้ OPC ในการสื่อสาร เปรียบง่าย ๆ ก็คือเป็นเหมือนตัวแปลภาษาของอุปกรณ์ให้คุยกันรู้เรื่องนั่นเอง แต่ถ้าอุปกรณ์ยี่ห้อเดียวกันอันนี้แล้วแต่บริษัทนั้น ๆ ว่าออกแบบการติดต่อสื่อสารเป็นอย่างไร ต้องการใช้ OPC (OLE For Process Control) หรือไม่ ส่วนมากหากอุปกรณ์ยี่ห้อเดียวกันก็มักไม่จำเป็นต้องใช้

ด้วยรูปแบบมาตรฐานของข้อมูลแบบเปิด ทำให้ผู้ผลิตอุปกรณ์ทั้งหลายบนโลกใบนี้สามารถพัฒนาระบบการสื่อสารข้อมูลของตนให้เป็นไปตามมาตรฐานเดียวกัน บ้างก็เป็น Server (ผู้ให้ข้อมูลซึ่งมักเป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ ในโรงงาน เช่น Sensor, Controller, PLC หรือ HMI) กับ Client (ผู้ใช้ข้อมูลซึ่งมักจะเป็นระบบการบริหารจัดการทรัพยากรต่าง ๆ เช่น HMI , SCADA) ทั้งนี้การประยุกต์ใช้ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการช่วยให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลจากอุปกรณ์ต่างค่ายกัน หรือ การรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลายในเชิงของข้อมูลมีรูปแบบและมาตรฐานที่แตกต่างกัน ทำได้ง่ายขึ้น



ภาพที่ 2.17 ตัวอย่างการสื่อสารข้อมูล OPC

บางครั้งเราอาจใช้วิธีการอื่น ๆ เช่น นำข้อมูลต่าง ๆ จากอุปกรณ์ไปกองไว้ในระบบฐานข้อมูล เช่น SQL Server, Kepware เป็นต้น ไว้ก่อน จากนั้นค่อยให้ระบบบริหารจัดการทรัพยากรค่อยมานำข้อมูลจากฐานข้อมูลนั้นไปใช้อีกที ซึ่งก็มีข้อเด่นข้อด้อยแตกต่างกันไป ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความต้องการใช้ข้อมูลว่าท้ายที่สุดแล้วอยากจะได้อะไร

2.4 SCADA

SCADA หรือ Supervisory Control And Data Acquisition เป็นระบบตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Real-time ใช้ในการตรวจสอบสถานะตลอดจนถึงควบคุมการทำงานของระบบควบคุมในอุตสาหกรรมและงานวิศวกรรมต่าง ๆ เช่น งานด้านโทรคมนาคมสื่อสาร การประปา การบำบัดน้ำเสีย การจัดการด้านพลังงาน อุตสาหกรรมปิโตรเลียม อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ การขนส่ง กระบวนการนิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้า เป็นต้น ตัวอย่างสำหรับการใช้งาน เช่น ใช้ SCADA สำหรับตรวจสอบข้อมูล เช่น การรั่วไหลของของเหลวที่เกิดขึ้นในท่อขนส่งจากตัวตรวจจับแล้วส่งสัญญาณแจ้งเตือนให้พนักงานทราบ โดยส่งข้อมูลเข้าสู่ส่วนกลางของระบบ SCADA เป็นต้น

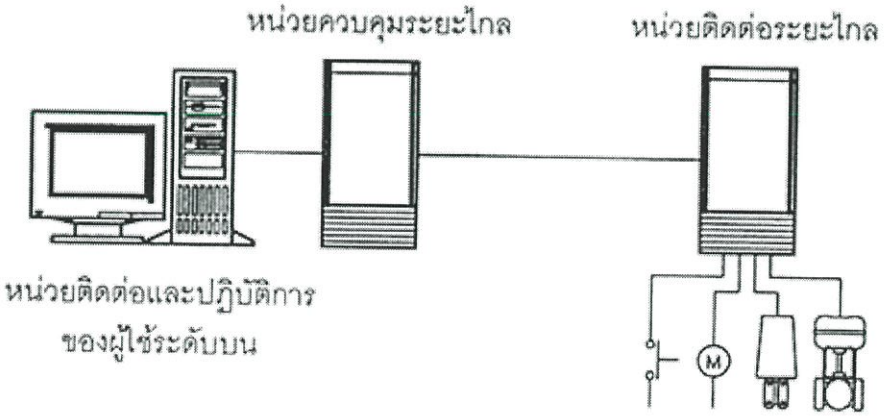
นอกจากนั้น SCADA อาจทำหน้าที่คำนวนและประมวลผลข้อมูลที่ได้จากฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ เช่น PLC, Controller, DCS, RTU แล้วแสดงข้อมูลทางหน้าจอ หรือส่งสัญญาณควบคุมฮาร์ดแวร์ดังกล่าว เช่น หากอุณหภูมิของอุปกรณ์สูงเกินพิกัด ให้ทำการปิดอุปกรณ์นั้น เป็นต้น โดยสั่งงานผ่าน PLC หรือ Controller ที่ติดต่ออยู่ ทั้งนี้ SCADA สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากระบบควบคุมทั้งหมดไว้ในฐานข้อมูลเพื่อให้พนักงานหรือโปรแกรมอื่น ๆ สามารถนำไปใช้งานได้ SCADA นั้นเข้าไปมีส่วนในงานควบคุมทั้งเล็กและใหญ่ที่ต้องการแสดงผล แลกเปลี่ยนข้อมูล หรือควบคุมระบบต่าง ๆ จากส่วนกลาง เพื่อการทำงานของระบบที่สัมพันธ์กันสามารถมองเห็นภาพรวมได้อย่างชัดเจน และมีความรวดเร็วต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นนอกจากนั้นระบบ SCADA ในปัจจุบันมีความสามารถในการสื่อสาร ควบคุม และประมวลผลข้อมูลจาก I/O ของอุปกรณ์เช่น PLC, DCS, RTU ได้ถึงระดับที่เกินหนึ่งแสน I/O แล้ว และได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถรองรับความต้องการใหม่ ๆ ของผู้ใช้งานอย่างต่อเนื่องตลอดมา สำหรับ SCADA นั้นเริ่มใช้งานในคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ระบบปฏิบัติการ DOS, VMS และ UNIX จนมาถึงระบบปฏิบัติการ Windows NT, XP, Server 2003 และ LINUX

2.4.1 องค์ประกอบของ SCADA

1) หน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้ระดับบน

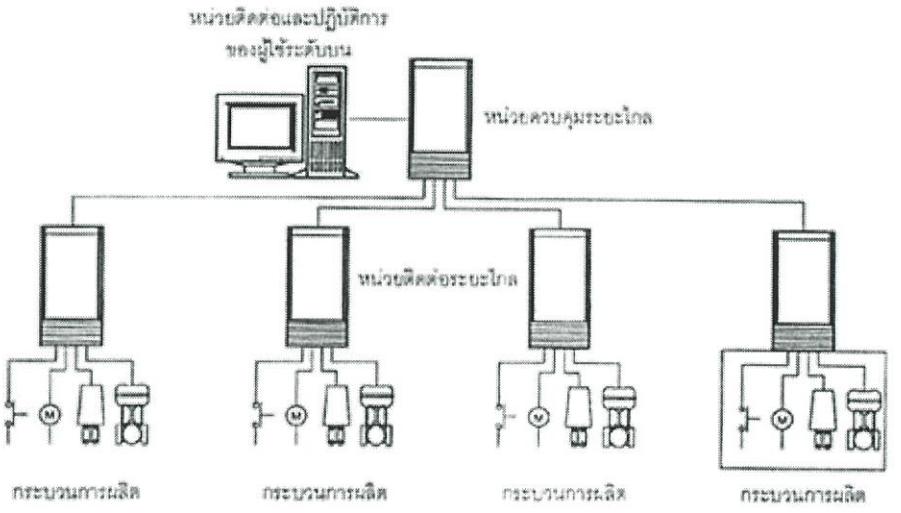
2) หน่วยควบคุมระยะไกล

3) หน่วยติดต่อระยะไกล



ภาพที่ 2.18 องค์ประกอบของ SCADA

ผู้ใช้สามารถตรวจสอบ และ ควบคุมกระบวนการผลิต ภายในโรงงานอุตสาหกรรม หรือหน้างานปฏิบัติงานเป็นระยะทางไกล โดยมีหน่วยติดต่อและปฏิบัติการของผู้ใช้งานระดับบน เป็นเครื่องมือปฏิบัติการของผู้ใช้สำหรับตรวจสอบและควบคุม กระบวนการผลิตเชื่อมต่อกับหน่วยควบคุมระยะไกล หน่วยควบคุมระยะไกลติดต่อกับหน่วยติดต่อระยะไกลได้โดยการสื่อสารข้อมูลแบบดิจิตอลทางระบบเครือข่ายคมนาคม และหน่วยติดต่อระยะไกลเป็นเครื่องมือเชื่อมต่อกันกับกระบวนการผลิต ประกอบด้วย หน่วยรับสัญญาณ/ส่งสัญญาณของสัญญาณชนิดอนาล็อกและสัญญาณชนิดดิจิตอล



ภาพที่ 2.19 การติดตั้ง SCADA สำหรับตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูลและบริหารระบบควบคุม

2.4.2 ประเภทงานที่เหมาะกับ SCADA

กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ที่มีบริเวณการผลิตครอบคลุมพื้นที่ที่กว้าง หรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการผลิตอิสระ ติดตั้งกระจายไปทั่วบริเวณของพื้นที่การผลิต รวมถึงระบบสาธารณูประโภคต่าง ๆ ลักษณะของงานมีดังนี้

1) การตรวจสอบ

2) การเก็บรวบรวมข้อมูลของกระบวนการผลิต

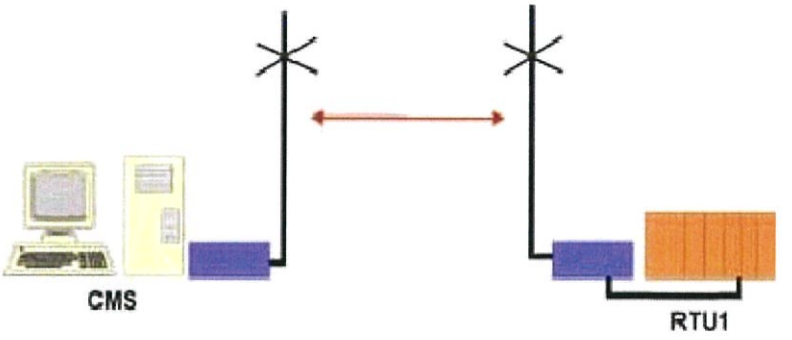
3) การบริหารระบบควบคุม

2.4.3 รูปแบบของ SCADA

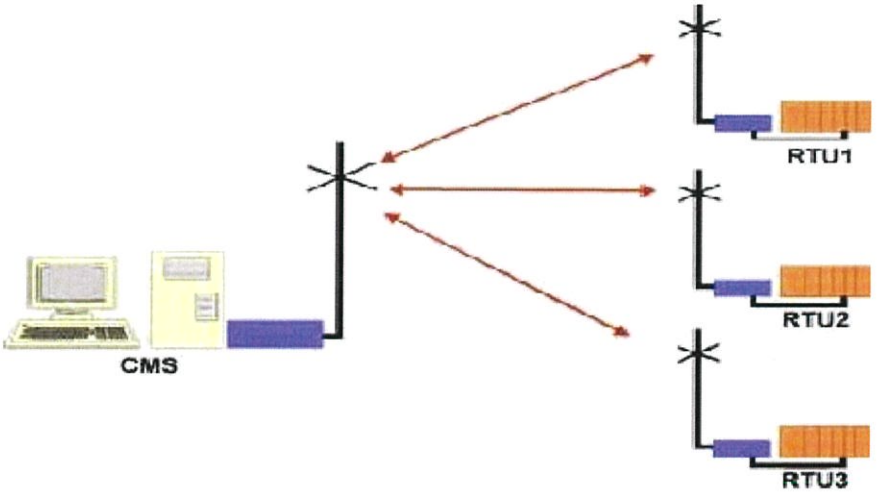
รูปแบบของ SCADA มี 2 ลักษณะ ดังนี้

1) Point-to-Point Configuration

2) Point-to-Multipoint Configuration



ภาพที่ 2.20 Point-to-Point Configuration



ภาพที่ 2.21 Point-to-Multipoint Configuration

2.4.4 ส่วนประกอบของ SCADA

1) Field Instrumentation

Field Instrumentation เป็นอุปกรณ์ เครื่องมือหรือเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือถูกตรวจสอบ โดยอุปกรณ์นี้จะเปลี่ยน Physical Parameter เช่น Fluid Flow, Velocity, Fluid Level ให้เป็น Electrical Signal เช่น Voltage หรือ Current ซึ่งสามารถอ่านค่าเหล่านี้ได้โดย Remote Station Equipment ผลลัพธ์ที่ได้เป็นได้ทั้ง Analog และ Digital

2) Remote Station

Remote station เป็นส่วนที่ทำการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และส่งไปยังศูนย์กลางของระบบ SCADA ซึ่งนั่นอาจจะเป็น Remote Terminal Unit (RTU) หรือ Programmable Logic Controller (PLC) ก็ได้ RTU คือ อุปกรณ์ใช้ในการตรวจจับสัญญาณจาก Field Sensor แล้วส่งสัญญาณข้อมูลให้ Controller ควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

(1) Single Board : Input และ Output เป็น Fixed Number จะมีราคาถูกแต่ไม่สามารถรองรับการขยายของระบบสมัยใหม่ได้

(2) Modular Board : สามารถรองรับการขยาย Remote Station ได้ แต่มีราคาค่อนข้างแพงกว่า Single Board

3) Communication Network

Communication Network เป็นการส่งข้อมูลดิจิตอลระหว่างสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่ที่หนึ่ง โดยผ่านตัวกลางสำหรับการติดต่อสื่อสาร เช่น สายเคเบิล คลื่นวิทยุ หรือผ่านระบบ GSM/GRSP

4) Central Monitoring Station (CMS)

Central Monitoring Station หรือ CMS เป็นศูนย์กลางของระบบ SCADA โดยรับข้อมูลเข้ามาประมวลผลและแสดงกระบวนการบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย ซอฟต์แวร์และ ฮาร์ดแวร์

2.4.5 ฐานข้อมูลของ SCADA

1) Realtime Database Servers

เป็นระบบฐานข้อมูล ที่ใช้จัดการและเก็บค่าของกระบวนการ ณ เวลาปัจจุบัน ในขณะใด ๆ ค่า Realtime เปลี่ยนแปลงตามสภาพของกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ค่าของกระบวนการจะถูกตรวจจับ (monitor & scan) โดย RTU (Remote Termination Unit) และข้อมูลค่า Realtime จะถูกประมวลนำมาแสดงผลบน MMI (Man-Machine Interface) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) รู้สภาพของกระบวนการ ณ ขณะนั้น ๆ ค่า Realtime ทุก ๆ ค่าจะถูก update ได้ไม่เกินทุก ๆ 2 วินาที

2) Historical Database Servers

Historical database severs เป็นระบบของฐานข้อมูลที่ใช้จัดการและจัดเก็บค่า Historical Data ของกระบวนการเพื่อใช้ในการ Trending, Logging, Statistic และ Report ตัวอย่างของฐานข้อมูลชนิดนี้ คือ XIS (eXtended Information System) ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยใช้ Sybase

Relational Database Management System (RDBMS) เป็นมาตรฐาน Protocols ที่ใช้ใน SCADA

ปัจจุบัน SCADA มีมาตรฐาน Protocols มากกว่า 200 โปรโตคอลทั่วโลก ที่ใช้สำหรับการติดต่อระหว่าง Central Computer และ Remote RTUs, PLCs และ Flow Computer Standard มาตรฐาน Protocols ที่ใช้ในปัจจุบันมีอยู่ 5 แบบ

1) ASCII (American Standard Code for Information Interchange)

ASCII หรือ American Standard Code for Information Interchange เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารของคอมพิวเตอร์ที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายและเป็นสากล

2) CAP (Compressed ASCII Protocol)

CAP หรือ Compressed ASCII Protocol เป็น RTU Protocol ที่ดีที่สุดและเป็นภาษาที่คนสามารถอ่านเข้าใจได้ (Man readable) มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) เร็ว (Fast) และมีความปลอดภัยสูง (Secure)

3) Modbus

Modbus เป็น Point-to-Point PLC protocol ที่ใช้กันหลากหลาย แต่มีข้อเสียคือ เป็นภาษาที่คนไม่สามารถอ่านเข้าใจได้ (Man unreadable)

4) Modbus X

Modbus X เป็นส่วนพัฒนามาจาก Modbus Protocol ที่ทำให้ผู้ใช้ Modbus สามารถอ่านและสามารถสร้างจำนวนบวกและลบได้

5) IEEE 32 bit Single Format Floating Point

เป็นมาตรฐานของงานอุตสาหกรรม สำหรับการส่งตัวเลข 23 บิต ด้วยความถูกต้อง โปรโตคอลเหล่านี้ใช้ได้กับ National Instrument's Lookout ที่เป็น Object Oriented Software ,DDE และ SQL

2.4.6 การแปลงข้อมูล SCADA Protocol

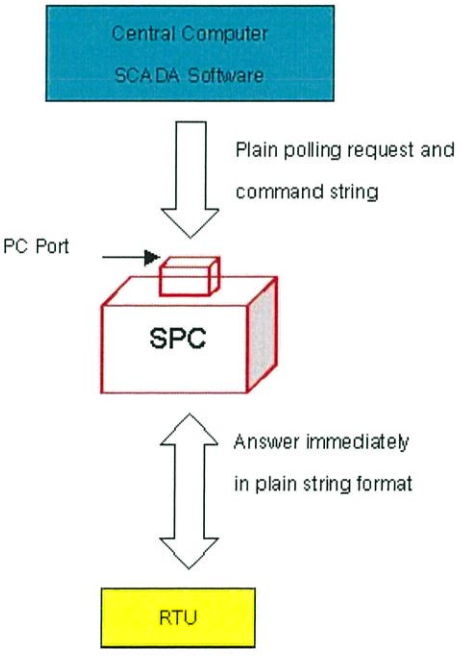
ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการ จะถูกแปลงโดย SCADA Central Station Computer ไปเป็นข้อมูลชนิดตัวเลขและตรรกะ ส่วนใน Object Oriented Software รูปแบบของฐานข้อมูลจะถูกเก็บในรูปแบบของ Object โดยข้อมูลในฐานข้อมูลเหล่านี้จะถูกเรียกใช้โดย Central Station Computer จาก Remote RTUs, PLCs, Flow Computers เป็นต้น และข้อมูลจะถูกส่งผ่านสัญญาณวิทยุ, สายเคเบิ้ล, Fiber Optic Cable, By Dialing, By Satellite Communication

การแปลงระบบให้ SCADA System Protocol สามารถใช้งานกับคอมพิวเตอร์รุ่นใหม่และฐานข้อมูลแบบใหม่ได้ ซึ่งมีหลายแนวทางด้วยกัน ดังนี้

1) การแปลง Remote RTUs เก่า และ Flow Computer ให้สื่อสารด้วย Standard Protocol วิธีนี้ทำให้ข้อมูลในระบบเดิมยังคงอยู่ครบถ้วน

2) การแปลง Remote RTUs ใหม่และ Flow Computer ให้สื่อสารด้วย Old Protocol วิธีนี้ไม่นิยม เนื่องจากมีข้อเสียคือ เป็นการใช้เทคโนโลยีเก่า (Step back technology)

3) การใช้ SPC (SCADA Protocol Converter) เป็น H/W Protocol Converter ระหว่าง RTUs, PLCs, Flow Computer และ Central Station ซึ่งวิธีนี้ทำให้ระบบเก่า (Old System) สามารถสื่อสารกับซอฟท์แวร์แบบใหม่ (Modern Software) ได้ และ SPC จะติดต่อโดยตรงกับ Central Station โดยไม่มี Delay หรือ Distortion เลย



ภาพที่ 2.22 การติดต่อโดย SPC เป็นตัวกลางระหว่าง Central Computer SCADA Software และ RTU

2.5 Hardware ที่ใช้ในโครงงาน

2.5.1 PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 (1769-L31)

เป็น PLC ชนิดโมดูล และมีแบตเตอร์รี่ในตัวเอง สำหรับข้อมูลการติดตั้งมีดังนี้

1) ตัวควบคุม CompactLogix เป็นโมดูลซ้ายสุดในระบบ

2) แหล่งจ่ายไฟ 1 โมดูลสามารถรองรับ controller 1769-L31 ได้สูงสุด 4 โมดูล แต่ สำหรับ I/O โมดูลอาจมีอยู่ได้ถึง 8 โมดูลของแหล่งจ่ายไฟ 1 โมดูล

3) คอนโทรลเลอร์ 1769-L31 รองรับโมดูล I/O จำนวน 16 ชุดใน I/O bank สูงสุด 3 ชุดพร้อมสายต่อขยาย 2 สาย

4) แต่ละ I/O bank ต้องการแหล่งจ่ายไฟของตัวเอง

5) สามารถใช้ตัวควบคุมเพียงตัวเดียวในระบบ CompactLogix

6) ต้องมีฝาปิดด้านขวา 1769-ECR หรือฝาท้ายด้านซ้าย 1769-ECL เพื่อสิ้นสุดของบัสสื่อสาร (Communication bus)

ตารางที่ 2.6 แสดงคุณสมบัติของ PLC 1769-L31

Attribute	Value	
Communication port	**CH0 – RS-232**	**CH1 – RS-232**
	RS-232	RS-232
	DF1, DH-485, ASCII	DF1, DH-485
	Fully isolated	Nonisolated
	38.4 Kbps max	38.4 Kbps max
User memory	512 KB	
Nonvolatile memory	1784-CF64 or 1784-CF128 CompactFlash card	
Number of I/O modules, max	16 I/O modules	
Number of I/O banks, max	3 Banks	
Backplane current	330 mA at 5 VDC, 40 mA at 24 VDC	
Power dissipation	2.61 W	
Power supply distance rating	4	
North American temp code	T5	
Battery	1769-BA	
Weight, approx.	0.30 kg (0.66 lb)	
Programming cable	1747-CP3 or 1756-CP3	
Panel mounting screw torque	1.1 ... 1.8 Nm (10...16 lbin)	
Enclosure type rating	None (open style)	
Wiring category	2 on communication ports	
Isolation voltage	30 V (continuous)	

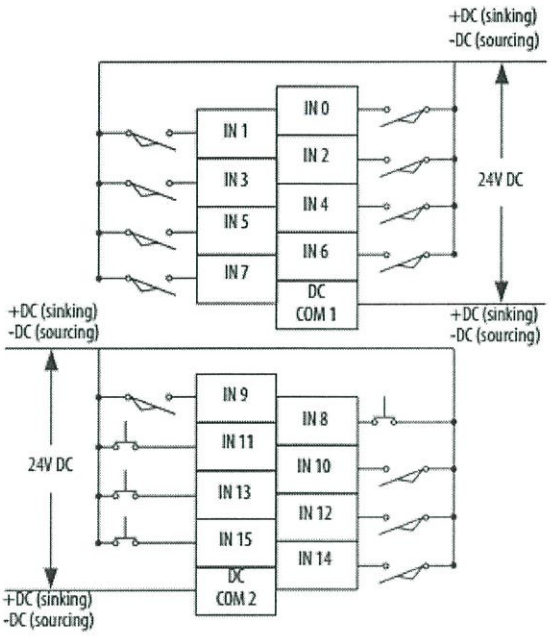
ตารางที่ 2.7 Default serial configuration

Parameter	Default
Protocol	DF1 Full duplex
Communication Rate	19.2 Kbps
Parity	None
Station Address	0
Control Lines	No Handshaking
Error Detection	BCC
Embedded Responses	Auto Detect
Duplicate Packet (Message) Detect	Enabled
ACK Timeout	50 (x 20 ms)
NAK Receive Limit	3 Retries
ENQ Transmit Limit	3 Retries
Data bits	8
Stop bits	1

ภาพที่ 2.23 PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 (1769-L31)

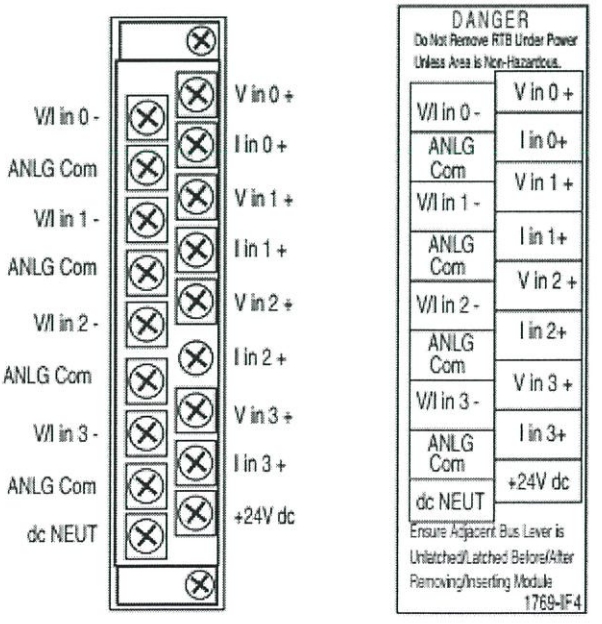
2.5.2 I/O Module

1769 – IQ16 เป็น Digital input module 16 input 24 VDC ชนิด Sink/Source

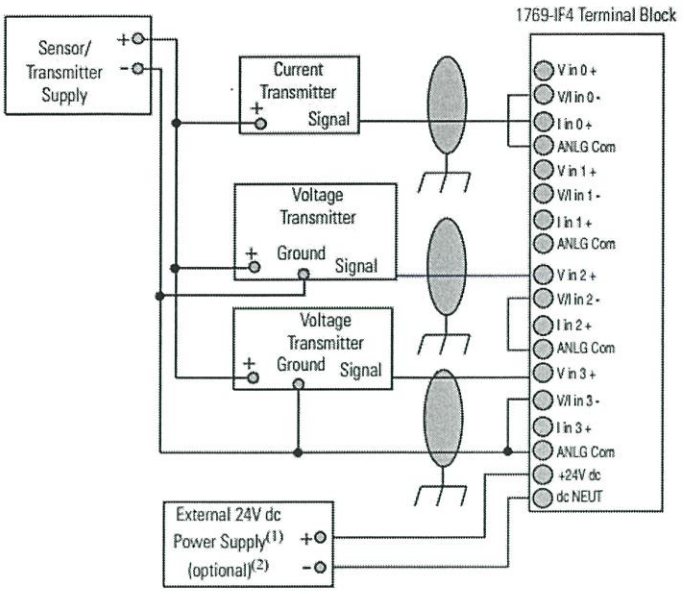


ภาพที่ 2.24 Wiring diagram of 1769 – IQ16 module

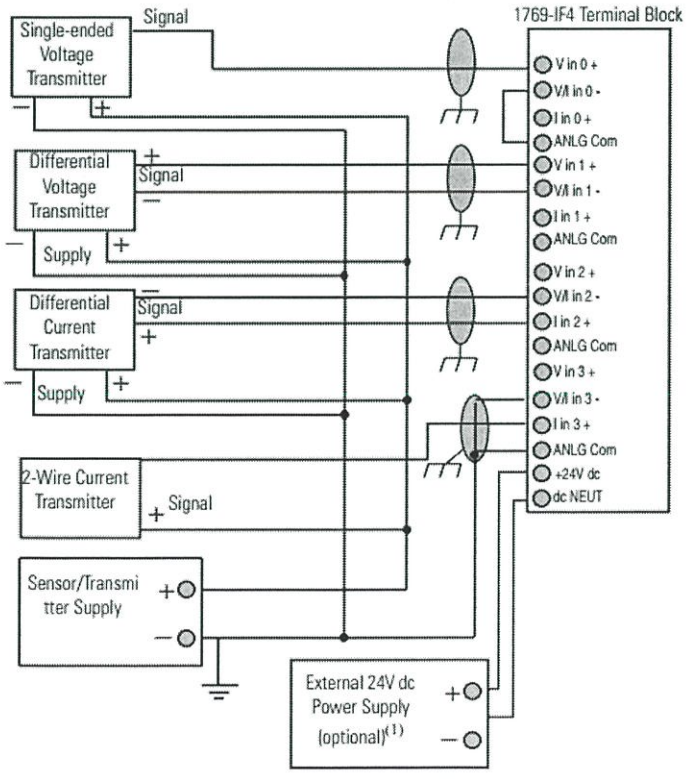
1769 – IF4 เป็น Analog input module 24VDC ชนิด 4 channel



ภาพที่ 2.25 1769-IF4 Terminal Layout



ภาพที่ 2.26 1769-IF4 Wiring Single-ended Sensor/Transmitter Types



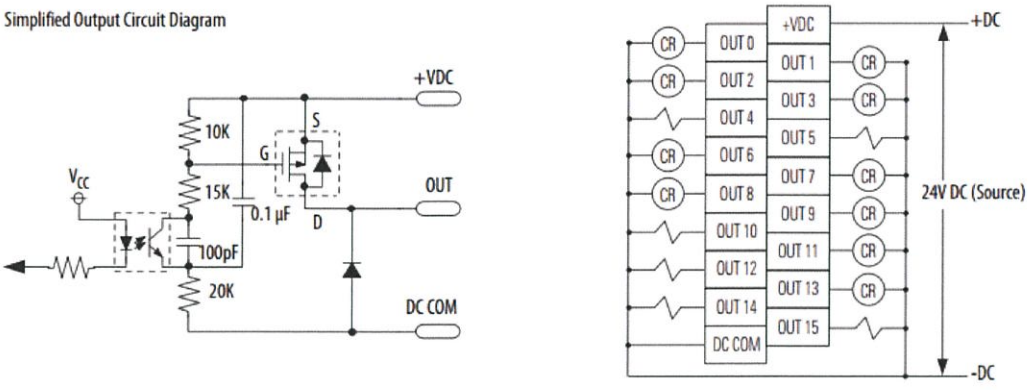
ภาพที่ 2.27 1769-IF4 Wiring Mixed Transmitter Types

สำหรับข้อมูลที่ได้จาก Input ที่เป็น Analog Data จะเป็น Raw data ซึ่งการนำไปใช้ต้องแปลงค่าไปใช้งานโดยผ่านฟังก์ชันสเกล (Scaling) และ Raw data ที่ Analog input แต่ละชนิดอ่านค่าได้นั้นก็มีค่าที่แตกต่างกันไป

ตารางที่ 2.8 1769 – IF4 valid input data

1769-IF4 Input Range	Input Value	Example Data	Input Range Condition	Raw/Proportional Data	Engineering Unit	Scaled-for-PID	Percent Full Range
				Decimal Range	Decimal Range	Decimal Range	Decimal Range
-10V to +10V dc	Over 10.5V dc	+11.0V dc	Over-range	32767 (max.)	10500 (max.)	16793 (max.)	N/A
	+10.5V dc	+ 10.5V dc	Over-range	32767 (max.)	10500 (max.)	16793 (max.)	N/A
	-10V to +10V dc	+10.0V dc	Normal	31206	10000	16383	N/A
		0.0V dc	Normal	0	0	8192	N/A
		-10.0V dc	Normal	-31206	-10000	0	N/A
	-10.5Vdc	-10.5V dc	Under-range	-32767 (min.)	-10500 (min.)	-410 (min.)	N/A
	Under -10.5V dc	-11.0V dc	Under-range	-32767 (min.)	-10500 (min.)	-410 (min.)	N/A
0V to 5V dc	Over 5.25V dc	5.5V dc	Over-range	32767 (max.)	5250 (max.)	17202 (max.)	10500 (max.)
	5.25V dc	5.25V dc	Over-range	32767 (max.)	5250 (max.)	17202 (max.)	10500 (max.)
	0.0V dc to 5.0V dc	5.0V dc	Normal	31206	5000	16383	10000
		0.0V dc	Normal	0	0	0	0
	-0.5V dc	-0.5V dc	Under-range	-3121 (min.)	-500 (min.)	-1638 (min.)	-1000 (min.)
	Under -0.5V dc	-1.0V dc	Under-range	-3121 (min.)	-500 (min.)	-1638 (min.)	-1000 (min.)
0V to 10V dc	Over 10.5V dc	11.0V dc	Over-range	32767 (max.)	10500 (max.)	17202 (max.)	10500 (max.)
	+10.5V dc	10.5V dc	Over-range	32767 (max.)	10500 (max.)	17202 (max.)	10500 (max.)
	0.0V dc to 10.0V dc	10.0V dc	Normal	31206	10000	16383	10000
		0.0V dc	Normal	0	0	0	0
	-0.5V dc	-0.5V dc	Under-range	-1560 (min.)	-500 (min.)	-819 (min.)	-500 (min.)
	Under -5.0V dc	-1.0V dc	Under-range	-1560 (min.)	-500 (min.)	-819 (min.)	-500 (min.)
4 mA to 20 mA	Over 21.0 mA	22.0 mA	Over-range	32767 (max.)	21000 (max.)	17407 (max.)	10625 (max.)
	21.0 mA	21.0 mA	Over-range	32767 (max.)	21000 (max.)	17407 (max.)	10625 (max.)
	4.0 mA to 20.0 mA	20.0 mA	Normal	31206	20000	16383	10000
		4.0 mA	Normal	6241	4000	0	0
	3.2 mA	3.2 mA	Under-range	4993 (min.)	3200 (min.)	-819 (min.)	-500 (min.)
	Under 3.2 mA	0.0 mA	Under-range	4993 (min.)	3200 (min.)	-819 (min.)	-500 (min.)
1.0V to 5V dc	Over 5.25V dc	5.5V dc	Over-range	32767 (max.)	5250	17407	10625
	+5.25V dc	5.25V dc	Over-range	32767 (max.)	5250	17407	10625
	1.0V to 5.0V dc	5.0V dc	Normal	31206	5000	16383	10000
		1.0V dc	Normal	6243	1000	1	1
	0.5V dc	0.5V dc	Under-range	3121 (min.)	500	-2048	-1250
	Under 0.5V dc	0.0V dc	Under-range	3121 (min.)	500	-2048	-1250
0 mA to 20 mA	Over 21.0 mA	22.0 mA	Over-range	32767	21000	17202	10500
	21.0 mA	21.0 mA	Over-range	32767	21000	17202	10500
	0.0 mA to 20.0 mA	20.0 mA	Normal	31206	20000	16383	10000
		0.0 mA	Normal	0	0	0	0
	Under 0.0 mA	0.0 mA	Under-range	0	0	0	0

1769 – OB16 เป็น Digital output module 16 output solid state 24 VDC ชนิด source



ภาพที่ 2.28 Wiring diagram of 1769 – OB16 module

2.5.3 Switching power supply 24 VDC 10 A

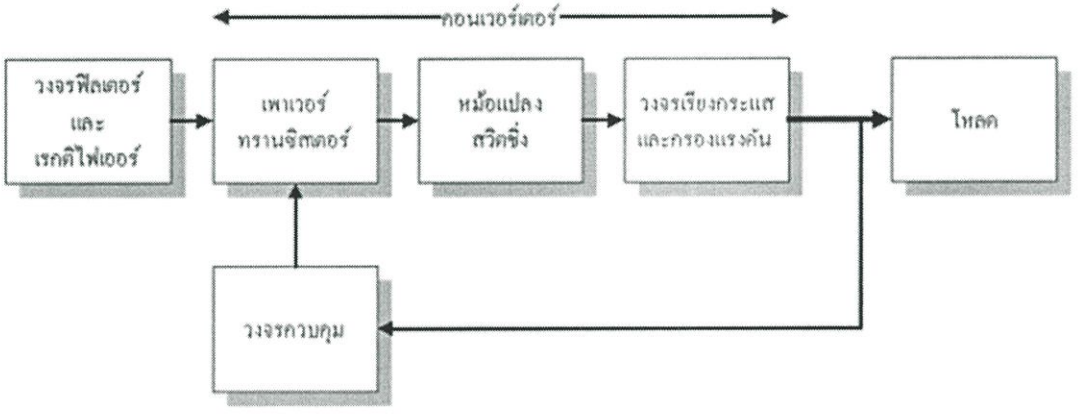
ภาพที่ 2.29 Phoenix Contact Power Supply 24 VDC 10 A

สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply) ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงค่าแรงดันไฟฟ้าแบบหนึ่ง และสามารถเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับโวลต์สูงให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงค่าต่ำ เพื่อใช้ในงานอิเลคทรอนิกส์ ได้เช่นเดียวกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น ถึงแม้ว่าเพาเวอร์ซัพพลายทั้งสองแบบจะต้องมีการใช้หม้อแปลง สำหรับการลดทอนแรงดันไฟฟ้าสูงให้เป็นแรงดันต่ำเช่นเดียวกัน แต่สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจะต้องการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักน้อย เมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น อีกทั้งสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าอีกด้วย

ในปัจจุบัน สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายได้มามีบทบาทกับชีวิตเราอย่างมาก เครื่องใช้อิเลคทรอนิกส์ขนาดเล็กซึ่งต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องโทรสาร และ โทรทัศน์ เป็นต้น จำเป็นจะต้องใช้สวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย แนวโน้มการนำสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายเข้ามาใช้ในเครื่องใช้อิเลคทรอนิกส์ทุกประเภทจึงเป็นไปได้สูง การศึกษาหลักการทำงานและ การออกแบบสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายจึงเป็นสิ่งจำเป็นและไม่อาจหลีกเลี่ยงได้สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานอิเลคทรอนิกส์ทุกประเภท

หลักการทำงานของสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

หัวใจสำคัญของสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายอยู่ที่คอนเวอร์เตอร์ เนื่องจากทำหน้าที่ทั้งลดทอนแรงดันและคงค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย



ภาพที่ 2.30 องค์ประกอบพื้นฐานของสวิตช์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย

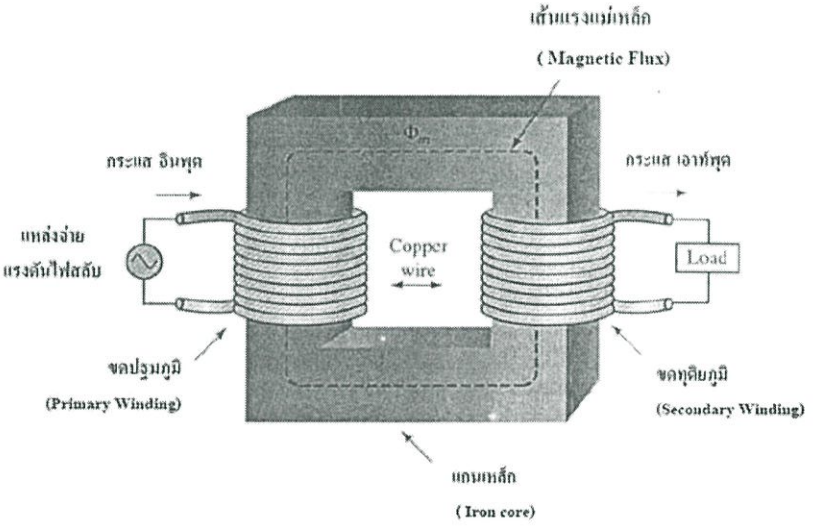
แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่าสูงผ่านเข้ามาทางวงจร RFI ฟิลเตอร์ เพื่อกรองสัญญาณรบกวนและแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงค่าสูงด้วยวงจรเรกติไฟเออร์ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์จะทำงานเป็นเพาเวอร์คอนเวอร์เตอร์โดยการตัดต่อแรงดันเป็นช่วง ๆ ที่ความถี่ประมาณ 20-200 kHz จากนั้นผ่านไปยังหม้อแปลงสวิตช์ชิ่งเพื่อลดแรงดันลง เอาต์พุตของหม้อแปลงจะต่อกับวงจรเรียงกระแส และกรองแรงดันให้เรียบ ในการคงค่าแรงดันจะทำได้โดยการป้อนกลับค่าแรงดันที่เอาต์พุตกลับมายังวงจรควบคุม เพื่อควบคุมให้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์นำกระแสมากขึ้น หรือ น้อยลงตามการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่เอาต์พุต ซึ่งจะมีผลทำให้แรงดันเอาต์พุตคงที่ได้

2.5.4 Adapter transformer stepdown (220 VAC to 110 VAC)

ในระบบจ่ายไฟฟ้านั้น มีการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มีขนาดสูงมาก ๆ เช่น ลดแรงดันให้มีขนาดเป็น 48 kV หรือ 24 kV เพื่อลดขนาดของลวดตัวนำไฟฟ้า ที่ต้องใช้ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าเป็นระยะทางไกล ๆ เมื่อถึงปลายทางก่อนที่จะจ่ายไฟฟ้าให้แก่บ้านเรือนก็จะแปลงระดับ

แรงดันไฟฟ้าให้ลดลงเป็น 220 V เพื่อลดอันตรายที่จะเกิดแก่ผู้ใช้ไฟฟ้า และเมื่อต้องการใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ระดับแรงดันต่ำ ก็จะต้องมีการแปลงดันไฟฟ้ากระแสสลับตามบ้านจาก 220 V ให้เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าตามที่ต้องการ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดังกล่าวเรียกว่าหม้อแปลงไฟฟ้า

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้านั้นอาศัยหลักความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับเส้นแรงแม่เหล็กในการสร้างแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำให้กับตัวนำ คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำนั้น และถ้ากระแสที่ป้อนมีขนาดและทิศทางที่เปลี่ยนแปลงไปมา ก็จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ถ้าสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวตัดผ่านตัวนำจะเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยขนาดของแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะสัมพันธ์กันกับ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก และความเร็วในการตัดผ่านตัวนำของสนามแม่เหล็ก



ภาพที่ 2.31 โครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้า

จากภาพที่ 2.31 เป็นโครงสร้างของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งเป็นหม้อแปลงกระแสสลับประกอบไปด้วยขดลวด 2 ขด พันรอบแกนที่เป็นสื่อกลางของเส้นแรงแม่เหล็ก ซึ่งอาจจะเป็นแกนเหล็ก แกนเฟอไรท์ หรือแกนอากาศ ขดลวดที่เราจ่ายไฟเข้าไปเราเรียกว่า ขดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดอีกหนึ่งขด ที่ต่อเข้ากับโหลดเพื่อไปใช้งาน เราเรียกว่าขดทุติยภูมิ (Secondary Winding)

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับให้กับขดปฐมภูมิ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงไป-มา โดยเส้นแรงแม่เหล็กดังกล่าวก็จะวิ่งไป-มา ตามแกน และไปตัดกับขดทุติยภูมิ ทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิที่ต่อกับโหลด โดยแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและจำนวนรอบของขดลวด

การทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อปล่อยแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิจะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กชักนำขึ้น และทำให้เกิดแรงดันไฟสลับขึ้นที่ขดทุติยภูมิโดยมีความถี่เท่าเดิม ขดทุติยภูมิจะมีขดลวดขดเดียวหรือหลาย ๆ ขดลวดก็ได้ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดขึ้นที่ขดทุติยภูมิจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของขดลวด ระหว่างขดปฐมภูมิและขดทุติยภูมิ สามารถคำนวณได้ว่าทางขดปฐมภูมิ จะต้องใช้ขดลวดกี่รอบต่อ 1 V แล้ว ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของขดลวดนั้น ๆ ที่นำมาพันรอบ เมื่อสามารถหาได้ว่าขดลวดกี่รอบต่อโวลต์แล้ว ทางขดทุติยภูมิก็จะสามารถที่จะพันให้ได้จำนวนรอบตามที่ต้องการถ้าจำนวนรอบของขดปฐมภูมิเท่ากับจำนวนรอบของขดทุติยภูมิ แรงดันไฟสลับที่ออกมาที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับแรงดันไฟสลับที่ป้อนเข้าไปที่ขดปฐมภูมิ นั่นคือ ถ้าป้อนแรงดันไฟสลับเข้าที่ขดปฐมภูมิ 220 V แรงดันไฟสลับออกที่ขดทุติยภูมิจะเท่ากับ 220 V เช่นกัน

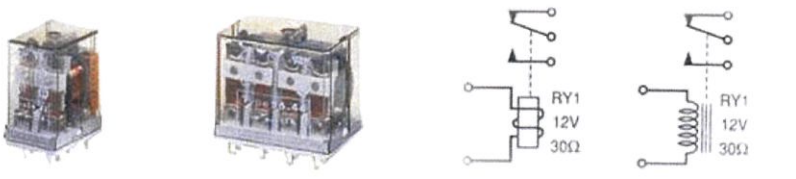
ถ้าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (ES) นั้นมีค่าน้อยกว่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (EP) เรียกหม้อแปลงนี้ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดแปลงแรงดันลง (Step-Down Transformer) หรือ ES < EP ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิจะมีค่าน้อยกว่าแรงดันทางด้านปฐมภูมิ

2.5.5 Relay

รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่าง ๆ ในงานช่างอิเล็กทรอนิกส์มากมาย รีเลย์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนหลัก คือ

1) ส่วนของขดลวด (coil) เหนี่ยวนำกระแสต่ำ ทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าให้แกนโลหะไปกระทุ้งให้หน้าสัมผัสต่อกันทำงาน โดยการรับแรงดันจากภายนอกต่อคร่อมที่ขดลวดเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดได้รับแรงดันไฟฟ้า (ค่าแรงดันไฟฟ้าที่รีเลย์ต้องการขึ้นกับชนิดและรุ่นตามที่ผู้ผลิตกำหนด) จะเกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้แกนโลหะด้านในไปกระทุ้งให้แผ่นหน้าสัมผัสต่อกัน

2) ส่วนของหน้าสัมผัส (contact) ทำหน้าที่เหมือนสวิตช์จ่ายไฟฟ้า เช่น 110 VAC 24 VDC เป็นต้น ให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการ



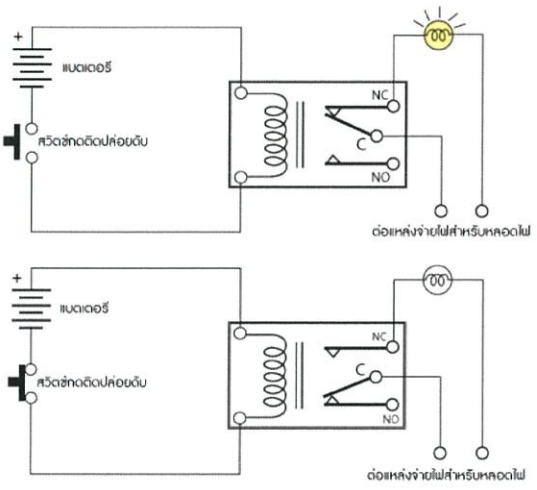
ภาพที่ 2.32 ลักษณะและสัญลักษณ์ของรีเลย์

จุดต่อใช้งานมาตรฐาน ประกอบด้วย

จุดต่อ NC ย่อมาจาก normal close หมายความว่าปกติปิด หรือ หากยังไม่มีการจ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะติดกัน โดยทั่วไปมักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการให้ทำงานตลอดเวลาเช่น

จุดต่อ NO ย่อมาจาก normal open หมายความว่าปกติเปิด หรือหากยังไม่จ่ายไฟให้ขดลวดเหนี่ยวนำหน้าสัมผัสจะไม่ติดกัน โดยทั่วไปเรามักต่อจุดนี้เข้ากับอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมการเปิดปิดเช่นโคมไฟสนามหนือหน้าบ้าน

จุดต่อ C ย่อมากจาก common คือจุดร่วมที่ต่อมาจากแหล่งจ่ายไฟ



ภาพที่ 2.33 การต่อใช้งานจากรีเลย์

ข้อคำถึงในการใช้งานรีเลย์ทั่วไป

1) แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ หากเราดูที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากใช้แรงดันกระแสตรง) เช่น 12 VDC คือต้องใช้แรงดันที่ 12 VDC เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายใน ตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรสามารถต่อขั้วใดก็ได้ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้

2) การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 A 220 VAC คือหน้าสัมผัสของรีเลย์ สามารถทนกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่านี้เพราะถ้ากระแสมากหน้าสัมผัสของรีเลย์จะละลายเสียหายได้

3) จำนานหน้าสัมผัสการใช้งาน ควรดูว่ารีเลย์นั้นมีหน้าสัมผัสให้ใช้งานกี่อัน และมีขั้วคอมมอนด้วยหรือไม่

ชนิดของรีเลย์

รีเลย์ที่นิยมใช้งานและรู้จักกันแพร่หลาย 4 ชนิด

1) อาร์เมเจอร์รีเลย์ (Armature Relay)

2) รีดรีเลย์ (Reed Relay)

3) รีดสวิตช์ (Reed Switch)

4) โซลิดสเตทรีเลย์ (Solid-State Relay)

ประเภทของรีเลย์

รีเลย์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เหมือนเป็นสวิตช์หลักการทำงานคล้ายกับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (Solenoid) ใช้สำหรับการควบคุมวงจรไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะของการใช้งานของรีเลย์ได้ 2 ประเภท คือ

1) รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor) ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2) รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มาก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งสำหรับรีเลย์ควบคุมบางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

2.5.6 Switch

สวิตช์ (Switch) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง ถือว่าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่พบการใช้งานได้บ่อย หน้าที่ของสวิตช์ คือ ใช้ตัดต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อให้มีการจ่ายแรงดันเข้าวงจร หรืองดจ่ายแรงดันเข้าวงจร จะมีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ต่อวงจร (Close Circuit) และไม่มีแรงดันจ่ายเข้าวงจรเมื่อสวิตช์ตัดวงจร (Open Circuit)

2.5.6.1 สวิตช์แบบเลื่อน

สวิตช์แบบเลื่อน (Slide Switch) เป็นสวิตช์ที่ต้องเลื่อนก้านสวิตช์ไปมาก้านสวิตช์ยื่นยาวออกมาจากตัวสวิตช์เล็กน้อย การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยการผลักเลื่อนสวิตช์ขึ้นบนหรือลงล่าง การเลื่อนสวิตช์ขึ้นบนเป็นการต่อ (ON) การเลื่อนสวิตช์ลงล่างเป็นการตัด (OFF)

2.5.6.2 สวิตช์แบบกด

สวิตช์แบบกด (Push Button Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องกดปุ่มสวิตช์ลงไป การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ต้องกดปุ่มที่อยู่ส่วนกลางสวิตช์ กดปุ่มสวิตช์หนึ่งครั้งสวิตช์ต่อ (ON) และเมื่อกดปุ่มสวิตช์อีกหนึ่งครั้งสวิตช์ตัด (OFF) การทำงานเป็นเช่นนี้ตลอดเวลา แต่สวิตช์แบบ

กดบางแบบอาจเป็นชนิดกดติดปล่อยดับ (Momentary) คือขณะกดปุ่มสวิตช์เป็นการต่อ (ON) เมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มสวิตช์เป็นการตัด (OFF) ทันที

2.5.6.3 สวิตช์แบบกระดก

สวิตช์แบบกระดก (Rocker Switch) เป็นสวิตช์ที่มีปุ่มกระดกยื่นออกมาจากตัวสวิตช์เล็กน้อย การควบคุมตัดต่อสวิตช์เล็กน้อย การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยกดผลักขึ้นบนหรือล่าง กดผลักด้านบนจะเป็นการต่อ (ON) กดผลักด้านล้างจะเป็นการตัด (OFF)

2.5.6.4 สวิตช์แบบก้านยาว

สวิตช์แบบก้านยาว (Toggle Switch) เป็นสวิตช์ที่เวลาใช้งานต้องโยกก้านสวิตช์ไปมาโดยมีก้านสวิตช์โยกยื่นยาวออกมาจากตัวสวิตช์ การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยการโยกก้านสวิตช์ให้ขึ้นบนหรือลงล่าง ในการโยกก้านสวิตช์ขึ้นมักจะเป็นการต่อ (ON) และโยกก้านสวิตช์ลงมักจะเป็นการตัด (OFF)

2.5.6.5 สวิตช์แบบหมุน

สวิตช์แบบหมุน (Rotary Switch) หรือ สวิตช์แบบเลือกค่า (Selector Switch) เป็นสวิตช์ที่ต้องหมุนก้านสวิตช์ไปโดยรอบ ๆ เป็นวงกลม และสามารถเลือกตำแหน่งการตัดต่อได้หลายตำแหน่ง และมีหน้าสัมผัสสวิตช์ให้เลือกต่อมากหลายตำแหน่ง เช่น 2, 3, 4, 5 หรือ 6 ตำแหน่ง เป็นต้น

2.5.6.6 สวิตช์แบบไมโคร

สวิตช์แบบไมโคร (Microswitch) เป็นสวิตช์แบบกด ชนิดกดติด ปล่อยดับ แต่เป็นสวิตช์ที่สามารถใช้แรงจำนวนน้อย ๆ เพื่อกดปุ่มสวิตช์ได้ ก้านสวิตช์แบบไมโครสวิตช์มีด้วยกันหลายแบบ อาจเป็นปุ่มกดเฉย ๆ หรืออาจมีก้านแบบโยกได้มากดปุ่มสวิตช์อีกทีหนึ่ง การควบคุมตัดต่อสวิตช์ ทำได้โดยกดปุ่มสวิตช์หรือกดก้านคันโยกเป็นการต่อ (ON) และเมื่อปล่อยมือออกจากปุ่มกดหรือก้านคันโยกเป็นการตัด (OFF)

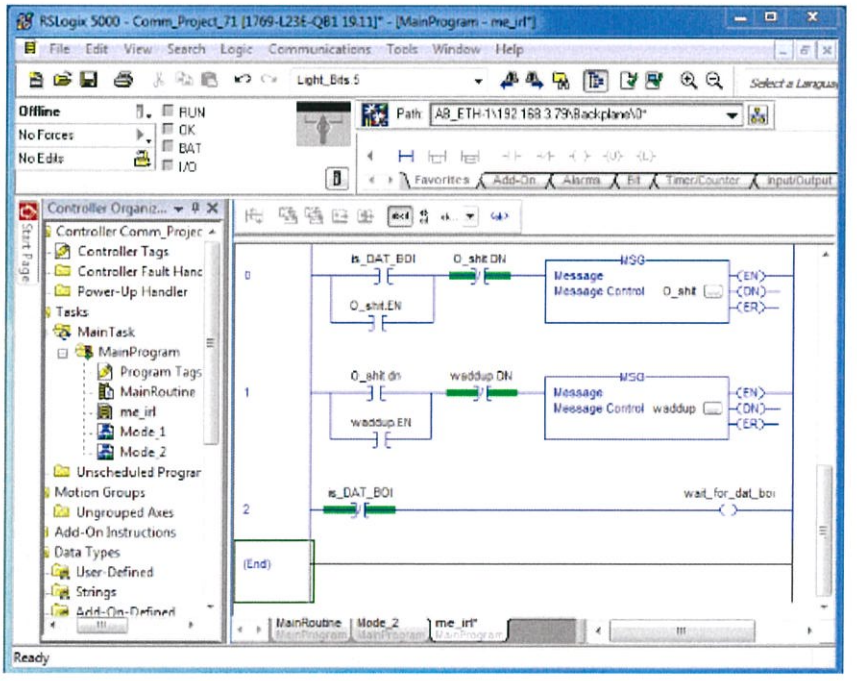
2.5.6.7 สวิตช์แบบดิพ

สวิตช์แบบดิพ (DIP Switch) คำว่าดิพ (DIP) มาจากคำเต็มว่าดูอัลอินไลน์แพกเกจ (Dual Inline Package) เป็นสวิตช์ขนาดเล็กใช้งานร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นในรูปชิพ (Chip) ที่มีขนาดเล็ก ๆ หรือใช้งานกับไอซี (IC = Integrated Circuit) ลักษณะสวิตช์สามารถตัดหรือต่อวงจรได้ การควบคุมตัดต่อสวิตช์แบบดิพ (DIP) จะต้องใช้ปลายมปากกาหรือปลายดินสอในการปรับเลื่อนสวิตช์ สวิตช์แบบดิพมักถูกติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) ใช้กับกระแสไม่เกิน 30 mA ที่แรงดัน 30 VDC

2.6 Software ที่ใช้ในโครงงาน

2.6.1 RSLogix5000

RSLogix5000 เป็น software สำหรับใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของControlLogix PLC, CompactLogix PLC หรือ Hardware อื่นของ Rockwell ที่รองรับการทำงานบน RSLogix5000 ซึ่งสนับสนุนอยู่ 4ภาษาหลักๆ ได้แก่ Ladder, Function Block ,Sequential Function Chart และ Structure Text นอกจากนี้โปรแกรมยังมีสามารถในการ Debug และ Online Edit เพื่อแก้ไขในขณะ PLC Run อยู่ได้อีกด้วย

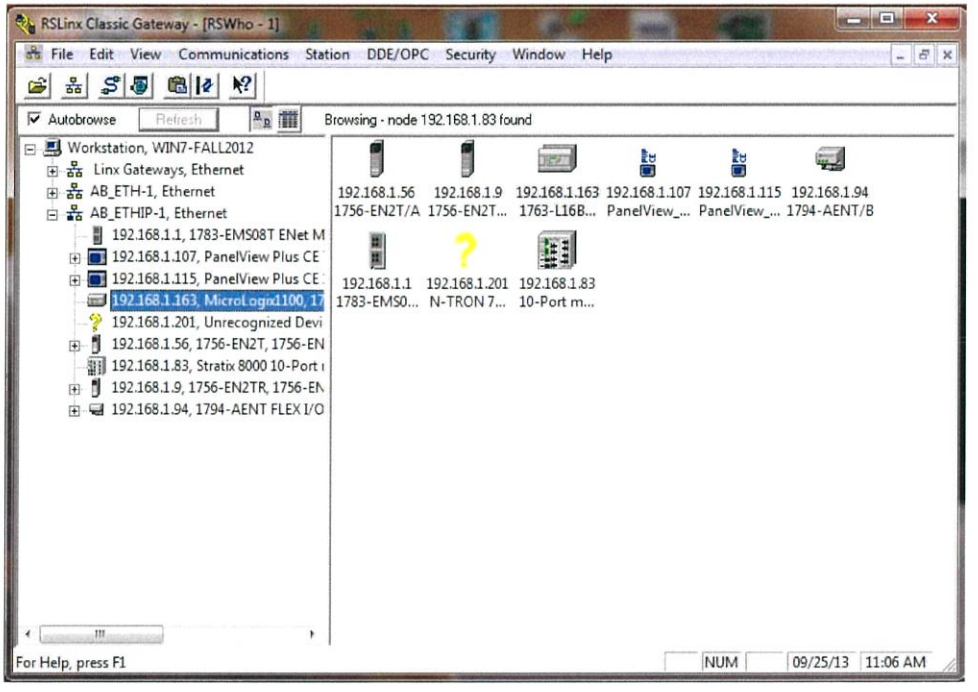


ภาพที่ 2.34 ตัวอย่างโปรแกรม RSLogix5000

2.6.2 RSLinx classic gateway

RSLinx Classic gateway เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อและการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับ PLC และโปรแกรม RSLogix5000 หรือ Software อื่น ที่ต้องสื่อสารกับ PLC Allen Bradley เนื่องจาก Software เพียงลำพังไม่สามารถติดต่อกับ PLC ของ Allen Bradley ได้โดยตรง จำเป็นต้องมีโปรแกรม RSLinx classic gateway ทำหน้าที่เป็นไดเวอร์หรือตัวกลางในการเชื่อมต่อกันกับพอร์ตการสื่อสาร (Communication port) ของ PLC เช่น ControlNet, Ethernet, RS-232 และอื่น ๆ

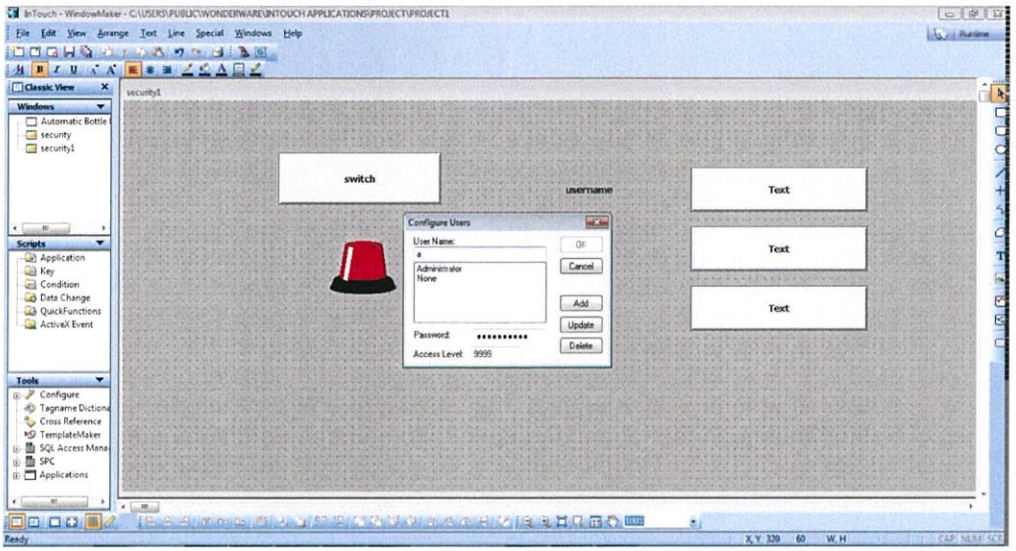
ภาพที่ 2.35 การทำงานและหน้าที่ของ RSLinx classic gateway



ภาพที่ 2.36 ตัวอย่างโปรแกรม RSLinx classic gateway

2.6.3 Wonderware InTouch

Wonderware InTouch เป็น Software หนึ่งสำหรับการออกแบบกราฟฟิกและใช้งาน HMI/SCADA สามารถเชื่อมต่อกับ Controller ได้หลากหลายยี่ห้อและหลายตัวใน Screen เดียวกัน เช่น Allen Bradley, Siemens เป็นต้น ผ่าน DDE/OPC server หรือ suit link และ Wonderware InTouch สามารถสั่งงานควบคุมกระบวนการได้จากกราฟฟิกที่เขียนได้โดยตรงเพียงกำหนด tag ให้ตรงกับ tag ที่ต้องการสั่งงานและควบคุมใน controller



ภาพที่ 2.37 ตัวอย่างโปรแกรม Wonderware InTouch

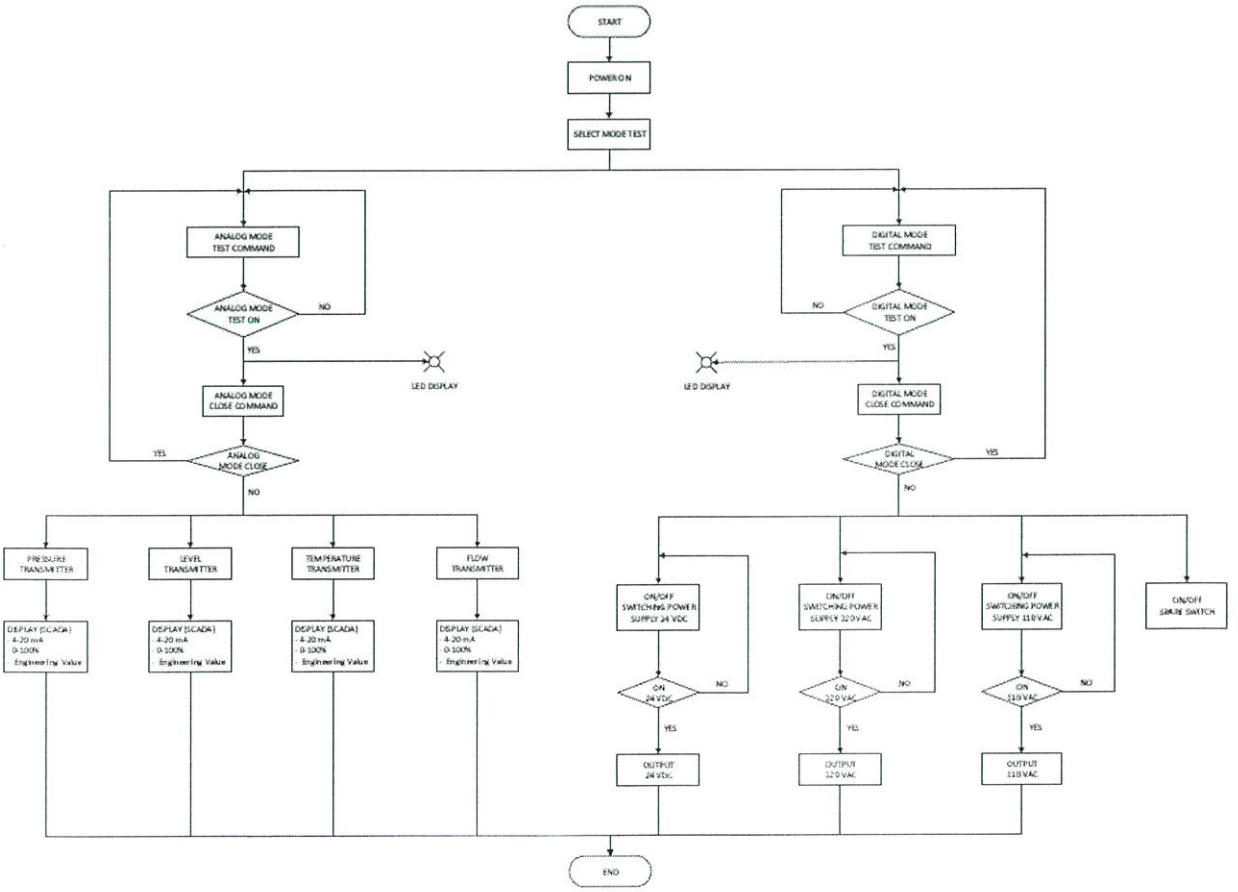
บทที่ 3
การสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมืองจริง

3.1 บทนำ

การสร้างชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงมีขั้นตอนการดำเนินงานหลัก ๆ คือ ออกแบบฟังก์ชันการทำงาน ออกแบบโครงสร้างให้สามารถทำงานสอดคล้องกับฟังก์ชันการทำงาน ออกแบบโปรแกรมทางลอจิก (PLC) สกาดา (SCADA) และรวมไปถึง Software Configuration ออกแบบกระบวนการการควบคุมอัตโนมัติที่นำมาทดสอบ ออกแบบวงจรไฟฟ้า และการดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ออกแบบทั้งหมด

3.2 ออกแบบฟังก์ชันการทำงาน (Function design)

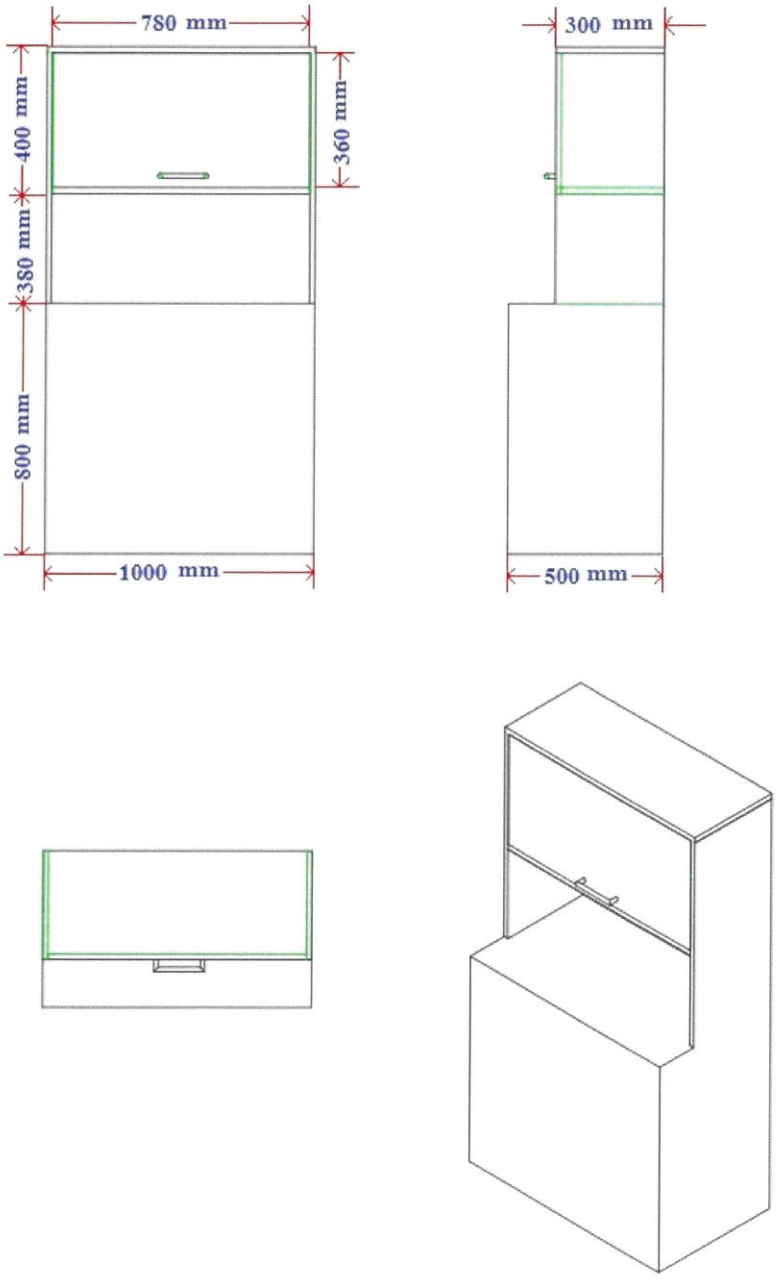
ในทางปฏิบัติ การดำเนินการสร้างอุปกรณ์หรือกระบวนการต่าง ๆ สิ่งแรกที่ต้องปฏิบัติ คือ การออกแบบลำดับขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์ โปรแกรมหรือกระบวนการนั้น ๆ ให้มีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน โดยการออกแบบจะเขียนขึ้นมาเป็นแผนภูมิการไหล (Flow chart) ซึ่งแสดงขั้นตอนในการทำงานของระบบและขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมตั้งแต่รับส่งข้อมูล คำนวณ ประมวลผล จนถึงแสดงผลลัพธ์



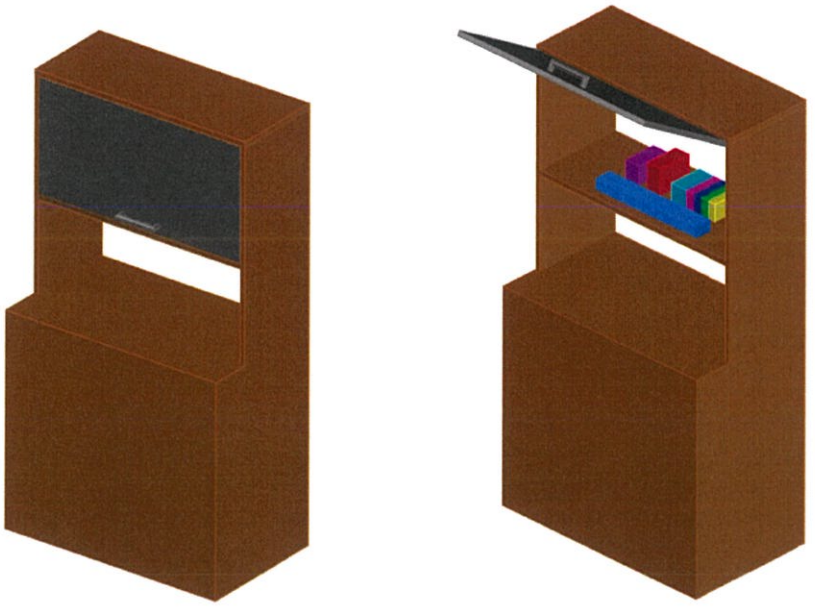
ภาพที่ 3.1 Flow chart ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

3.3 ออกแบบโครงสร้างภายนอก

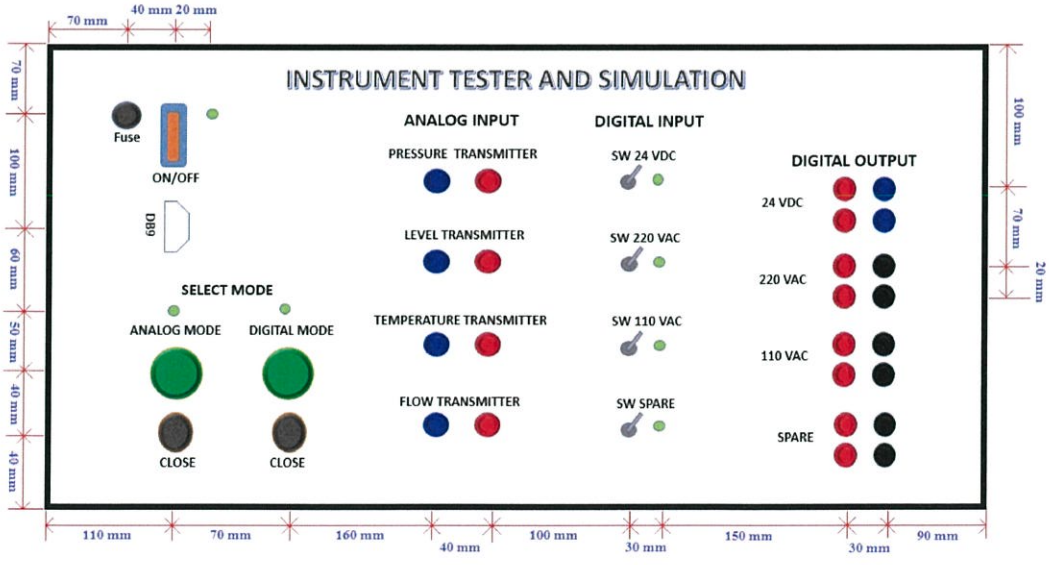
ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเหมือนจริง ถูกออกแบบให้สร้างขึ้นภายในชั้นวางแบบถาวรเป็นลักษณะของตู้ที่สามารถเปิด-ปิดได้ โดยที่ด้านหน้าของโดยที่ด้านหน้าของโครงสร้างเป็นส่วนการสั่งงานและแสดงผล หรือเรียกว่า Panel



ภาพที่ 3.2 โครงสร้าง 2 มิติ ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง



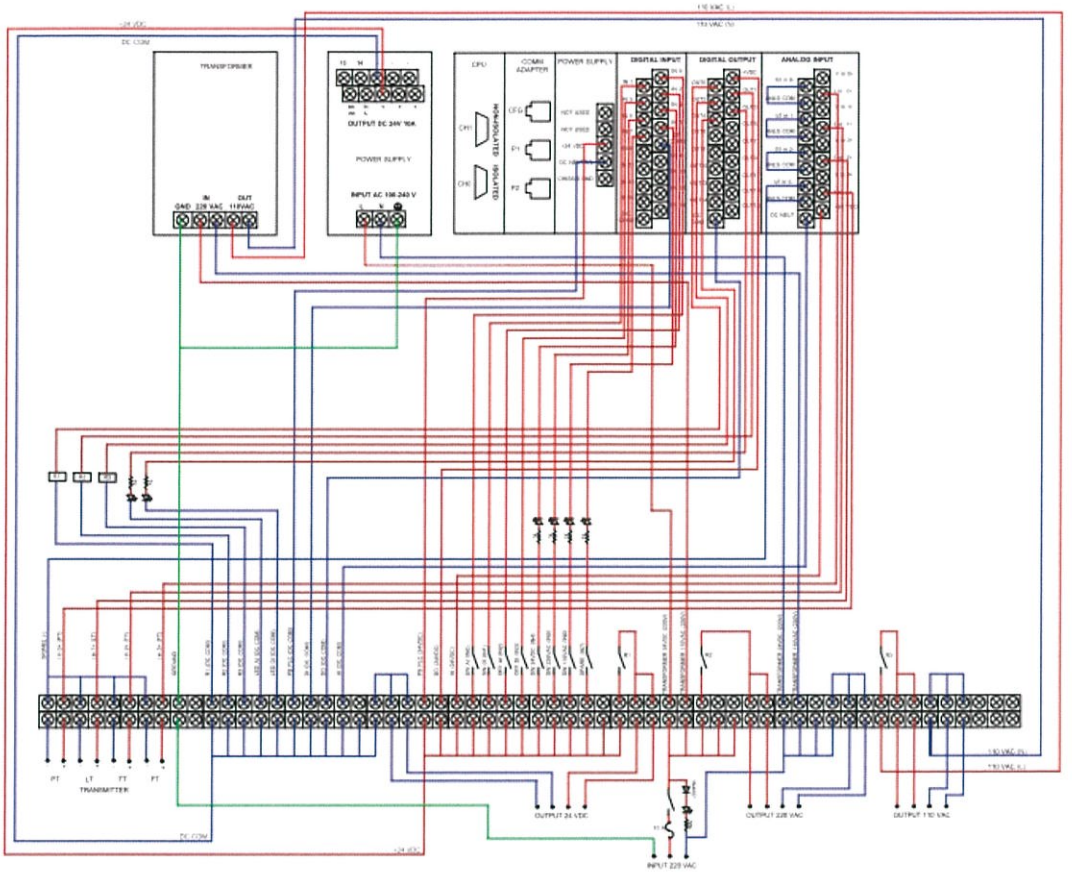
ภาพที่ 3.3 โครงสร้าง 3 มิติ ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง



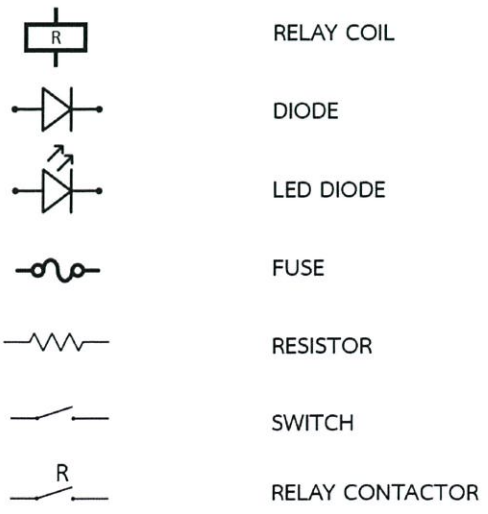
ภาพที่ 3.4 เลย์เอาต์ของส่วนการสั่งงานและแสดงผล หรือ Panel

3.4 ออกแบบวงจรไฟฟ้า

ในการออกแบบวงจรไฟฟ้า หรือ Schematic diagram ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงนี้จะแสดงการต่อสายไฟระหว่างอุปกรณ์ เช่น แหล่งจ่ายไฟ หม้อแปลง โมดูล PLC และรีเลย์ เป็นต้น เพื่อใช้สามารถใช้งานได้ตามที่ออกแบบระบบการทำงานไว้



ภาพที่ 3.5 Wiring Diagram ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง



ภาพที่ 3.6 สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า

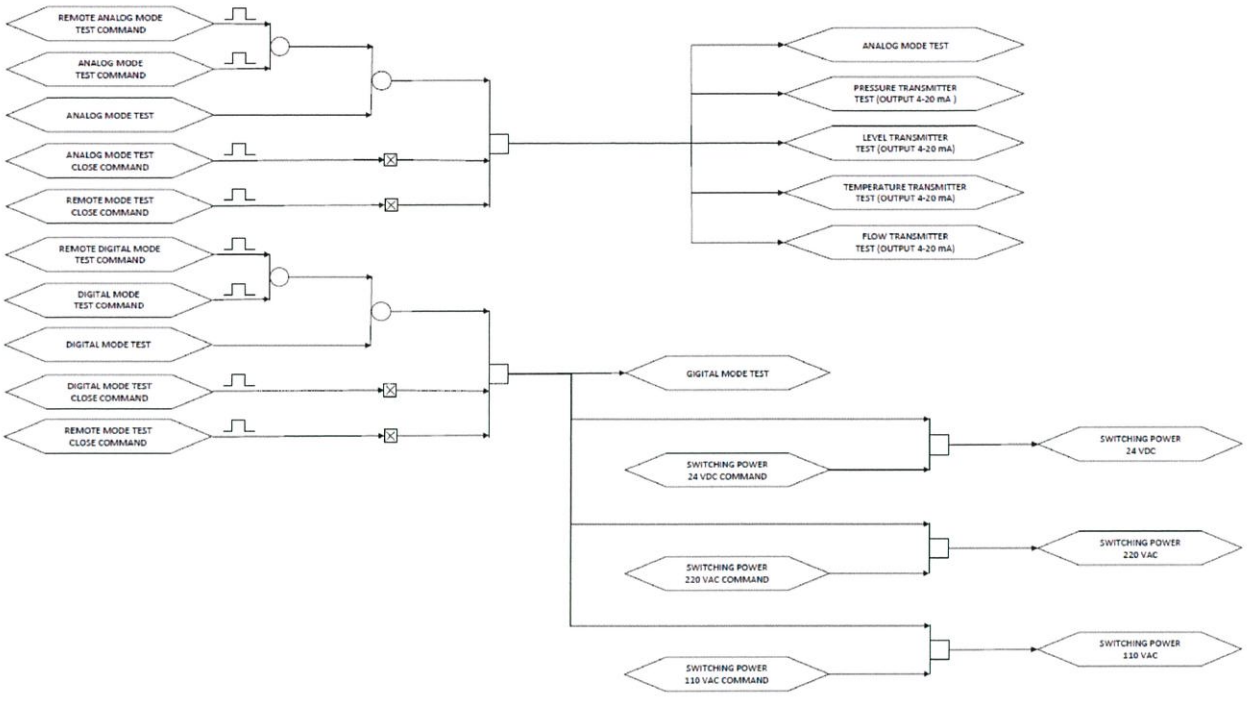
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดอุปกรณ์ของวงจรไฟฟ้าภาพที่ 3.5

Equipment	Description
1769 – L31	Controller PLC 1769-L31
1769 – PA4	Power supply for 1769 module
1769 – IQ16	Digital input 24 VDC 16 input sink/source 1769 module
1769 – OB16	Digital output 24 VDC 16 output source 1769 module
1769 – IF4	Analog input 24 VDC 4 channel
Phoenix Contact QUINT-PS	Power supply output 24 VDC/10 A/240 W input 100-240 VAC
SPECTRUM	Step down 220 VAC to 110 VAC 50 W 50/60 Hz
Phoenix Contact	Relay GEN PURPOSE SPDT 6 A 24 VDC
Resistor	1 kΩ for 24 VDC , 56 kΩ for 220 VAC
LED diode	15 mA
Diode	1N4007 for LED diode
Fuse	10 A
Toggle switch	Digital input for switching 24 VDC, 220 VAC, 110 VAC
Push button switch	Digital input for select/cancel mode
Switch 4 pin	ON – OFF for main power 220 VAC

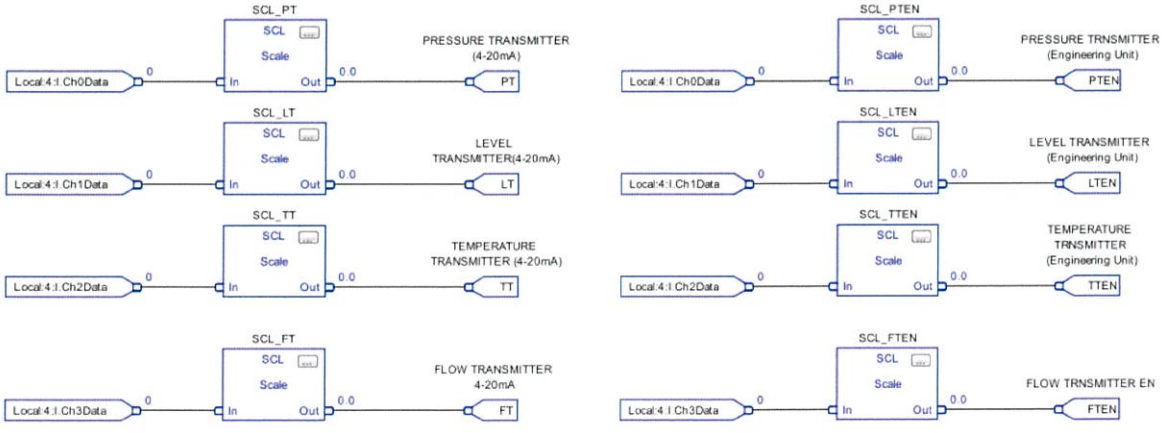
3.5 ออกแบบโปรแกรมทางลอจิก (PLC) และสกาดา (SCADA)

3.5.1 ออกแบบโปรแกรมทางลอจิก (PLC)

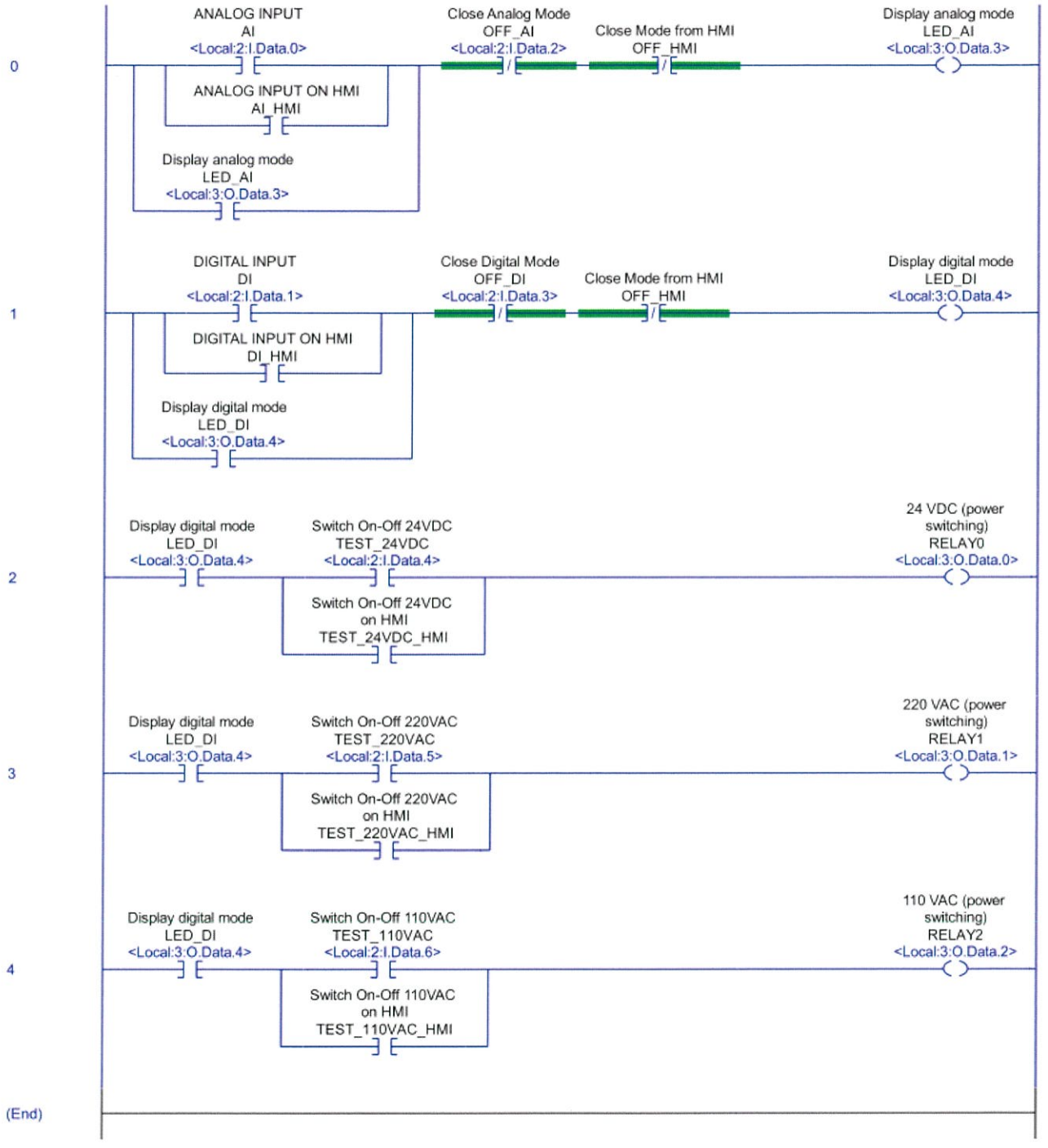
เนื่องจาก PLC และซอฟต์แวร์ในการเขียนลอจิก PLC มีหลากหลายยี่ห้อและมีการใช้งานซอฟต์แวร์ที่แตกต่างกันออกไปในเรื่องของการตั้งค่าก่อนการเริ่มต้นการใช้งาน เพื่อให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถติดต่อกันได้ (Software and Hardware configuration) และรูปแบบการสร้างแท็ก(Tag) หรือที่อยู่ (Address) ในโครงการนี้เลือกใช้ฮาร์ดแวร์เป็น PLC Allen Bradley CompctLogix-L31 และซอฟต์แวร์สำหรับเขียนโปรแกรมลอจิกคือ RSLogix5000 โดยที่มี RSLinx Classic Gateway เป็นตัวกลางในการสื่อสารข้อมูลให้ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถติดต่อกันได้ โดยเลือก RS-232 DF1 เป็นโปโตคอล (Protocol) สำหรับการออกแบบลอจิกเขียนขึ้นเป็นลอจิกไดอะแกรม (Logic diagram) ดังแสดงในภาพที่ 3.7 และเขียนโปรแกรมลอจิก PLC ได้ดังแสดงในภาพที่ 3.8 และ 3.9



ภาพที่ 3.7 ลอจิกไดอะแกรมของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง



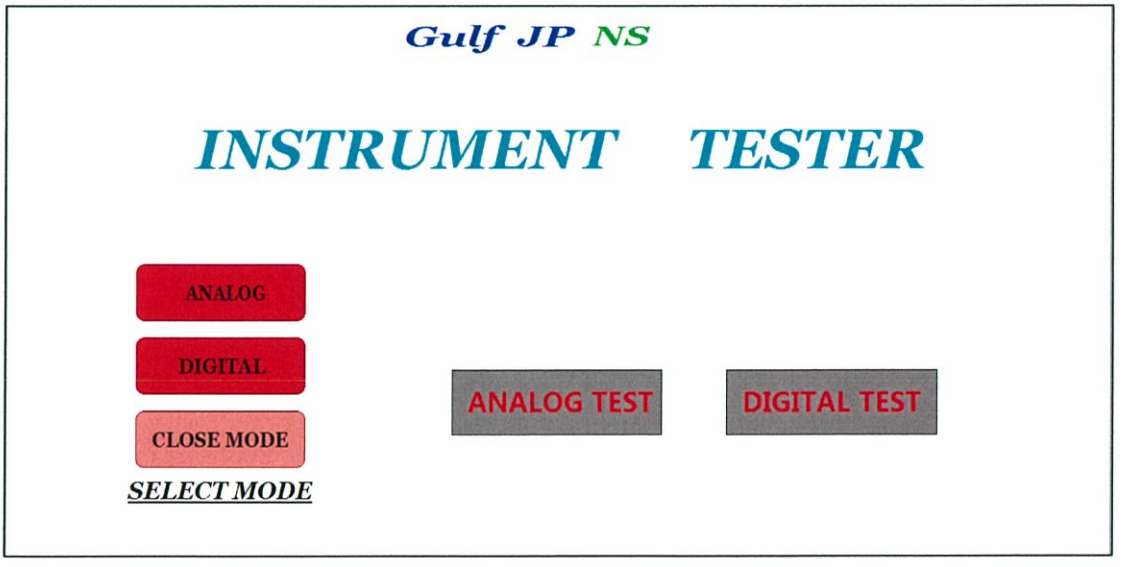
ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงงาน บนโปรแกรม RSLogix5000



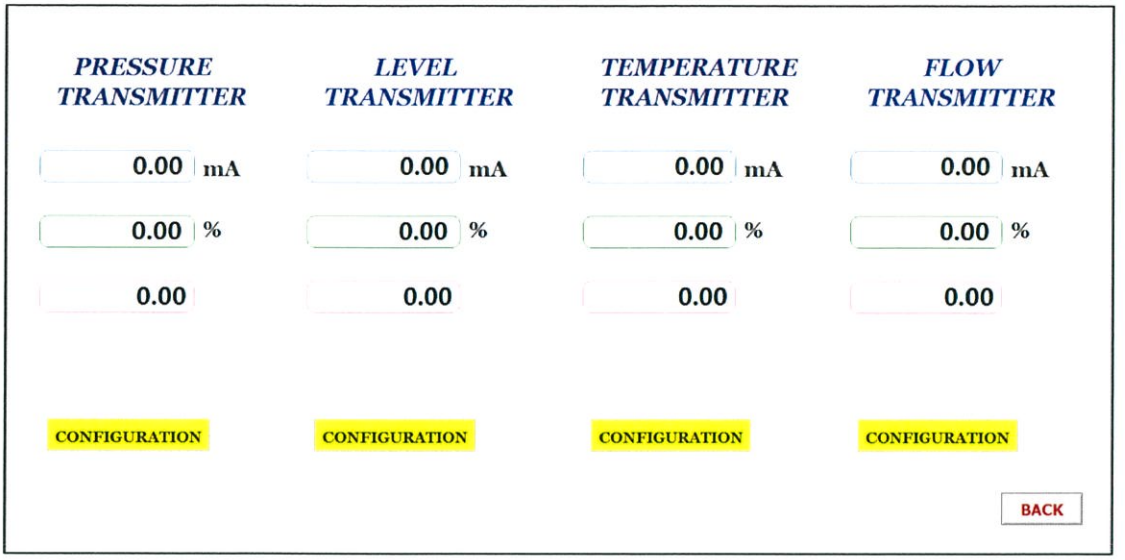
ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างลอจิก PLC ในโครงงาน บนโปรแกรม RSLogix5000 (ต่อ)

3.5.2 ออกแบบการทำงานบนสกาดา (SCADA)

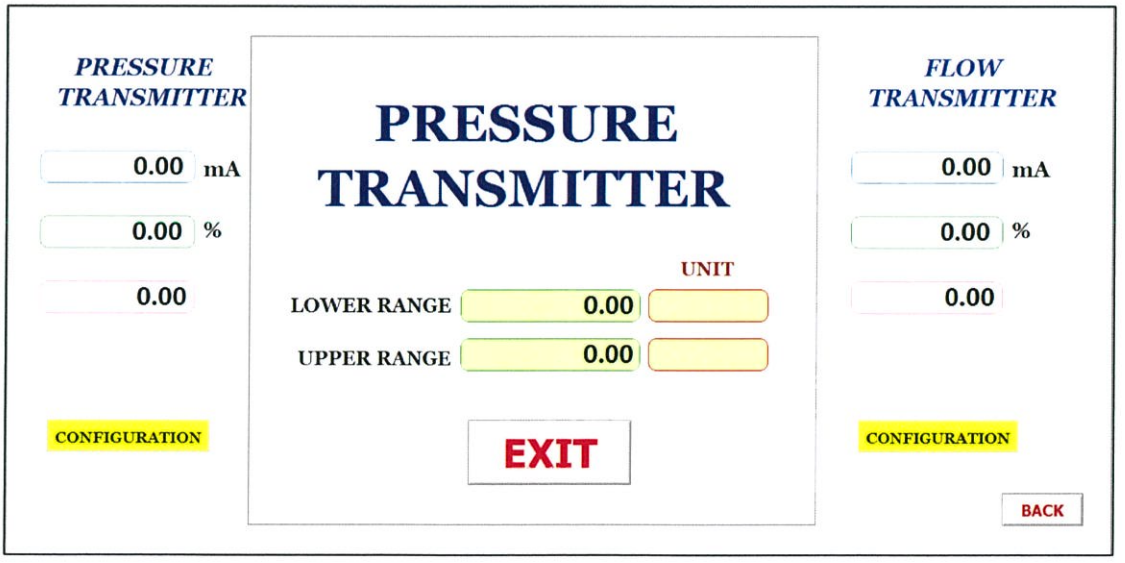
ในการออกแบบอินเตอร์เฟส (Interface) การทำงานบนสกาดา (SCADA) ของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง ให้สามารถทำงานมีความสัมพันธ์กับโปรแกรมทางลอจิก PLC ที่ได้เขียนขึ้นมาโดยที่สามารถสั่งงานและแสดงผลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ ตามฟังก์ชันที่ออกแบบ ซึ่งใช้ซอฟต์แวร์ Wonderware บนแพตฟอร์ม InTouch10 โดยที่ให้มีการสื่อสารกับPLC Allen Bradley CompactLogix-L31 ผ่าน RSLinx OPC server ซึ่งมีรูปแบบการสื่อสารเป็น DDE/OPC สำหรับการสร้างอินเตอร์เฟสของสกาดา (SCADA) คือการวาดกราฟฟิกบนซอฟต์แวร์ ให้มีความสัมพันธ์กับฟังก์ชันที่ต้องการแสดงพารามิเตอร์และสั่งงานควบคุมการทำงานของโปรแกรมลอจิก PLC ซึ่งแสดงหน้าอินเตอร์เฟส (Interface) สกาดาที่ออกแบบได้ดังภาพที่ 3.5 สำหรับกราฟฟิกเพียงอย่างเดียวไม่สามารถสั่งงานและแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ จาก PLC ได้ เนื่องจากไม่มีการกำหนดแท็ก (Tag) เนื่องจากแท็ก (Tag) บนสกาดาเป็นสิ่งที่แสดงถึงตัวตนของสัญลักษณ์นั้น ๆ ว่าต้องการให้แสดงพารามิเตอร์หรือป้อนคำสั่งเพื่อสั่งงานไปที่ PLC โดยรายชื่อแท็ก (Tag list) ที่ใช้บนสกาดา(SCADA) ของโครงงานนี้แสดงดังตาราง 3.1



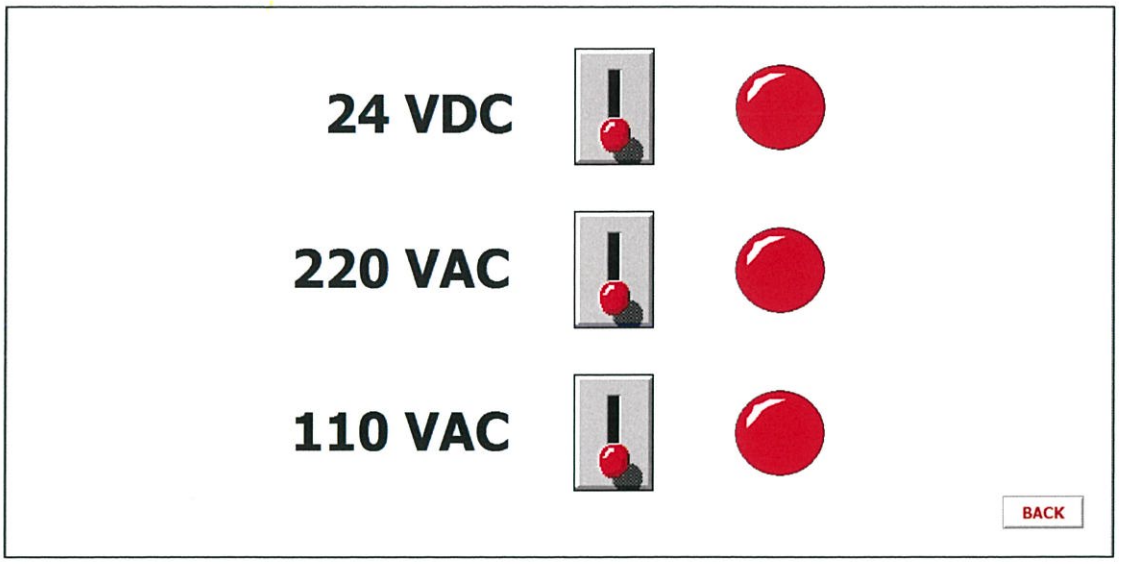
ภาพที่ 3.10 กราฟฟิกสกาดาหน้าหลักของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริง



ภาพที่ 3.11 กราฟฟิกสกาดาหน้าการทดสอบทรานสมิตเตอร์



ภาพที่ 3.12 กราฟฟิกสกาดาหน้าการคอนฟิกย่านการวัดของทรานสมิตเตอร์



ภาพที่ 3.13 กราฟฟิกสกาดาหน้าการทดสอบสั่งงาน Power switching

ตารางที่ 3.2 PLC I/O list

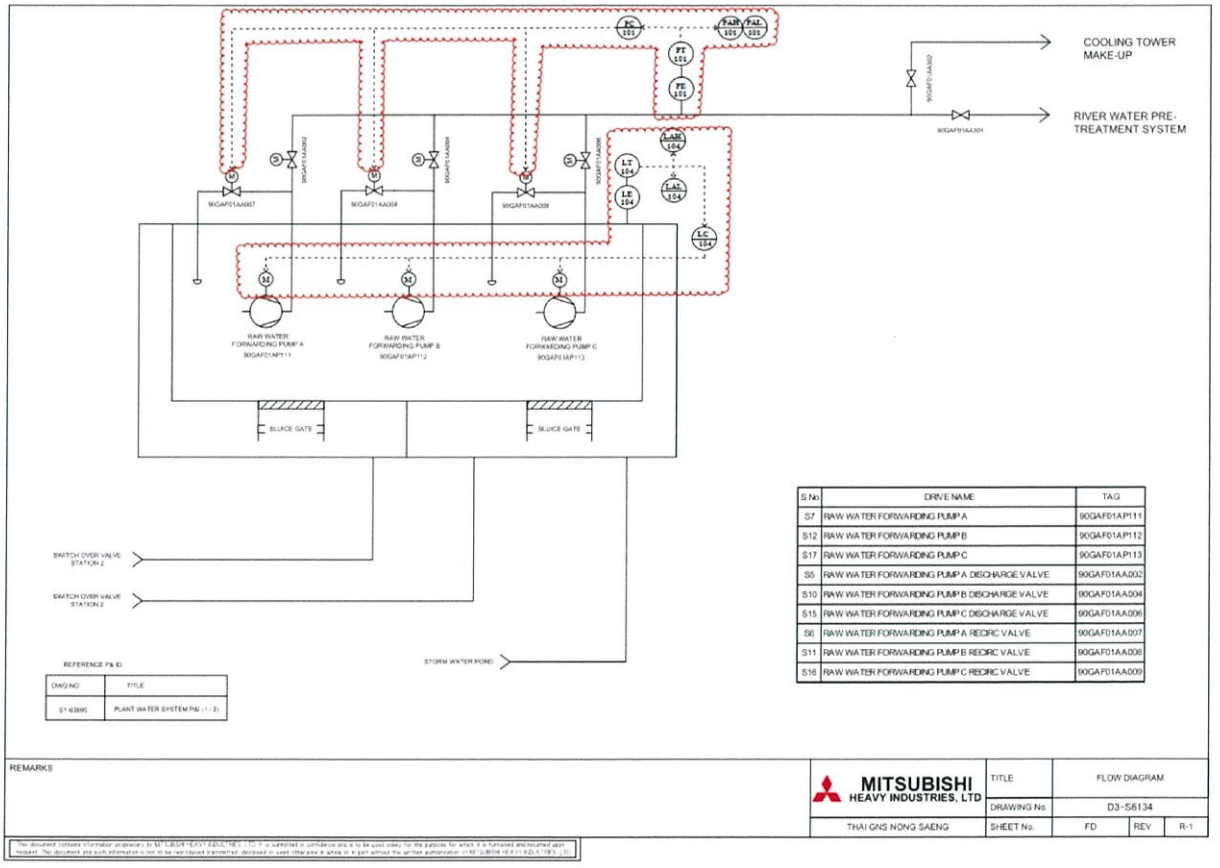
PLC Input	I/O type	Description
Chanel 0	Analog input	Pressure transmitter
Chanel 1	Analog input	Level transmitter
Chanel 2	Analog input	Temperature transmitter
Chanel 3	Analog input	Flow transmitter
IN 0	Digital input	Switch analog mode
IN 1	Digital input	Switch digital mode
IN 2	Digital input	Switch off analog mode
IN 3	Digital input	Switch off digital mode
IN 4	Digital input	Switch for active relay coil (Switching power 24 VDC)
IN 5	Digital input	Switch for active relay coil (Switching power 220 VAC)
IN 6	Digital input	Switch for active relay coil (Switching power 110 VAC)
IN 7	Digital input	Switch spare
OUT 0	Digital output	Relay 1 for switching power 24 VDC
OUT 1	Digital output	Relay 2 for switching power 220 VAC
OUT 2	Digital output	Relay 3 for switching power 110 VAC
OUT 3	Digital output	LED status analog mode ON
OUT 4	Digital output	LED status Digital mode ON

ตารางที่ 3.3 SCADA Tag list

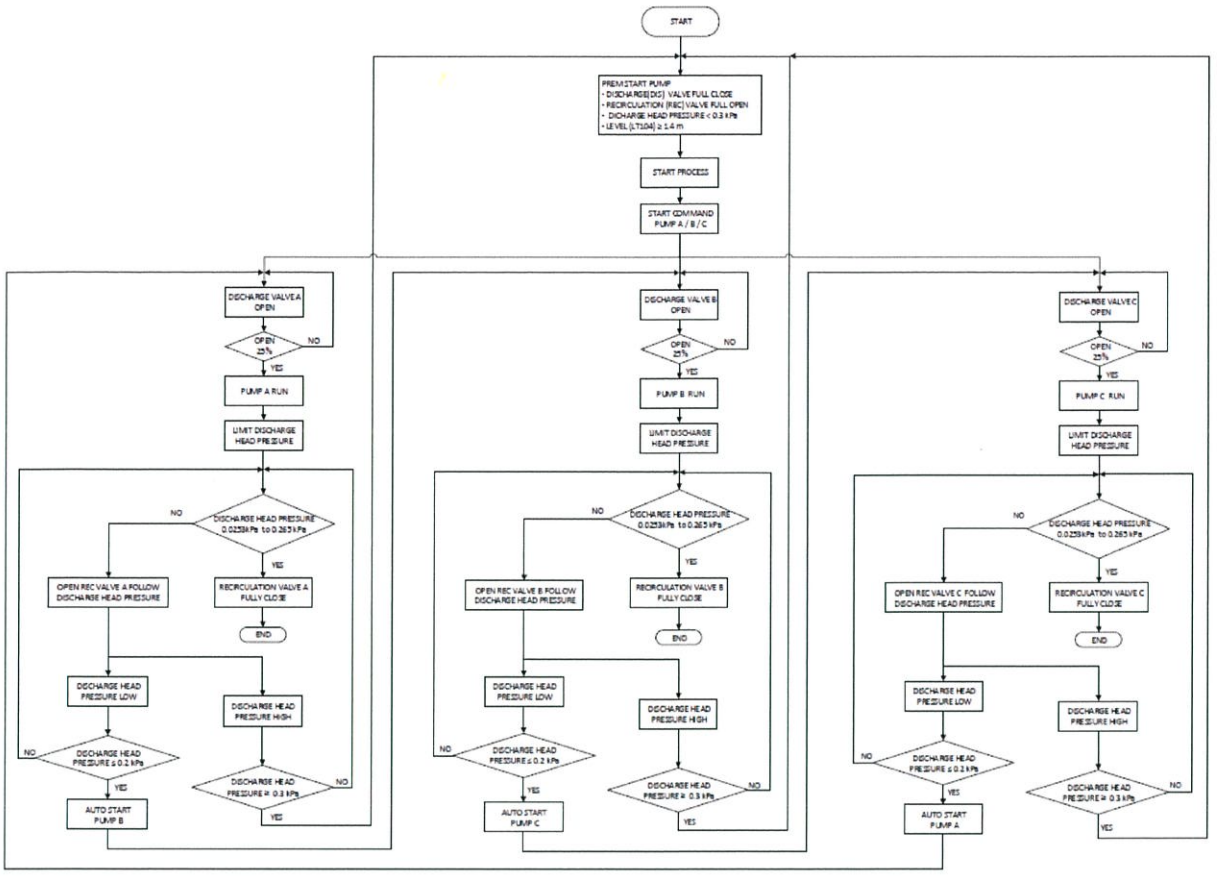
Tag name	PLC Tag	Description
AI_HMI	AI_HMI	Command AI mode
DI_HMI	DI_HMI	Command Di mode
FT	FT	Show 4-20 mA signal of flow transmitter
FTEN	FTEN	Show engineering unit of flow transmitter
FTMAX	SCL_FTEN.InEuMax	Engineering unit upper range of flow transmitter
FTMIN	SCL_FTEN.InEuMin	Engineering unit lower range of flow transmitter
FTPC	FTPC	Show percentage of flow transmitter
LT	LT	Show 4-20 mA signal of level transmitter
LTEN	LTEN	Show engineering unit of level transmitter
LTMAX	SCL_LTEN.InEuMax	Engineering unit upper range of level transmitter
LTMIN	SCL_LTEN.InEuMin	Engineering unit lower range of level transmitter
LTPC	FTPC	Show percentage of level transmitter
PT	PT	Show 4-20 mA signal of pressure transmitter
PTEN	PTEN	Show engineering unit of pressure transmitter
PTMAX	SCL_PTEN.InEuMax	Engineering unit upper range of pressure transmitter
PTMIN	SCL_PTEN.InEuMin	Engineering unit lower range of pressure transmitter
PTPC	PTPC	Show percentage of pressure transmitter
TT	TT	Show 4-20 mA signal of temperature transmitter
TTEN	TTEN	Show engineering unit of temperature transmitter
TTMAX	SCL_TTEN.InEuMax	Engineering unit upper range of temperature transmitter
TTMIN	SCL_TTEN.InEuMin	Engineering unit lower range of temperature transmitter
TTPC	TTPC	Show percentage of temperature transmitter
LED_AI	LED_AI	Status AI mode
LED_DI	LED_DI	Status DI mode
OFF_HMI	OFF_HMI	Close all mode
TEST_110VAC_HMI	TEST_110VAC_HMI	Command for power switching 110 VAC
TEST_220VAC_HMI	TEST_220VAC_HMI	Command for power switching 220 VAC
TEST_24VDC_HMI	TEST_24VDC_HMI	Command for power switching 24 VDC

3.6 ออกแบบกระบวนการการควบคุมอัตโนมัติที่นำมาทดสอบ

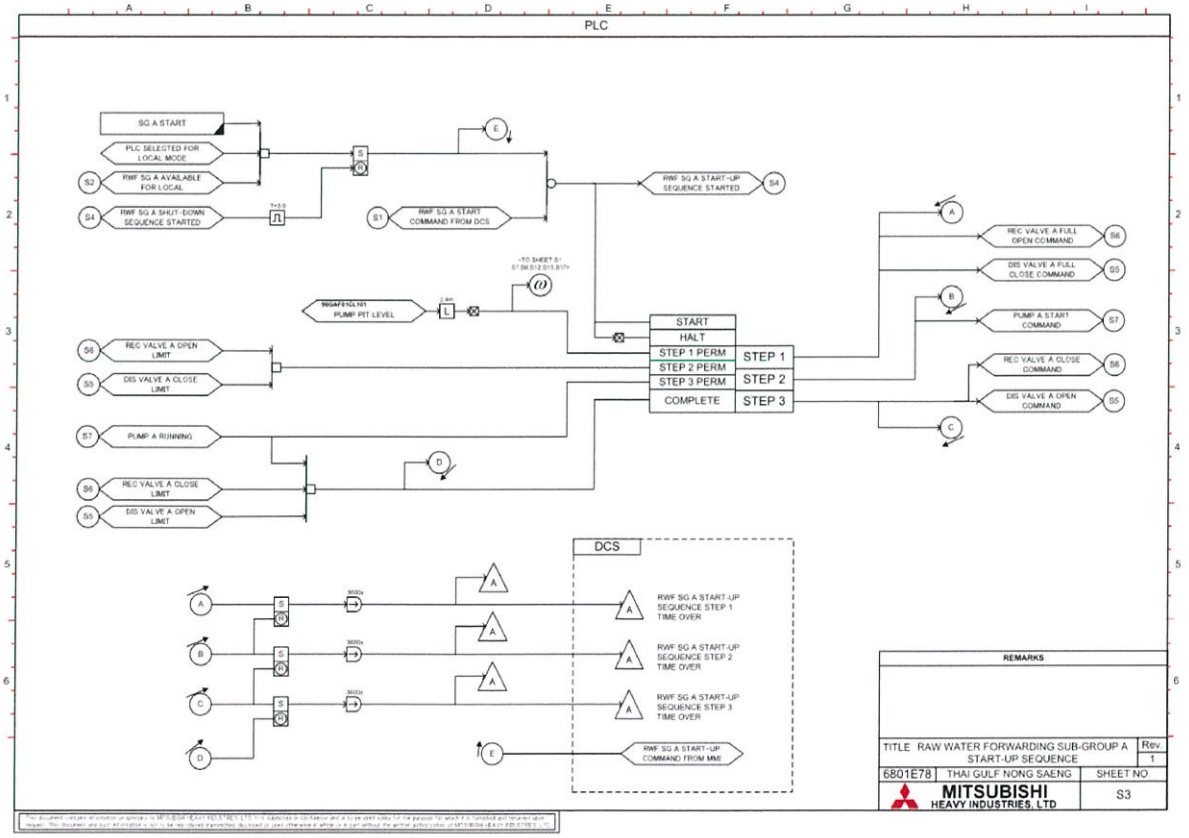
เป็นการนำลอจิกไดอะแกรม (Logic diagram) ของกระบวนการการส่งน้ำดิบจากบ่อพักน้ำ (Raw Water Forwarding System) เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าหนองแซง (บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด(มหาชน)) โดยได้นำมาเขียนลอจิกบน RSLogix5000 ให้กับ PLC Allen Bradley CompactLogix-L31 เป็นคอนโทรลเลอร์เดียวกับที่ใช้ในชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริงที่สร้างขึ้น จำลองการทำงานและสั่งงานบนสกาดา นอกจากจะเป็นการจำลองกระบวนการและทดสอบการทำงานของอุปกรณ์แล้วนั้น ยังสามารถใช้กระบวนการนี้เป็นกระบวนการตัวอย่างในการฝึกอบรมพัฒนาศักยภาพพนักงาน ให้มีความเข้าใจในเรื่องของกระบวนการควบคุมและการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นวาล์วและเซนเซอร์ต่าง ๆ เป็นต้น



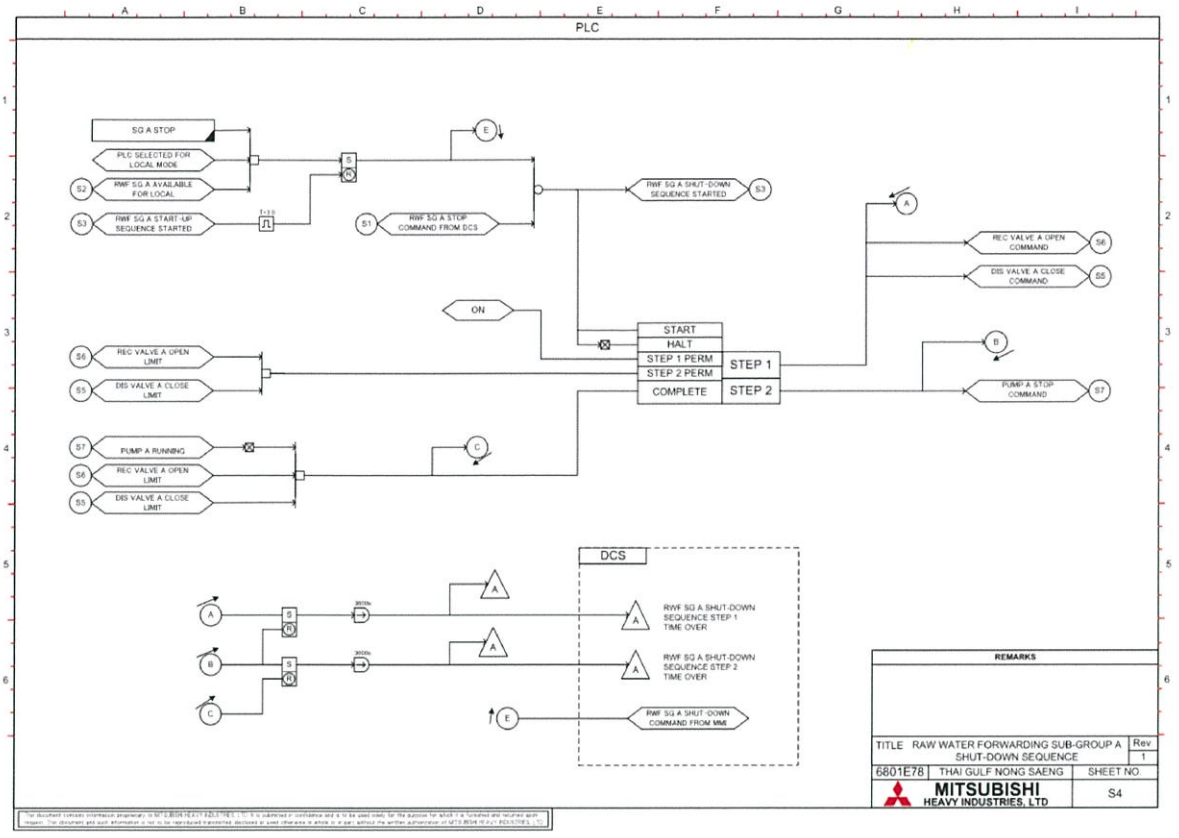
ภาพที่ 3.14 P&ID of Raw water forwarding system



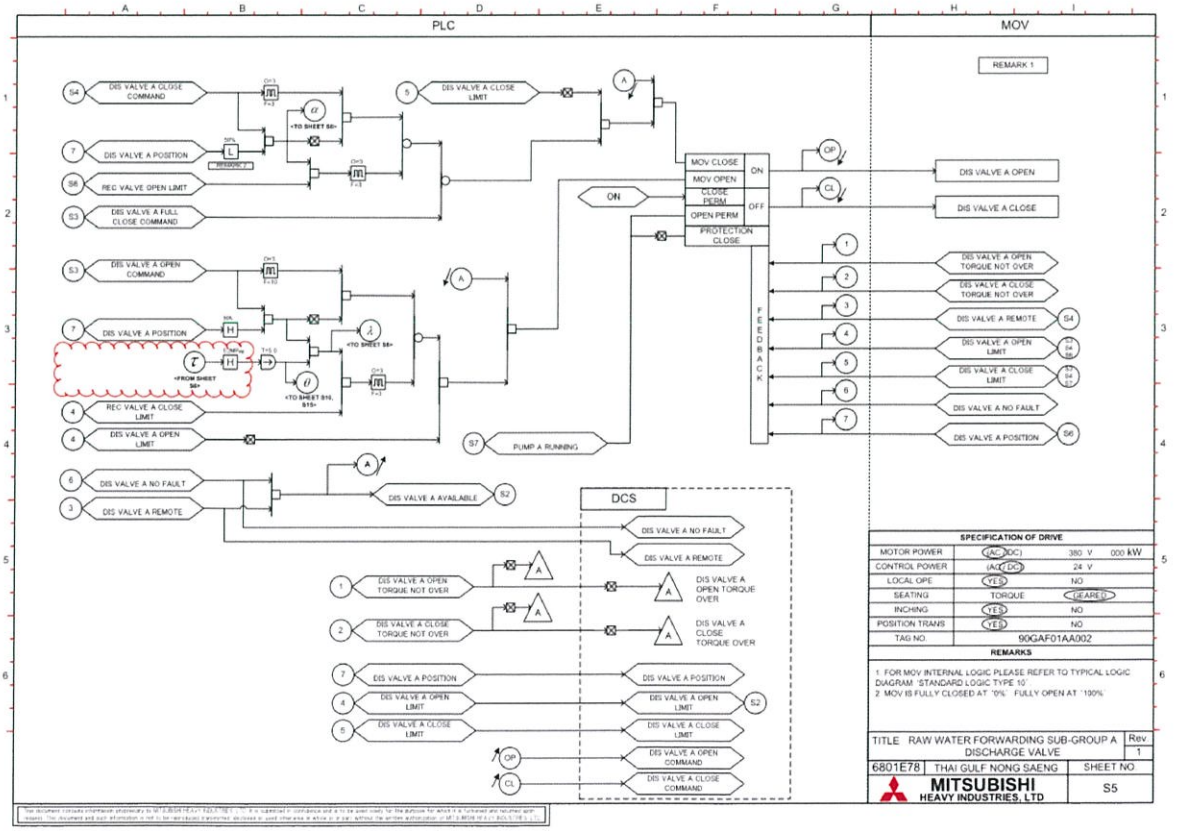
ภาพที่ 3.15 Flow chart ของกระบวนการ Raw water forwarding system ที่จำลองขึ้นมา



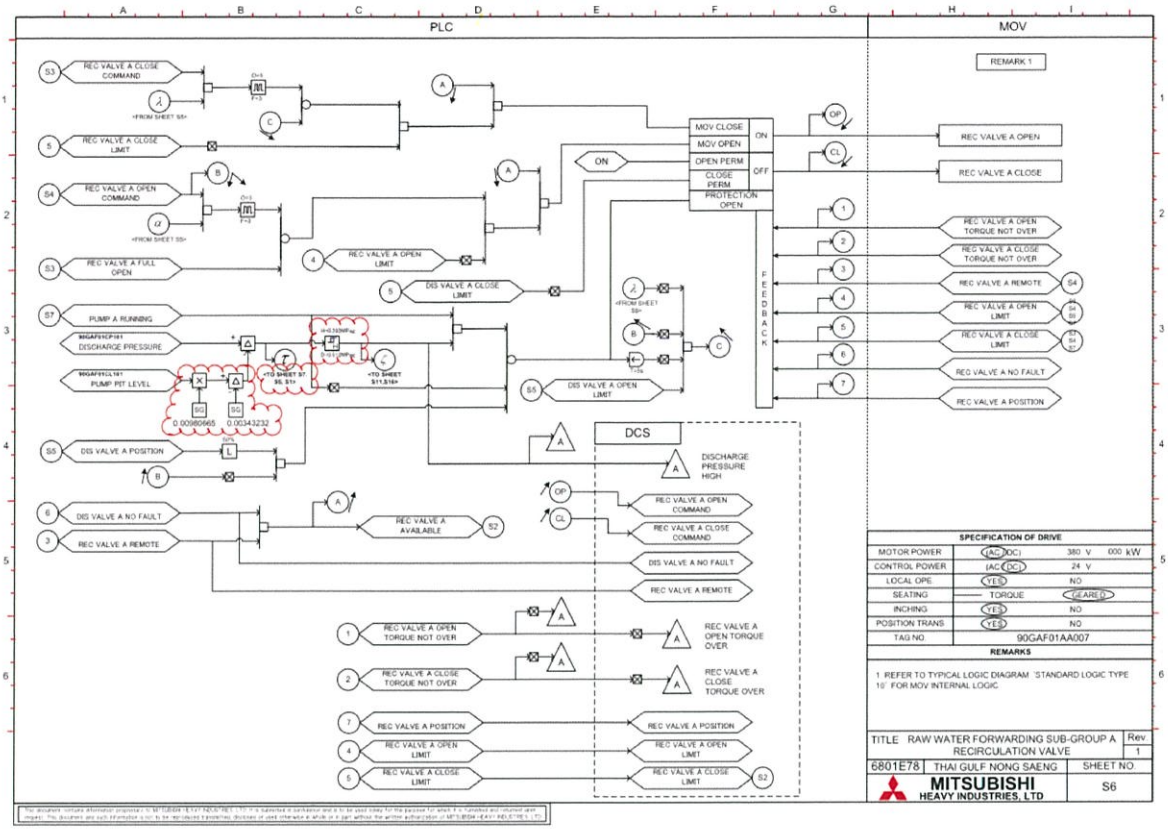
ภาพที่ 3.16 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A start-up sequence ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ



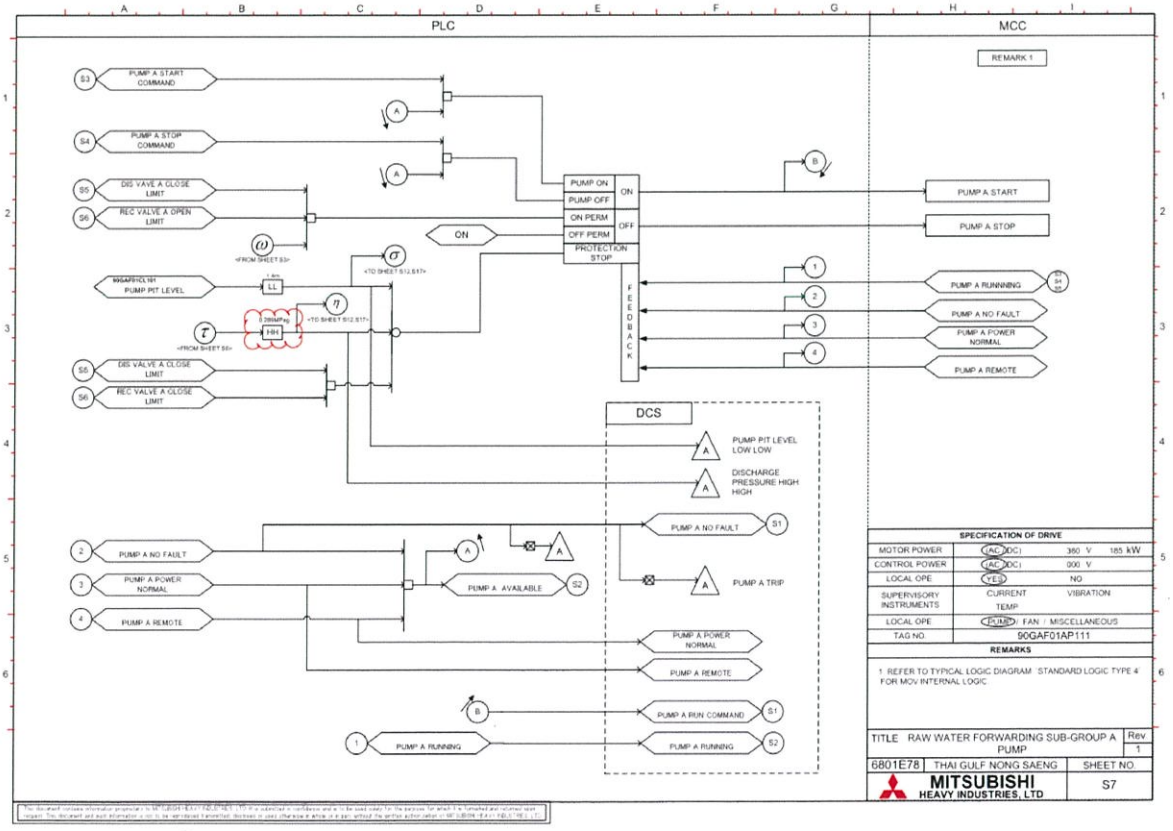
ภาพที่ 3.17 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A shut-down sequence ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ



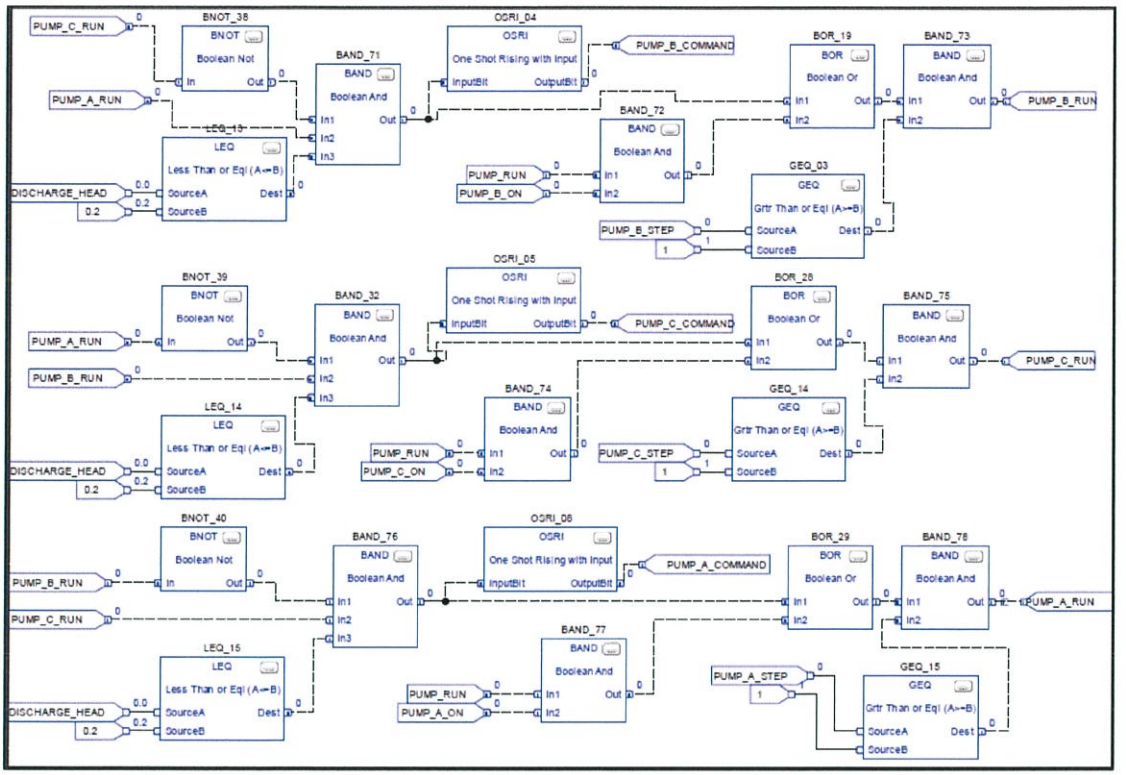
ภาพที่ 3.18 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A discharge valve ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ



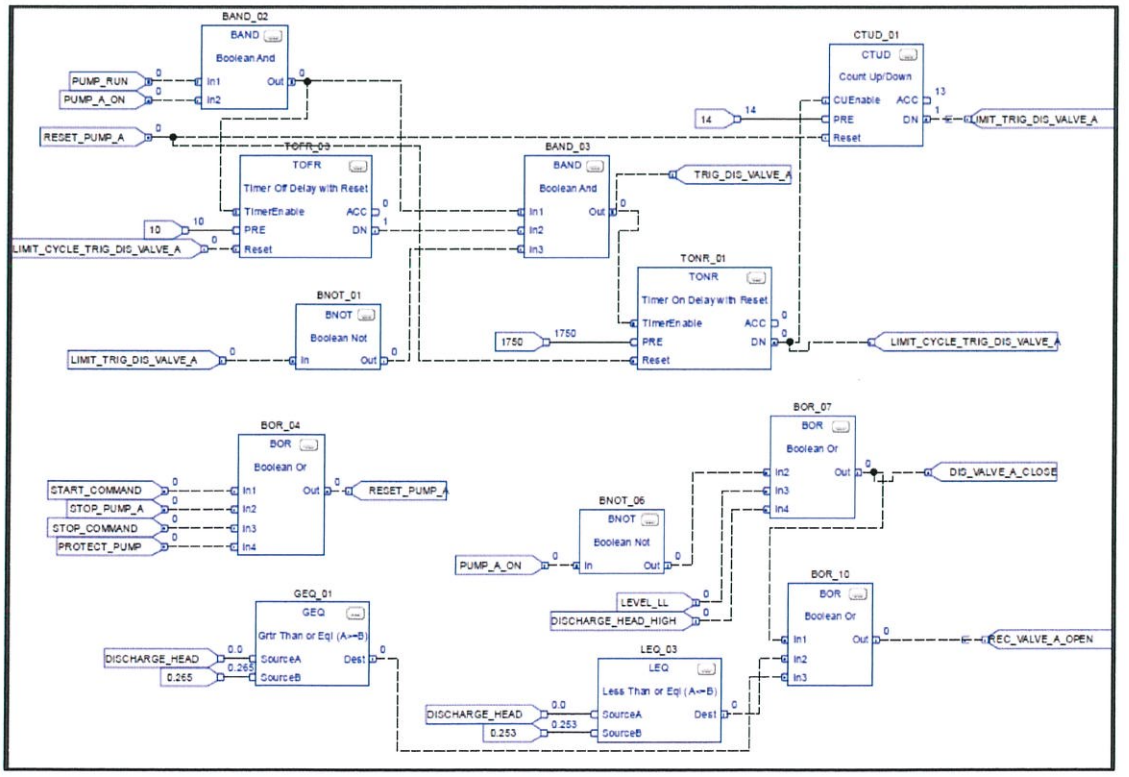
ภาพที่ 3.19 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A recirculation valve ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ



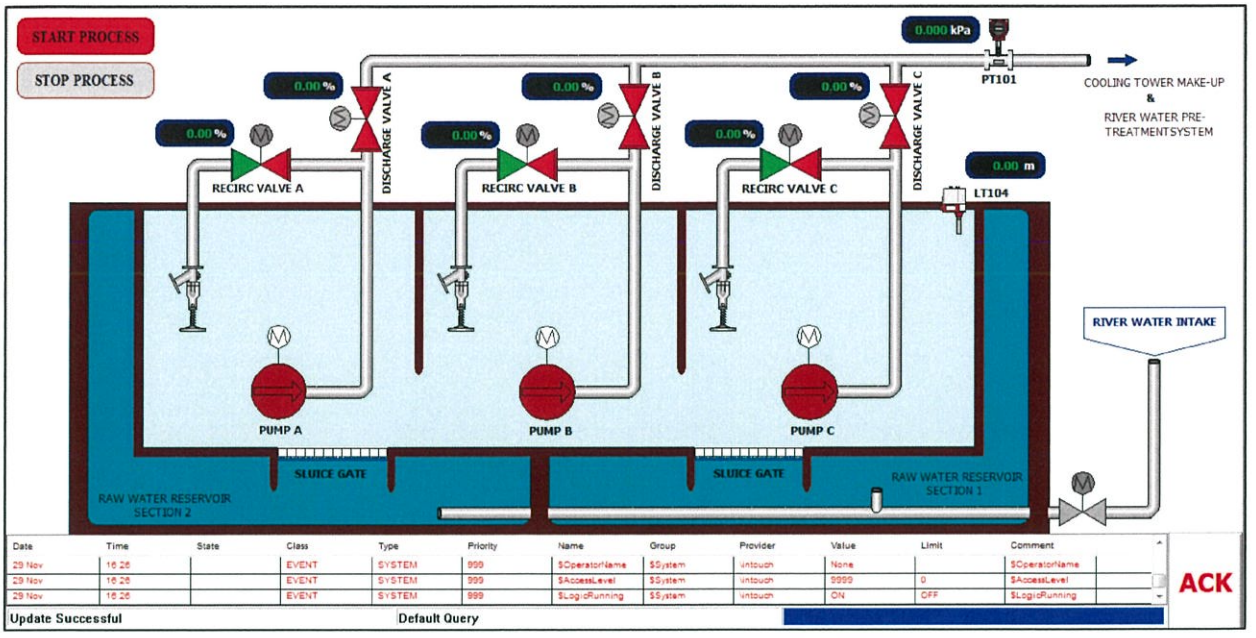
ภาพที่ 3.20 ตัวอย่าง Logic diagram of Raw water forwarding system for sub group A pump ที่นำมาศึกษาออกแบบกระบวนการ



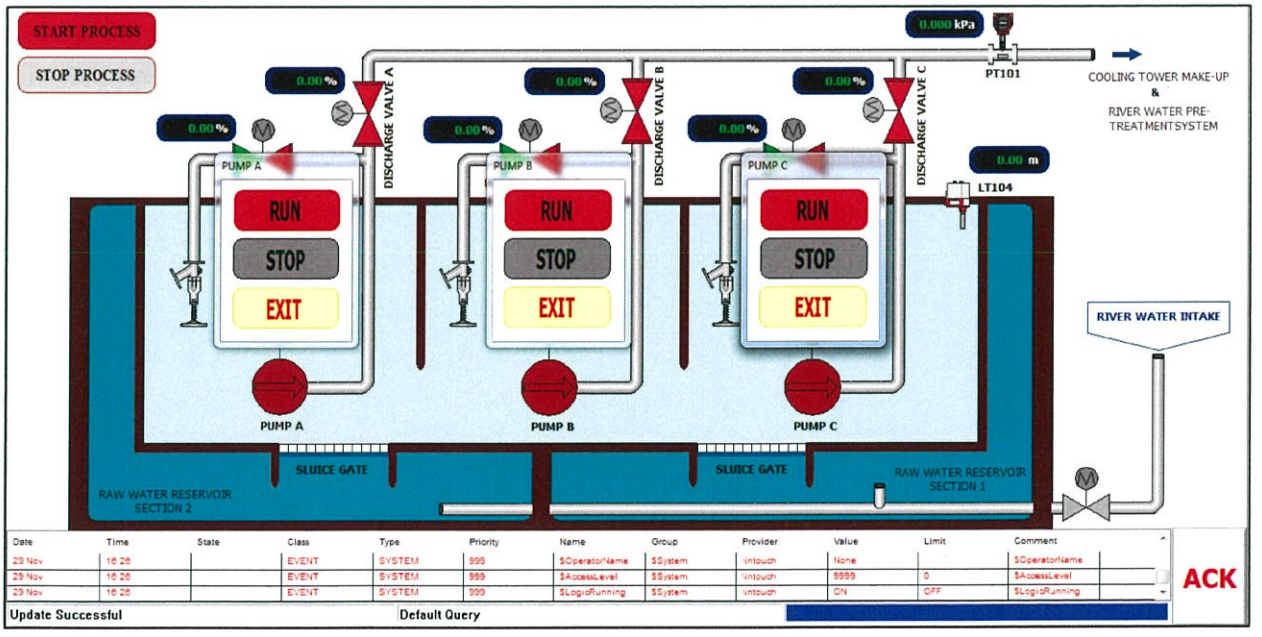
ภาพที่ 3.21 ตัวอย่างลอจิกของ Raw water forwarding system (Auto select pump)



ภาพที่ 3.22 ตัวอย่างลอจิกของ Raw water forwarding system (Discharge valve A)



ภาพที่ 3.23 กราฟฟิกกระบวนการ Raw water forwarding system



ภาพที่ 3.24 กราฟฟิกกระบวนการ Raw water forwarding system(ต่อ)

ตารางที่ 3.4 SCADA tag list for interface of Raw water forwarding system

Tag name	PLC tag	Description
ACKSTART	ACK_START	Start process
DH	DISCHARGE_HEAD	Discharge head pressure
DisFA	DIS_A_FULL_OPEN	Status discharge valve A full open
DisFB	DIS_B_FULL_OPEN	Status discharge valve B full open
DisFC	DIS_C_FULL_OPEN	Status discharge valve B full open
LT104	LT104	Level transmitter
PER_DIS_A	PER_DIS_VALVE_A_OPEN	Percentage discharge valve A open
PER_DIS_B	PER_DIS_VALVE_B_OPEN	Percentage discharge valve B open
PER_DIS_C	PER_DIS_VALVE_C_OPEN	Percentage discharge valve C open
PerAC	PER_REC_VALVE_A_CLOSE	Status recirculation valve A fully close
PerBC	PER_REC_VALVE_B_CLOSE	Status recirculation valve B fully close
PerCC	PER_REC_VALVE_C_CLOSE	Status recirculation valve C fully close
PerAO	PER_REC_VALVE_A_OPEN	Status recirculation valve A fully open
PerBO	PER_REC_VALVE_B_OPEN	Status recirculation valve B fully open
PerCO	PER_REC_VALVE_C_OPEN	Status recirculation valve C fully open
PerRecA	PER_REC_VALVE_A	Percentage recirculation valve A open
PerRecB	PER_REC_VALVE_B	Percentage recirculation valve B open
PerRecC	PER_REC_VALVE_C	Percentage recirculation valve C open
PT101	PT101	Pressure transmitter
PumpA	PUMP_A_RUN	Pump A run
PumpB	PUMP_B_RUN	Pump B run
PumpC	PUMP_C_RUN	Pump C run
START	START_COMMAND	Command for start process
StartA	PUMP_A_COMMAND	Command for start pump A
StartB	PUMP_B_COMMAND	Command for start pump B
StartC	PUMP_C_COMMAND	Command for start pump C
Stop	STOP_COMMAND	Command for stop process
StopA	STOP_PUMP_A	Command for stop pump A
StopB	STOP_PUMP_B	Command for stop pump B
StopC	STOP_PUMP_C	Command for stop pump C

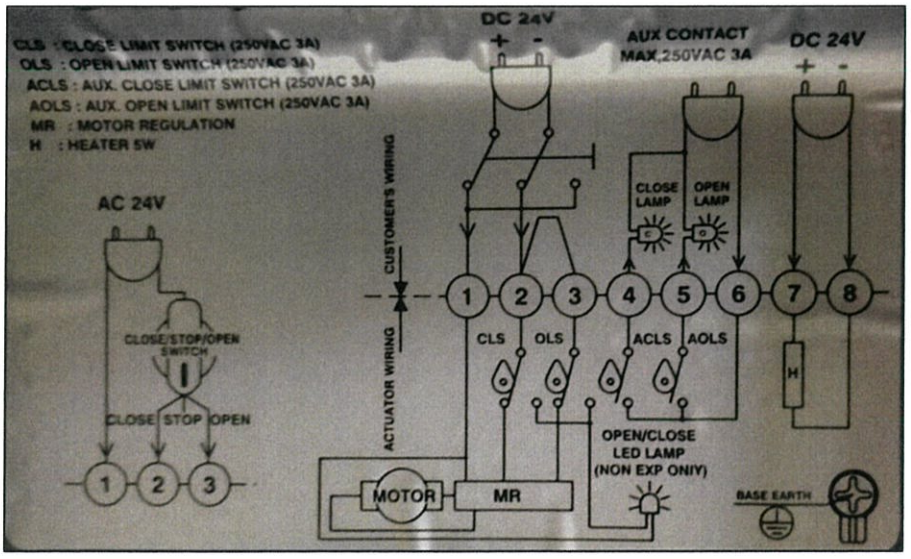
ตารางที่ 3.5 PLC output for process simulation

DO Rack	DO device	Description
OUT 11	Relay coil 24 VDC for Pump Run	Industrial fan 230 VAC (Pump A)
OUT 12	Relay coil 24 VDC for DIS OPEN	Motor drive valve 24 VDC OPEN (DIS A)
OUT 13	Relay coil 24 VDC for DIS CLOSE	Motor drive valve 24 VDC CLOSE (DIS A)
OUT 14	Relay coil 24 VDC for REC OPEN	Motor drive valve 24 VDC OPEN (REC A)
OUT 15	Relay coil 24 VDC for REC CLOSE	Motor drive valve 24 VDC CLOSE (REC A)

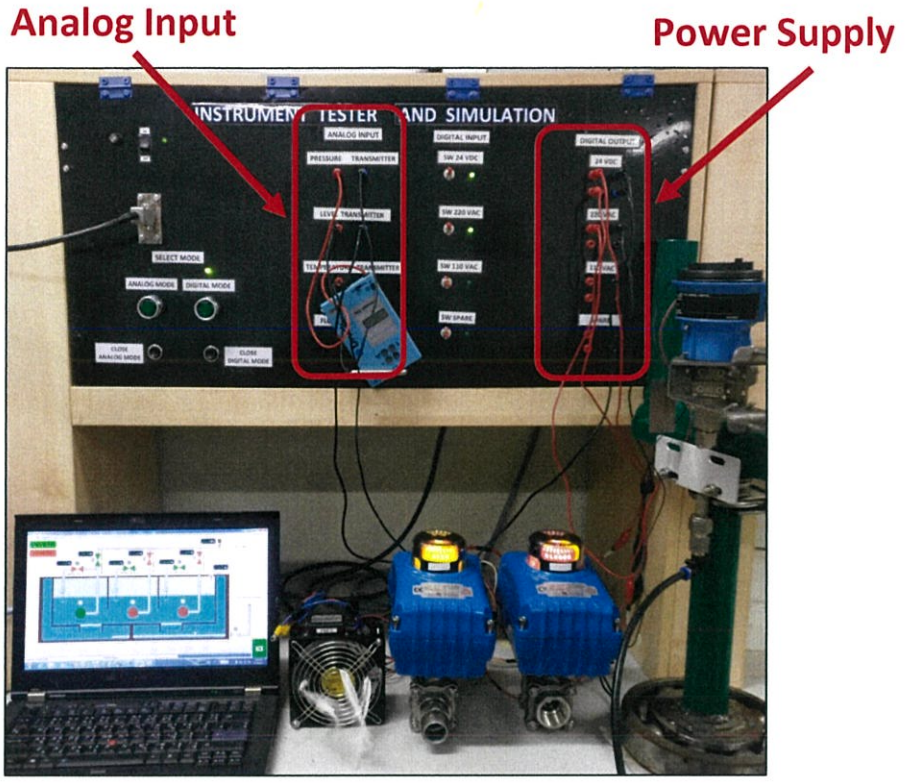
ในการจำลองกระบวนการของ Raw water forwarding system อินพุตและเอาต์พุตที่นำมาต่อกับกระบวนการจะประกอบไปด้วย

1) อินพุต (Input)
   1.1) Level transmitter (Rang 0-10 Bar)
   1.2) Loop calibrator 4-20 mA ที่ใช้จำลองแทน Pressure transmitter
2) เอาต์พุต (Output)
   2.1) Industrial fan 230 VAC ใช้แทนปั๊มน้ำ (Pump A)
   2.2) Motor drive valve 24 VDC ใช้แทน DIS valve A และ REC valve A
   2.3) Relay coil 24 VDC รับสัญญาณ Output เพื่อตัดต่อไฟให้กับ Output device

หมายเหตุ : DIS = Discharge, REC = Recirculation



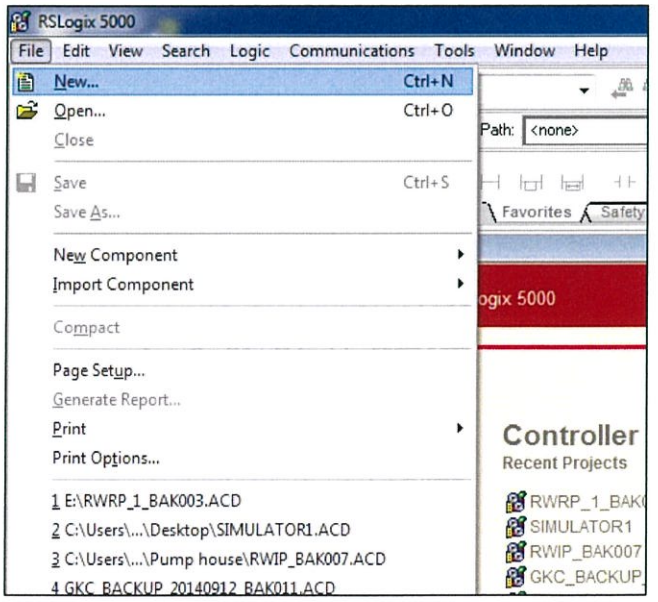
ภาพที่ 3.25 Motor drive valve wiring diagram



ภาพที่ 3.26 แสดงการต่อใช้งาน Hardware input และ output กับชุดทดสอบ

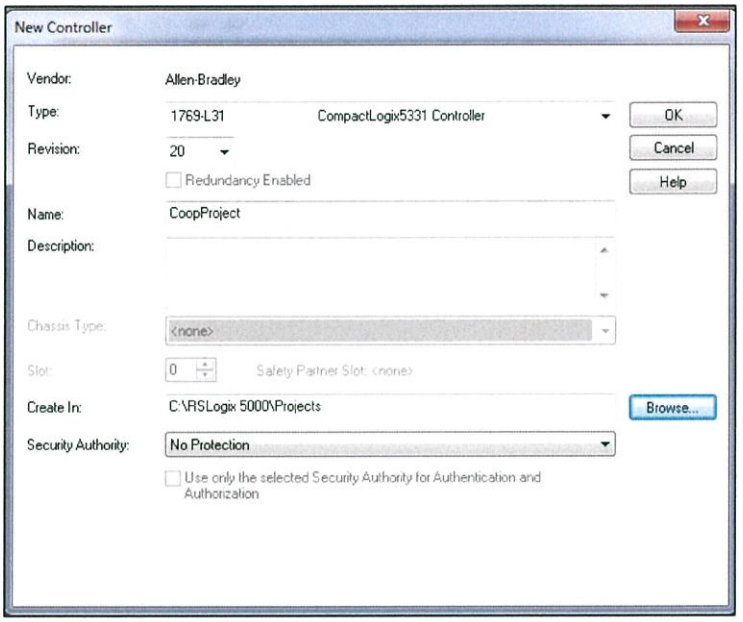
3.7 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมเพื่อดาวน์โหลดลง PLC controller

1) เปิดโปรแกรม RSLogix5000 ขึ้นมา
2) คลิก File เมนู แล้วเลือก New



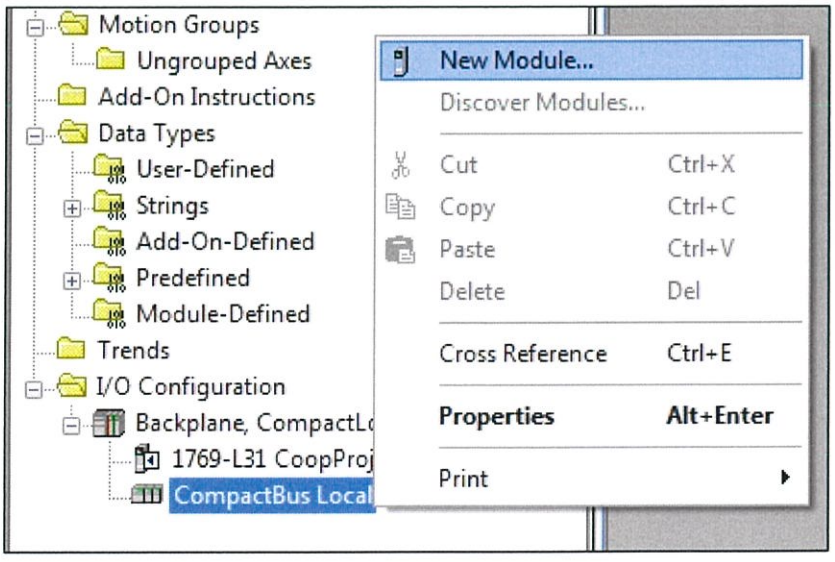
ภาพที่ 3.27 สร้าง New project ด้วย RSLogix5000

3) กรอกข้อมูลในหน้าต่าง New Controller ให้ถูกต้อง (Type: ชนิดของคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ ในที่นี้กำหนดให้เป็น 1769 – L31, Revision: เวอร์ชัน Firmware ของ PLC, Name: ชื่อของคอนโทรลเลอร์และโปรเจค, Chassis: จำนวน Slotของ Rack, Slot: หมายเลข Slot ที่คอนโทรลเลอร์ติดตั้งอยู่), Create In เลือก Browse เพื่อเลือกตำแหน่งจัดเก็บ Project fileแล้วคลิก OK



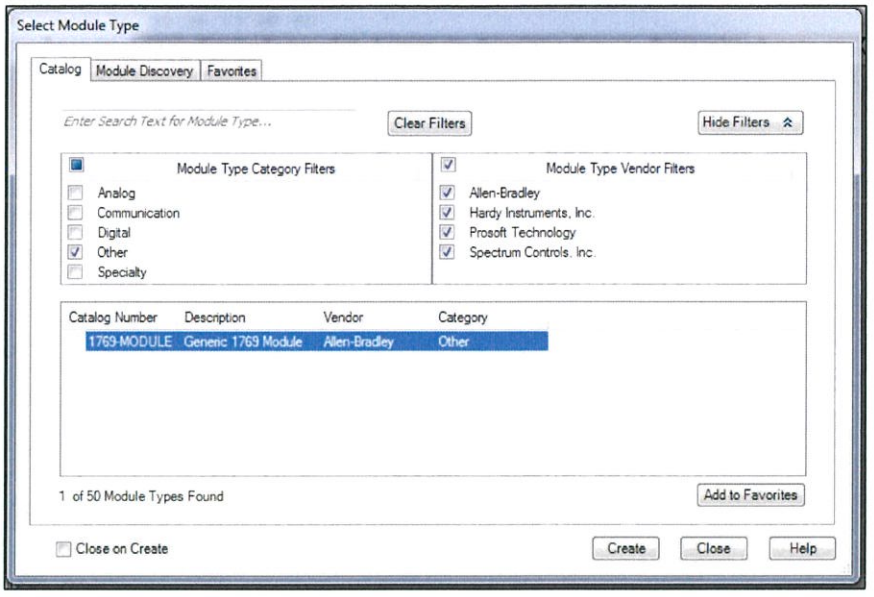
ภาพที่ 3.28 คุณสมบัติของคอนโทรลเลอร์

4) คลิกขวาที่ CompactBus Local แล้วเลือก New Module เพื่อเพิ่มการ์ดอื่น ๆ เข้าไป



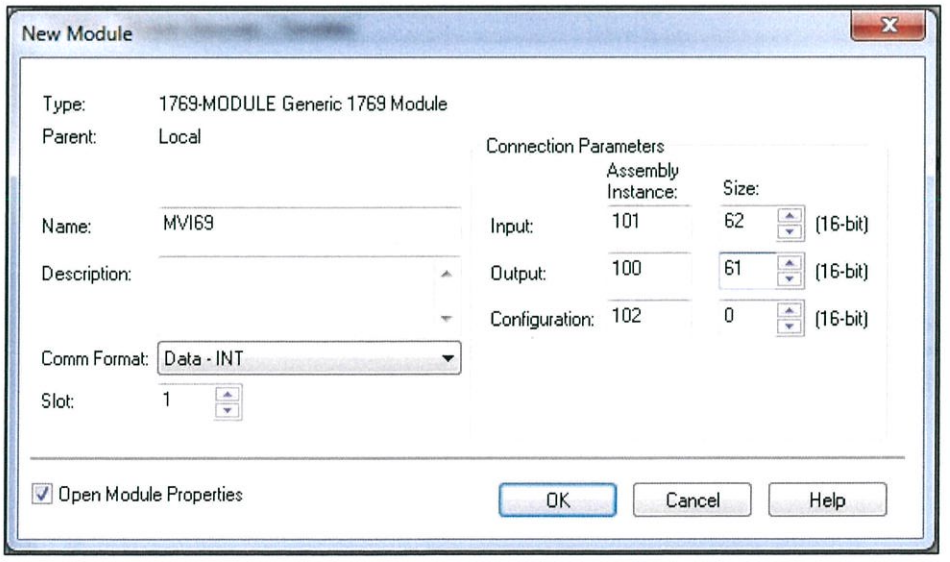
ภาพที่ 3.29 การเพิ่มการ์ดที่ใช้ลงใน Project

5) เพิ่ม Modbus communication การ์ดที่ Slot 1 โดยเลือกหัวข้อ Other → เลือก 1769 - MODULE แล้วคลิก Create



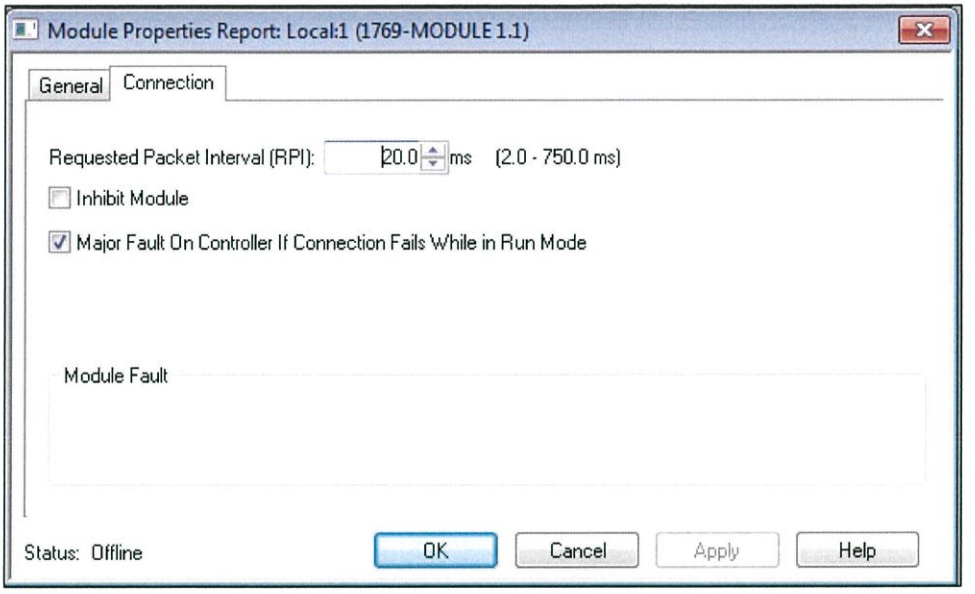
ภาพที่ 3.30 การเลือกการ์ดที่ใช้เพื่อเพิ่มใน Project

6) กรอกข้อมูลในหน้าต่าง Module properties ให้ถูกต้อง แล้วคลิก OK



ภาพที่ 3.31 การกำหนดคุณสมบัติของ 1769 – Module (Communication Module)

7) กำหนดค่า RPI (Requested Packet Interval) ในอินพุตการ์ด ซึ่งคือช่วงเวลาที่การ์ดส่งข้อมูลไปให้ CPU มีหน่วยเป็น millisecond จะใช้ค่า RPI เท่าไหร่นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการในการอ่านค่าเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์จากอินพุตการ์ด เลือก Major Fault On Controller If Connection Fails While in Run Mode และคลิก OK



ภาพที่ 3.32 การกำหนดค่า RPI ของ 1769 - Module

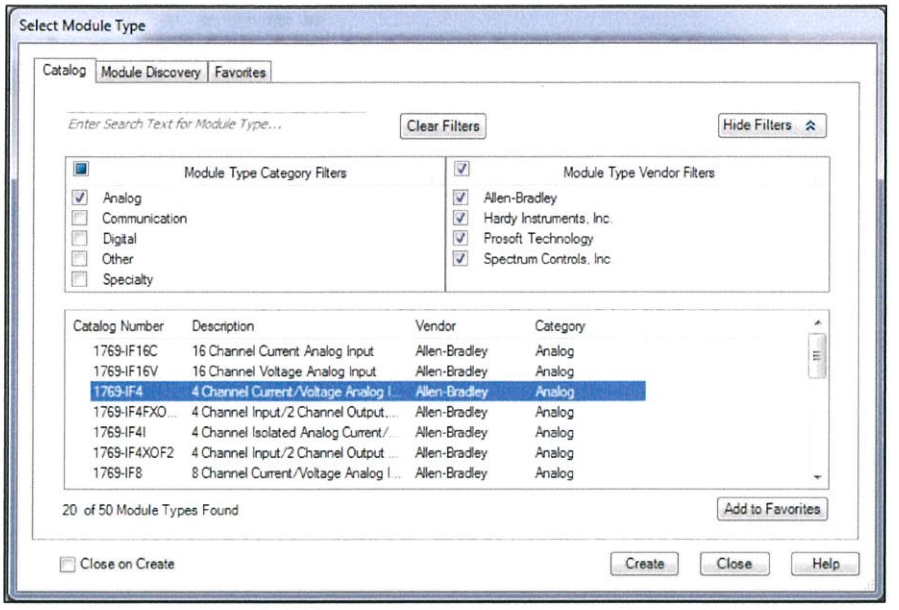
8) เพิ่ม Digital Input การ์ดที่ Slot 2, Digital Output การ์ดที่ Slot 3 และ Analog Input การ์ดที่ slot 4 โดยคลิกขวาที่ CompactBus Local แล้วเลือก New Module

- Digital Input → Digital และเลือก 1769 – IQ16 → คลิก Create → ตั้งชื่อและ configuration ให้ตรงการใช้งาน

- Digital Output → Digital และเลือก 1769 – OB16 → คลิก Create → ตั้งชื่อและ configuration ให้ตรงการใช้งาน

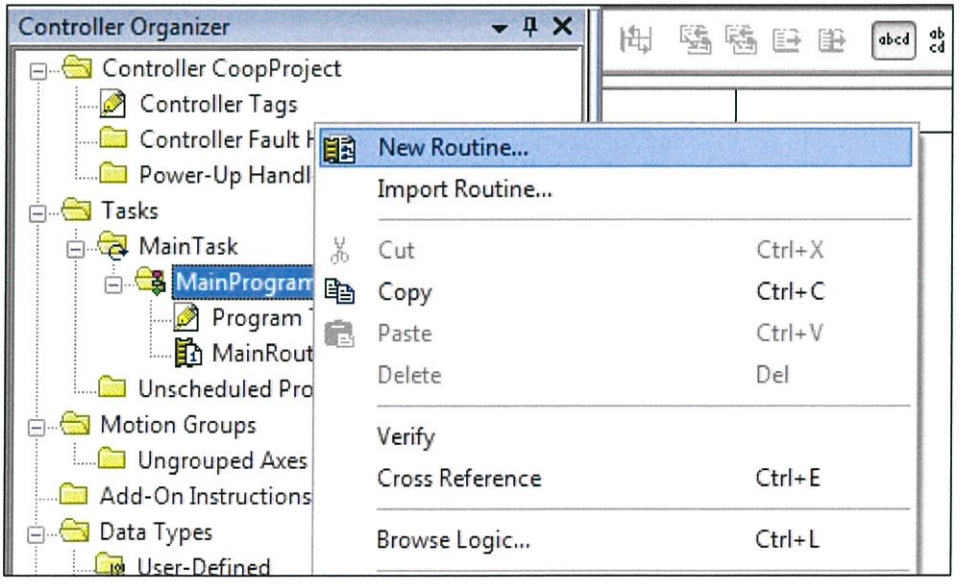
- Analog Input → Analog และเลือก 1769 – IF4 → คลิก Create → ตั้งชื่อและ configuration ให้ตรงการใช้งาน

สำหรับ Project อื่นก็กำหนดแล้วเลือก I/O card ในทำนองเดียวกัน และที่สำคัญต้องกำหนดคุณสมบัติให้ตรงกันกับ Controller เช่น ตำแหน่งการจัดวางการ์ดโดยการ์ดแรกนับเป็น Slot 0 (ส่วนใหญ่จะเป็น controller) นอกจากนั้นควรจะอ่านฉลากข้าง module ก่อนว่า module นั้นใช้ชื่อว่าอะไรและเวอร์ชั่นไหน จากนั้นให้มาเลือกและกำหนดให้ตรงกัน



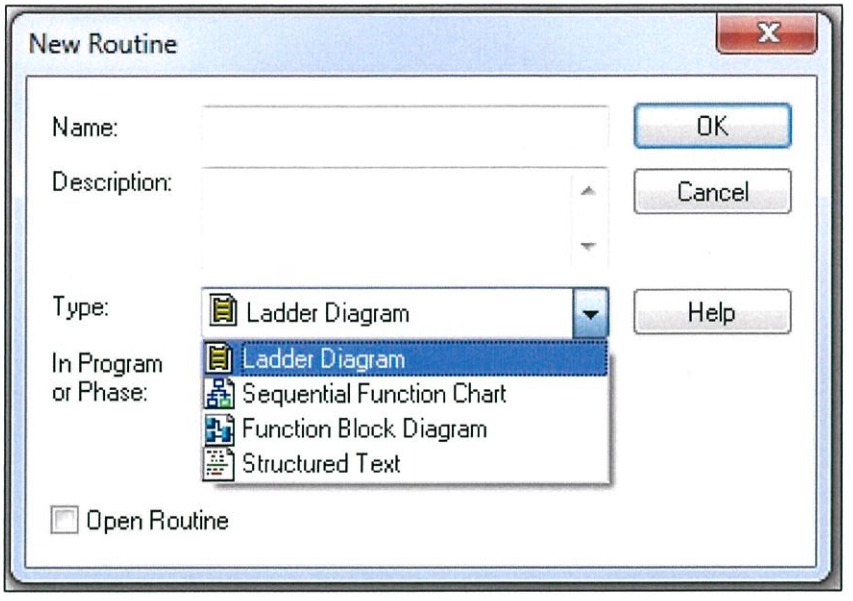
ภาพที่ 3.33 เลือกการ์ด Analog input 1769 – IF4

9) คลิกขวาที่ MainProgram เลือก New Routine เพื่อสร้าง Routine ซึ่งเป็นพื้นที่หรือหน้าต่างสำหรับเขียนโปรแกรม PLC



ภาพที่ 3.34 การสร้าง Routine สำหรับเขียนโปรแกรมใหม่

10) เลือกภาษาในการเขียนโปรแกรม และตั้งชื่อ Routine แล้วคลิก OK



ภาพที่ 3.35 สร้าง New Routine และกำหนดภาษาเขียนโปรแกรม

11) สำหรับการเขียนด้วยภาษา Ladder diagram สามารถลาก Function มาใส่ที่ Rung และพิมพ์ชื่อ Tag แล้วคลิกขวาที่ชื่อ Tag เลือก New Tag เพื่อสร้าง Tag ในทำนองเดียวกัน Function block ก็สร้าง Tag ในลักษณะเดียวกัน Tag สามารถเลือกชนิดของ Tag ได้ไม่ว่าจะเป็น Alias คือเป็น Tag ที่ใช้งานกับ I/O card โดยกำหนดเป็น I/O address ซึ่งสามารถกำหนด bit หรือ channel ของ I/O นั้นได้ หรือ Base สำหรับ Tag ที่ใช้งานในโปรแกรมนอกจาก I/O card รายละเอียดการ configuration tag มีดังนี้

Type = ชนิดของ Tag สำหรับ Tag ที่ลิงค์กับ IO address ต้องเป็น Alias

Scope = กำหนดที่อยู่ของ Tag ถ้าไม่ระบุจะหมายถึง Controller

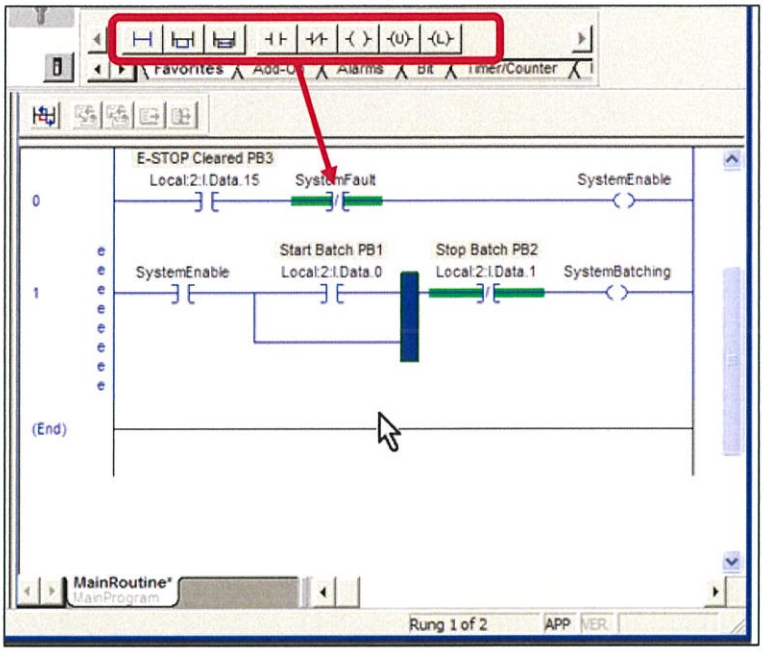
Name = ชื่อ Tag

Description = คำอธิบายความของ Tag ที่สร้างขึ้น

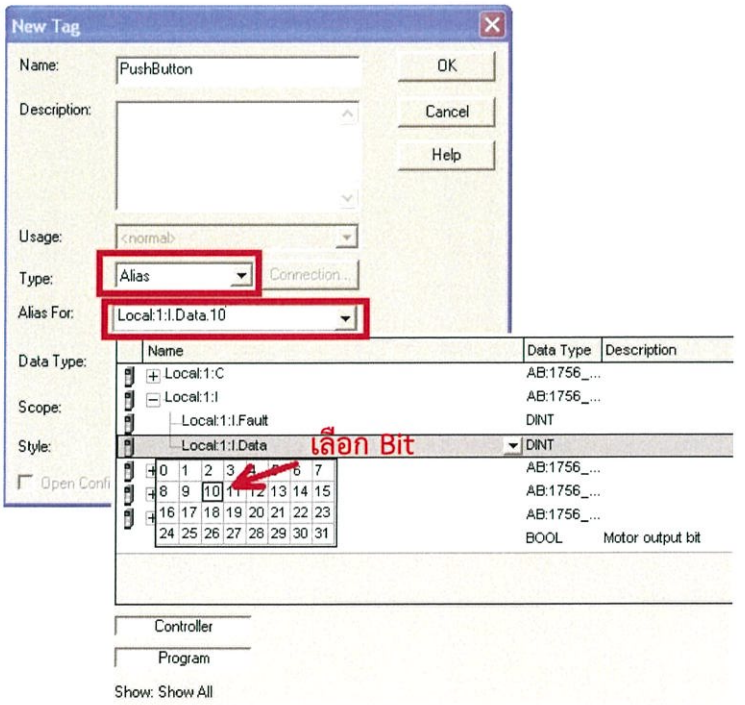
Data type = กำหนด Data type ของ Tag

Specifier = กำหนด IO address ในกรณีที่เป็น Alias tag

Attributes = เลือกฐานตัวเลขที่ใช้กับ Tag เช่น Binary (ฐานสอง), Decimal (ฐานสิบ)

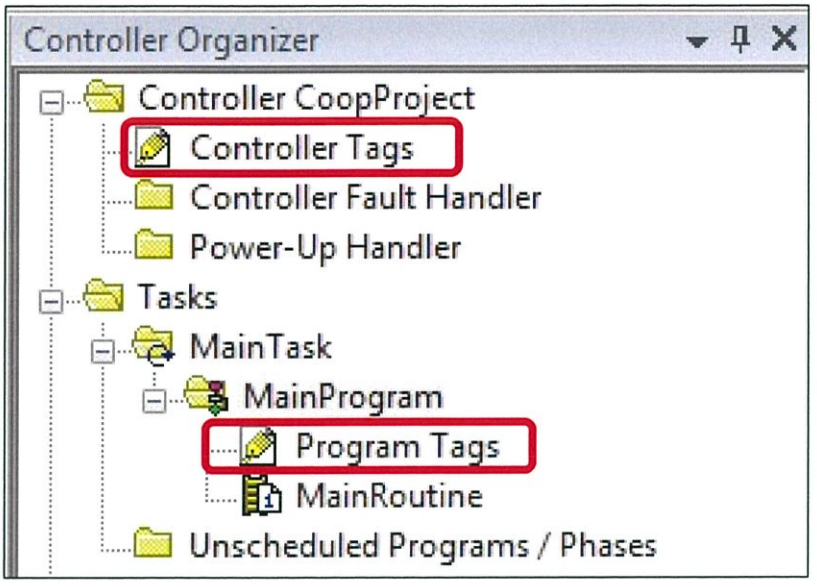


ภาพที่ 3.36 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วย Ladder diagram



ภาพที่ 3.37 ตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติของ Tag

นอกจากวิธีสร้าง Tag ข้างต้นแล้ว ยังสามารถเลือกที่หน้า Controller Organizer โดยดับเบิลคลิกที่ Controller Tags หรือ Program Tags และสร้าง Tag ในตารางดังภาพ 2.36 และเมื่อต้องการใช้ Tag ที่สร้างขึ้นมาหรือมีอยู่แล้ว สามารถพิมพ์ชื่อ Tag นั้น ๆ ที่ฟังก์ชันได้เลย



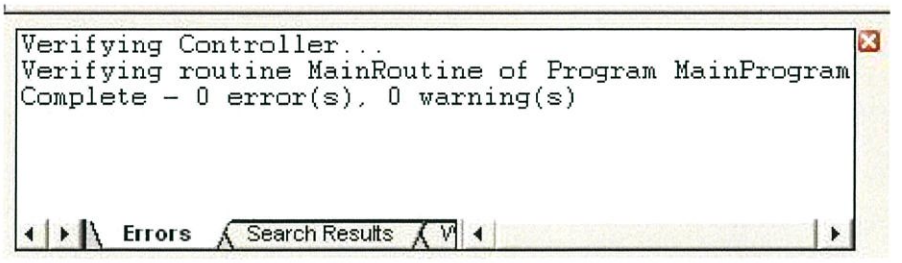
ภาพที่ 3.38 ขั้นตอนการสร้าง Tag ใน RSLogix5000

Scope: ControlLogixAddMc Show: All Tags

Name	Value	Force Mask	Style	Data Type	Description	Constant
Local:1:C	{...}	{...}		AB:1756_DI_...		☐
Local:1:C.DiagCOSDisable	0		Decimal	BOOL		
Local:1:C.FilterOffOn_0_7	1		Decimal	SINT		
Local:1:C.FilterOnOff_0_7	1		Decimal	SINT		
Local:1:C.FilterOffOn_8_15	1		Decimal	SINT		
Local:1:C.FilterOnOff_8_15	1		Decimal	SINT		
Local:1:C.COSOnOffEn	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:C.COSOffOnEn	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:C.FaultLatchEn	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:C.OpenWireEn	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:I	{...}	{...}		AB:1756_DI_...		☐
Local:1:I.Fault	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:I.Data	2#0000_...		Binary	DINT		
Local:1:I.CSTTimestamp	{...}	{...}	Decimal	DINT[2]		
Local:1:I.OpenWire	2#0000_...		Binary	DINT		

ภาพที่ 3.39 ขั้นตอนการสร้าง Tag ใน RSLogix5000 (ต่อ)

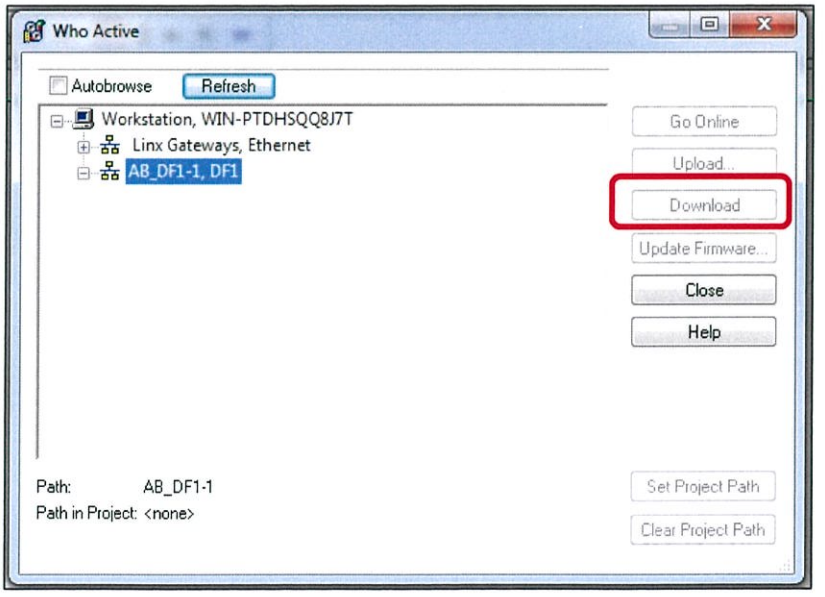
12) คลิกที่เครื่องหมายถูกดังภาพ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม ถ้าไม่มี error จะแสดงจำนวน error เป็น 0 และถ้ามี error เกิดขึ้น ต้องทำการแก้ไข error ก่อนโดยแก้ไขตามคำแนะนำ แล้วจึงสามารถ Download โปรแกรมลง PLC ได้



ภาพที่ 3.40 Verify program และ controller

13) คลิกที่ไอคอน Save กด file และเลือก save เพื่อบันทึกโปรแกรม

14) ขั้นตอนต่อไปคือการ Download โปรแกรมลง ControlLogix PLC โดยบิดสวิตช์เลือกโหมดของ PLC ไปที่ตำแหน่ง “PROG” หรือ “REM” -> คลิกเลือกที่ Communications -> เลือก Driver DF1 ที่เราสร้างไว้แล้วบนหน้าต่าง Who Active -> คลิกที่ Controller 1756-L55 -> คลิก Download

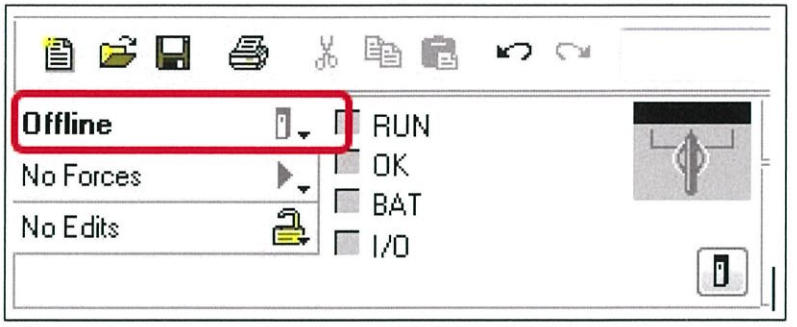


ภาพที่ 3.41 ขั้นตอนการ Download โปรแกรมลง controller

15) หลังจาก Download โปรแกรมลง PLC หรือ Controller แล้ว เราสามารถสั่งให้ PLC หรือ Controller รันโปรแกรมได้ 2 วิธี คือ

1) บิดสวิตช์เลือกโหมดของ PLC ไปที่ตำแหน่ง RUN หรือ

2) บิดสวิตช์ไปยังตำแหน่ง REM แล้วคลิกที่ตำแหน่งดังภาพที่ แล้วเลือก Run Mode

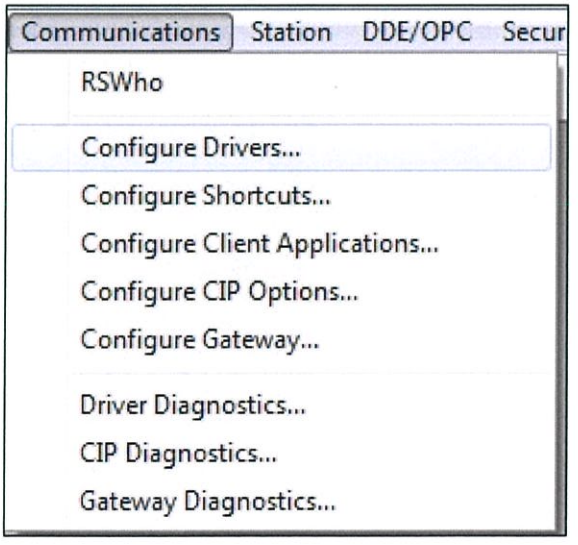


ภาพที่ 3.42 เลือก Run Mode ใน Software RSLogix5000

3.8 ขั้นตอนการ Configuration ให้ Software สามารถติดต่อกับ PLC ได้

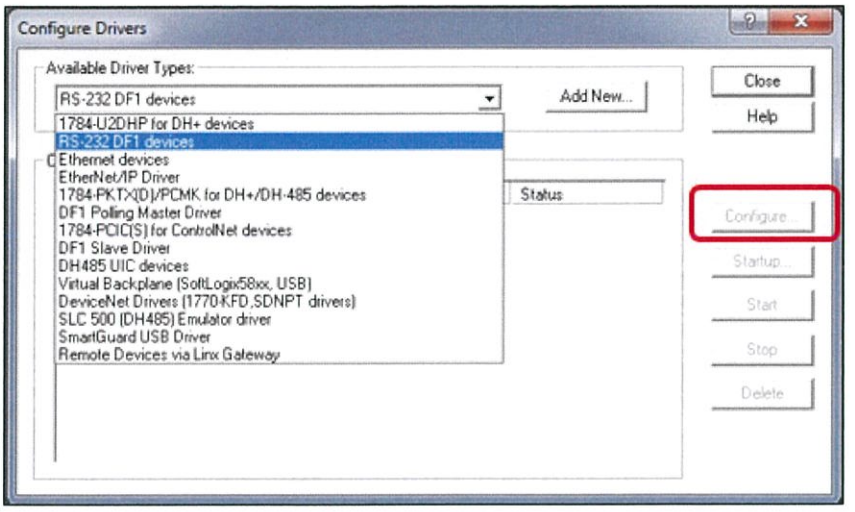
1) เปิดโปรแกรม RSLinx classic gateway

2) เลือก Communication แล้วคลิกที่ Configure Drivers



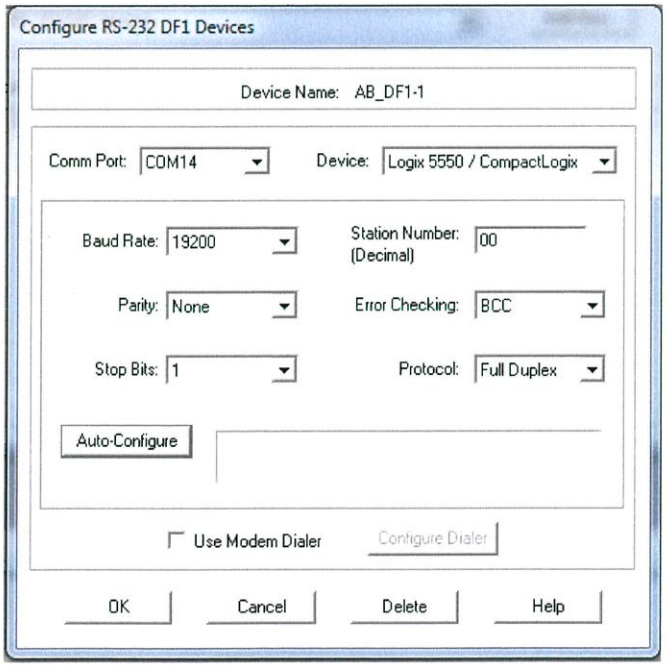
ภาพที่ 3.43 การเลือกเพื่อ Configure Drivers

3) เลือก Protocol ในที่นี้เลือกเป็น RS-232 DF1 ตั้งชื่อ Driver แล้วคลิก Add New



ภาพที่ 3.44 เลือก Driver สำหรับเชื่อมต่อระหว่าง Hardware และ Software

4) เลือก Driver ที่สร้างขึ้นแล้วคลิก Configure ในข้อ 3 และ configure ให้ตรงกับ port ที่เชื่อมต่อ จากนั้นกดที่ Auto-Configure เมื่อขึ้นว่า Success ให้คลิก OK

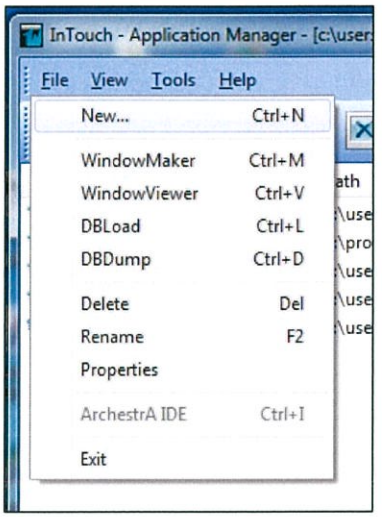


ภาพที่ 3.45 Configure Drivers

3.9 Wonderware Intouch Configuration

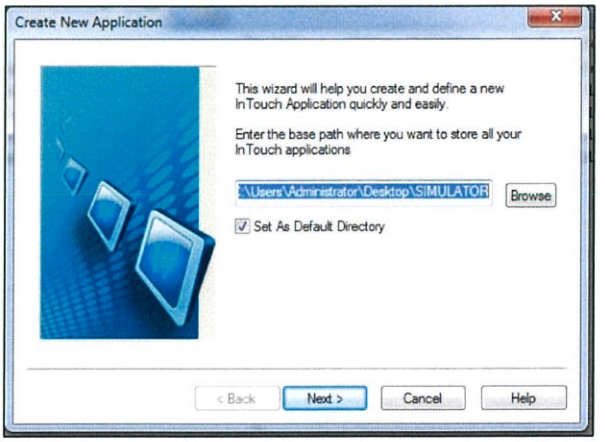
1) เปิดโปรแกรม InTouch

2) เลือก File →New



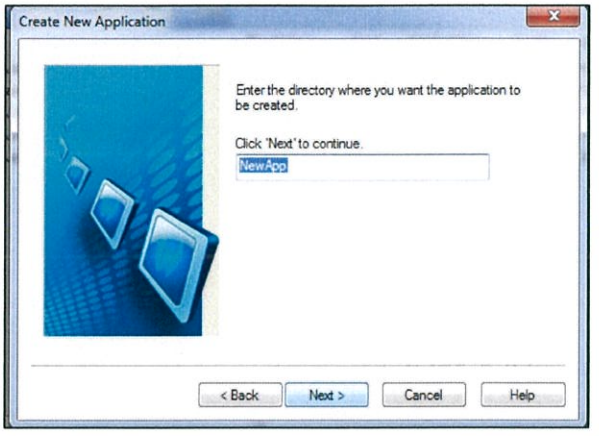
ภาพที่ 3.46 การเลือกเพื่อสร้าง New Project ในโปรแกรม InTouch

3) เลือกตำแหน่งสำหรับจัดเก็บ project file โดยการคลิกที่ Browse



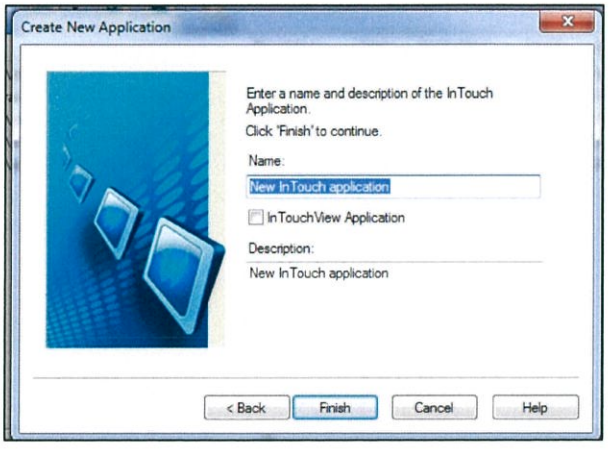
ภาพที่ 3.47 เลือกตำแหน่งสำหรับจัดเก็บ project file ในโปรแกรม InTouch

4) ตั้งชื่อ project file name → Next



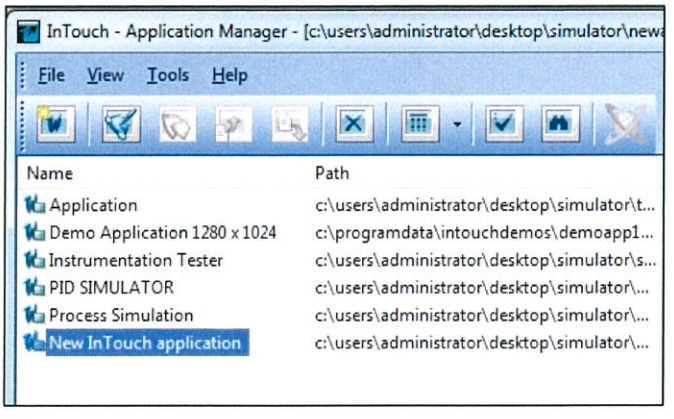
ภาพที่ 3.48 ตั้งชื่อ project file name ในโปรแกรม InTouch

5) ตั้งชื่อ project และคลิก Finish



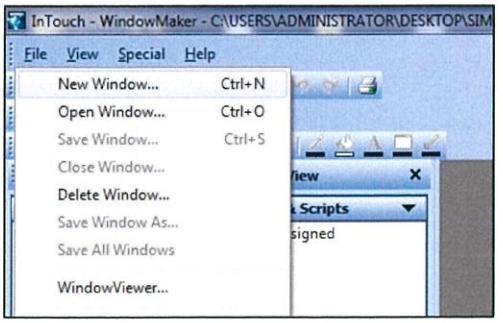
ภาพที่ 3.49 ตั้งชื่อ project file name ในโปรแกรม InTouch

6) ดับเบิลคลิกที่ Project ที่สร้างขึ้นมา เพื่อเข้าไปสร้างกราฟฟิก



ภาพที่ 3.50 เลือก Project เพื่อสร้างกราฟิก SCADA

7) เลือก File→New window เพื่อสร้าง window สำหรับแสดงผลกราฟฟิก

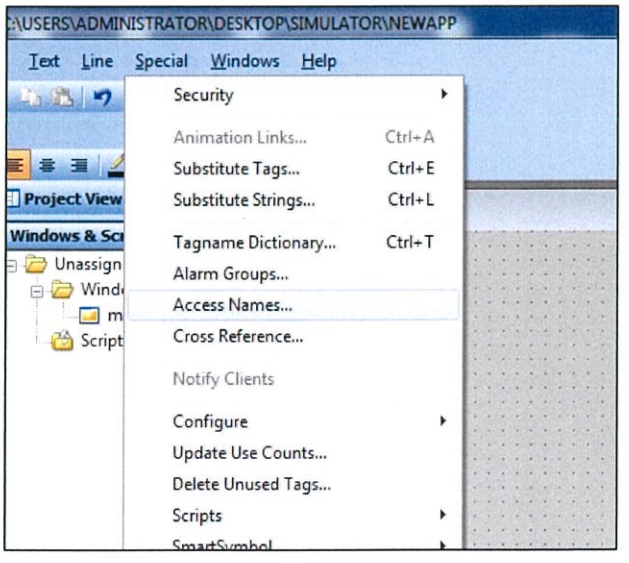


ภาพที่ 3.51 การเลือกเพื่อสร้าง New window ในโปรแกรม InTouch

8) ตั้งชื่อ window และ configure window และคลิก OK

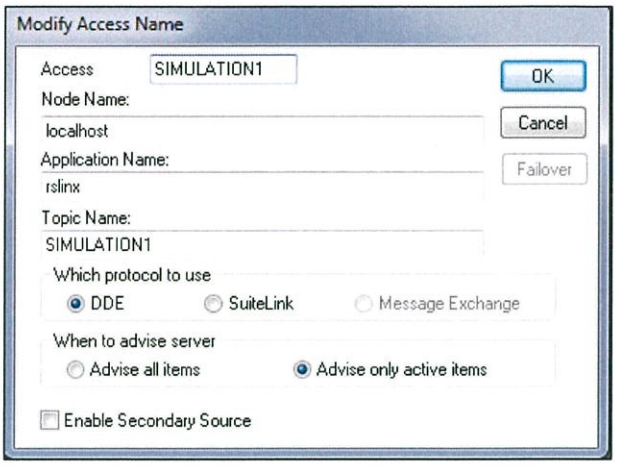
ภาพที่ 3.52 Window configuration ในโปรแกรม InTouch

9) เลือก Special เพื่อสร้าง Access → Access Name



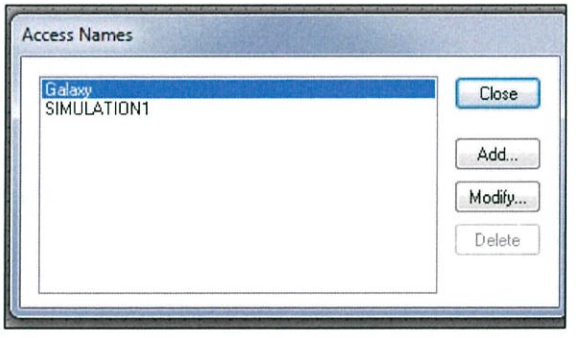
ภาพที่ 3.53 การเลือกเพื่อสร้าง Access ในโปรแกรม InTouch

10) Configure access name สำหรับสื่อสารกับ PLC (Topic Name เหมือนกับ Topic name ของ PLC controller) → OK



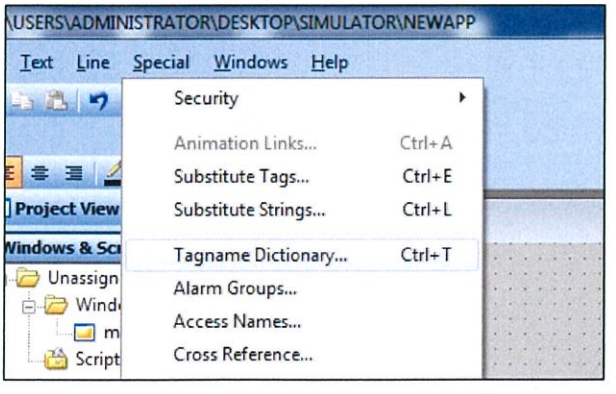
ภาพที่ 3.54 Access configuration ในโปรแกรม InTouch

11) จะได้ Access ขึ้นมาใหม่และคลิก Close



ภาพที่ 3.55 Access configuration ในโปรแกรม InTouch (ต่อ)

12) คลิก Special→Tangname Dictionary เพื่อสร้าง Tag



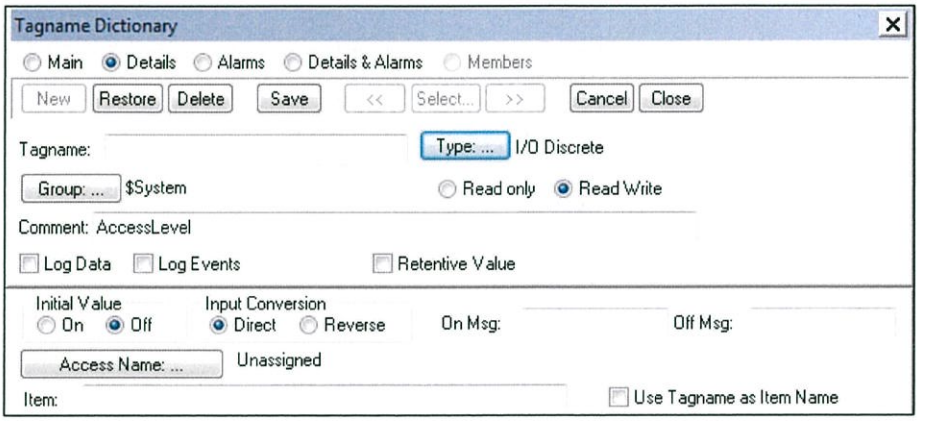
ภาพที่ 3.56 เลือกเพื่อสร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch

13) สร้าง Tag สำหรับใช้งานกับ Object บนกราฟฟิก

Tagname = ตั้งชื่อสำหรับ Tag

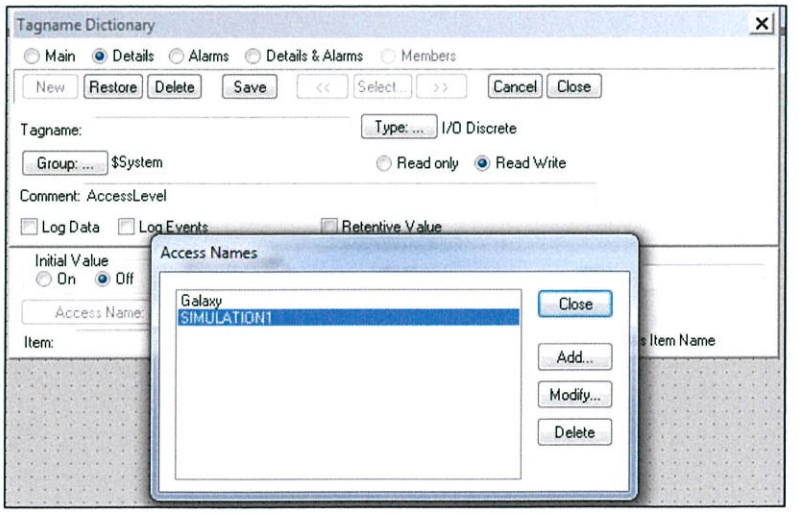
Type = เลือกชนิดของ Tag ให้ตรงตามการใช้งาน

Item = ชื่อต้องตรงกันกับ Tag บน controller



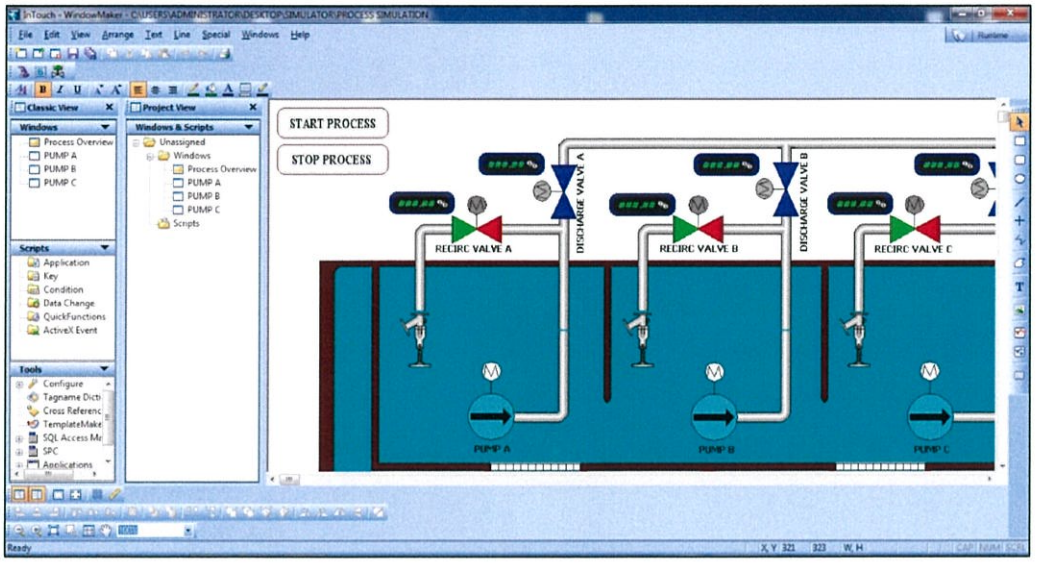
ภาพที่ 3.57 สร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch

14) Access Name = ต้องสร้าง Access ในขั้นตอนที่ 9 ก่อนแล้วจึงจะสามารถเลือก Access สำหรับใช้ติดต่อกับ PLC นั้นได้ (Access เดียวของ Controller ที่ใช้งาน)



ภาพที่ 3.58 เลือก Access ในขั้นตอนสร้าง Tag ในโปรแกรม InTouch

15) กราฟฟิกสามารถวาด Object และเติมสีได้ ในการกำหนด Tag เพียงแค่ดับเบิลคลิกและเลือก Tag จากที่สร้างไว้ และ Configure object ให้แสดงผลได้ตามต้องการ



ภาพที่ 3.59 แสดงตัวอย่างการสร้างกราฟฟิกบนโปรแกรม InTouch

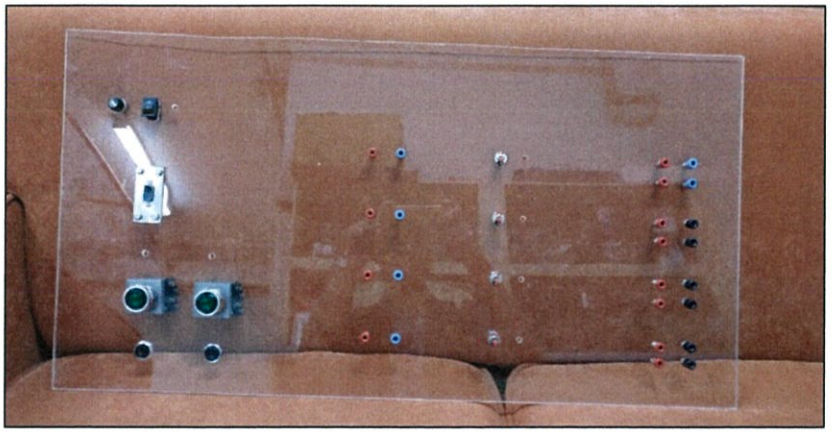
3.10 การดำเนินการสร้างชิ้นงานตามที่ออกแบบทั้งหมด

3.10.1 อุปกรณ์ในการสร้างโครงสร้าง

1) ชั้นวางที่จะใช้เป็นโครงสร้างถาวรให้กับชิ้นงาน
2) แผ่นอคิลิคสำหรับเป็นส่วนควบคุมและสั่งงาน (Panel)
3) PLC Allen Bradley CompactLogix-L31
4) แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) 24VDC
5) Adapter stepdown 220VAC to 110VAC
6) Toggle switch and Push Button switch
7) LED diode 15mA
8) ตัวต้านทาน 1kohm และ 56kohm
9) Diode 1N4007
10) ฟิวส์ 10 A
11) Banana test connector
12) เทอร์มินอลปลั๊กสำหรับเข้าสายไฟ
13) DIN rail
14) สายไฟขนาด 14 AWG

3.10.2 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน

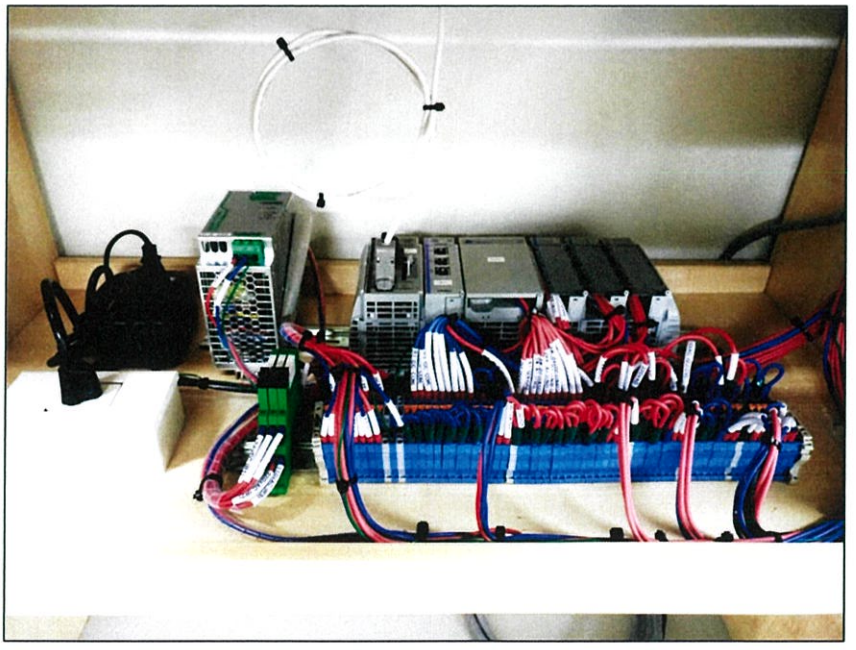
1) เจาะแผ่นอคิลิคและใส่อุปกรณ์ตามที่ออกแบบ Panel ไว้



ภาพที่ 3.60 จัดวางอุปกรณ์บนแผ่นอคิลิคที่เจาะเสร็จแล้ว

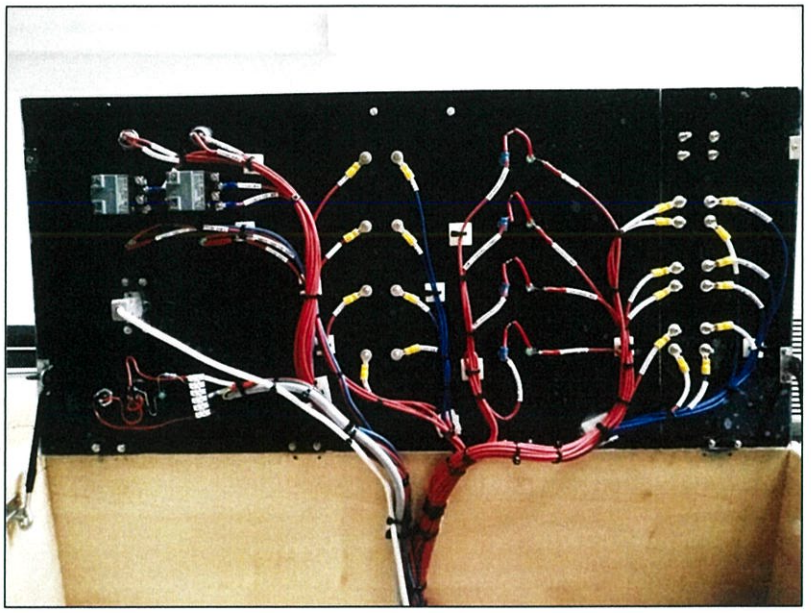
2) จัดวาง PLC และแหล่งจ่ายไฟตามที่ออกแบบโดยยึดติดกับชั้นวางด้วย DIN rail

3) เดินสายไฟตามที่ออกแบบใน wiring diagram



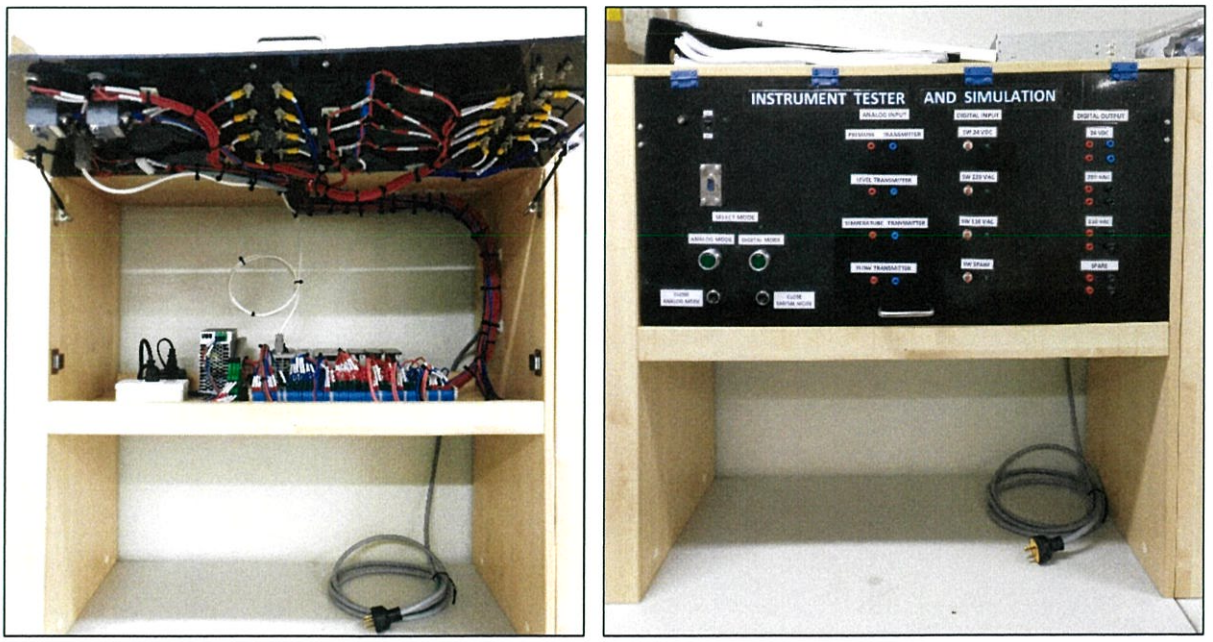
ภาพที่ 3.61 จัดวางอุปกรณ์และ Wiring สายไฟ

4) เดินสายไฟเชื่อมต่อมายังส่วนสั่งงาน (Panel) และต่ออุปกรณ์ตามที่ออกแบบ



ภาพที่ 3.62 Wiring สายไฟส่วนของ Panel

5) ตรวจสอบความถูกต้องและทดสอบการทำงาน



ภาพที่ 3.63 ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง

บทที่ 4
ผลการทดสอบของชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมืองจริง

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการทดสอบ สำหรับชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมืองจริง โดยจะแบ่งการทดสอบออกเป็นการทดสอบการแสดงผลการอ่านค่าสัญญาณมาตรฐาน 4 – 20 mA การทดสอบสั่งงานรีเลย์เพื่อจ่ายไฟฟ้าตามแรงดันไฟฟ้าที่ออกแบบ การทดสอบการทำงานของระบบบนสกาดา (SCADA) การทดสอบกระบวนการจำลองเสมือนจริง

4.2 ผลการทดสอบอ่านค่าสัญญาณมาตรฐาน 4 – 20 mA

ในการทดสอบการทำงานอนาล็อกอินพุตซึ่งใช้เป็นอินพุตสำหรับทดสอบทรานสมิตเตอร์ที่มีเอาต์พุต 4-20 mA หรืออุปกรณ์อนาล็อกอินพุตที่มีสัญญาณเอาต์พุตเป็น 4-20 mA ทำการทดสอบโดยส่งสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Loop Calibrator ซึ่งทดสอบเป็นช่วงขาขึ้นและขาลงที่ 4 mA, 8 mA, 12 mA, 16 mA และ 20 mA แล้วสังเกตผลการทดสอบส่งสัญญาณมาตรฐานโดยการออนไลน์โปรแกรมของคอนโทรลเลอร์ (PLC) บน RSLogix5000 โดยบันทึกผลของ InRaw (InRawMax=31205, InRawMin=6241) และบันทึกผลการทดสอบดังตารางที่ 4.1, บันทึกผลการทดสอบโดยอ่านค่าสัญญาณมาตรฐาน(4-20mA) ดังตารางที่ 4.2, บันทึกผลการทดสอบโดยอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบโดยอ่านค่า InRaw เมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)

สัญญาณมาตรฐาน(mA)	InRaw	ขาขึ้น (InRaw)	Error (%)	ขาลง (InRaw)	Error (%)
4.00	6,241	6,242	0.0160	6,239	0.0320
8.00	12,482	12,489	0.0561	12,495	0.1041
12.00	18,723	18,736	0.0694	18,738	0.0801
16.00	24,964	24,990	0.1041	24,981	0.0681
20.00	31,205	31,229	0.0769	31,229	0.0769

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่า InRaw ที่ 20 mA อนาล็อกอินพุตอ่านค่าได้ 31,229 ดังนั้นจึงปรับสเกลสูงสุด (InRawMax Scale) เป็น 31,230 เพื่อให้ฟังก์ชันสเกล(Scale) รับค่าอนาล็อกอินพุตนี้แล้วคำนวณสเกลได้ถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น สัญญาณ 4-20 mA, ย่านการวัด และ เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบโดยอ่านค่าสัญญาณมาตรฐานเมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)

สัญญาณมาตรฐาน(mA)	ขาขึ้น (mA)	Error (%)	ขาลง (mA)	Error (%)
4.00	3.9993	0.0175	3.9987	0.0325
8.00	8.0005	0.0062	8.0050	0.0625
12.00	12.0003	0.0025	12.0016	0.0133
16.00	16.0046	0.0288	15.9982	0.0112
20.00	19.9994	0.0030	19.9994	0.0030

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบโดยการอ่านค่าเปอร์เซนต์เมื่อส่งสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA)

สัญญาณมาตรฐาน(mA)	%	ขาขึ้น (%)	Error (%)	ขาลง (%)	Error (%)
4.00	0	0	0	0	0
8.00	25	25.0030	0.0120	25.0270	0.108
12.00	50	49.9980	0.0040	50.0140	0.0280
16.00	75	75.0209	0.0279	74.9930	0.0093
20.00	100	99.9960	0.0040	99.9960	0.0040

4.3 ผลการทดสอบสั่งงานรีเลย์เพื่อจ่ายไฟฟ้า

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าจากเอาต์พุต

Standard Voltage	Relay ON	Relay OFF	Error (%)
24 VDC	25.12 VDC	0.046 VDC	4.67
220 VAC	230.4 VAC	22.27 VAC	4.73
110 VAC	115.3 VAC	18.95 VAC	4.82

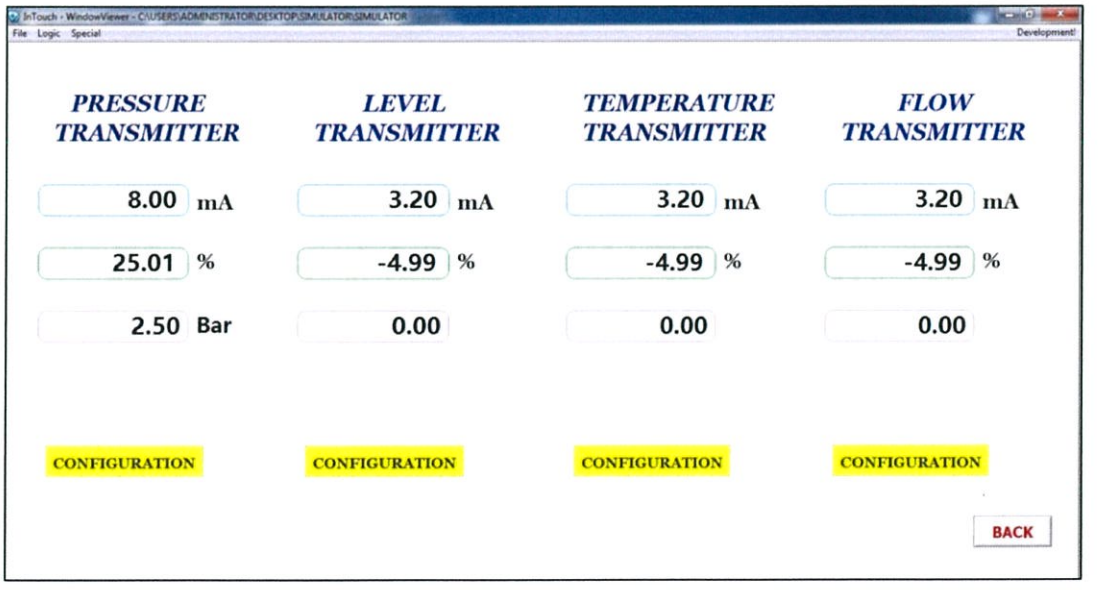
จากตารางที่ 4.4 ผลการวัดแรงดันไฟฟ้าจากการตัดต่อคอนแทครีเลย์ซึ่งต่อแบบปกติเปิด (NO)ที่ตัดต่อเพื่อเป็น switching power supply 24 VDC, 220 VAC และ 110 VAC สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ เมื่อรีเลย์ไม่ทำงานหรือไม่มีการตัดต่อวงจรจะยังคงมีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ซึ่งเป็นแรงดันตามพฤติกรรมของไฟฟ้ากระแสสลับและไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและอุปกรณ์ เนื่องจากการตัดต่อวงจรของรีเลย์ที่ต่อนั้น ตัดต่อเพียง Line (L) เท่านั้นไม่ได้ตัดต่อ Neutral (N) ด้วย เมื่อทำการวัดแรงดันจึงทำให้มีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และเมื่อรีเลย์ทำงานทำให้คอนแทคทำงานวัดแรงดันไฟฟ้าได้เกินกว่าค่ามาตรฐาน เป็นเพราะว่าไฟฟ้าที่ต่อใช้งานกับชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองเสมือนจริงเป็นไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นเองในโรงไฟฟ้า ที่จ่ายไฟฟ้าแรงดัน 220 VAC ที่ประมาณ 230 VAC สำหรับไฟฟ้า

กระแสตรงที่วัดแรงดันไฟฟ้าเมื่อรีเลย์มีการตัดต่อวงจรและมีแรงดันสูงกว่าแรงดันมาตรฐานที่ใช้อ้างอิง เนื่องจาก Power supply 24 VDC ไม่สามามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ แต่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่จ่ายออกมาก็สามารถใช้งานได้ทั่วไป เพราะยังอยู่ในย่านของการใช้งานของแรงดันไฟฟ้า 24 VDC ซึ่งอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่รองรับ 24 VDC ถูกออกแบบมาให้ใช้งานในย่านแรงดันไฟฟ้า 18 VDC ถึง 35 VDC หรือมากกว่านั้น

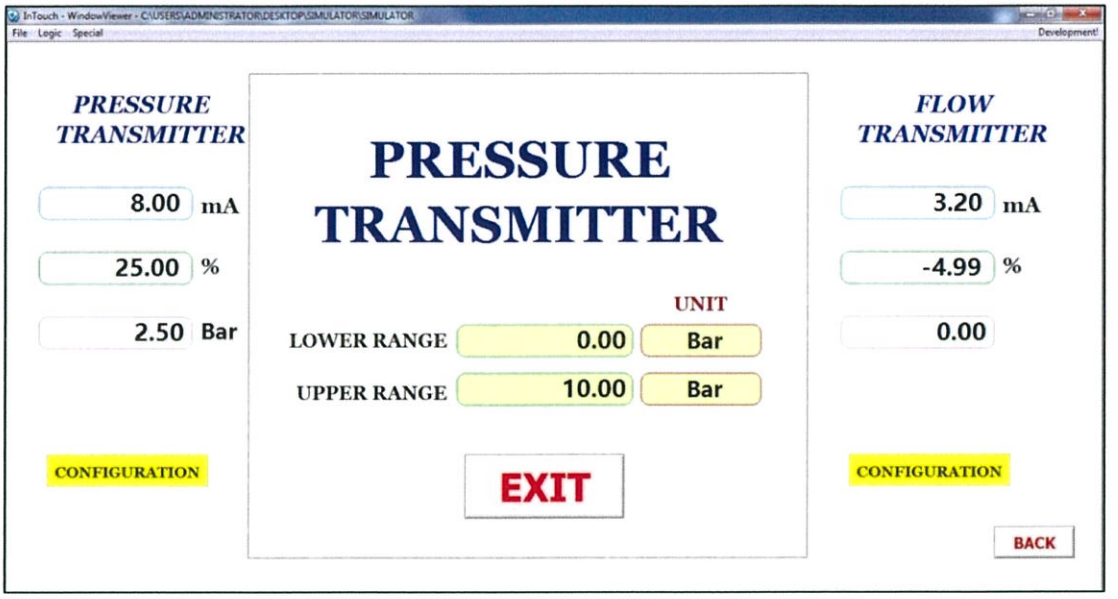
4.4 ผลการทดสอบการทำงานของระบบบนสกาดา (SCADA)

4.4.1 การทดสอบใน Analog Mode

ผลการทดสอบอ่านค่าสัญญาณมาตรฐาน (4-20 mA), เปอร์เซ็นต์ และ Engineering value จากกราฟฟิก SCADA Wonderware InTouch โดยการใช้ Loop calibrator ส่งสัญญาณ 4-20 mA เข้าไปที่พอร์ตสำหรับทดสอบ Pressure Transmitter (Output 4-20 mA) และกำหนด Rang ของ Pressure Transmitter เป็น 0 – 10 Bar พบว่าสามารถอ่านค่าจากหน้าจอ SCADA ได้ตรงกับที่ Loop calibrator ส่งสัญญาณมาตรฐาน 4-20 mA เพื่อทดสอบและสามารถยอมรับผลการทดสอบนี้ได้ โดยที่ Loop calibrator นี้มี error = ± 0.1% และจากภาพที่ 4.1 ทดสอบส่งสัญญาณ 8 mA จาก Loop calibrator พบว่าที่กราฟฟิก SCADA สามารถอ่านค่าได้ 8.00 mA, 25.01% และ 2.50 Bar ส่วน Transmitter ชนิดอื่น ๆ ที่เห็นแสดงค่าพารามิเตอร์เท่ากันหมด เป็นเพราะไม่ได้ส่งสัญญาณเข้าไปทดสอบทำให้ฟังก์ชันสเกลที่เขียนในโปรแกรมส่งค่า Raw value ที่ค่าต่ำสุดของ Analog input 1769 – IF4 ออกมานั่นเอง



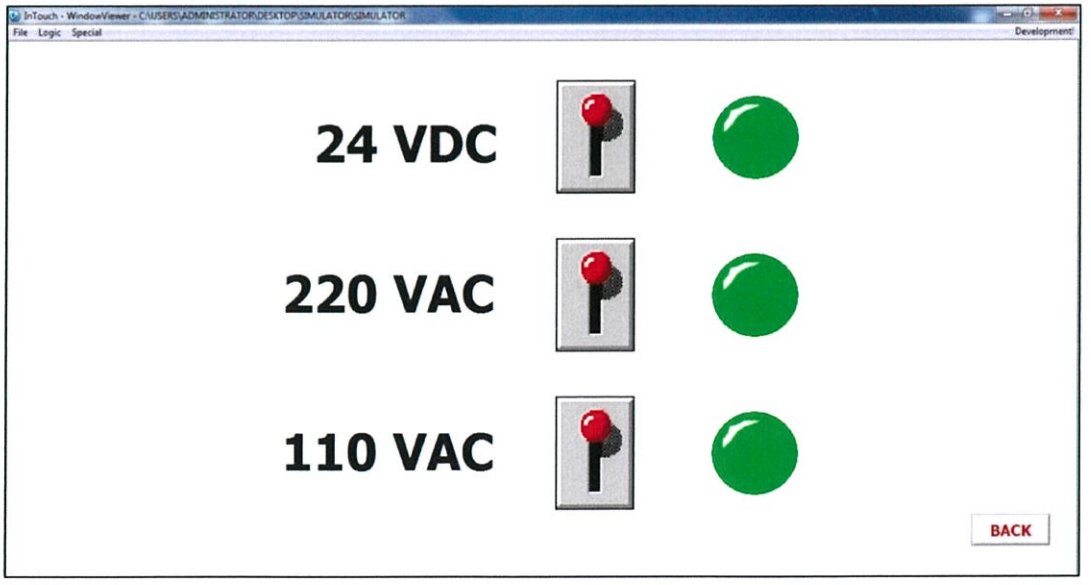
ภาพที่ 4.1 กราฟฟิกแสดงการทดสอบ Transmitter



ภาพที่ 4.2 กราฟฟิกแสดงการทดสอบ Transmitter และกำหนดย่านการวัด

4.4.2 การทดสอบส่งสัญญาณจาก SCADA เพื่อ Active Relay

ในการสั่งงานให้รีเลย์ทำงานเพื่อเป็น Switching power นั้นนอกจากจะสามารถสั่งงานด้วยสวิตช์บน Panel แล้ว ยังสามารถสั่งงานจาก SCADA ได้โดยที่ไม่รบกวนการทำงานอื่นบนระบบ จากการทดสอบสั่งงานจาก SCADA พบว่าเมื่อมีการสั่งให้ Active switch high บนกราฟฟิก SCADA จะมี Status เป็น LED เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว เพื่อบอกสถานะของ Relay ที่ใช้เป็น Switching power นั้น Relay coil กำลังทำงานอยู่ และเมื่อวัดแรงดันไฟฟ้าที่พอร์ตเอาต์พุตบน Panel พบว่ามีแรงดันไฟฟ้าออกมาเท่ากันกับการสั่งงานบน Panel (ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้แสดงในตารางที่ 4.4)



ภาพที่ 4.3 กราฟฟิกแสดงการทดสอบสั่งงาน ON-OFF Switching Power

4.5 ผลการทดสอบกระบวนจำลองเสมือนจริง

การทดสอบการทำงานของกระบวนการ Raw water forwarding system จะทดสอบเป็นเงื่อนไขทีละเงื่อนไข ตามที่ได้ออกแบบลอจิกและเขียนโปรแกรม PLC ของกระบวนการเอาไว้โดยที่เอาต์พุตจะทำงานได้ในสภาวะต่าง ๆ ก็ต่อเมื่ออินพุตเป็นไปตามเงื่อนไขแต่ละเงื่อนไข ซึ่งอินพุตมี 2 อินพุต คือ Pressure Transmitter โดยใช้ Loop calibrator แทน Pressure Transmitter จริงเพราะสามารถเปลี่ยนระดับของสัญญาณได้ง่ายกว่าการใช้ Pressure Transmitter จริงเนื่องจากต้องมีการเปลี่ยนค่าอินพุตอยู่บ่อยครั้งเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไข และในสภาวะที่มีแรงดันสูง ๆ อาจจะส่งผลทำให้เกิดความเสียหายกับ Transmitter ได้ ส่วน Level Transmitter ใช้ชนิดที่เป็น Diaphragm การต่อใช้งานแบบ 2 wire มีย่านการวัด 0 – 10 Bar และเอาต์พุตใช้ Industrial fan 230 VAC แทน Pump และ Motor drive valve 24 VDC แทน Discharge valve และ Recirculation valve โดยการต่อเอาต์พุตนี้จะต่อเพื่อสังเกตุการทำงานเพียงชุดเดียวเท่านั้นคือชุด A เนื่องจากทั้งชุด A B และ C มีการทำงานที่เหมือนกัน ในการต่อเพื่อทดสอบกระบวนการนี้จะต่อทดสอบโดยใช้ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง โดยต่ออินพุตซึ่งเป็น Transmitter output 4-20 mA ใช้งานใน Mode Analog สำหรับแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC และ 230 VAC จะต่อใช้งานจาก Mode Digital และสำหรับ Digital output จะสั่งงานให้ Relay coil ทำงานเพื่อควบคุมการทำงานของ Industrial fan 230 VAC และ Motor drive valve 24 VDC ให้เป็นไปตามเงื่อนไขของกระบวนการ

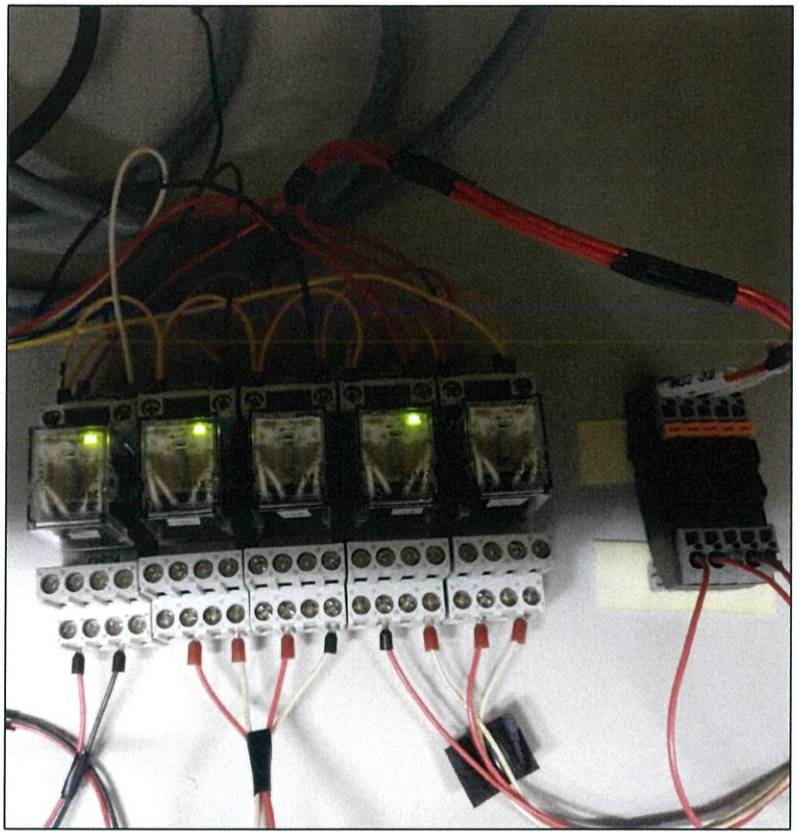
ตัวแปรต้น : Pressure Transmitter, Level Transmitter

ตัวแปรตาม : Industrial fan 230 VAC และ Motor drive valve 24 VDC และกราฟฟิก SCADA ของกระบวนการ สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขของกระบวนการ

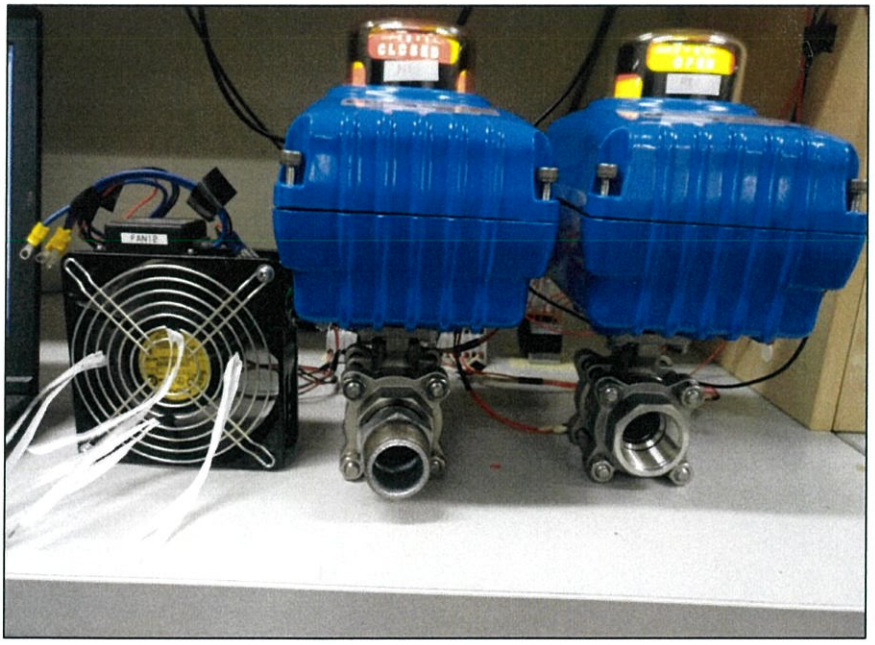
ตัวแปรควบคุม : 1) Loop calibrator ที่ใช้แทน Pressure Transmitter และ Level Transmitter ต้องเป็นตัวเดียวกันตลอดการทดสอบกระบวนการ

2) Instrument air ที่ใช้กับ Level Transmitter ต้องคงที่และสามารถควบคุมปรับความดันของ Instrument air ที่ใช้ได้

จากผลการทดสอบเงื่อนไขการทำงานในกระบวนการ Raw water Forwarding system พบว่า Relay ที่ควบคุมการทำงานของ Industrial fan 230 VAC ที่ใช้แทน Pump A และ Motor drive valve 24 VDC ที่ใช้แทน Discharge valve A และ Recirculation valve A สามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขในกระบวนกระบวนการ Raw water Forwarding system และกราฟฟิกของ SCADA สามารถสั่งงานและแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการได้ ไม่ว่าจะเป็น แสดงสถานะการทำงานของวาล์วในสภาวะเงื่อนไขต่าง ๆ การทำงานของ Pump และพารามิเตอร์ของอินพุต เป็นต้น ซึ่งทำงานได้ตามเงื่อนไขและสอดคล้องกับการทำงานของเอาต์พุต

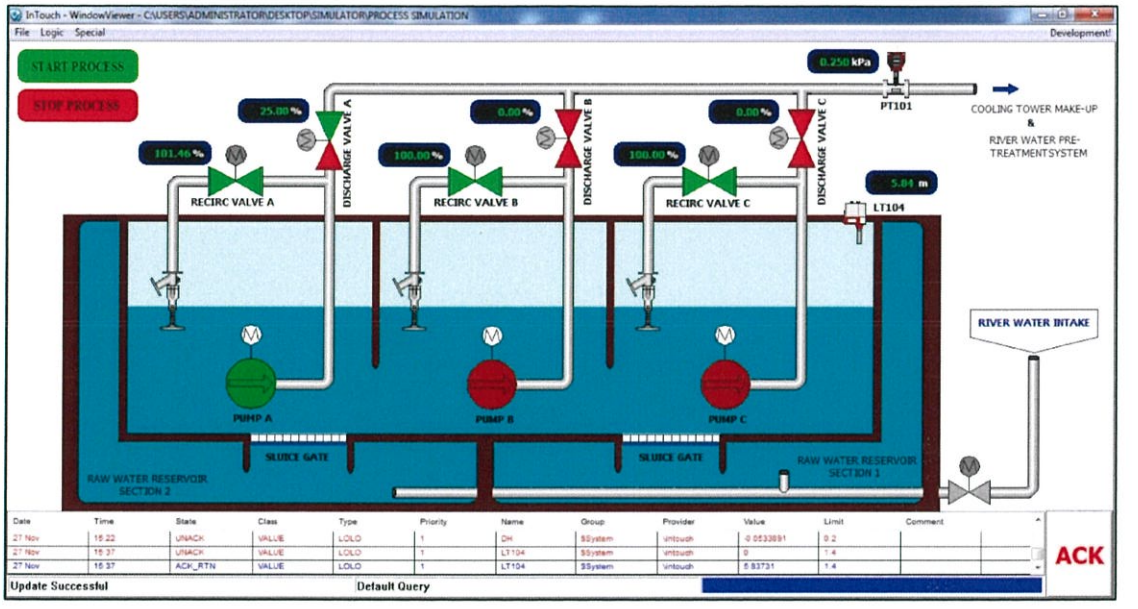


ภาพที่ 4.4 รีเลย์ทำงานได้ตามเงื่อนไขลอจิกในกระบวนการ Raw water forwarding system



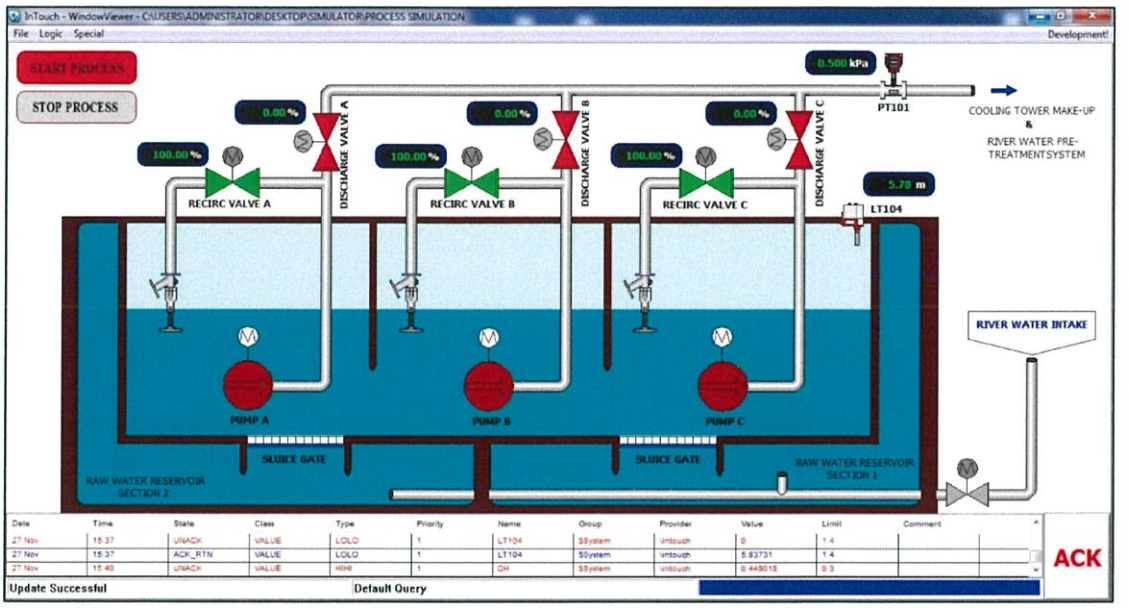
ภาพที่ 4.5 รีเลย์จากภาพที่ 4.4 สั่งงานให้ Actuator ทำงานได้ตามลอจิก

เงื่อนไขที่ 1 : ระดับน้ำที่วัดจาก Level transmitter ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1.4 เมตรถึงจะสั่งให้กระบวนการและปั๊มทุกตัวทำงานได้ ในการทำงานสภาวะปกติ เมื่อสั่งให้ปั๊มทำงาน Discharge valve ต้องเปิดมากกว่าหรือเท่ากับ 25% ปั๊มถึงจะเริ่มทำงานได้ และ Discharge valve ค่อยๆเปิดทีละ 25% จนเปิดสุด (Fully Open) โดยในกระบวนการมีปั๊ม 3 ชุดคือชุด A B และ C ทั้ง 3 ชุดมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน เป็นการทำงานแบบ 3x50% หรือ Run 2 Standby 1



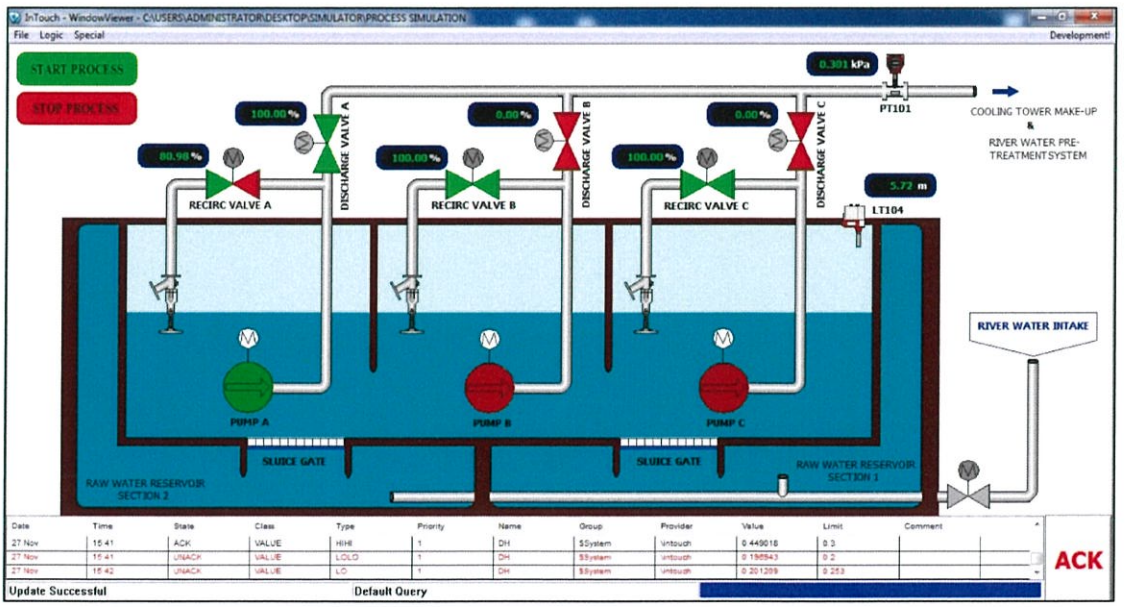
ภาพที่ 4.6 สั่ง Run Pump A

เงื่อนไขที่ 2 : Discharge head pressure เป็นค่าที่คำนวณระหว่าง Discharge pressure ที่อ่านค่าจาก Pressure Transmitter กับระดับน้ำที่อ่านค่าจาก Level Transmitter เมื่อ Discharge head pressure มีค่าแรงดันมากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 kPa ลอจิกจะสั่ง Shutdown การทำงานทั้งหมดของกระบวนการ และกระบวนการกลับสู่สภาวะเริ่มต้นคือปั๊มทุกตัวหยุดการทำงาน Discharge valve fully close และ Recirculation valve fully open



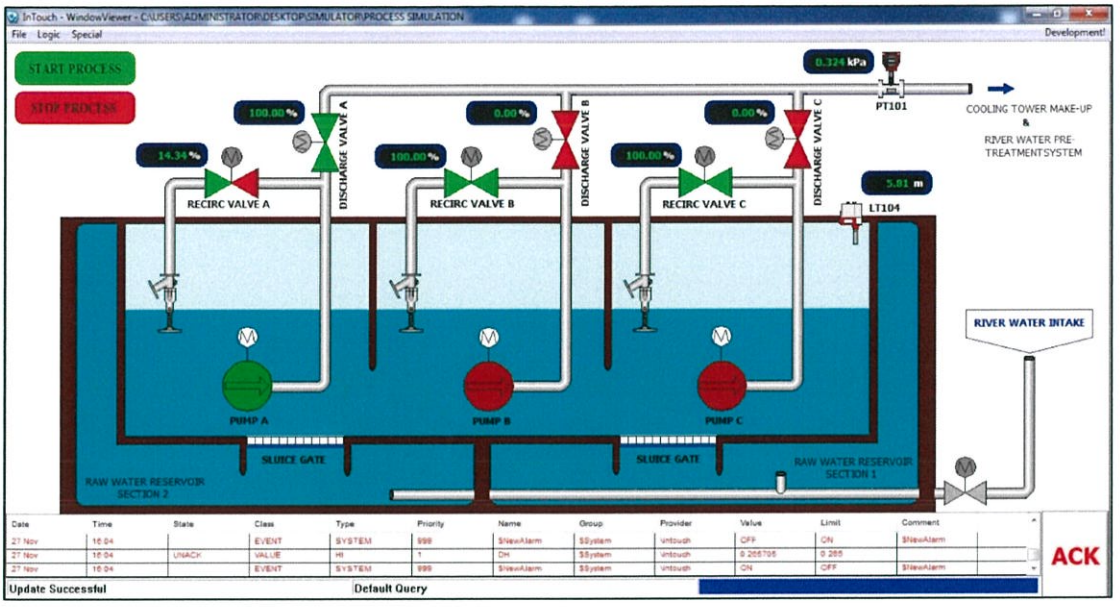
ภาพที่ 4.7 Discharge head pressure trip

เงื่อนไขที่ 3 : เมื่อ Discharge head pressure มีค่าระหว่าง 0.2 kPa ถึง 0.253 kPa และ Discharge valve fully open จะทำให้ Recirculation valve เปิดตาม Discharge head pressure เพื่อรักษาแรงดันให้อยู่ในช่วงที่กำหนดในสภาวะปกติ



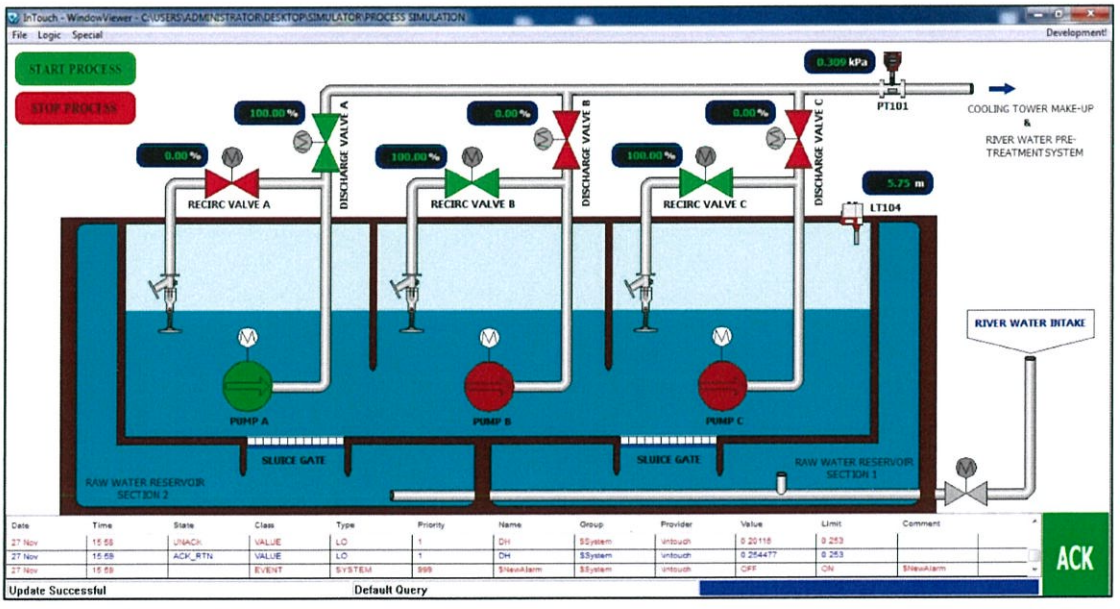
ภาพที่ 4.8 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.2 – 0.253 kPa

เงื่อนไขที่ 4 : เมื่อ Discharge head pressure มีค่าระหว่าง 0.265 kPa ถึง 0.3 kPa และ Discharge valve fully open จะทำให้ Recirculation valve เปิดตาม Discharge head pressure เพื่อรักษาแรงดันให้อยู่ในช่วงที่กำหนดในสภาวะปกติ



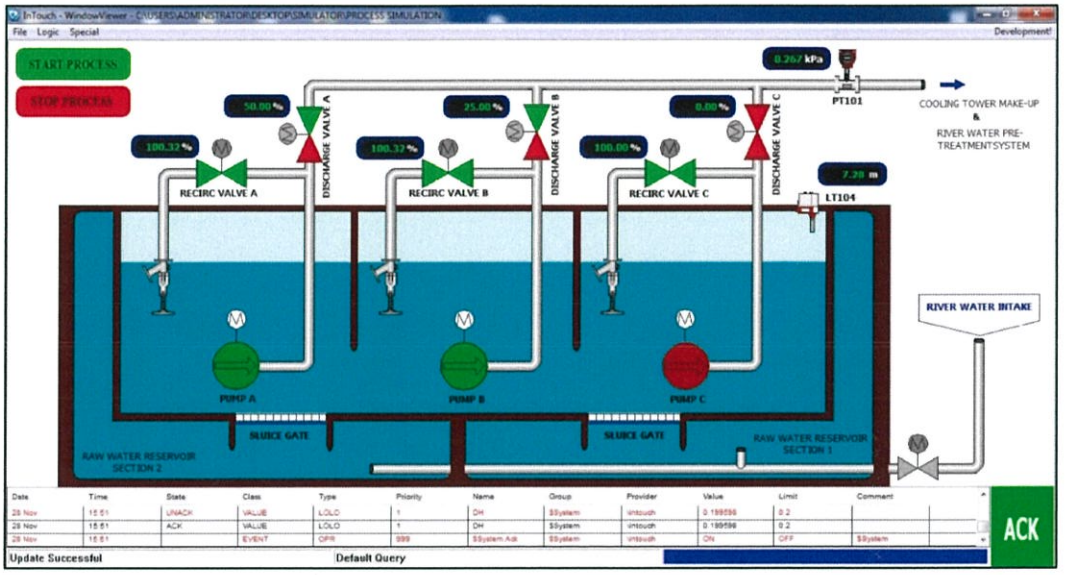
ภาพที่ 4.9 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.265 – 0.3 kPa

เงื่อนไขที่ 5 : เมื่อ Discharge head pressure มีค่าระหว่าง 0.253 kPa ถึง 0.265 kPa และ Discharge valve fully open จะทำให้ Recirculation valve fully close



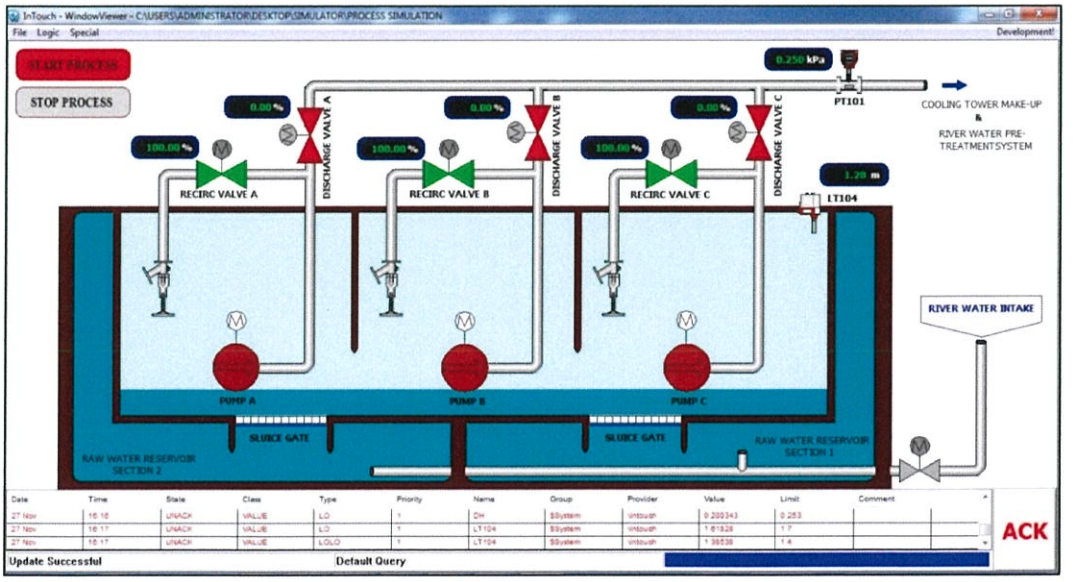
ภาพที่ 4.10 สั่ง Run Pump A และ Discharge head pressure มีค่า 0.253 – 0.265 kPa

เงื่อนไขที่ 6 : เมื่อ Discharge head pressure มีค่าต่ำกว่า 0.2 kPa และ Discharge valve open จะทำให้ Recirculation valve fully open และลิจิกสั่งให้ปั๊มอีกหนึ่งชุดทำงานอัตโนมัติ โดยที่เมื่อปั๊มชุด A ทำงาน ปั๊มที่จะทำงานอัตโนมัติคือปั๊ม B, ปั๊มชุด B ทำงาน ปั๊มที่จะทำงานอัตโนมัติคือปั๊ม C และปั๊มชุด C ทำงาน ปั๊มที่จะทำงานอัตโนมัติคือปั๊ม A หากในกรณีที่ Discharge head pressure มีแรงดันยังไม่ถึงค่าที่ควรจะเป็นสามารถสั่ง manual ปั๊มอีก 1 ชุดเพิ่มได้แต่ในความเป็นจริงแล้ว เพียงแค่ ปั๊ม 2 ชุดก็เพียงพอต่อการทำงานเพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่ต้องการ



ภาพที่ 4.11 สั่ง Run Pump A และ Pump B Auto Run

เงื่อนไขที่ 7 : เมื่อ Level Transmitter อ่านค่าระดับน้ำได้ต่ำกว่า 1.4 เมตร ลอจิกจะสั่ง Shutdown การทำงานทั้งหมดของกระบวนการ และกระบวนการกลับสู่สภาวะเริ่มต้นคือปั๊มทุกตัวหยุดการทำงาน Discharge valve fully close และ Recirculation valve fully open



ภาพที่ 4.12 Level trip

บทที่ 5
สรุปผล ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่สร้างขึ้นมาใหม่ เพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านการทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดและควบคุม เช่น ทรานสมิตเตอร์ วาล์ว มอเตอร์ และปั๊ม เป็นต้น เนื่องจากในการทดสอบอุปกรณ์ในแต่ละครั้งต้องใช้อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดสอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าเช่น แหล่งจ่ายไฟ 24VDC, 220VAC และ110VAC เป็นต้น ในบางครั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นเหล่านี้ก็ไม่มีความพร้อมหรือไม่เหมาะสมสำหรับการทดสอบนั้น ส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบอุปกรณ์หรืออุปกรณ์ที่ทดสอบเสียหายได้ ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงนี้ จึงเป็นชุดทดสอบอุปกรณ์ทางไฟฟ้าและอุปกรณ์ทางการวัดและควบคุม ที่มีความพร้อมในเรื่องของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบไม่ว่าจะเป็นแหล่งจ่ายไฟ 24 VDC, 220 VAC และ 110 VAC หรือสามารถอ่านค่าเอาต์พุตทรานสมิตเตอร์ผ่านกราฟฟิก SCADA โดยไม่ต้องใช้ Loop calibrator หรืออุปกรณ์สำหรับอ่านค่าสัญญาณ 4- 20 mA และนอกจากนั้นสำหรับผู้ที่สนใจในเรื่องของการควบคุมกระบวนการด้วย PLC สามารถใช้ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงนี้ ศึกษาการใช้งานและการทำงานของ PLC เพื่อต่อยอดหรือเรียนรู้เกี่ยวกับ PLC ให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และออกแบบกระบวนการการควบคุมโดยใช้ PLC ในการควบคุมได้ นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของพนักงานที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับ PLC หรือระบบ Automation มากขึ้น โดยชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริงนี้ได้ถูกนำไปทดสอบใช้ฝึกอบรมให้กับพนักงานโรงไฟฟ้าหนองแซง แผนกซ่อมบำรุงทางไฟฟ้า ที่มีโครงการที่จะนำระบบ Automation มาใช้ในกระบวนการระบายความร้อนในกระบวนการผลิตแทนการใช้งานระบบรีเลย์ ซึ่งผลการฝึกอบรมด้วยชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง ทำให้ผู้ฝึกอบรมมีแนวทางในการนำระบบ Automation มาใช้งานมากขึ้น

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

5.2.1 ปัญหาที่พบ

1) Software ที่ได้นำมาใช้กับโครงงานมี Software License แต่ไม่มี Activator สำหรับ Software นั้น ๆ เพราะในโรงฟ้าหนองแซงได้นำ Activator ใส่ในเครื่องคอมพิวเตอร์อีกเครื่องที่ใช้อยู่ที่หน้างาน

2) ข้อจำกัดทางด้าน Hardware เช่น สายไฟไม่มีขนาดที่เหมาะสมกับงานที่ทำและไม่มี Analog output card ซึ่งจำเป็นในกระบวนการควบคุมอัตโนมัติ เช่น Control valve เป็นต้น

3) ผู้เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ มีความเข้าใจที่ไม่ตรงกันเกี่ยวกับลักษณะของโครงงาน เช่น ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงาน ฟังก์ชันการทำงานทั้งใน PLC และบน SCADA เป็นต้น

4) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เนื่องจากมีรายการอุปกรณ์ที่ต้องซื้อมาใช้ในโครงงาน และจำเป็นต้องเบิกค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ แต่ในบางครั้งไม่สามารถเบิกค่าใช้จ่ายนี้ได้ เนื่องจากไม่มีใบเสร็จในการซื้ออุปกรณ์เหล่านั้น

5) ความรู้ด้านไฟฟ้ากำลังและเทคนิคทางวิศวกรรมยังมีไม่เพียงพอ นอกจากการทำโครงงานแล้วยังมีงานที่ได้รับมอบหมายอื่น ๆ ให้ทำในระหว่างสหกิจศึกษา งานเหล่านั้นจำเป็นต้องใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมในการทำงาน เพราะเป็นงานซ่อมบำรุง เช่น การซ่อมบำรุงวาล์ว การซ่อมเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับ Analyzer และการหาสาเหตุที่ทำให้กระบวนการทำงานไม่ปกติ เป็นต้น

5.2.1 แนวทางการแก้ปัญหา

1) ใช้ Software ในคอมพิวเตอร์ที่ลง Activator ไว้แล้ว หรือดึง Activator จากเครื่องที่ลงไว้มาใช้ในคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน หลังจากใช้งานเสร็จจึงนำกลับไปไว้ที่เดิม หรือเปลี่ยนใช้ Software อื่น เนื่องจากที่โรงฟ้ามี Software ที่หลากหลายให้เลือกใช้งาน

2) สำหรับการแก้ปัญหาที่ไม่มี Analog output card ใช้ในโครงงานคือประยุกต์ใช้ Digital output card ให้มีการทำงานใกล้เคียงกับการใช้ Analog output card โดยใช้เทคนิคในการเขียนโปรแกรมลอจิก PLC

3) ชี้แจงและทำความเข้าใจกับทุก ๆ คนที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้ ให้มีความเข้าใจที่ตรงกัน เพื่อใช้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

4) ค่าใช้จ่ายบางส่วนที่เบิกไม่ได้นั้น จำเป็นต้องจ่ายเอง และในกรณีที่ค่าใช้จ่ายนั้นมีจำนวนมาก ก็ได้ปรึกษาพี่เลี้ยง ให้พี่เลี้ยงเบิกค่าใช้จ่ายนี้ให้

5) ถามเทคนิคในการทำงาน การแก้ปัญหาเฉพาะหน้าและความรู้ต่าง ๆ จากพี่ ๆ ในแผนกซ่อมบำรุง และไม่จำเป็นว่าต้องเป็นแผนกซ่อมบำรุงเครื่องมือวัดและควบคุมเท่านั้น แต่สามารถสอบถามได้ทุก ๆ แผนก โดยที่พี่ ๆ ยินดีที่จะตอบและให้ความรู้ในส่วนนี้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาต่อยอด ชุดทดสอบอุปกรณ์ทางการวัดคุมและจำลองกระบวนการเสมือนจริง สามารถเพิ่ม Analog output card ใน PLC และจัดทำกระบวนการจำลองการควบคุมโดยใช้ PID control เพื่อให้ผู้ที่สนใจทางด้านกระบวนการควบคุมที่ใช้ PID control มีความรู้ ความเข้าใจและสามารถปรับแต่งพารามิเตอร์ PID ได้ นอกจากนั้นยังใช้ Analog output card ในการส่งสัญญาณมาตรฐาน 4 – 20 mA ในการทดสอบอุปกรณ์เอาต์พุตที่เป็นอนาล็อกได้

บรรณานุกรม

[1] ภาคครุศาสตร์เครื่องกล มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี. 2556. "Programmable Logic Control (PLC)". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Plc/unit_2.htm (1 พฤศจิกายน 2560)

[2] Autocentrated. 2556. "ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมมาตรฐาน IEC1131-3". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://autocentrated.com/index.php (1 พฤศจิกายน 2560)

[3] MEGA Measuring Instrument. 2560. "RS – 232". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://www.omi.co.th/th/article/rs232 (1 พฤศจิกายน 2560)

[4] Mitch Ames. 2560. "DF-1 Protocol". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/DF-1_Protocol (1 พฤศจิกายน 2560)

[5] Sutinnakorn Pankham. 2556. "OLE For Process Control (OPC)". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://automationreview.blogspot.com/2013/10/ole-for-process-control-opc.html (1 พฤศจิกายน 2560)

[6] VERANUCH. 2554. "SCADA System". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : https://riverplusblog.com/2011/08/31/scada-system/ (1 พฤศจิกายน 2560)

[7] Rockwell Automation. 2548. "Compact I/O Analog Modules User Manual". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um002_-en-p.pdf (1 พฤศจิกายน 2560)

[8] Rockwell Automation. 2558. "1769 Compact I/O Modules Specifications". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1769-td006_-en-p.pdf (1 พฤศจิกายน 2560)

[9] PSP TECH. 2557. "หลักการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer)". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.psptech.co.th (2 พฤศจิกายน 2560)

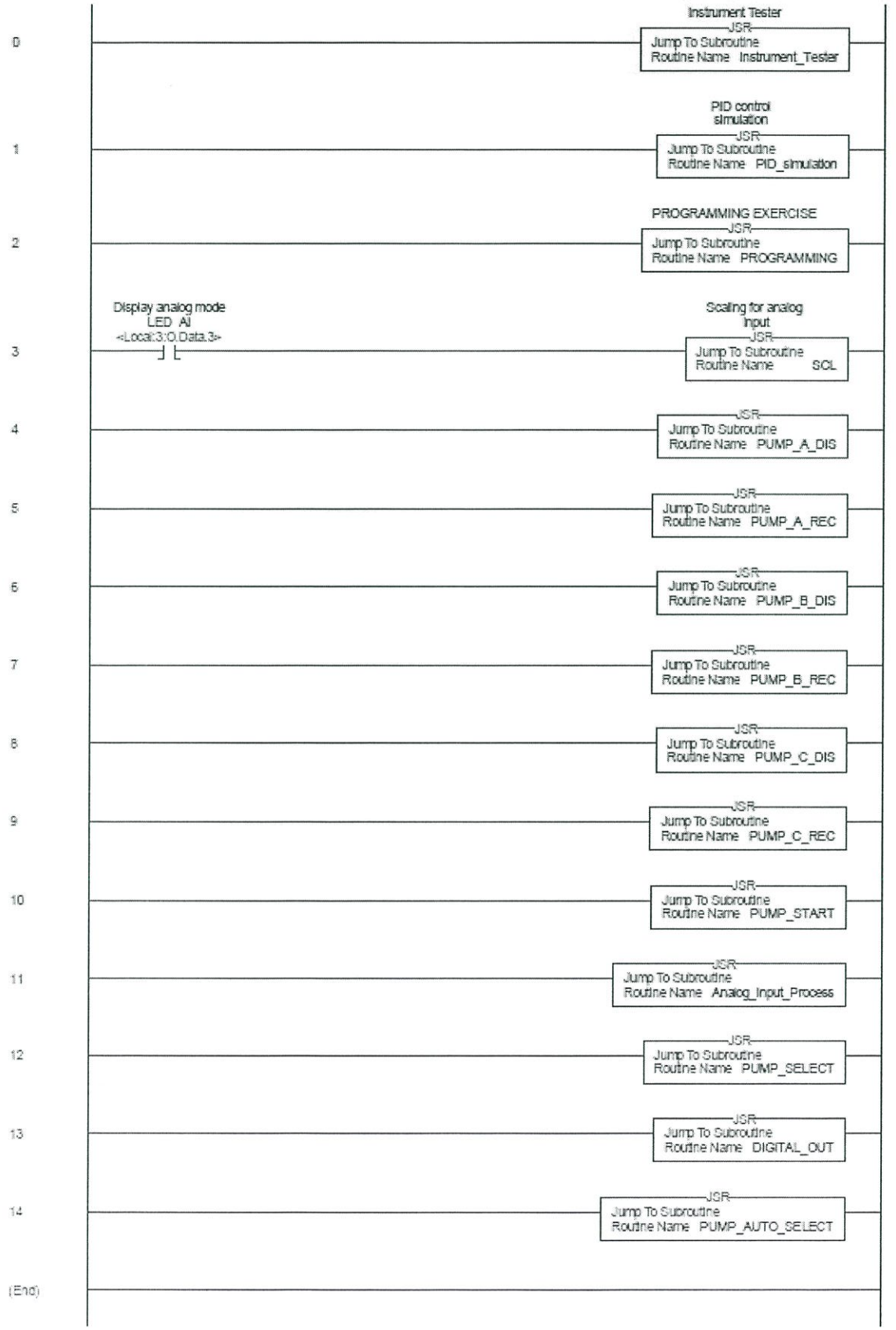
[10] PSP TECH. 2557. "รีเลย์ (Relay) คืออะไร". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.psptech.co.th (2 พฤศจิกายน 2560)

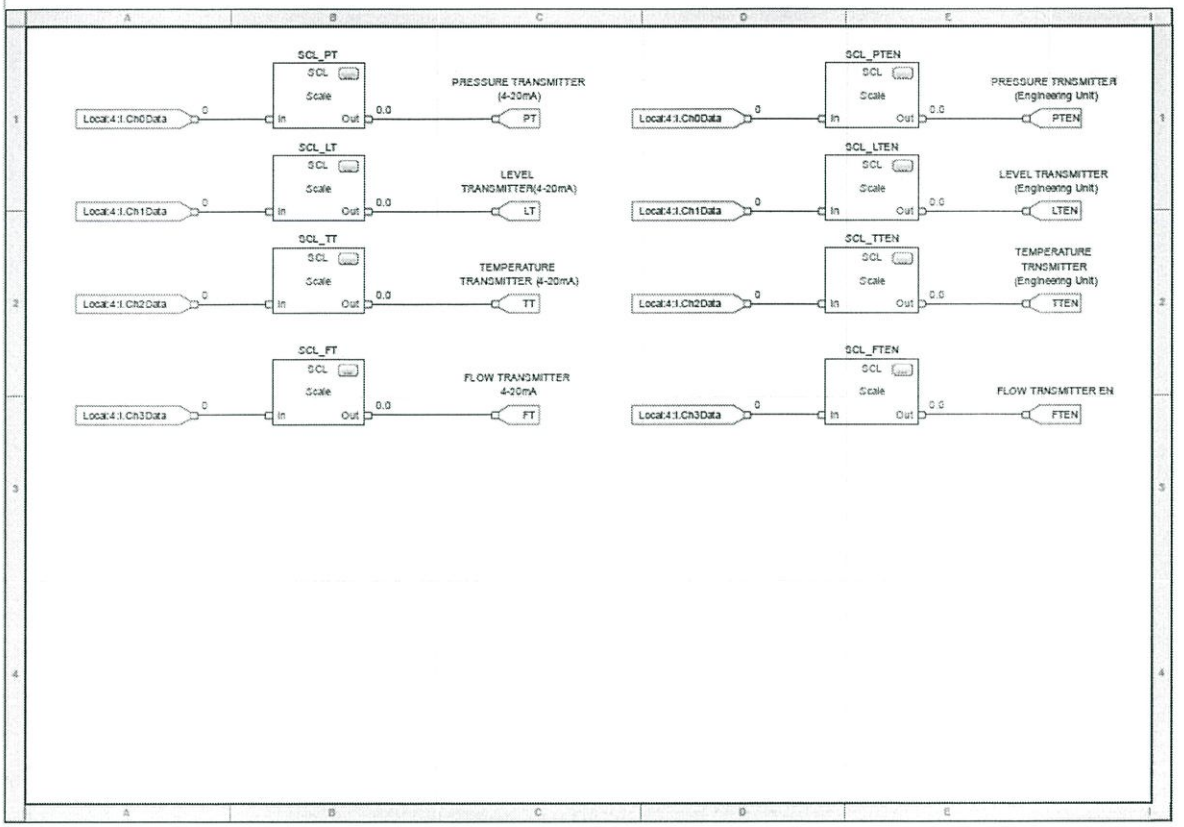
[11] Thailandindustry. 2556. "ทำงานด้วยพีแอลซี Allen Bradley (ตอนที่ 5)". [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา : http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=19180 (2 พฤศจิกายน 2560)

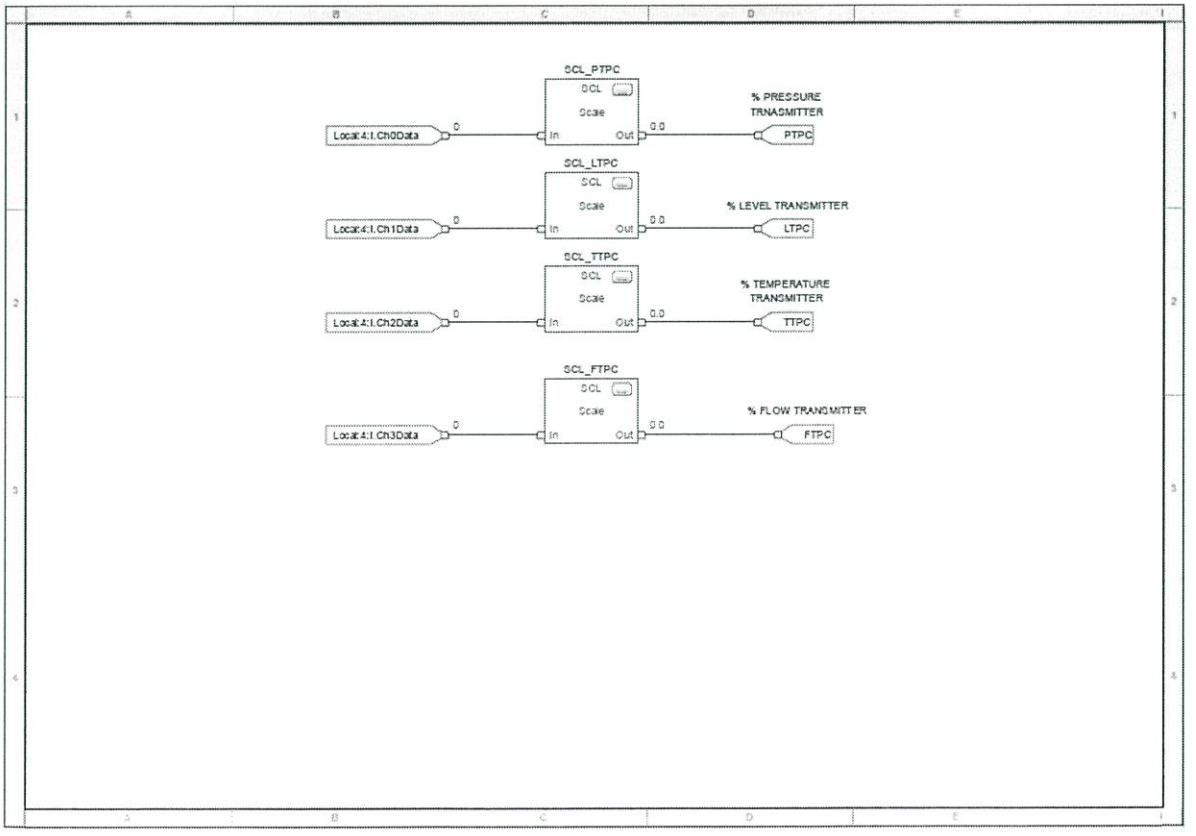
ภาคผนวก

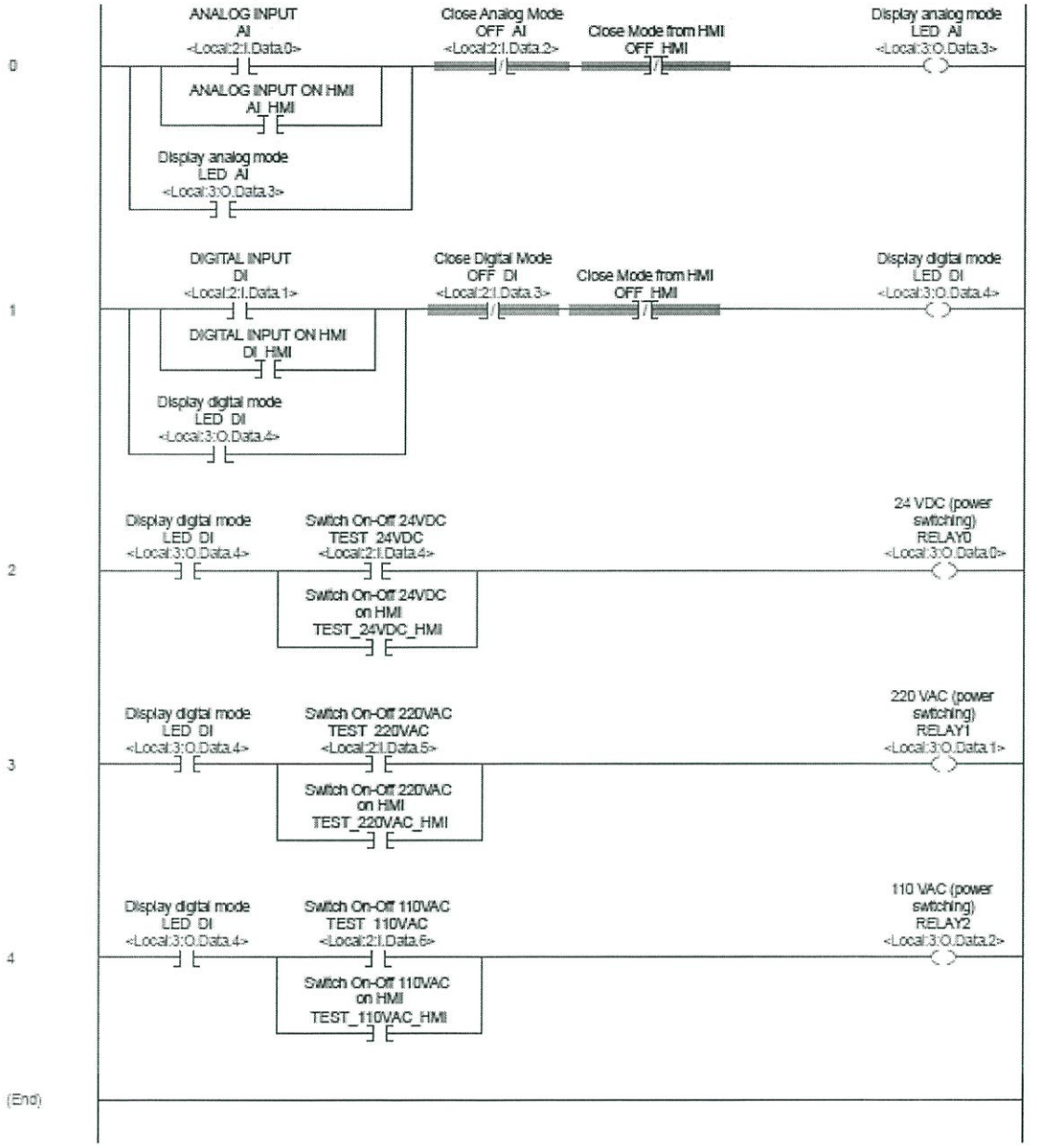
ภาคผนวก ก.

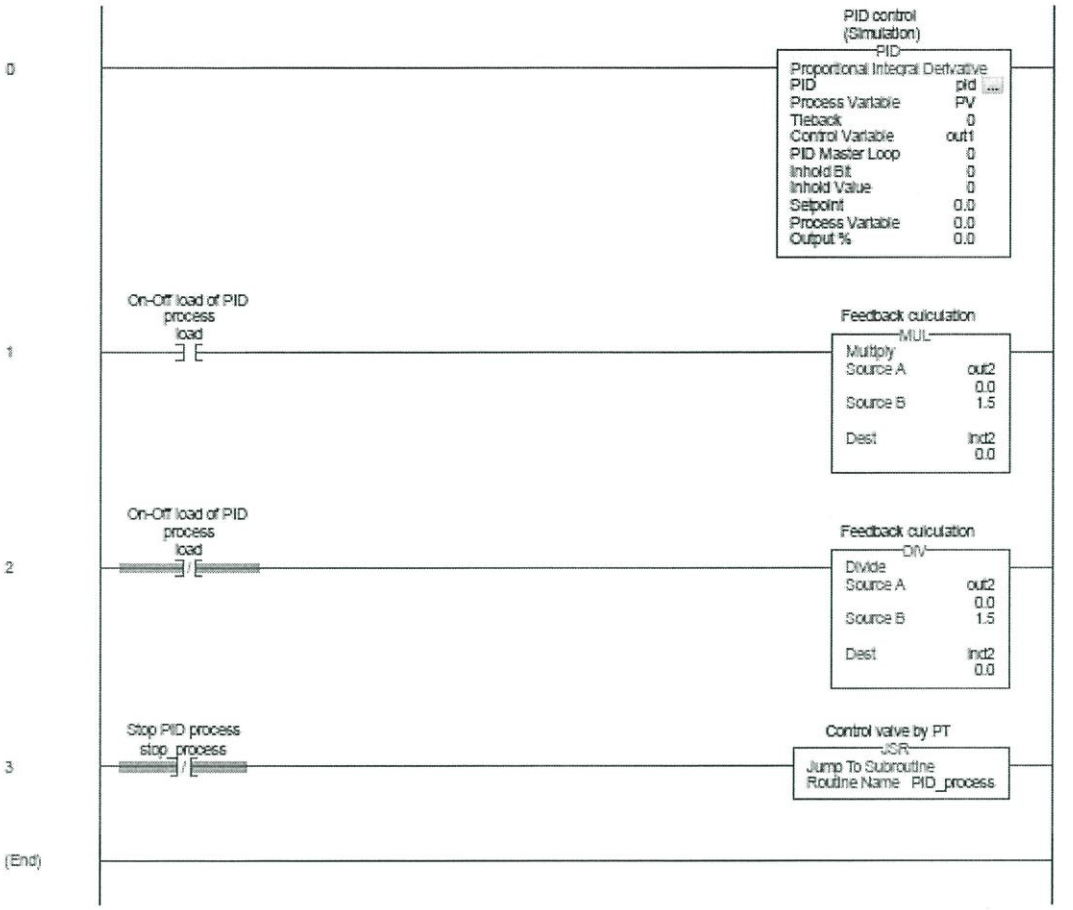
PLC PROGRAMMING

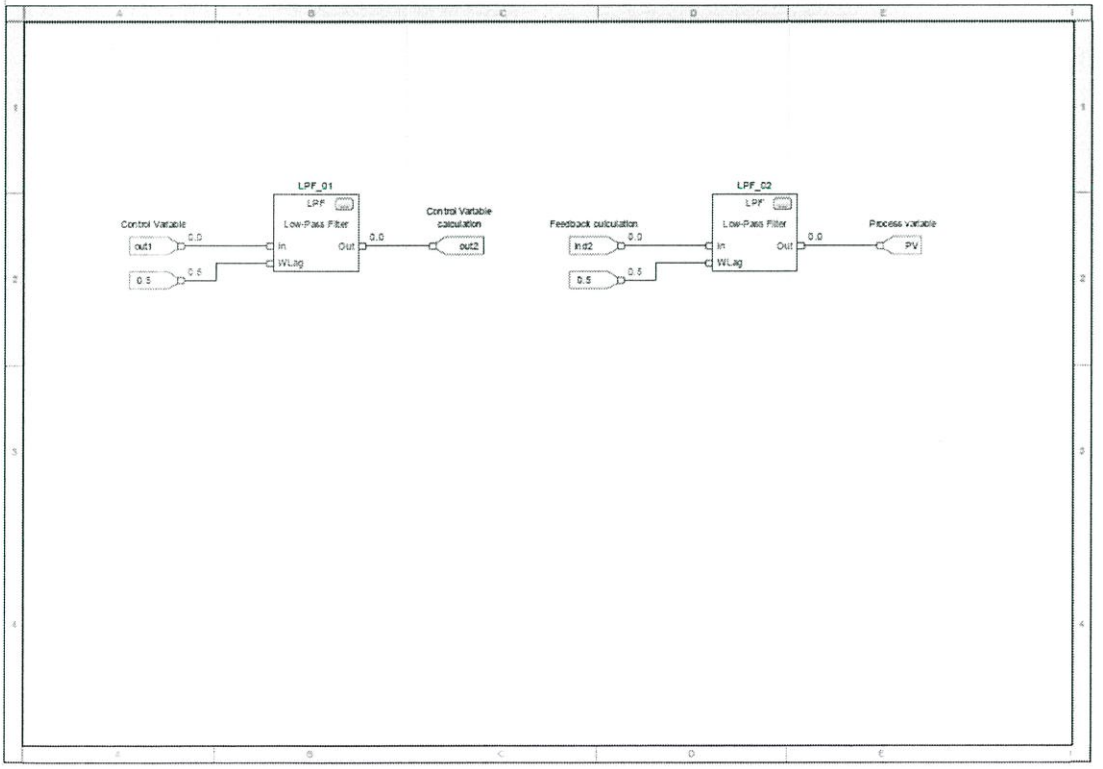

0
Instrument Tester
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name Instrument_Tester
1
PID control simulation
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PID_simulation
2
PROGRAMMING EXERCISE
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PROGRAMMING
3
Display analog mode
LED AI
<Local:3:O.Data.3>
Scaling for analog input
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name SCL
4
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_A_DIS
5
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_A_REC
6
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_B_DIS
7
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_B_REC
8
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_C_DIS
9
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_C_REC
10
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_START
11
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name Analog_Input_Process
12
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_SELECT
13
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name DIGITAL_OUT
14
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PUMP_AUTO_SELECT
(End)

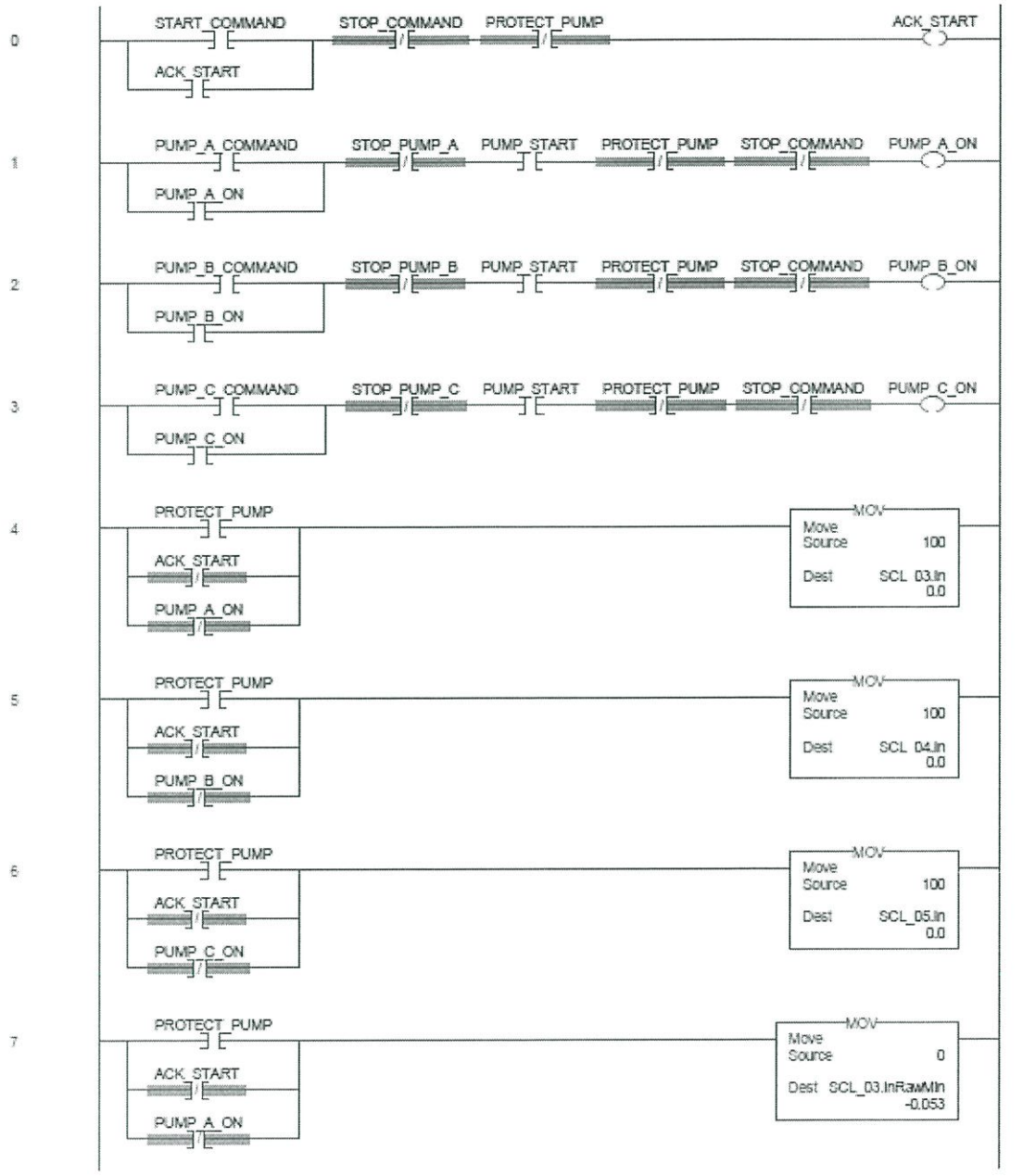

SCL_PT
SCL
Scale
Local:4:I.Ch0Data
0
In
Out
0.0
PRESSURE TRANSMITTER (4-20mA)
PT
SCL_PTEN
PRESSURE TRNSMITTER (Engineering Unit)
PTEN
SCL_LT
LEVEL TRANSMITTER(4-20mA)
LT
SCL_LTEN
LEVEL TRANSMITTER (Engineering Unit)
LTEN
SCL_TT
TEMPERATURE TRANSMITTER (4-20mA)
TT
SCL_TTEN
TEMPERATURE TRNSMITTER (Engineering Unit)
TTEN
SCL_FT
FLOW TRANSMITTER 4-20mA
FT
SCL_FTEN
FLOW TRNSMITTER EN
FTEN

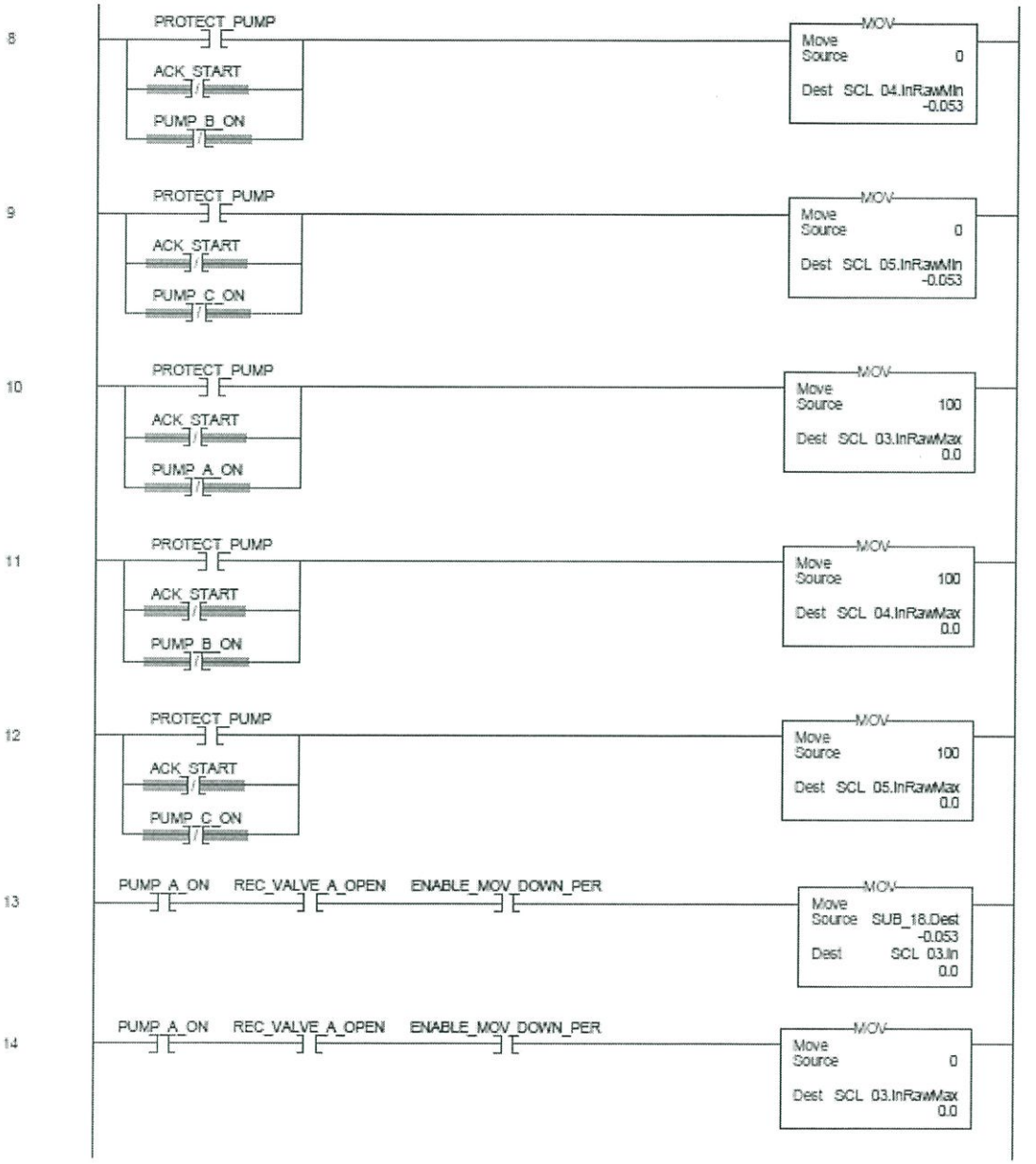

SCL_PTPC
SCL
Scale
Local:4:I.Ch0Data
0
In
Out
0.0
% PRESSURE TRNASMITTER
PTPC
SCL_LTPC
% LEVEL TRANSMITTER
LTPC
SCL_TTPC
% TEMPERATURE TRANSMITTER
TTPC
SCL_FTPC
% FLOW TRANSMITTER
FTPC

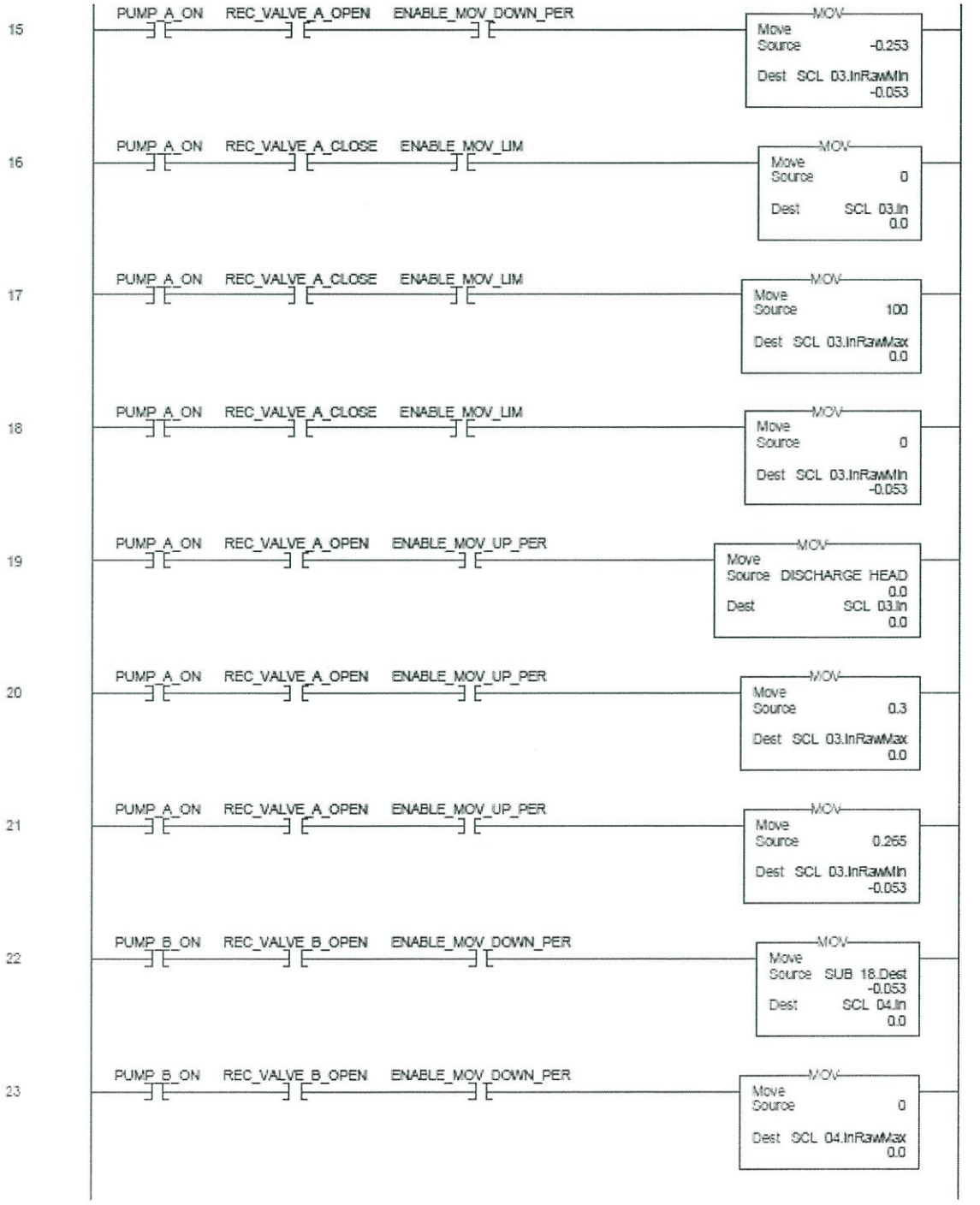

0
ANALOG INPUT
AI
<Local:2:I.Data.0>
Close Analog Mode
OFF_AI
<Local:2:I.Data.2>
Close Mode from HMI
OFF_HMI
Display analog mode
LED_AI
<Local:3:O.Data.3>
ANALOG INPUT ON HMI
AI_HMI
Display analog mode
LED_AI
<Local:3:O.Data.3>
1
DIGITAL INPUT
DI
<Local:2:I.Data.1>
Close Digital Mode
OFF_DI
<Local:2:I.Data.3>
Close Mode from HMI
OFF_HMI
Display digital mode
LED_DI
<Local:3:O.Data.4>
DIGITAL INPUT ON HMI
DI_HMI
Display digital mode
LED_DI
<Local:3:O.Data.4>
2
Display digital mode
LED_DI
<Local:3:O.Data.4>
Switch On-Off 24VDC
TEST_24VDC
<Local:2:I.Data.4>
24 VDC (power switching)
RELAY0
<Local:3:O.Data.0>
Switch On-Off 24VDC
on HMI
TEST_24VDC_HMI
3
Display digital mode
LED_DI
<Local:3:O.Data.4>
Switch On-Off 220VAC
TEST_220VAC
<Local:2:I.Data.5>
220 VAC (power switching)
RELAY1
<Local:3:O.Data.1>
Switch On-Off 220VAC
on HMI
TEST_220VAC_HMI
4
Display digital mode
LED_DI
<Local:3:O.Data.4>
Switch On-Off 110VAC
TEST_110VAC
<Local:2:I.Data.6>
110 VAC (power switching)
RELAY2
<Local:3:O.Data.2>
Switch On-Off 110VAC
on HMI
TEST_110VAC_HMI
(End)

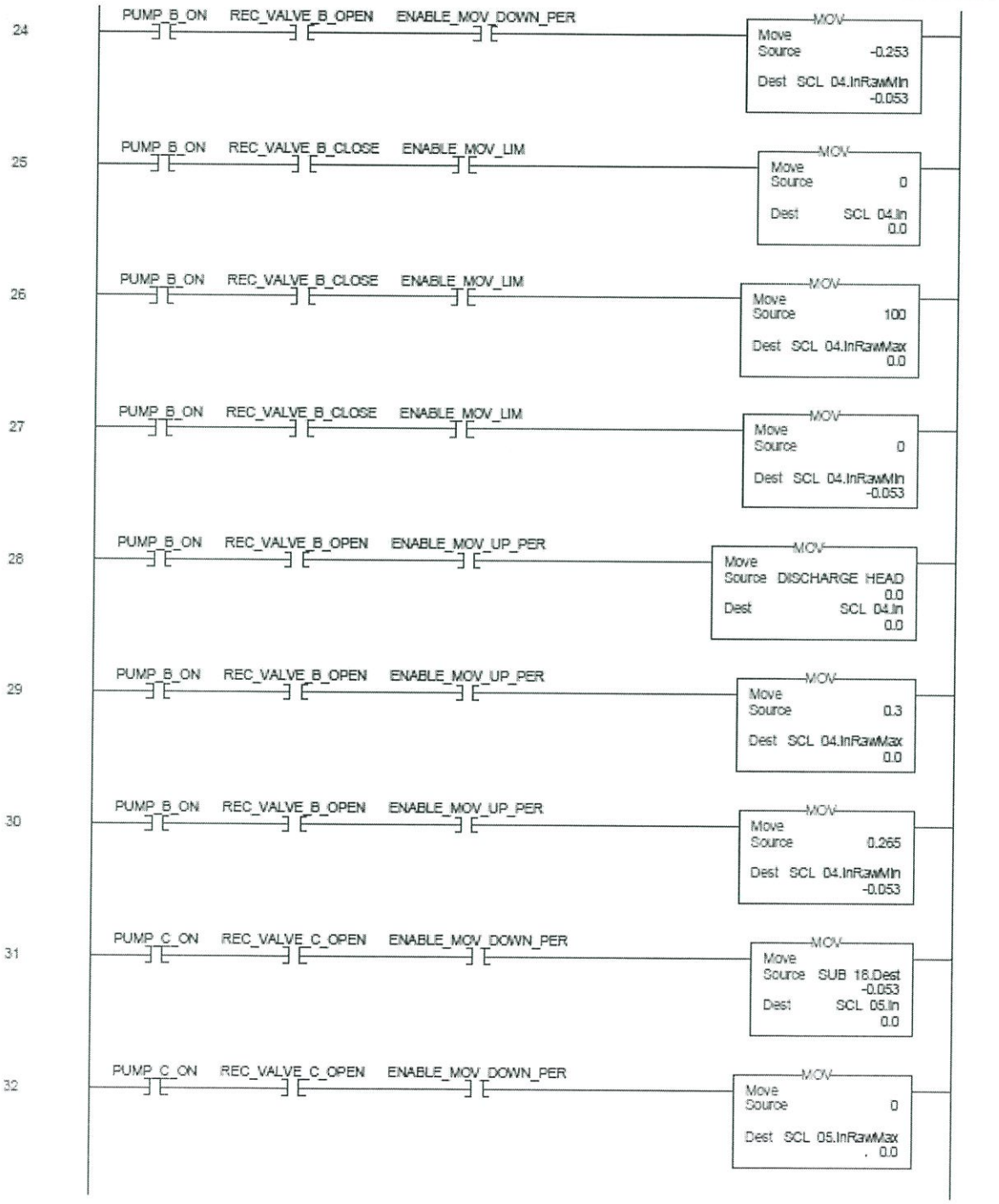

0
PID control
(Simulation)
PID
Proportional Integral Derivative
PID pid
Process Variable PV
Tieback 0
Control Variable out1
PID Master Loop 0
Inhold Bit 0
Inhold Value 0
Setpoint 0.0
Process Variable 0.0
Output % 0.0
1
On-Off load of PID process load
Feedback culculation
MUL
Multiply
Source A out2 0.0
Source B 1.5
Dest ind2 0.0
2
On-Off load of PID process load
Feedback culculation
DIV
Divide
Source A out2 0.0
Source B 1.5
Dest ind2 0.0
3
Stop PID process stop_process
Control valve by PT
JSR
Jump To Subroutine
Routine Name PID_process
(End)

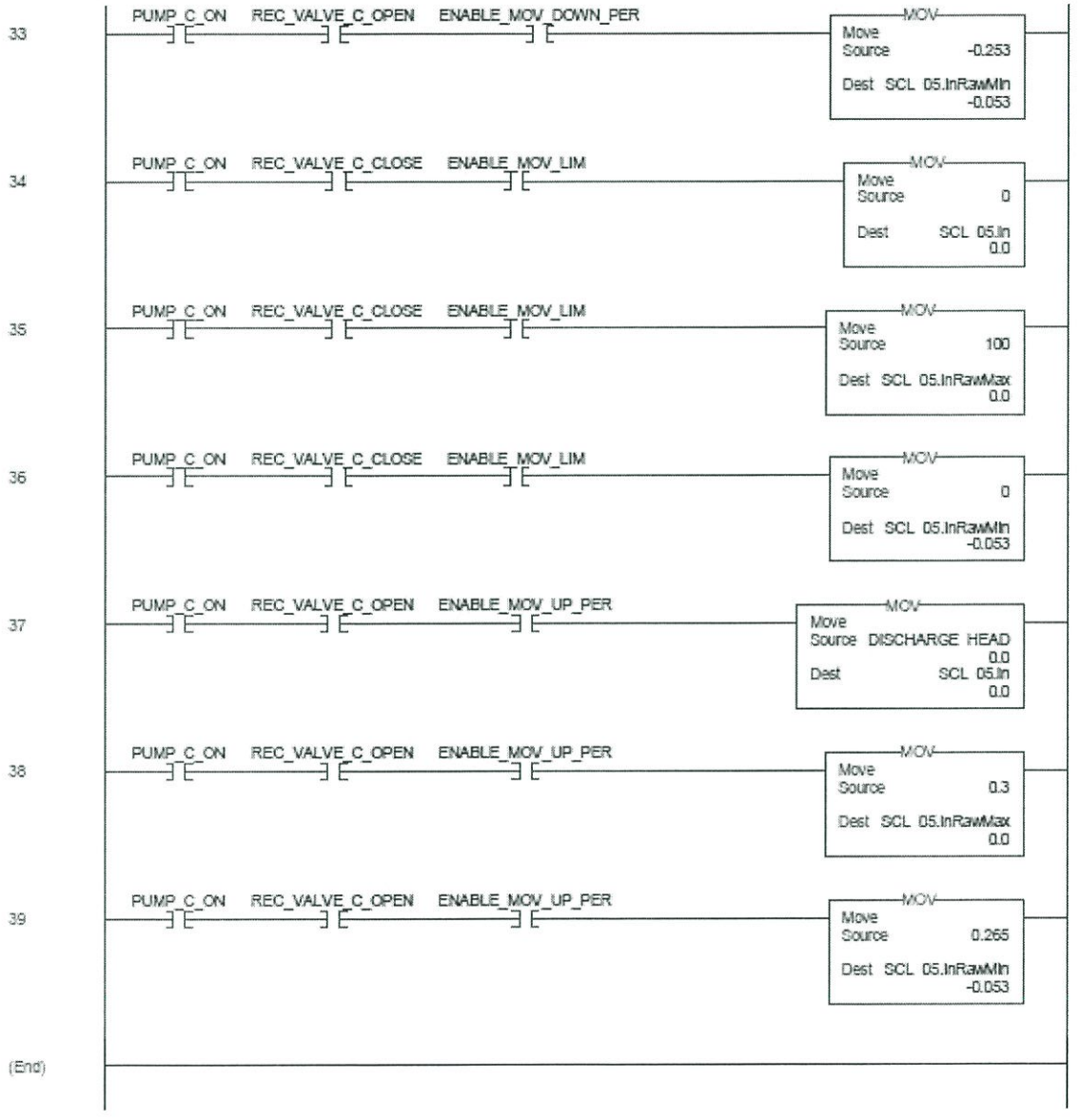

LPF_01
LPF
Low-Pass Filter
Control Variable
out1
0.0
0.5
In
Out
WLag
0.0
Control Variable calculation
out2
LPF_02
LPF
Low-Pass Filter
Feedback culculation
ind2
0.0
0.5
In
Out
WLag
0.0
Process variable
PV

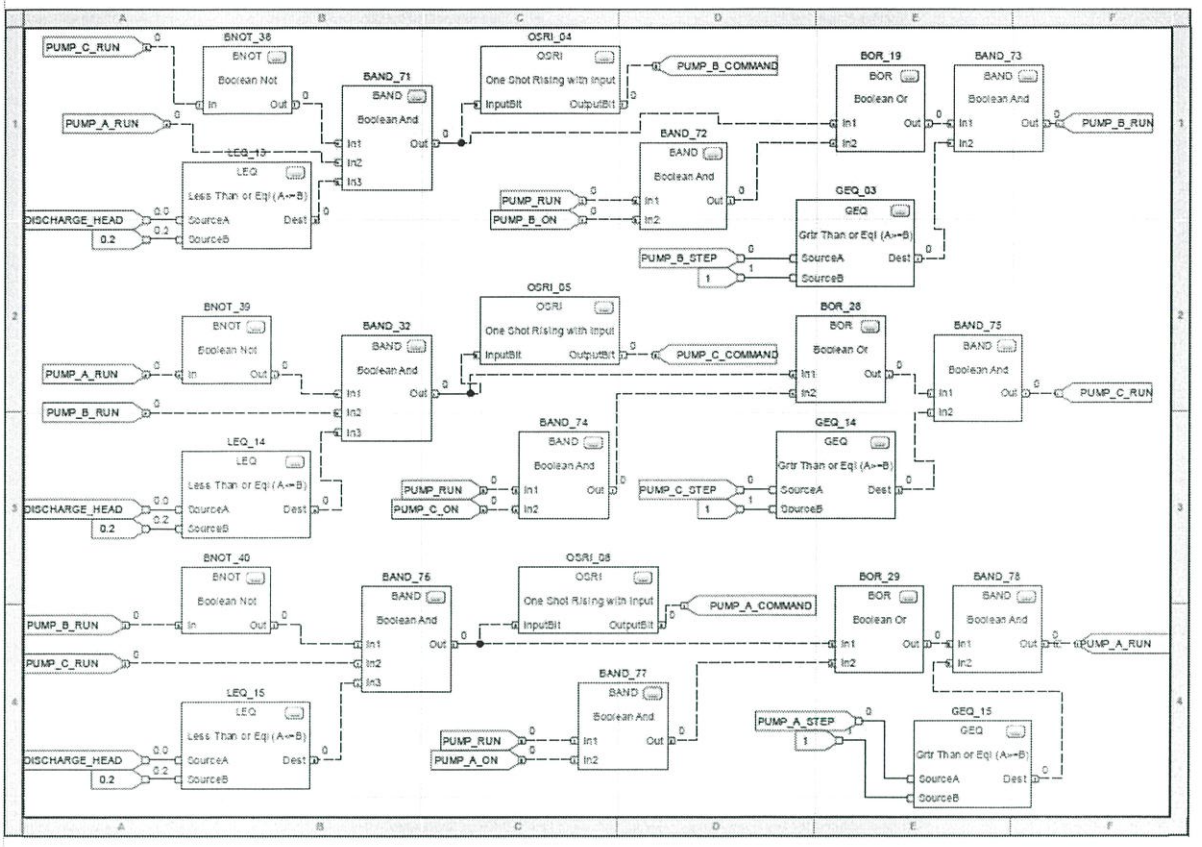

0
START_COMMAND
STOP_COMMAND
PROTECT_PUMP
ACK_START
ACK_START
1
PUMP_A_COMMAND
STOP_PUMP_A
PUMP_START
PROTECT_PUMP
STOP_COMMAND
PUMP_A_ON
PUMP_A_ON
2
PUMP_B_COMMAND
STOP_PUMP_B
PUMP_START
PROTECT_PUMP
STOP_COMMAND
PUMP_B_ON
PUMP_B_ON
3
PUMP_C_COMMAND
STOP_PUMP_C
PUMP_START
PROTECT_PUMP
STOP_COMMAND
PUMP_C_ON
PUMP_C_ON
4
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_A_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL_03.In 0.0
5
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_B_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL_04.In 0.0
6
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_C_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL_05.In 0.0
7
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_A_ON
MOV
Move
Source 0
Dest SCL_03.InRawMin -0.053

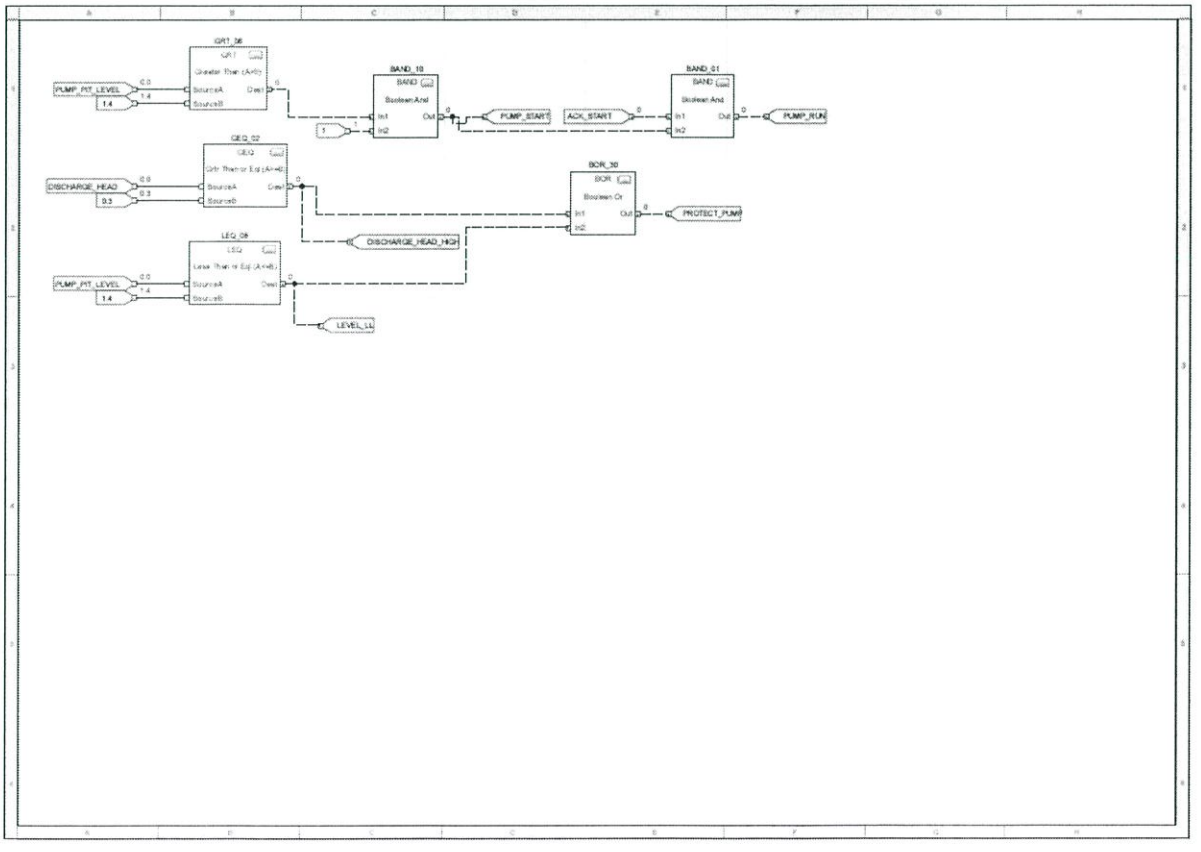

8
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_B_ON
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 04.InRawMin
-0.053
9
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_C_ON
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 05.InRawMin
-0.053
10
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_A_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 03.InRawMax
0.0
11
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_B_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 04.InRawMax
0.0
12
PROTECT_PUMP
ACK_START
PUMP_C_ON
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 05.InRawMax
0.0
13
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source SUB_18.Dest
-0.053
Dest SCL 03.In
0.0
14
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 03.InRawMax
0.0

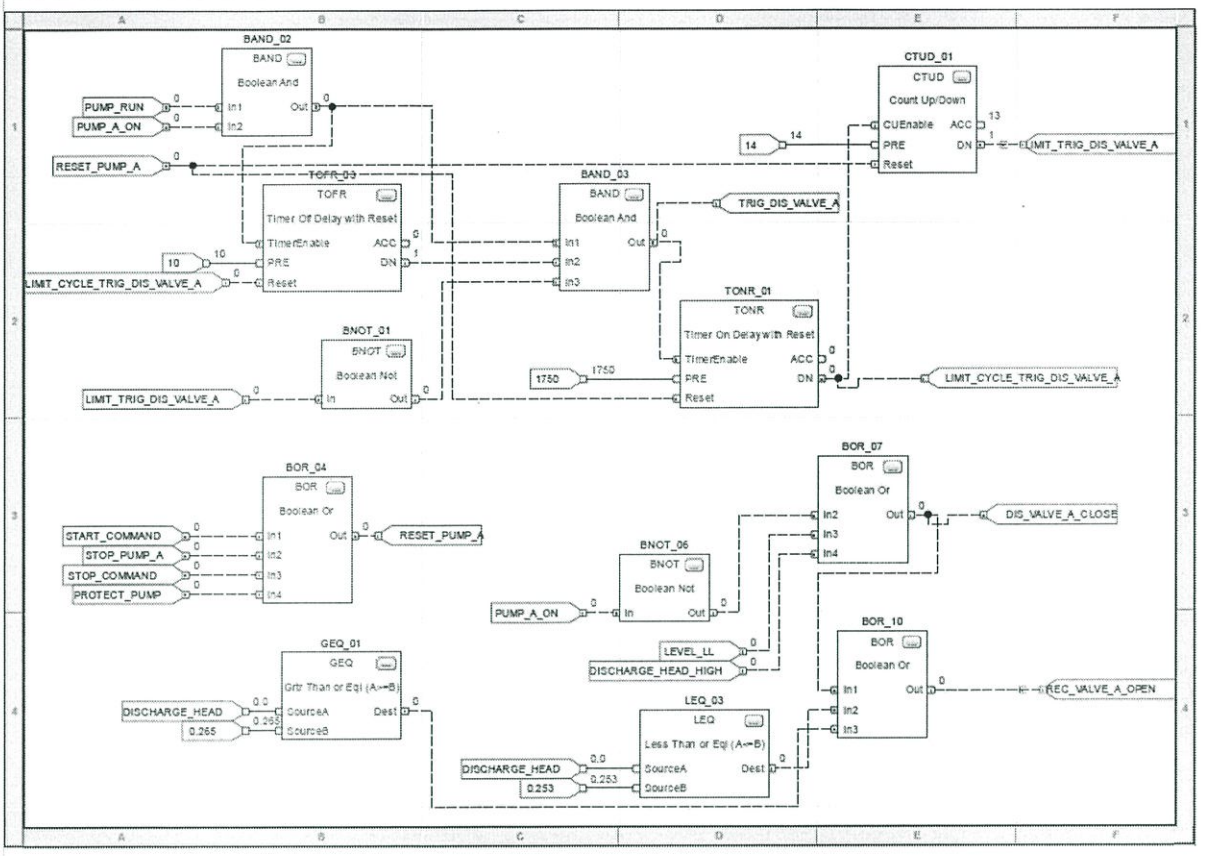

15
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source -0.253
Dest SCL 03.InRawMin
-0.053
16
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 03.In
0.0
17
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 03.InRawMax
0.0
18
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 03.InRawMin
-0.053
19
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source DISCHARGE HEAD
0.0
Dest SCL 03.In
0.0
20
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.3
Dest SCL 03.InRawMax
0.0
21
PUMP_A_ON
REC_VALVE_A_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.265
Dest SCL 03.InRawMin
-0.053
22
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source SUB 18.Dest
-0.053
Dest SCL 04.In
0.0
23
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 04.InRawMax
0.0

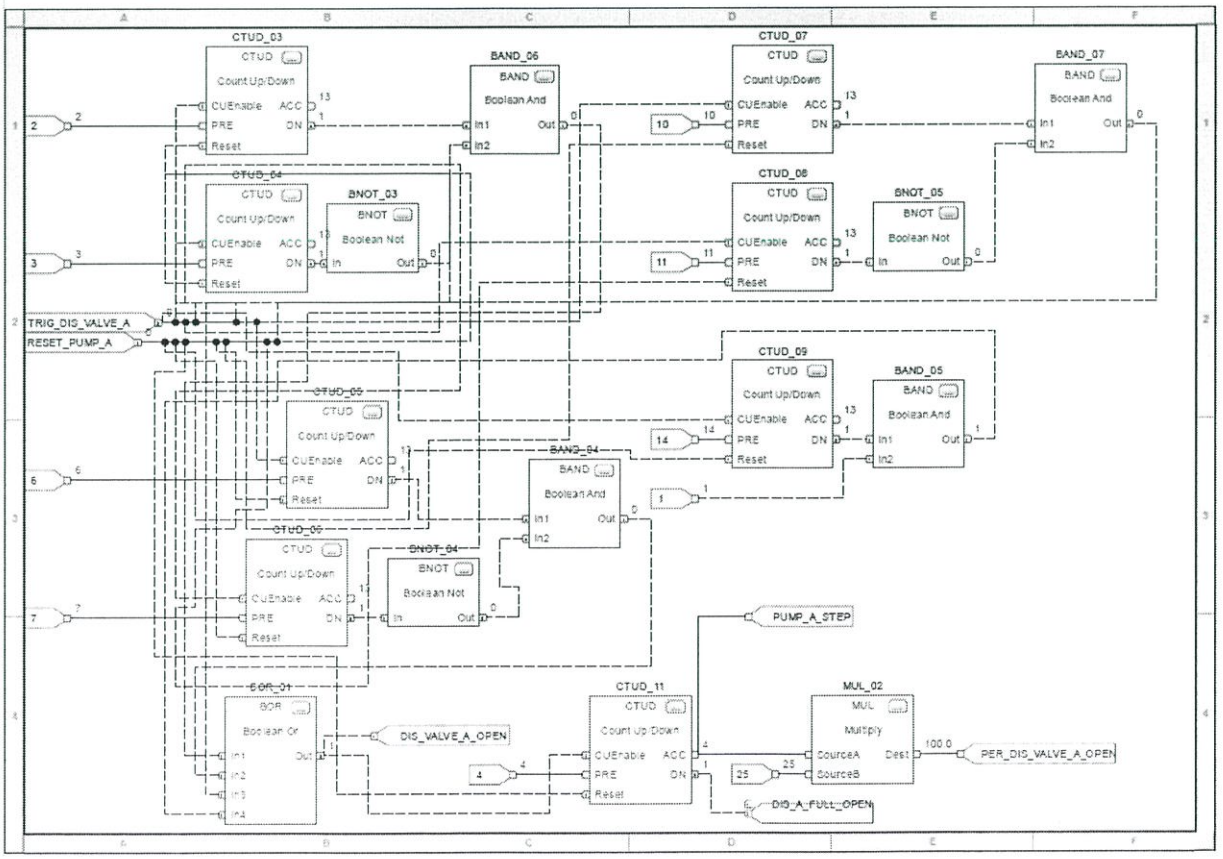

24
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source -0.253
Dest SCL 04.InRawMin
-0.053
25
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 04.In
0.0
26
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 04.InRawMax
0.0
27
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 04.InRawMin
-0.053
28
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source DISCHARGE HEAD
0.0
Dest SCL 04.In
0.0
29
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.3
Dest SCL 04.InRawMax
0.0
30
PUMP_B_ON
REC_VALVE_B_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.265
Dest SCL 04.InRawMin
-0.053
31
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source SUB 16.Dest
-0.053
Dest SCL 05.In
0.0
32
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 05.InRawMax
0.0

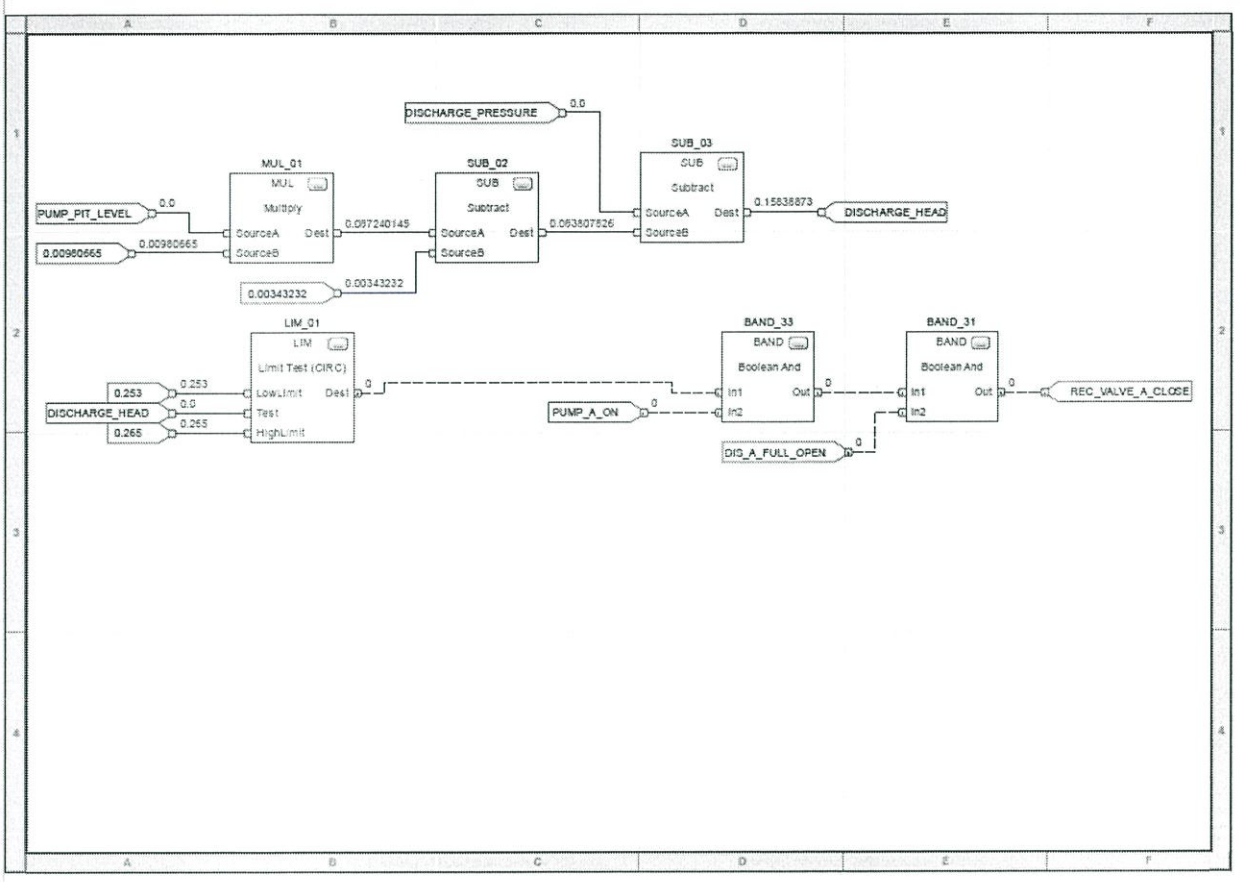

33
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_DOWN_PER
MOV
Move
Source -0.253
Dest SCL 05.InRawMin
-0.053
34
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 05.In
0.0
35
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 100
Dest SCL 05.InRawMax
0.0
36
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_CLOSE
ENABLE_MOV_LIM
MOV
Move
Source 0
Dest SCL 05.InRawMin
-0.053
37
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source DISCHARGE HEAD
0.0
Dest SCL 05.In
0.0
38
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.3
Dest SCL 05.InRawMax
0.0
39
PUMP_C_ON
REC_VALVE_C_OPEN
ENABLE_MOV_UP_PER
MOV
Move
Source 0.265
Dest SCL 05.InRawMin
-0.053
(End)

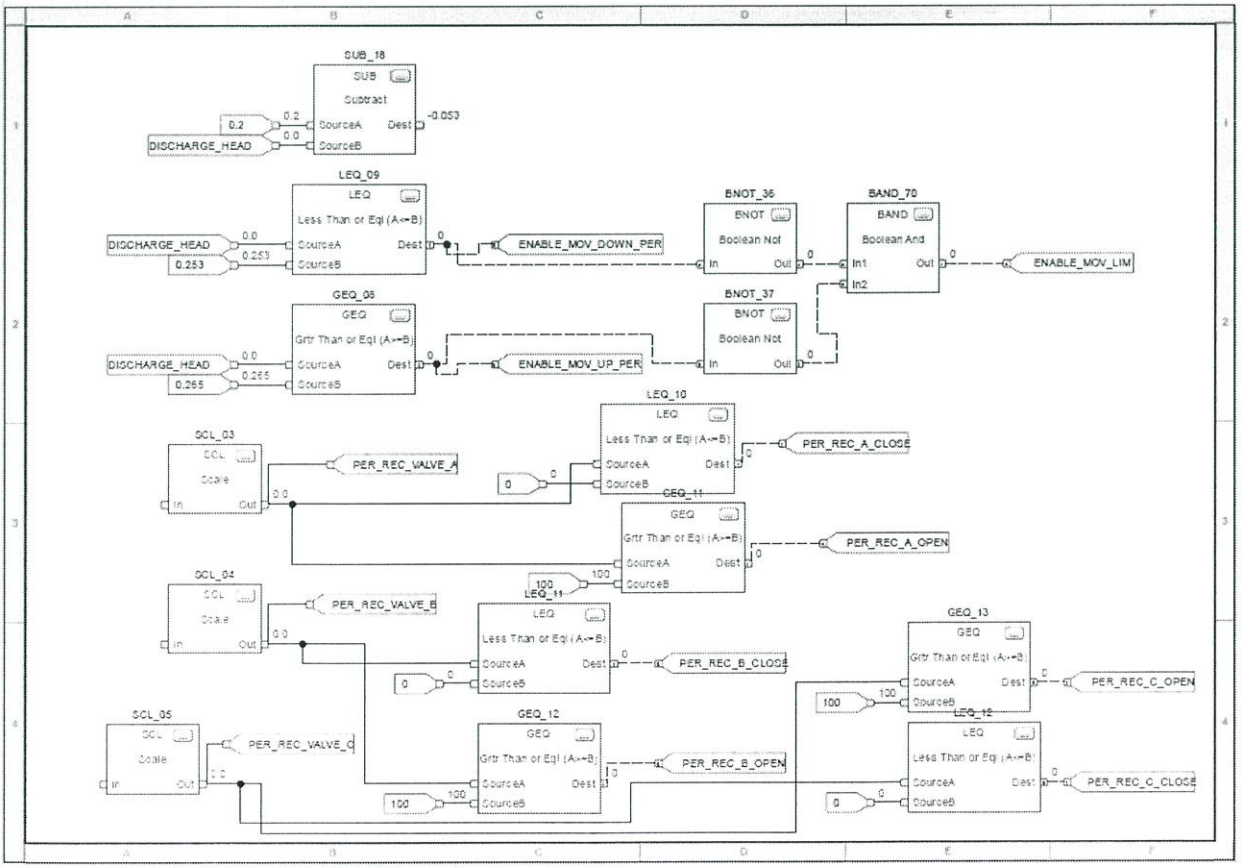

PUMP_C_RUN
BNOT_36
BNOT
Boolean Not
In
Out
PUMP_A_RUN
BAND_71
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
Out
OSRI_04
OSRI
One Shot Rising with Input
InputBit
OutputBit
PUMP_B_COMMAND
BOR_19
BOR
Boolean Or
BAND_73
PUMP_B_RUN
LEQ_13
LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
SourceA
SourceB
Dest
DISCHARGE_HEAD
0.2
BAND_72
PUMP_RUN
PUMP_B_ON
GEQ_03
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
PUMP_B_STEP
1
BNOT_39
BAND_32
OSRI_05
PUMP_C_COMMAND
BOR_28
BAND_75
PUMP_C_RUN
BAND_74
GEQ_14
PUMP_C_STEP
LEQ_14
BNOT_40
BAND_76
OSRI_06
PUMP_A_COMMAND
BOR_29
BAND_78
PUMP_A_RUN
BAND_77
LEQ_15
PUMP_A_STEP
GEQ_15

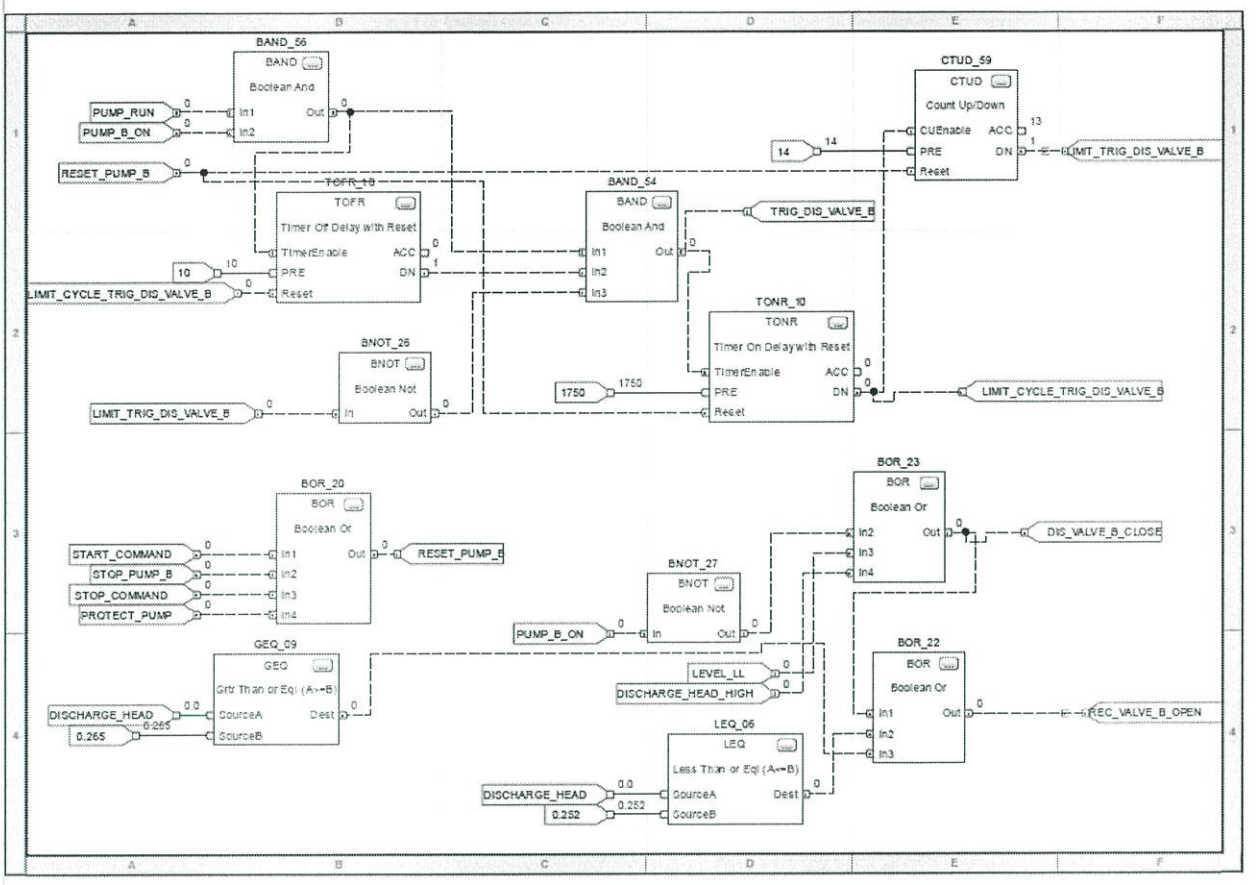

PUMP_PIT_LEVEL
BAND_10
PUMP_START
ACK_START
BAND_01
PUMP_RUN
GEQ_02
DISCHARGE_HEAD
BOR_30
PROTECT_PUMP
DISCHARGE_HEAD_HIGH
LEQ_06
LEVEL_LL

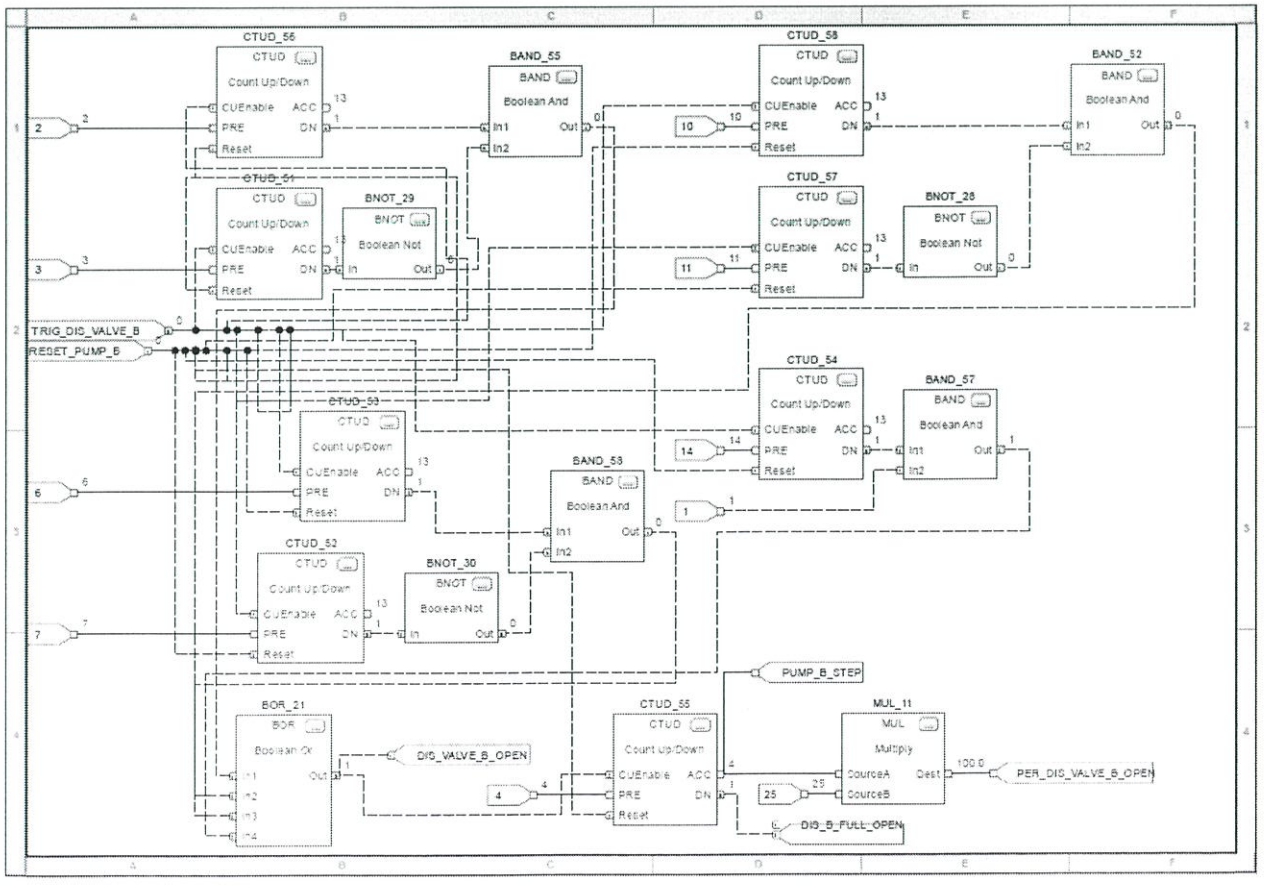

BAND_02
BAND
Boolean And
PUMP_RUN
PUMP_A_ON
In1
In2
Out
CTUD_01
CTUD
Count Up/Down
CUEnable
PRE
Reset
ACC
DN
LIMIT_TRIG_DIS_VALVE_A
RESET_PUMP_A
TOFR_03
TOFR
Timer Of Delay with Reset
TimerEnable
LIMIT_CYCLE_TRIG_DIS_VALVE_A
BAND_03
TRIG_DIS_VALVE_A
TONR_01
TONR
Timer On Delay with Reset
BNOT_01
BNOT
Boolean Not
LIMIT_TRIG_DIS_VALVE_A
BOR_04
BOR
Boolean Or
START_COMMAND
STOP_PUMP_A
STOP_COMMAND
PROTECT_PUMP
BOR_07
DIS_VALVE_A_CLOSE
BNOT_06
PUMP_A_ON
GEQ_01
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
SourceA
SourceB
Dest
DISCHARGE_HEAD
LEVEL_LL
DISCHARGE_HEAD_HIGH
BOR_10
REC_VALVE_A_OPEN
LEQ_03
LEQ
Less Than or Eql (A<=B)

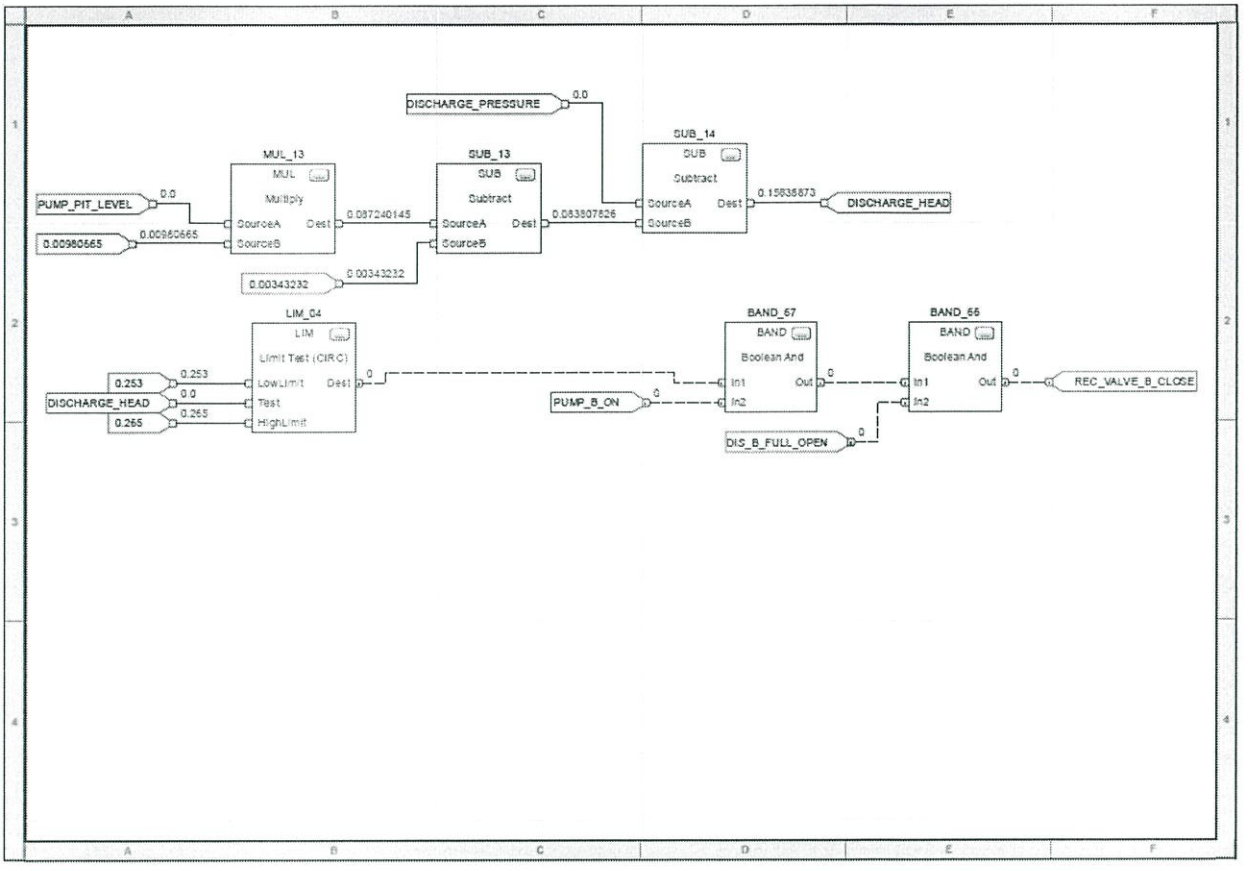

CTUD_03
CTUD
Count Up/Down
CUEnable
PRE
Reset
ACC
DN
BAND_06
BAND
Boolean And
In1
In2
Out
CTUD_07
BAND_07
CTUD_04
BNOT_03
BNOT
Boolean Not
CTUD_08
BNOT_05
TRIG_DIS_VALVE_A
RESET_PUMP_A
CTUD_09
BAND_05
CTUD_05
BAND_04
CTUD_06
BNOT_04
PUMP_A_STEP
BOR_01
BOR
Boolean Or
DIS_VALVE_A_OPEN
CTUD_11
MUL_02
MUL
Multiply
SourceA
SourceB
Dest
PER_DIS_VALVE_A_OPEN
DIS_A_FULL_OPEN

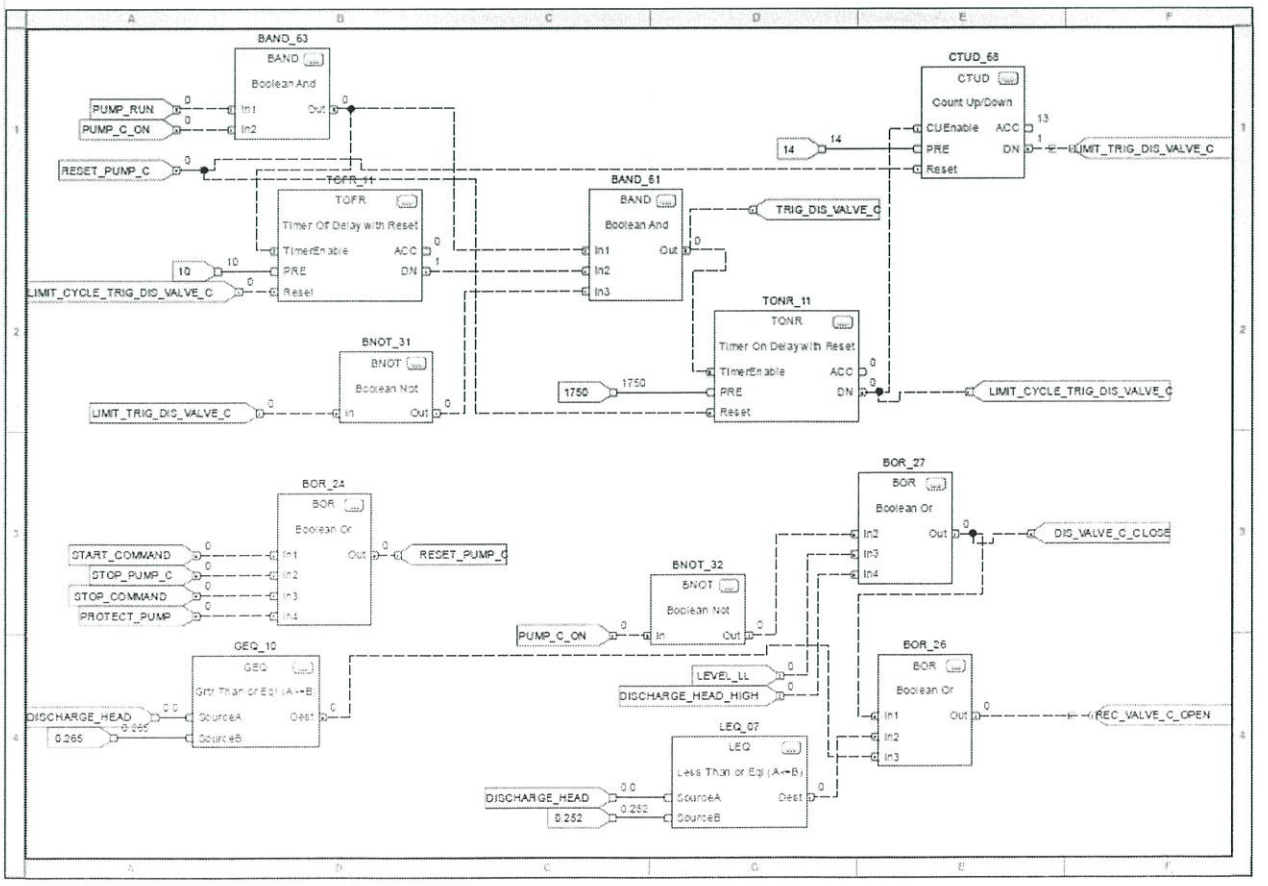

DISCHARGE_PRESSURE
0.0
SUB_03
SUB
Subtract
SourceA
SourceB
Dest
0.15838873
DISCHARGE_HEAD
MUL_01
MUL
Multiply
PUMP_PIT_LEVEL
0.0
0.00980665
0.097240145
SUB_02
0.063807826
0.00343232
LIM_01
LIM
Limit Test (CIRC)
LowLimit
Test
HighLimit
0.253
0.265
BAND_33
BAND
Boolean And
In1
In2
Out
PUMP_A_ON
BAND_31
REC_VALVE_A_CLOSE
DIS_A_FULL_OPEN

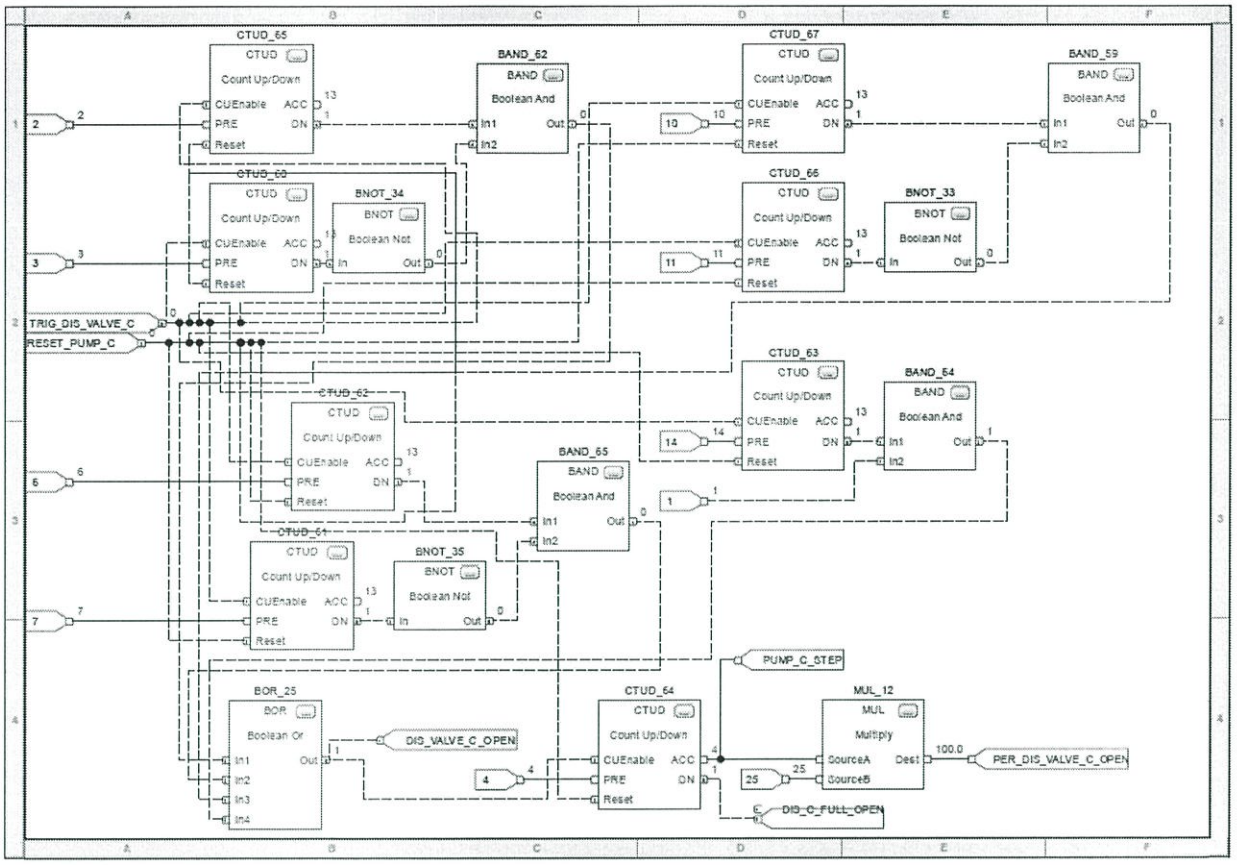

SUB_18
SUB
Subtract
0.2
DISCHARGE_HEAD
-0.053
LEQ_09
LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
ENABLE_MOV_DOWN_PER
BNOT_36
BNOT
Boolean Not
BAND_70
BAND
Boolean And
ENABLE_MOV_LIM
GEQ_05
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
ENABLE_MOV_UP_PER
BNOT_37
LEQ_10
PER_REC_A_CLOSE
SCL_03
Scale
PER_REC_VALVE_A
GEQ_11
PER_REC_A_OPEN
SCL_04
PER_REC_VALVE_B
LEQ_11
PER_REC_B_CLOSE
GEQ_13
PER_REC_C_OPEN
SCL_05
PER_REC_VALVE_C
GEQ_12
PER_REC_B_OPEN
LEQ_12
PER_REC_C_CLOSE

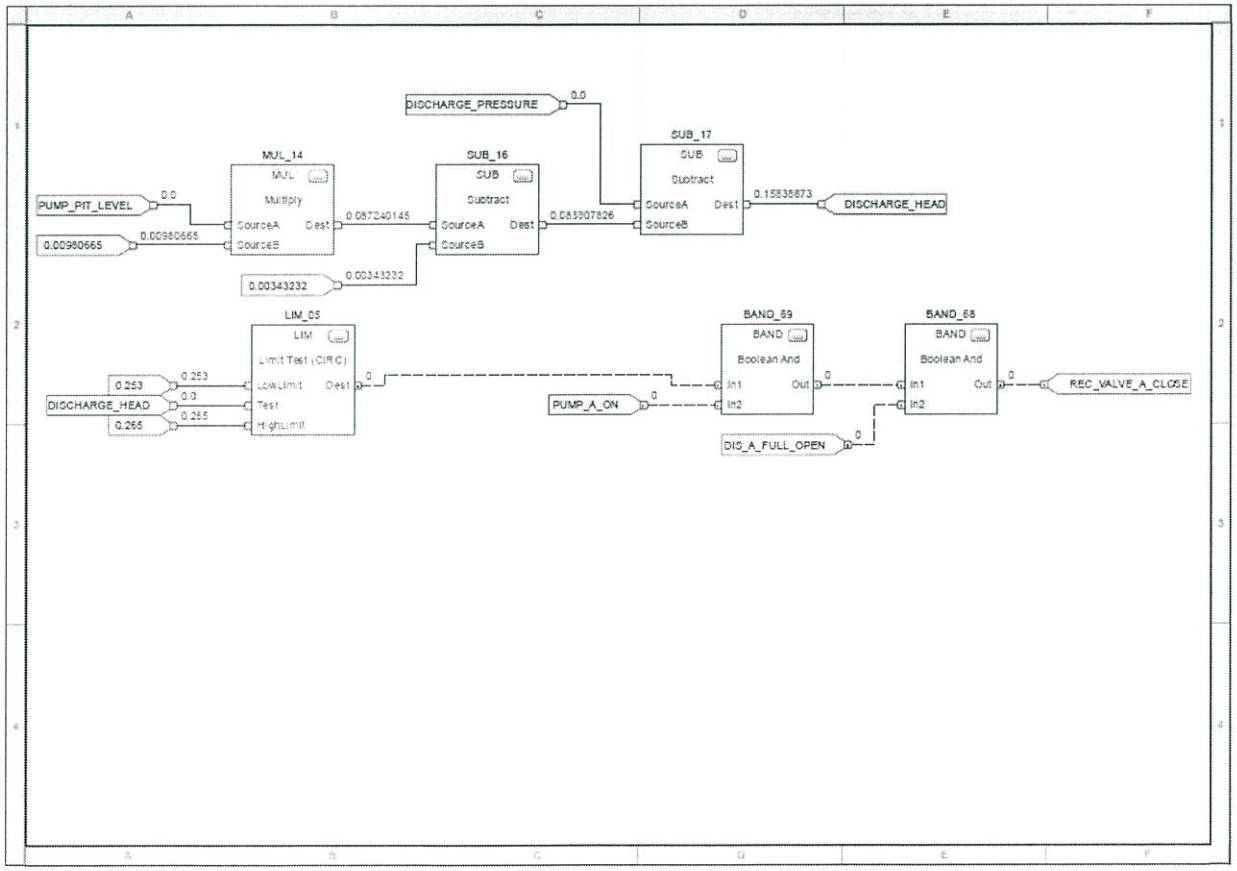

BAND_56
BAND
Boolean And
PUMP_RUN
PUMP_B_ON
In1
In2
Out
CTUD_59
CTUD
Count Up/Down
CUEnable
PRE
Reset
ACC
DN
14
LIMIT_TRIG_DIS_VALVE_B
RESET_PUMP_B
TOFR_10
TOFR
Timer Off Delay with Reset
TimerEnable
10
LIMIT_CYCLE_TRIG_DIS_VALVE_B
BAND_54
TRIG_DIS_VALVE_B
In3
TONR_10
TONR
Timer On Delay with Reset
1750
BNOT_26
BNOT
Boolean Not
In
BOR_20
BOR
Boolean Or
START_COMMAND
STOP_PUMP_B
STOP_COMMAND
PROTECT_PUMP
In4
BOR_23
DIS_VALVE_B_CLOSE
BNOT_27
PUMP_B_ON
GEQ_09
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
DISCHARGE_HEAD
SourceA
SourceB
Dest
0.265
LEVEL_LL
DISCHARGE_HEAD_HIGH
BOR_22
REC_VALVE_B_OPEN
LEQ_06
LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
0.252


CTUD_56
CTUD
Count Up/Down
CUEnable
PRE
Reset
ACC
DN
BAND_55
BAND
Boolean And
In1
In2
Out
CTUD_58
BAND_52
CTUD_51
BNOT_29
BNOT
Boolean Not
In
CTUD_57
BNOT_28
TRIG_DIS_VALVE_B
RESET_PUMP_B
CTUD_53
CTUD_54
BAND_57
BAND_53
CTUD_52
BNOT_30
PUMP_B_STEP
BOR_21
BOR
Boolean Or
DIS_VALVE_B_OPEN
CTUD_55
MUL_11
MUL
Multiply
SourceA
SourceB
Dest
PER_DIS_VALVE_B_OPEN
DIS_B_FULL_OPEN


DISCHARGE_PRESSURE
0.0
SUB_14
SUB
Subtract
SourceA
SourceB
Dest
0.15835873
DISCHARGE_HEAD
MUL_13
MUL
Multiply
PUMP_PIT_LEVEL
0.0
0.00980665
0.00980665
0.087240145
SUB_13
SUB
Subtract
0.083807626
0.00343232
0.00343232
LIM_04
LIM
Limit Test (CIRC)
LowLimit
Test
HighLimit
0.253
DISCHARGE_HEAD
0.0
0.265
BAND_67
BAND
Boolean And
In1
In2
Out
PUMP_B_ON
DIS_B_FULL_OPEN
BAND_66
REC_VALVE_B_CLOSE


BAND_63
BAND
Boolean And
PUMP_RUN
PUMP_C_ON
RESET_PUMP_C
CTUD_68
CTUD
Count Up/Down
CUEnable
PRE
Reset
ACC
DN
14
LIMIT_TRIG_DIS_VALVE_C
TOFR_11
TOFR
Timer Of Delay with Reset
TimerEnable
10
LIMIT_CYCLE_TRIG_DIS_VALVE_C
BAND_61
TRIG_DIS_VALVE_C
TONR_11
TONR
Timer On Delay with Reset
1750
BNOT_31
BNOT
Boolean Not
LIMIT_TRIG_DIS_VALVE_C
BOR_24
BOR
Boolean Or
START_COMMAND
STOP_PUMP_C
STOP_COMMAND
PROTECT_PUMP
RESET_PUMP_C
BOR_27
DIS_VALVE_C_CLOSE
BNOT_32
PUMP_C_ON
GEQ_10
GEQ
Grtr Than or Eql (A>=B)
DISCHARGE_HEAD
0.265
LEVEL_LL
DISCHARGE_HEAD_HIGH
BOR_26
REC_VALVE_C_OPEN
LEQ_07
LEQ
Less Than or Eql (A<=B)
0.252


CTUD_65
CTUD_67
BAND_62
BAND_59
CTUD_60
CTUD_66
BNOT_34
BNOT_33
TRIG_DIS_VALVE_C
RESET_PUMP_C
CTUD_63
BAND_64
CTUD_62
BAND_65
CTUD_61
BNOT_35
PUMP_C_STEP
BOR_25
CTUD_64
MUL_12
DIS_VALVE_C_OPEN
PER_DIS_VALVE_C_OPEN
DIS_C_FULL_OPEN


DISCHARGE_PRESSURE
SUB_17
MUL_14
SUB_16
PUMP_PIT_LEVEL
DISCHARGE_HEAD
LIM_05
BAND_69
BAND_68
PUMP_A_ON
DIS_A_FULL_OPEN
REC_VALVE_A_CLOSE

ภาคผนวก ข.

Logic Design of Raw water forwarding system

Element	Description
AI	ANALOG INPUT
AO	ANALOG OUTPUT
DI	DIGITAL INPUT
DO	DIGITAL OUTPUT
	AND
	OR
	NOT
M/N	M OUT OF N
S R	RESET PRIORITY SET/RESET
H/L	HIGH-LOW MONITOR
L	LOW MONITOR
H	HIGH MONITOR
H D	HIGH MONITOR WITH HYSTERESYS H : High limit value, D : Hysteresis width
L D	LOW MONITOR WITH HYSTERESYS L : Low limit value, D : Hysteresis width
H/L D	DEVIATION HIGH-LOW MONITOR
+	ADDITION
-	SUBTRACTION
×	MULTIPLICATION
÷	DIVISION
√	SQUARE ROOT
0%	ANALOG ZERO OUTPUT
∞	ANALOG INFINITY VALUE OUTPUT

Element	Description
SVO	SET FIXED VALUE OUTPUT
T	ANALOG TRANSFER
V	RATE LIMITER TR : Tracking value, RI : Increasing rate, RD : Decreasing rate (Rate is set in "unit/minute")
PI	PROPORTIONAL INTEGRAL TR : Tracking value, HL : Output upper limit value, LL : Output lower limit value
FX	FUNCTION CURVE
>H	HIGH VALUE SELECTION
<L	LOW VALUE SELECTION
MID	MEDIUM VALUE SELECTION
2R3	DOUBLE REDUNDANCY SENSOR CIRCUIT
TRI	TRIPLE REDUNDANCY SENSOR CIRCUIT
LAG	FIRST ORDER LAG
S / M	SELECTOR STATION
	CONTROL STATION (ANALOG VALUE SETTER)
MM.kk	ANALOG VALUE INDICATOR
PB	PUSH BUTTON
	LAMP INDICATOR
A	ALARM
E	EVENT
I	INDICATION
D/A	DIGITAL TO ANALOG CONVERT
	ON DELAY TIMER

Element	Description
	OFF DELAY TIMER
	PULSE
	FLICKER O : ON TIME, F : OFF TIME
LL	LOW LOW MONITOR
HH	HIGH HIGH MONITOR
	STATUS / FEEDBACK SIGNAL
S4	SIGNAL TO LOGIC SHEET S4
S4	SIGNAL FROM LOGIC SHEET S4
	COMMAND SIGNAL
	OPERATOR' S ACTION

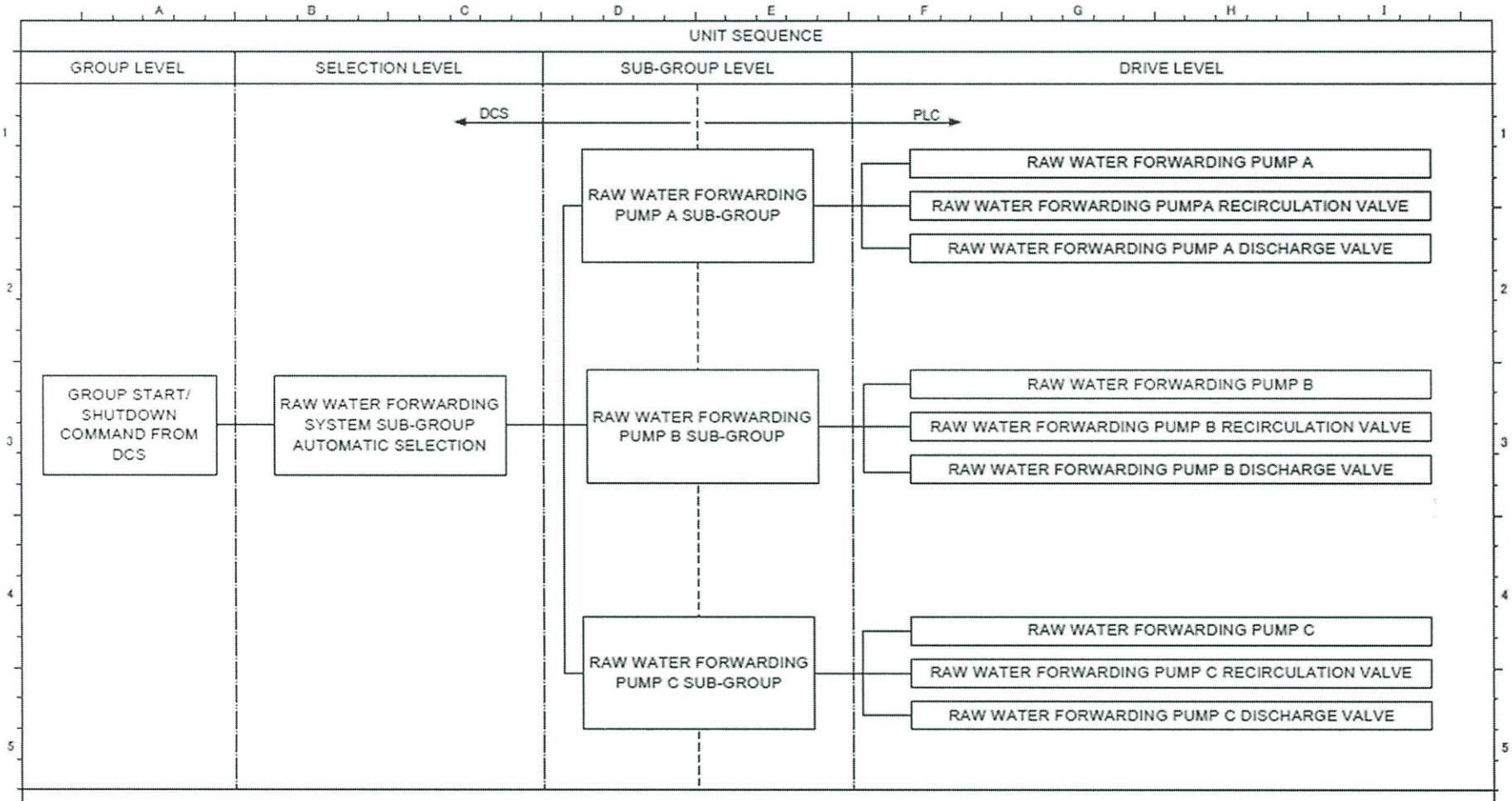
ABBREVIATION	FULL DESCRIPTION
COMP	COMPLETE
PERM	PERMISSIVE
RWF	RAW WATER FORWARDING
SEL	SELECTED
SG	SUB GROUP
SHT-DN	SHUT DOWN
ST-UP	START-UP
REC	RECIRCULATION
DIS	DISCHARGE

REMARKS

MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD

TITLE	SYMBOLS		
DRAWING No.	D3-S6134		
THAI GNS NONG SAENG	SHEET No.	B	REV R-1

This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



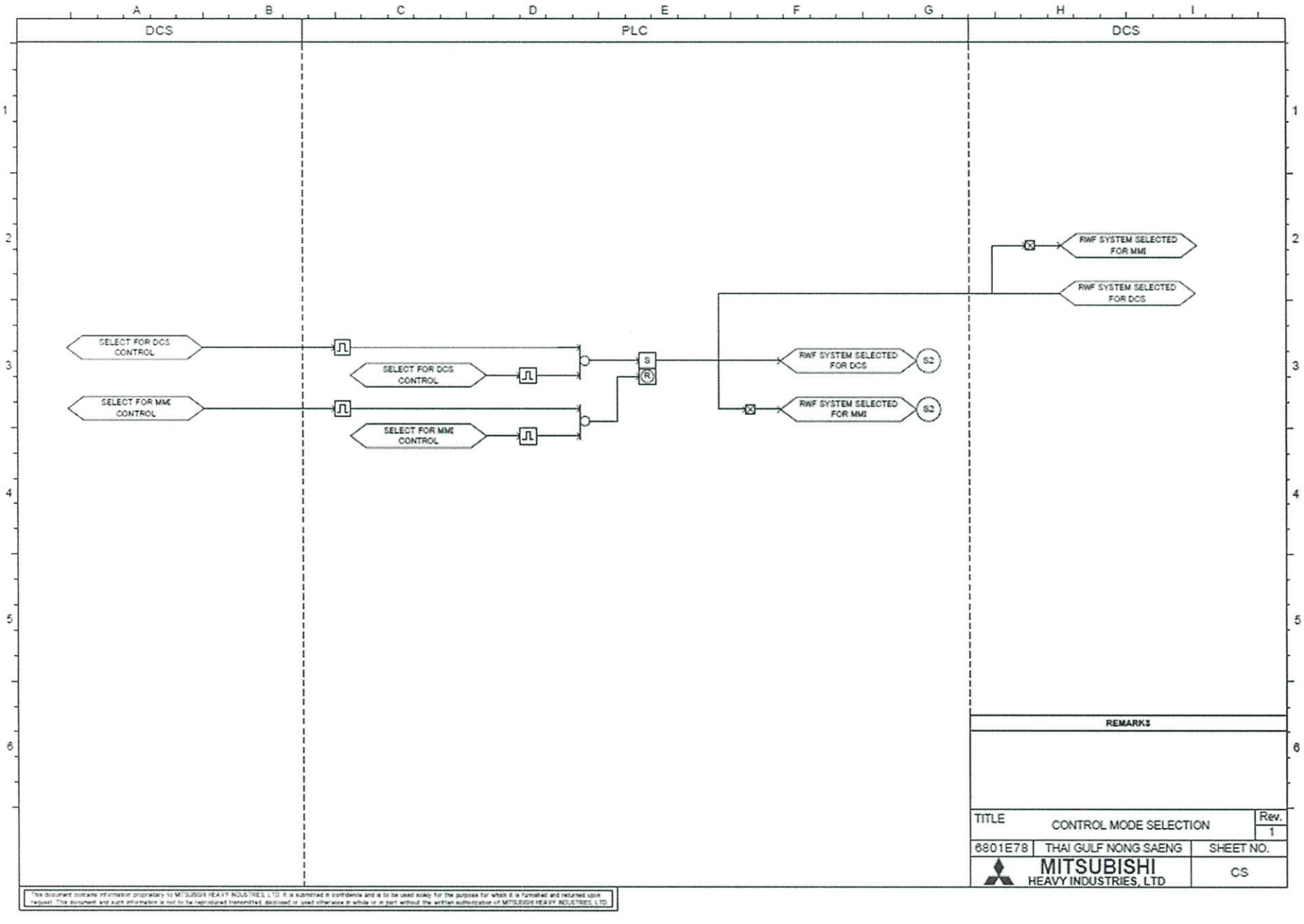
Philosophy of automation:

RAW water forwarding system can be started / stopped from DCS by a single command either as a group or individually as a sub-group. Operator has the provision to select the sub-groups in DCS. Each sub-group sequence will be executed from PLC based on command from DCS. Groups can also be started / stopped from PLC MMI. All protection interlocks to safeguard the individual drives will be configured in PLC however backup-pump start will be available in DCS only. All monitoring signals from local will also be available in DCS. Local / remote selection can be done from DCS or PLC.

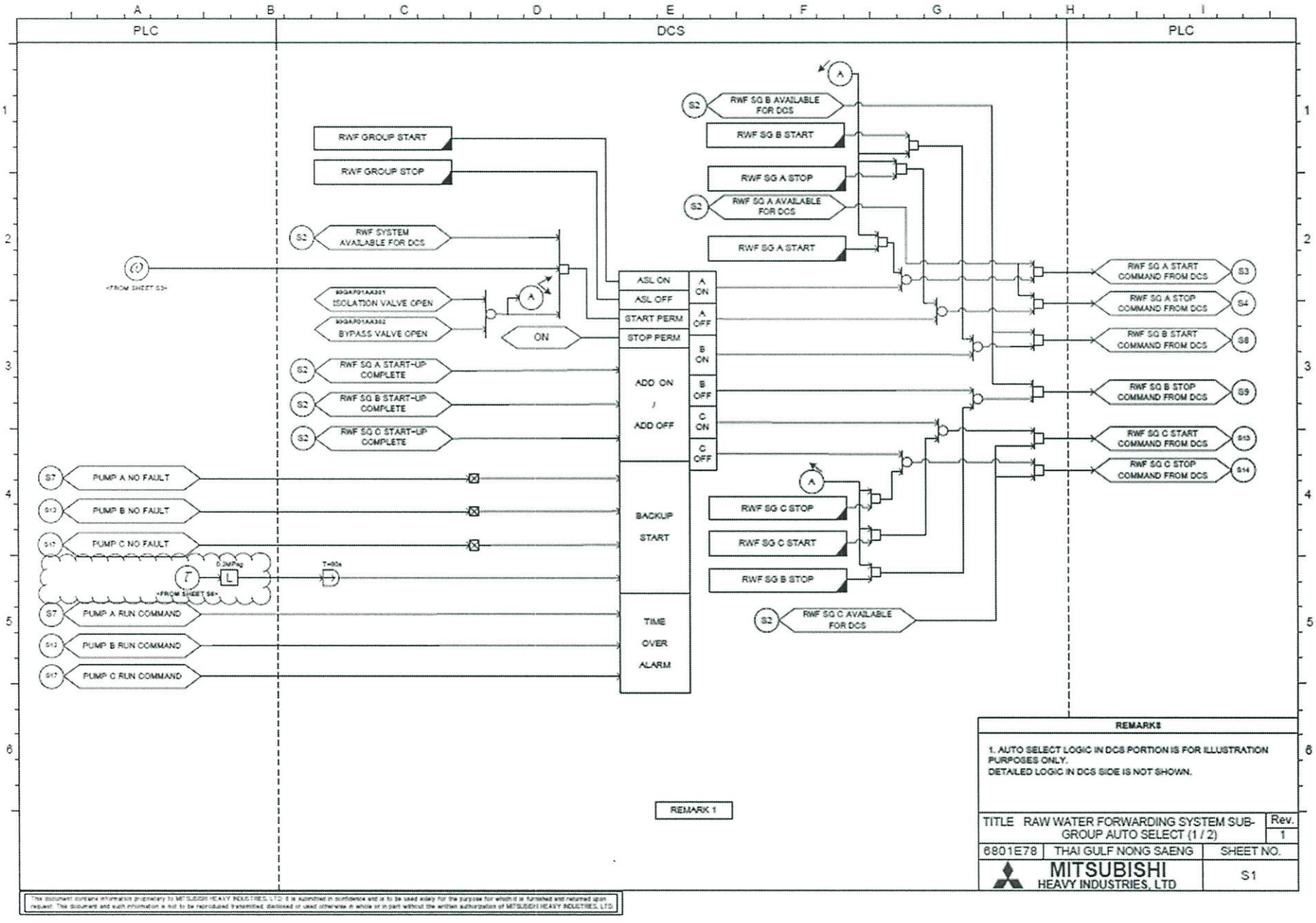
REMARKS
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD
It is submitted in confidence and is to be used solely for which it is furnished and returned upon request.
This Document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES LTD
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

TITLE: GROUP STRUCTURE

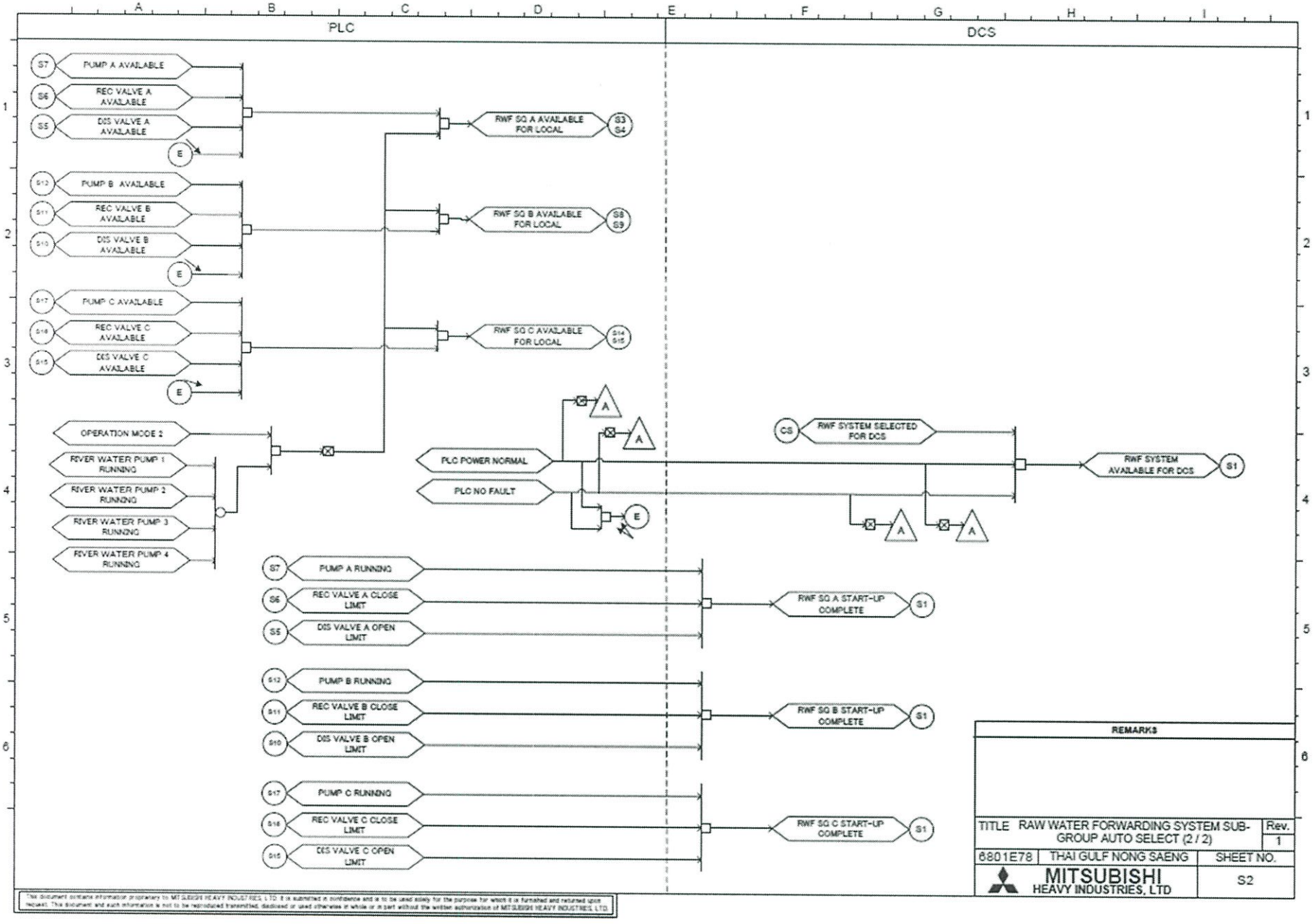
SHEET NO.: GS

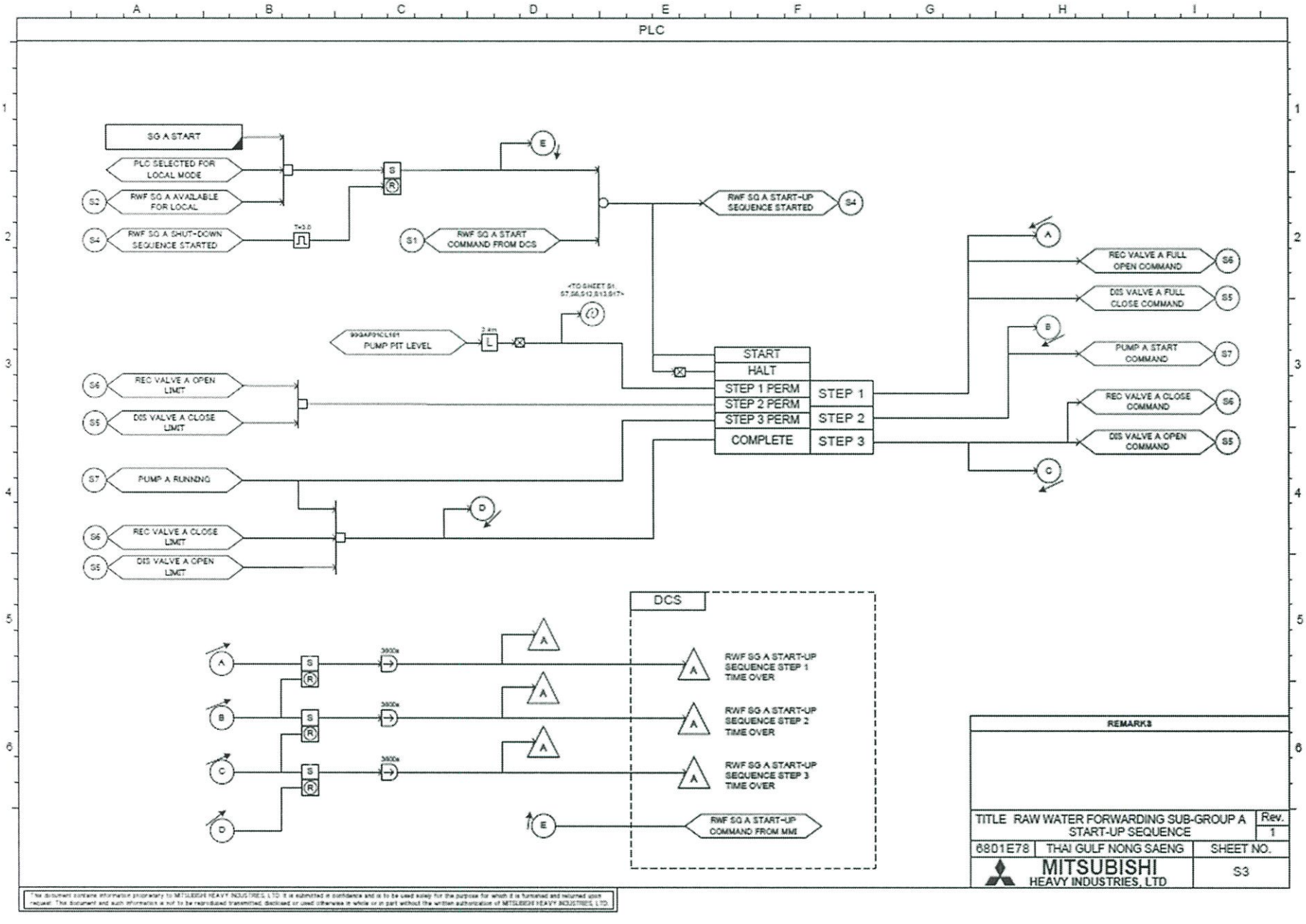


This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

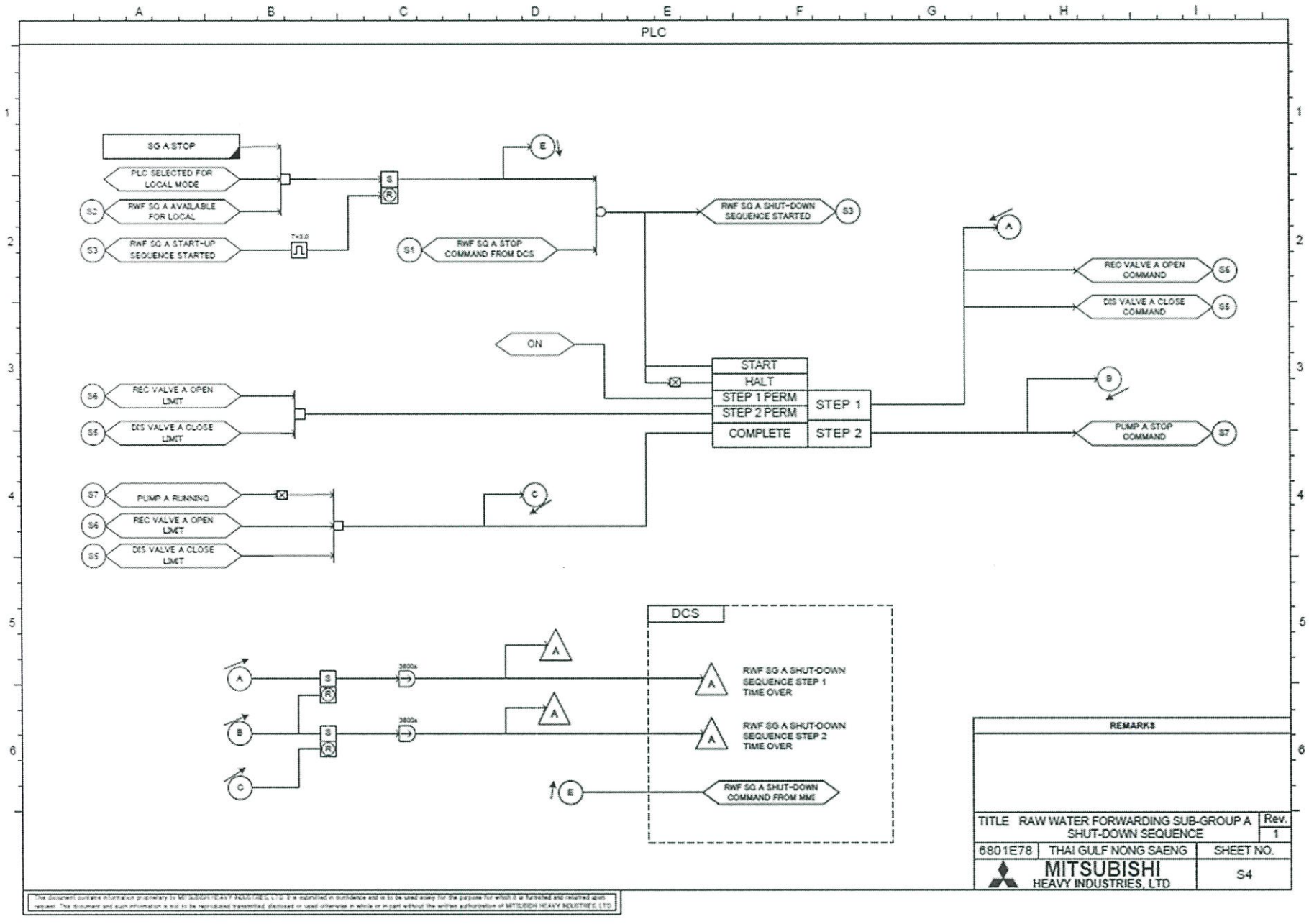


This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

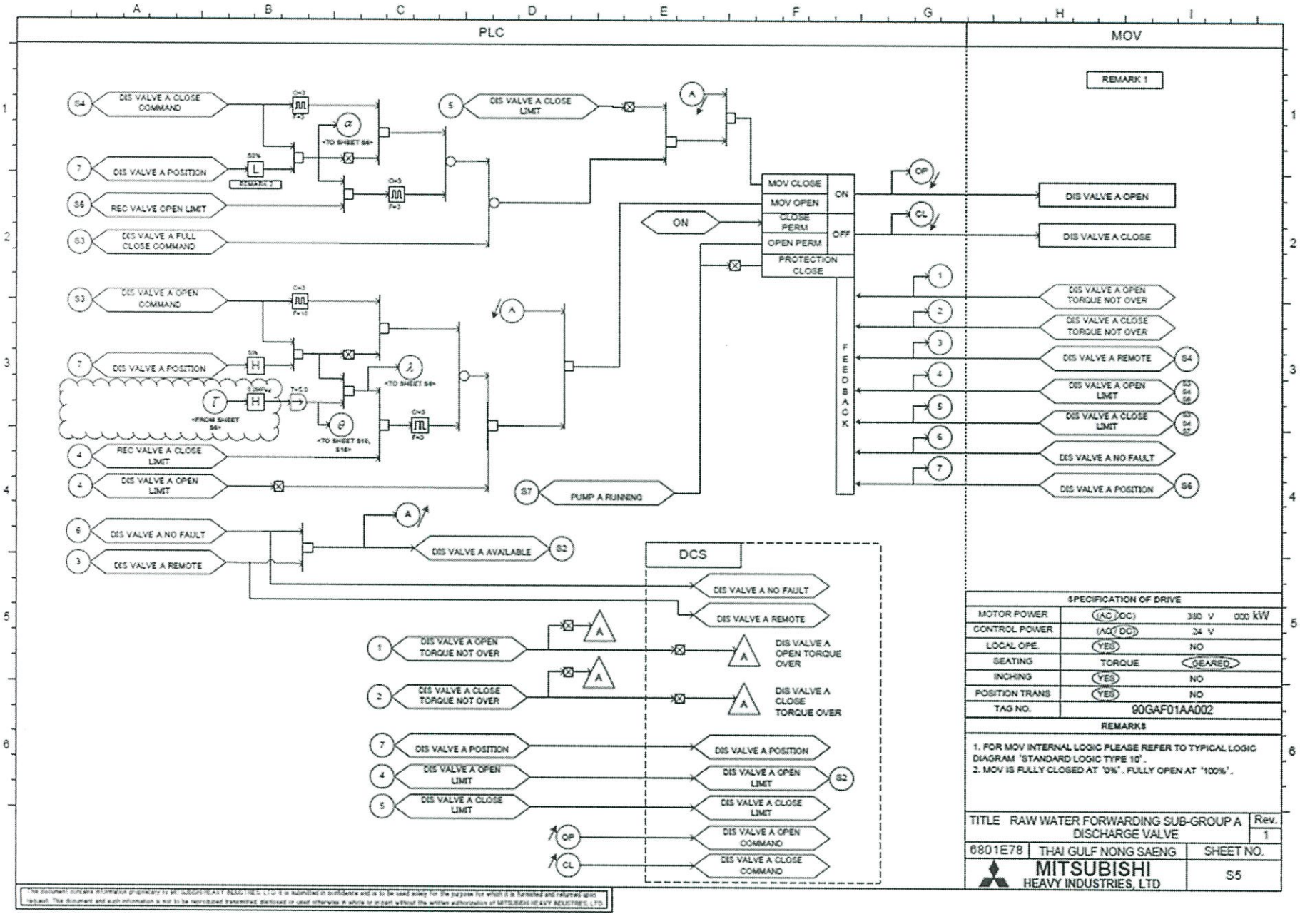

PLC
DCS
S7 PUMP A AVAILABLE
S6 REC VALVE A AVAILABLE
S5 DIS VALVE A AVAILABLE
E
RWF SQ A AVAILABLE FOR LOCAL
S3 S4
S12 PUMP B AVAILABLE
S11 REC VALVE B AVAILABLE
S10 DIS VALVE B AVAILABLE
E
RWF SQ B AVAILABLE FOR LOCAL
S8 S9
S17 PUMP C AVAILABLE
S16 REC VALVE C AVAILABLE
S15 DIS VALVE C AVAILABLE
E
RWF SQ C AVAILABLE FOR LOCAL
S14 S15
OPERATION MODE 2
RIVER WATER PUMP 1 RUNNING
RIVER WATER PUMP 2 RUNNING
RIVER WATER PUMP 3 RUNNING
RIVER WATER PUMP 4 RUNNING
A
A
PLC POWER NORMAL
PLC NO FAULT
E
CS RWF SYSTEM SELECTED FOR DCS
RWF SYSTEM AVAILABLE FOR DCS S1
A
A
S7 PUMP A RUNNING
S6 REC VALVE A CLOSE LIMIT
S5 DIS VALVE A OPEN LIMIT
RWF SQ A START-UP COMPLETE S1
S12 PUMP B RUNNING
S11 REC VALVE B CLOSE LIMIT
S10 DIS VALVE B OPEN LIMIT
RWF SQ B START-UP COMPLETE S1
S17 PUMP C RUNNING
S16 REC VALVE C CLOSE LIMIT
S15 DIS VALVE C OPEN LIMIT
RWF SQ C START-UP COMPLETE S1
REMARKS
TITLE RAW WATER FORWARDING SYSTEM SUB-GROUP AUTO SELECT (2 / 2)
Rev. 1
6801E78
THAI GULF NONG SAENG
SHEET NO.
S2
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



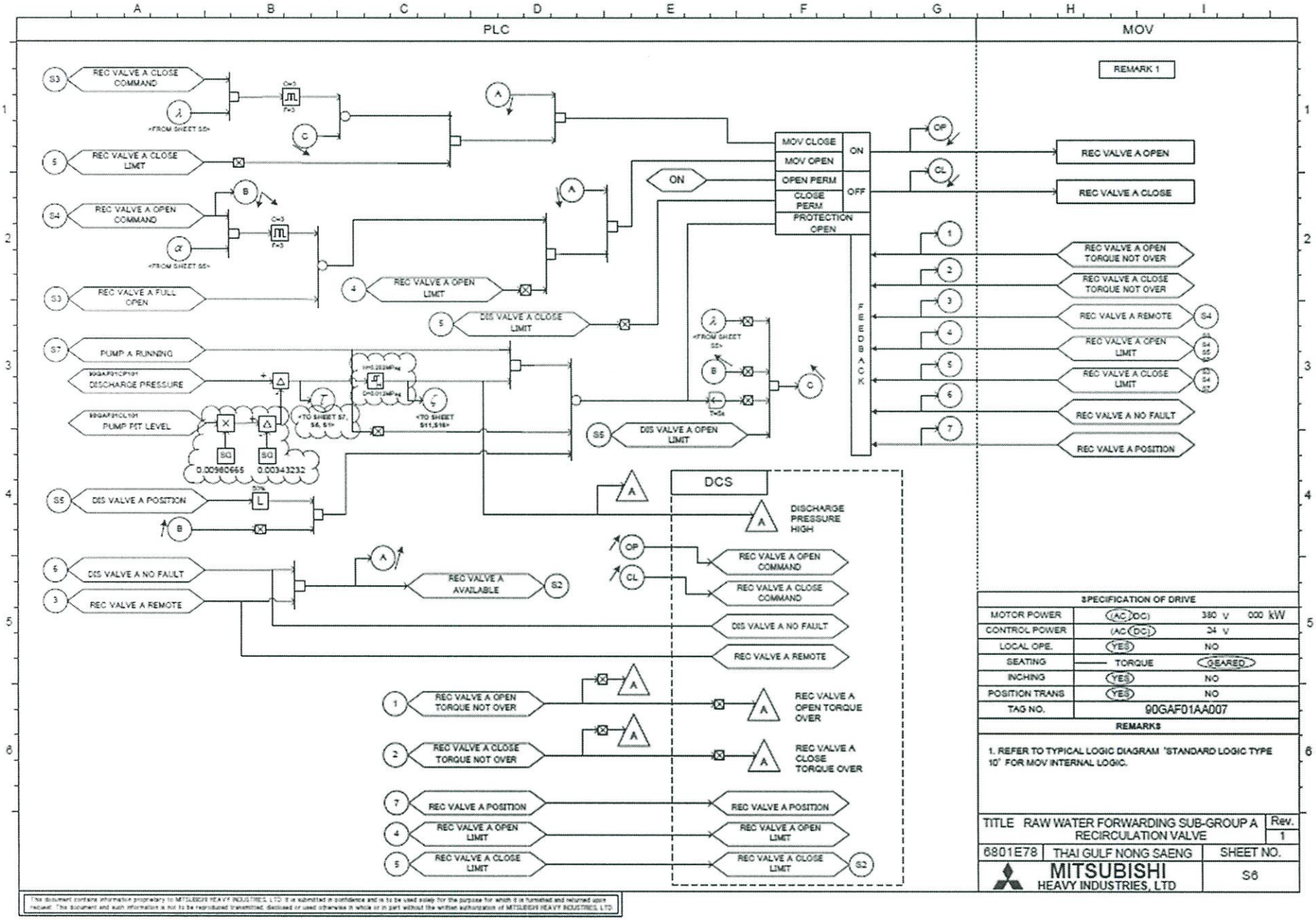
The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

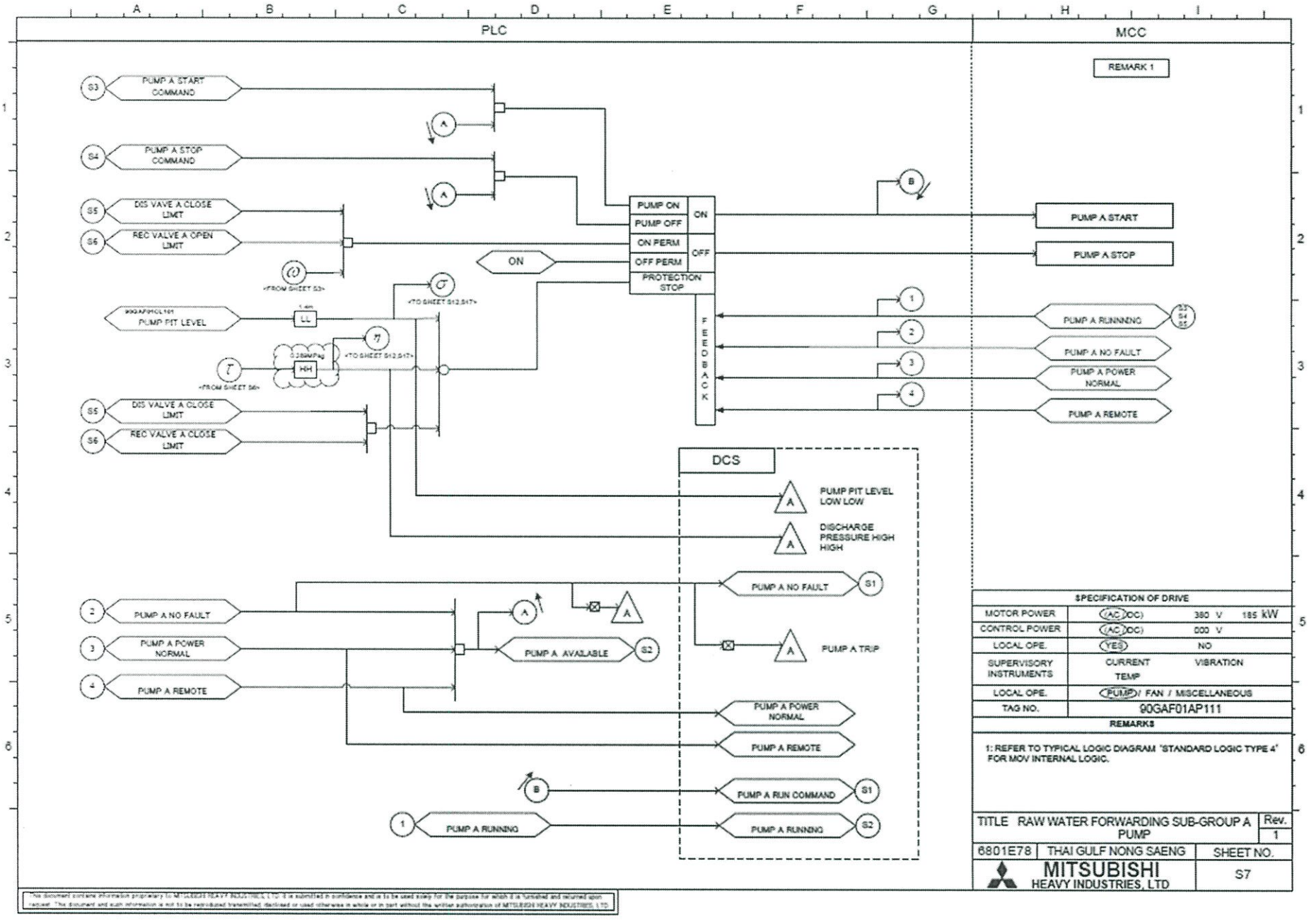


This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

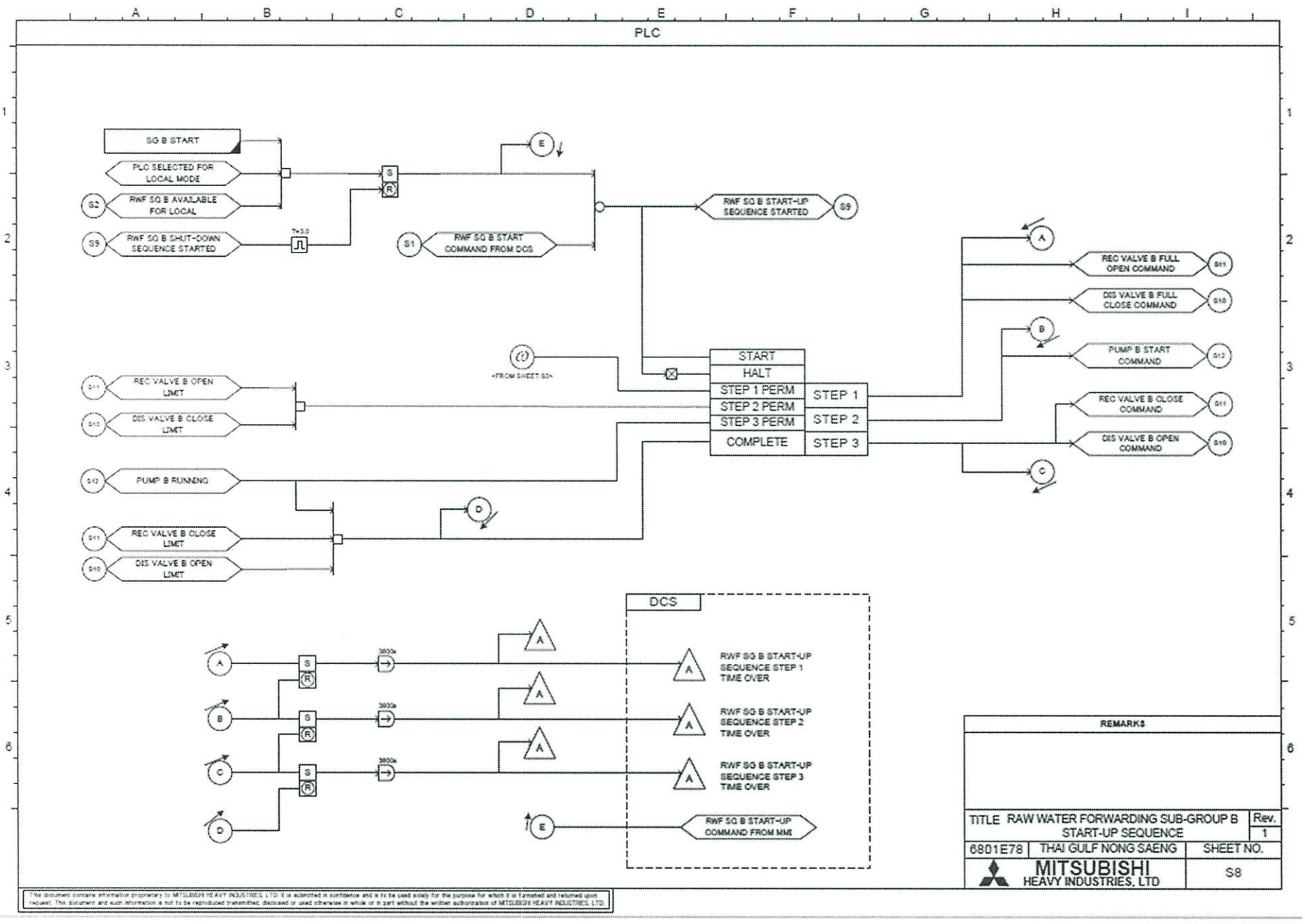


This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

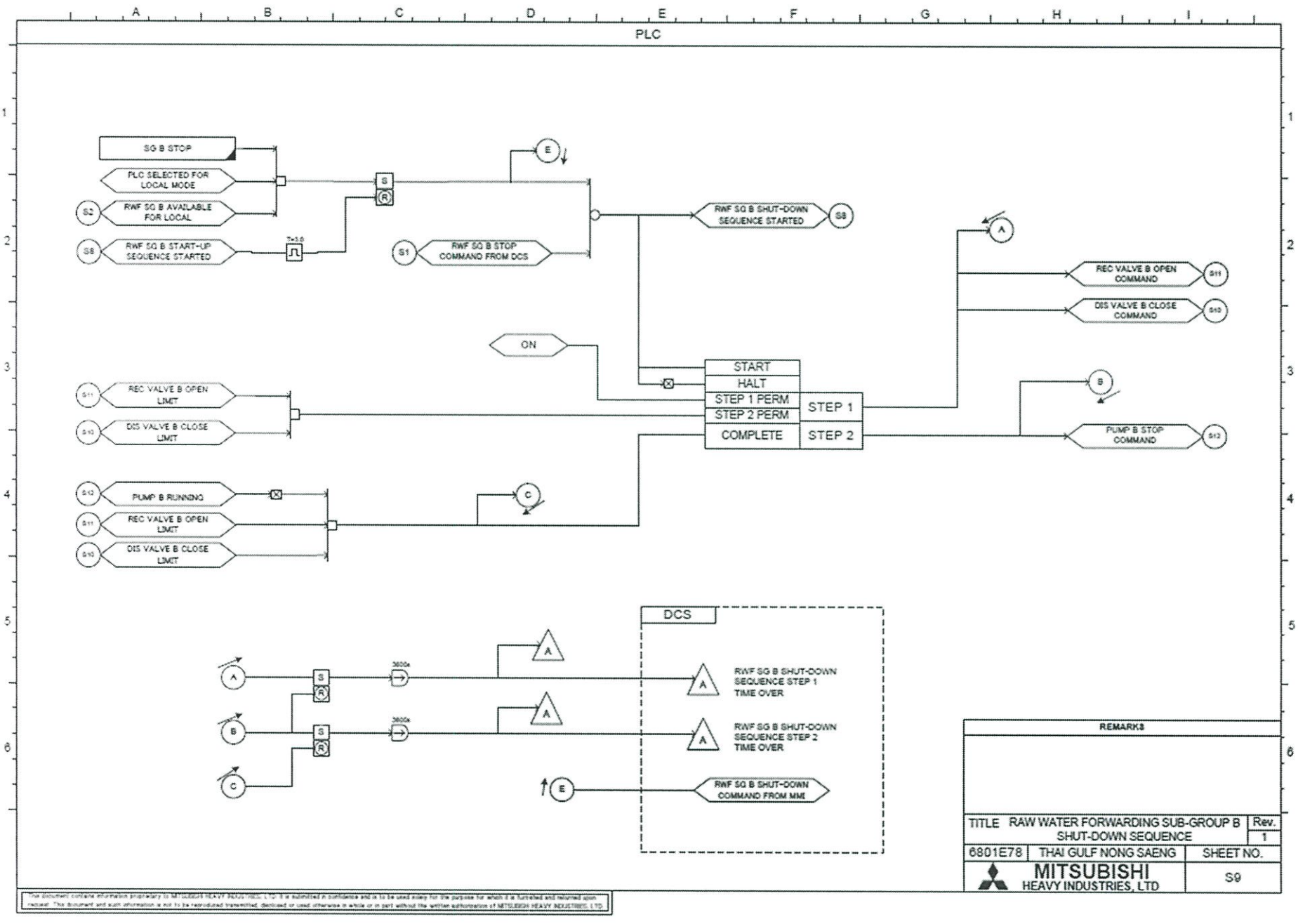

PLC
MOV
REMARK 1
S3 REC VALVE A CLOSE COMMAND
<FROM SHEET S5>
S5 REC VALVE A CLOSE LIMIT
S4 REC VALVE A OPEN COMMAND
<FROM SHEET S5>
S3 REC VALVE A FULL OPEN
4 REC VALVE A OPEN LIMIT
5 DIS VALVE A CLOSE LIMIT
S7 PUMP A RUNNING
90GAP01CP101 DISCHARGE PRESSURE
90GAP01CL101 PUMP PIT LEVEL
<TO SHEET S7, S6, S1>
<TO SHEET S11,S16>
0.00980665
0.00343232
S5 DIS VALVE A POSITION
5 DIS VALVE A NO FAULT
3 REC VALVE A REMOTE
REC VALVE A AVAILABLE
S2
ON
MOV CLOSE
MOV OPEN
OPEN PERM
CLOSE PERM
PROTECTION OPEN
ON
OFF
FEEDBACK
OP
CL
REC VALVE A OPEN
REC VALVE A CLOSE
1 REC VALVE A OPEN TORQUE NOT OVER
2 REC VALVE A CLOSE TORQUE NOT OVER
3 REC VALVE A REMOTE S4
4 REC VALVE A OPEN LIMIT S4 S5
5 REC VALVE A CLOSE LIMIT S4 S7
6 REC VALVE A NO FAULT
7 REC VALVE A POSITION
<FROM SHEET S5>
<TO/FROM S6>
DCS
DISCHARGE PRESSURE HIGH
REC VALVE A OPEN COMMAND
REC VALVE A CLOSE COMMAND
DIS VALVE A NO FAULT
REC VALVE A REMOTE
1 REC VALVE A OPEN TORQUE NOT OVER
REC VALVE A OPEN TORQUE OVER
2 REC VALVE A CLOSE TORQUE NOT OVER
REC VALVE A CLOSE TORQUE OVER
7 REC VALVE A POSITION
REC VALVE A POSITION
4 REC VALVE A OPEN LIMIT
REC VALVE A OPEN LIMIT
5 REC VALVE A CLOSE LIMIT
REC VALVE A CLOSE LIMIT S2
SPECIFICATION OF DRIVE
MOTOR POWER (AC) (DC) 380 V 000 kW
CONTROL POWER (AC) (DC) 24 V
LOCAL OPE. (YES) NO
SEATING TORQUE (GEARED)
INCHING (YES) NO
POSITION TRANS (YES) NO
TAG NO. 90GAF01AA007
REMARKS
1. REFER TO TYPICAL LOGIC DIAGRAM 'STANDARD LOGIC TYPE 10' FOR MOV INTERNAL LOGIC.
TITLE RAW WATER FORWARDING SUB-GROUP A RECIRCULATION VALVE
Rev. 1
6801E78 THAI GULF NONG SAENG
SHEET NO. S6
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



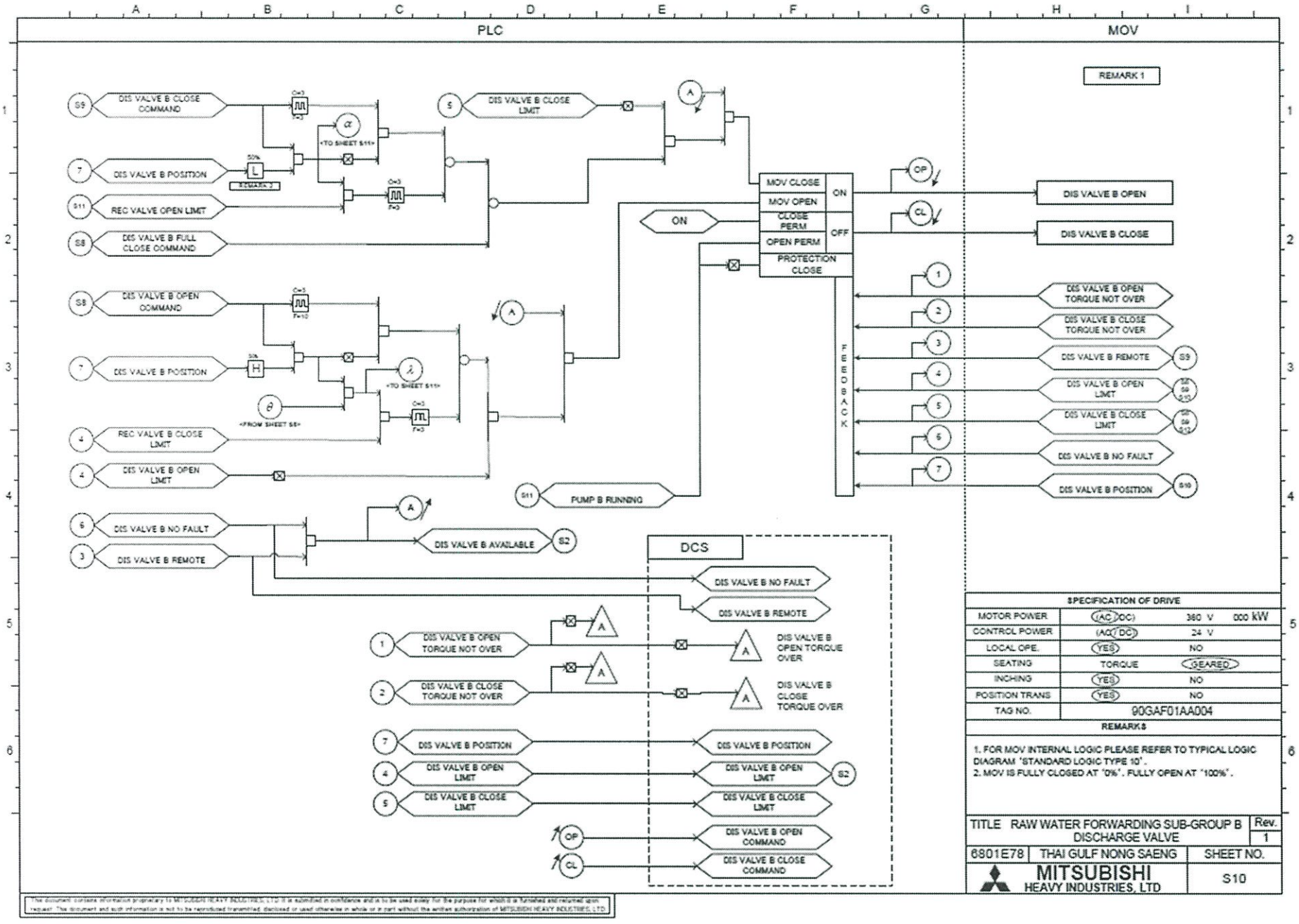
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



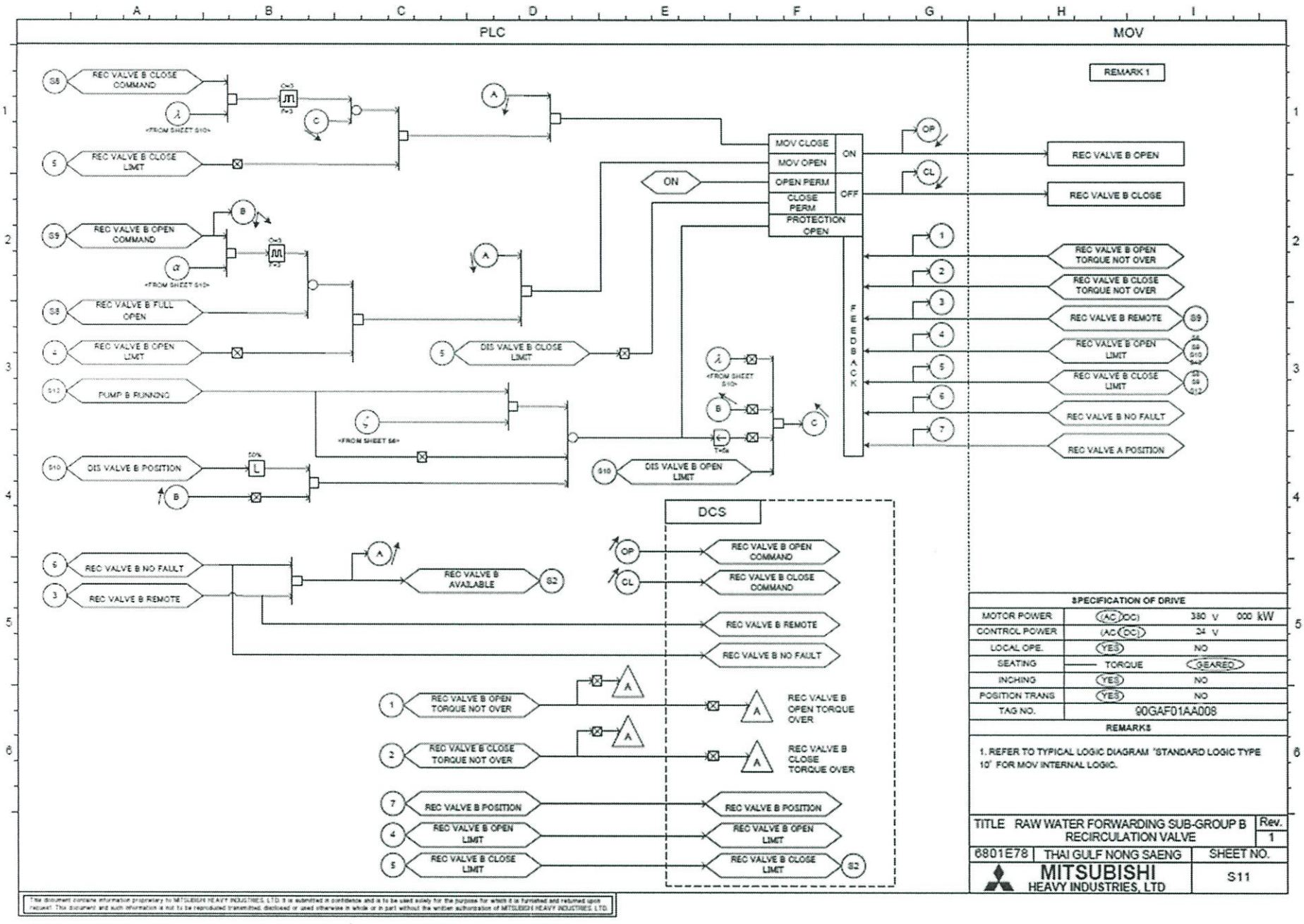
The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. The document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



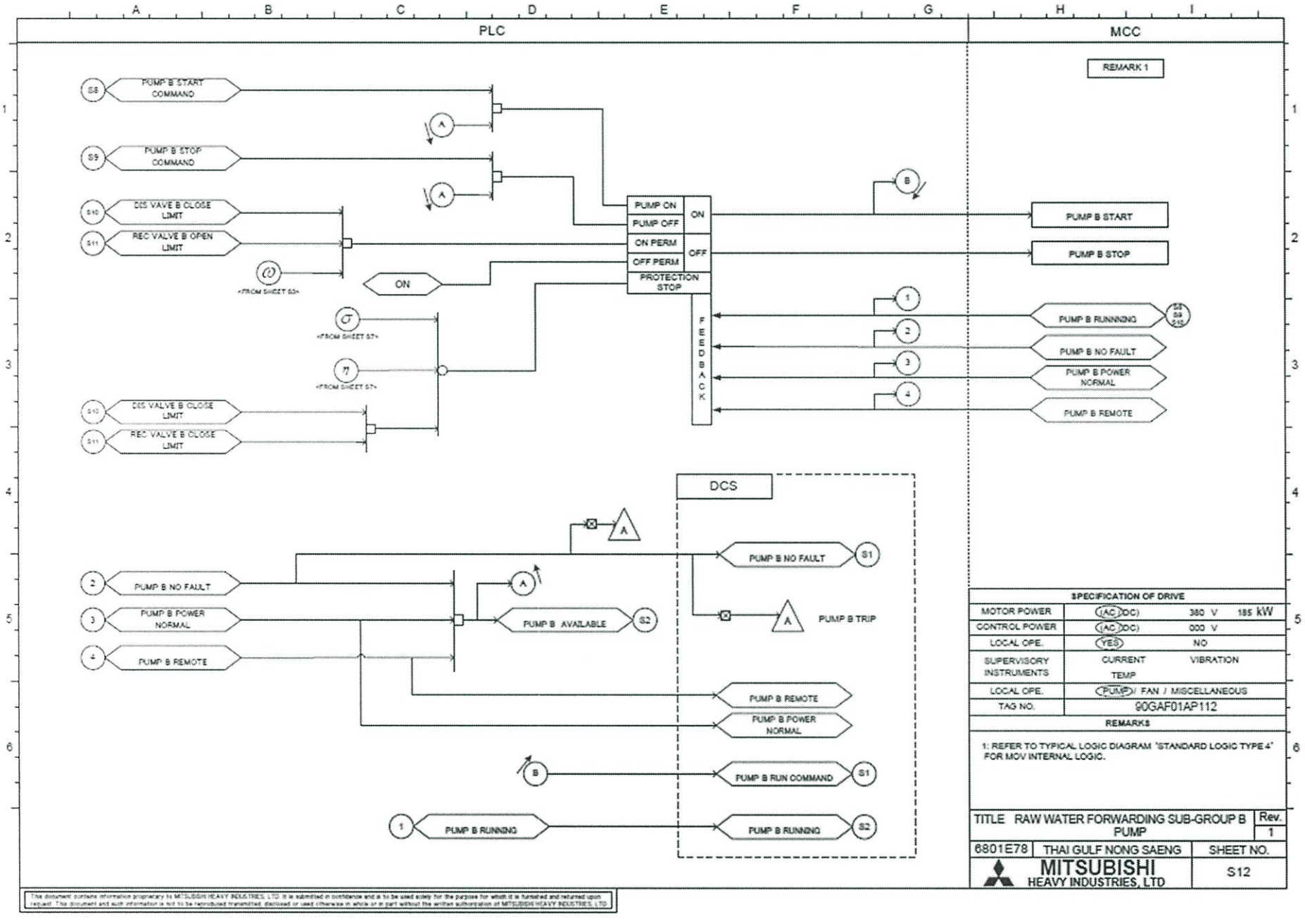
SPECIFICATION OF DRIVE		
MOTOR POWER	(AC) DC	380 V 000 kW
CONTROL POWER	(AC) (DC)	24 V
LOCAL OPE.	(YES)	NO
SEATING	TORQUE	(GEARED)
INCHING	(YES)	NO
POSITION TRANS	(YES)	NO
TAG NO.	90GAF01AA008	

REMARKS

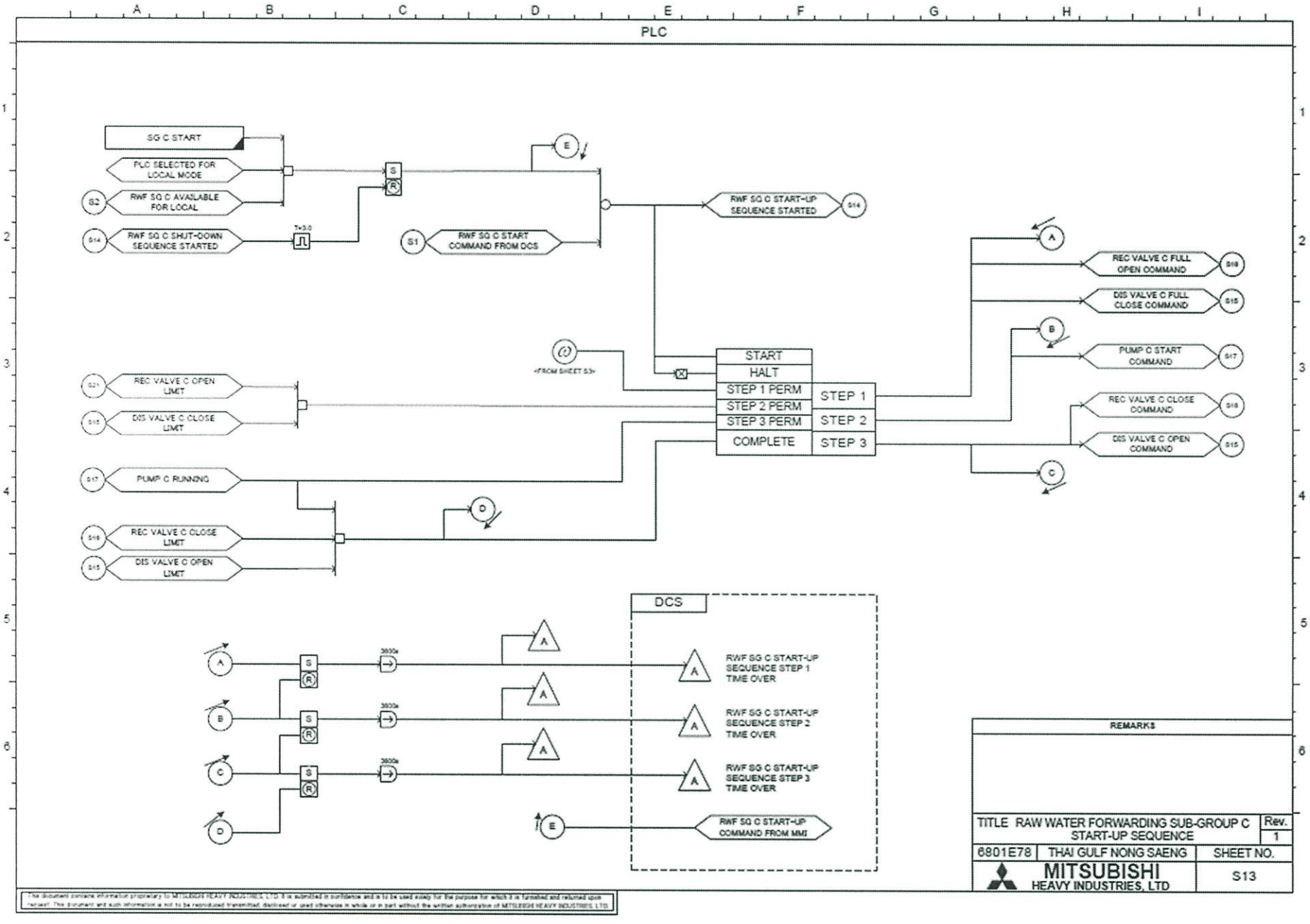
1. REFER TO TYPICAL LOGIC DIAGRAM 'STANDARD LOGIC TYPE 10' FOR MOV INTERNAL LOGIC.

TITLE RAW WATER FORWARDING SUB-GROUP B RECIRCULATION VALVE		Rev. 1
6801E78	THAI GULF NONG SAENG	SHEET NO.
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD		S11

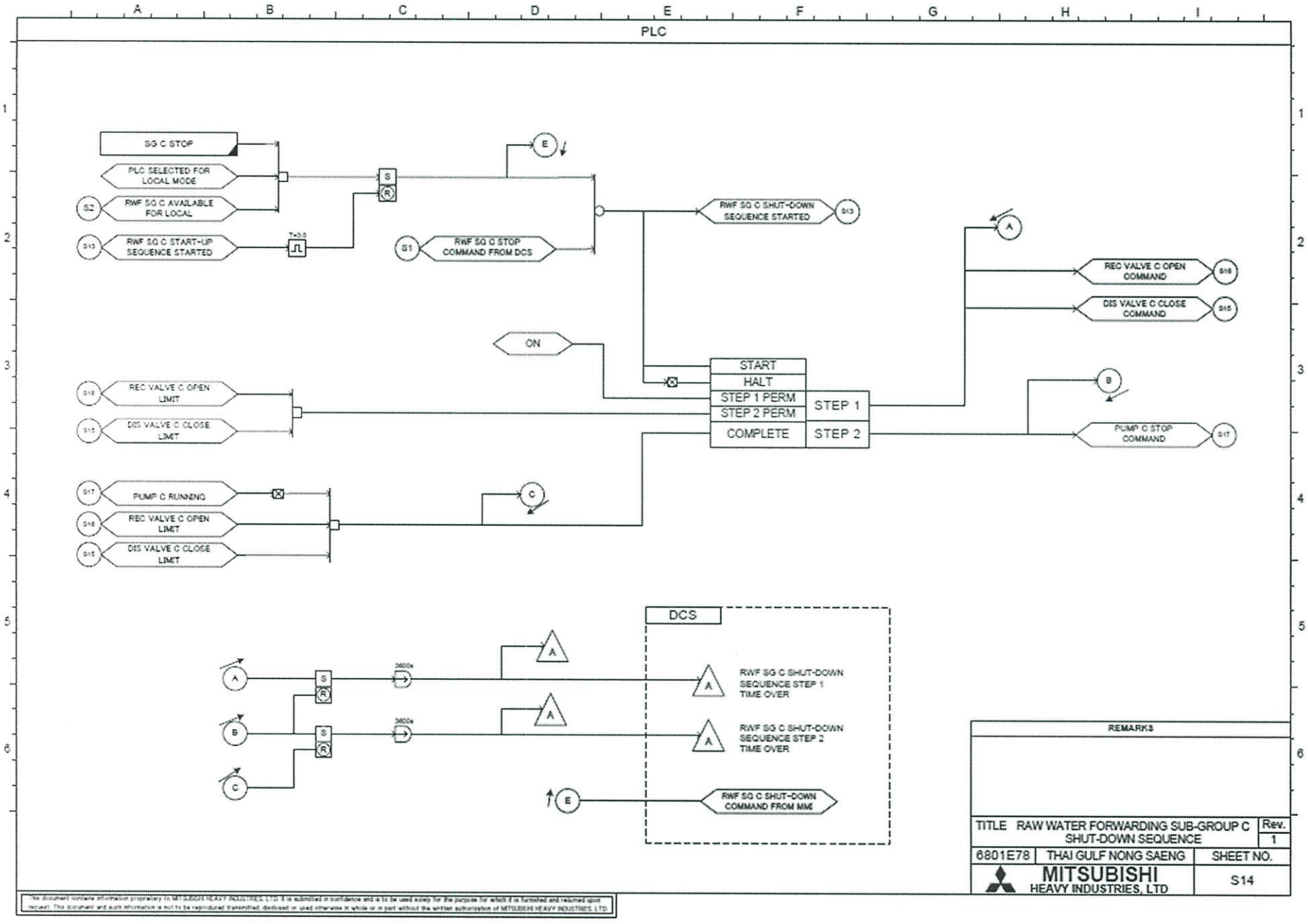
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



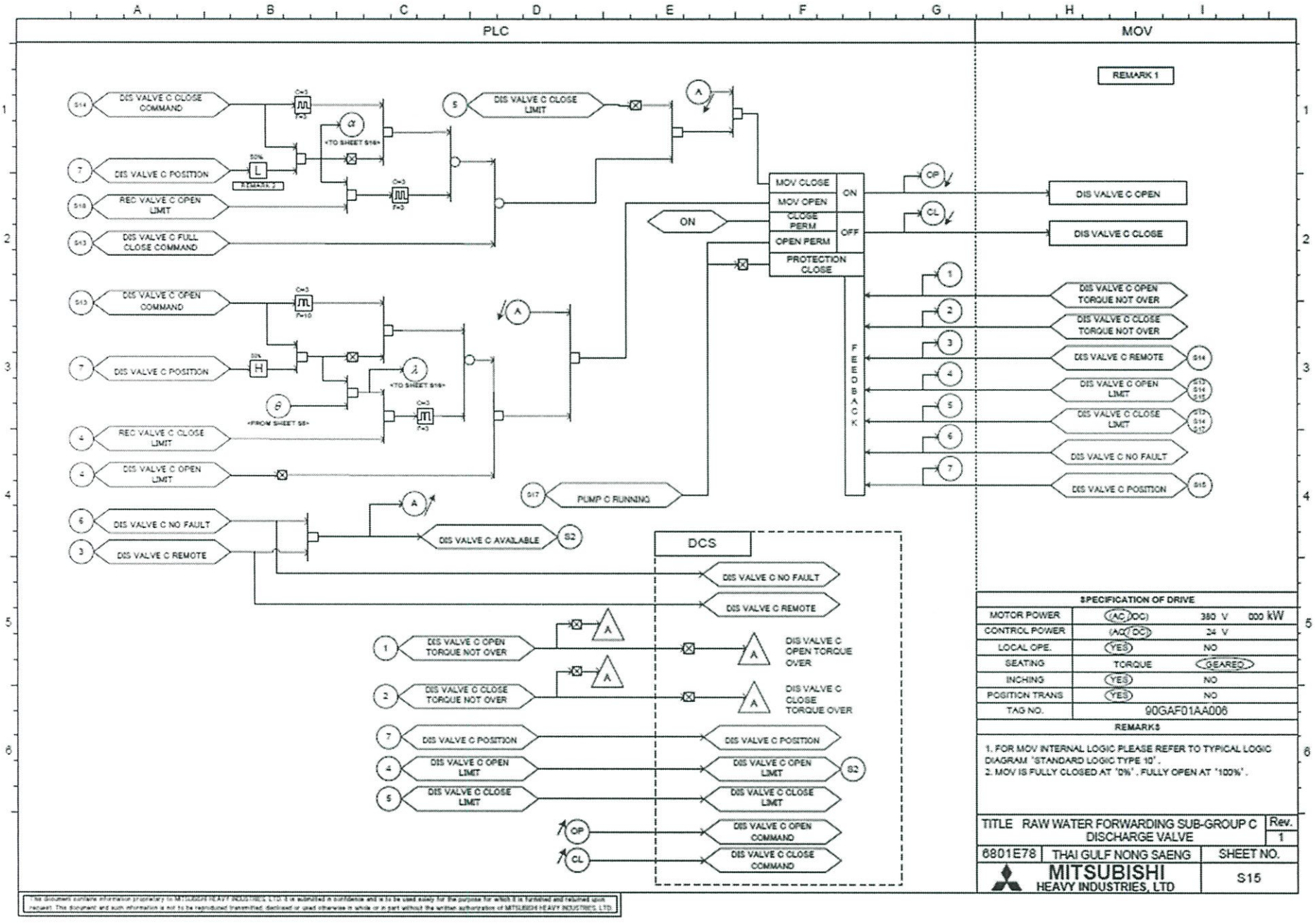
This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



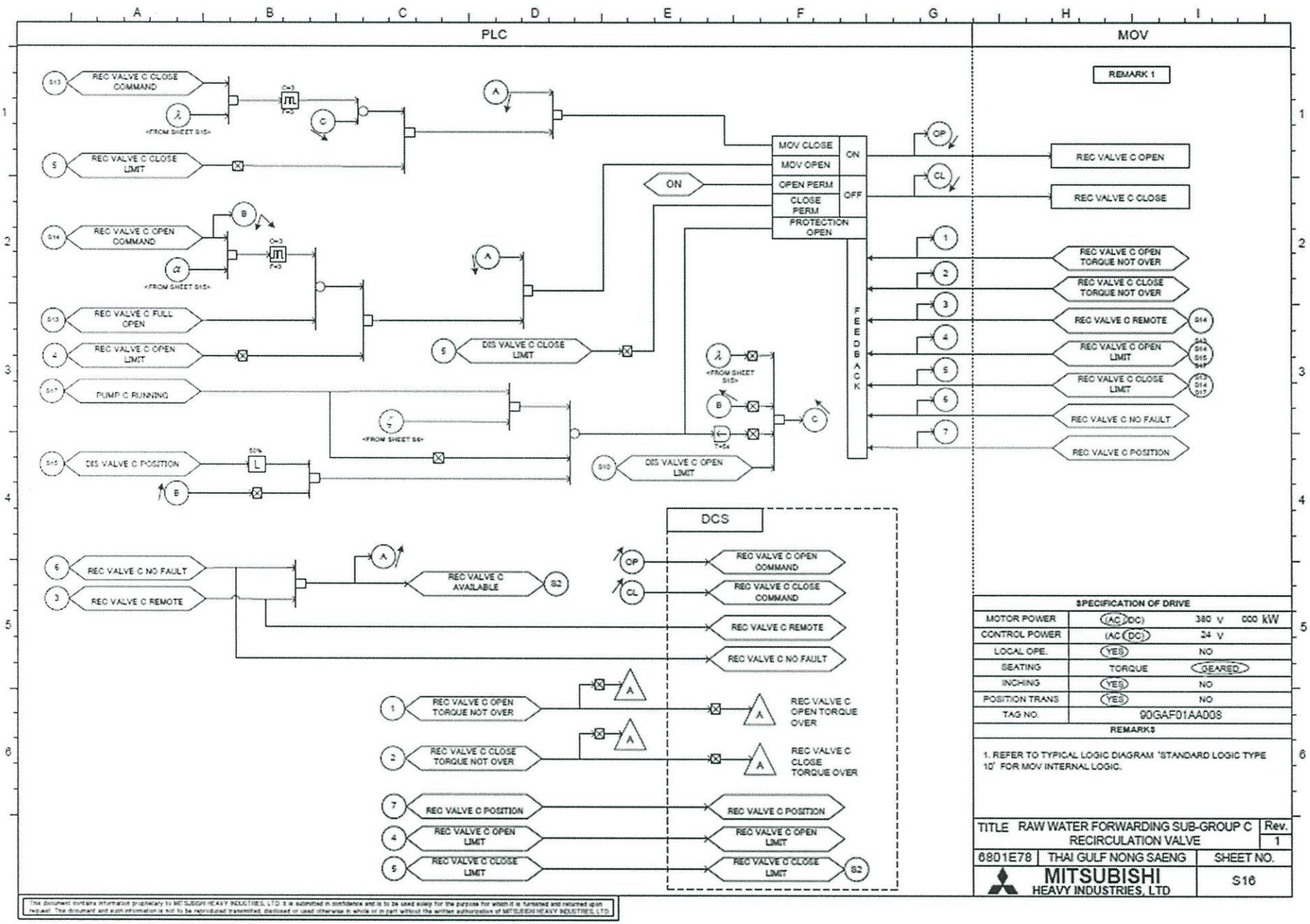
SPECIFICATION OF DRIVE		
MOTOR POWER	(AC) DC	380 V 000 kW
CONTROL POWER	(AC) DC	24 V
LOCAL OPE.	(YES)	NO
SEATING	TORQUE	(GEARED)
INCHING	(YES)	NO
POSITION TRANS	(YES)	NO
TAG NO.	90GAF01AA006	

REMARKS

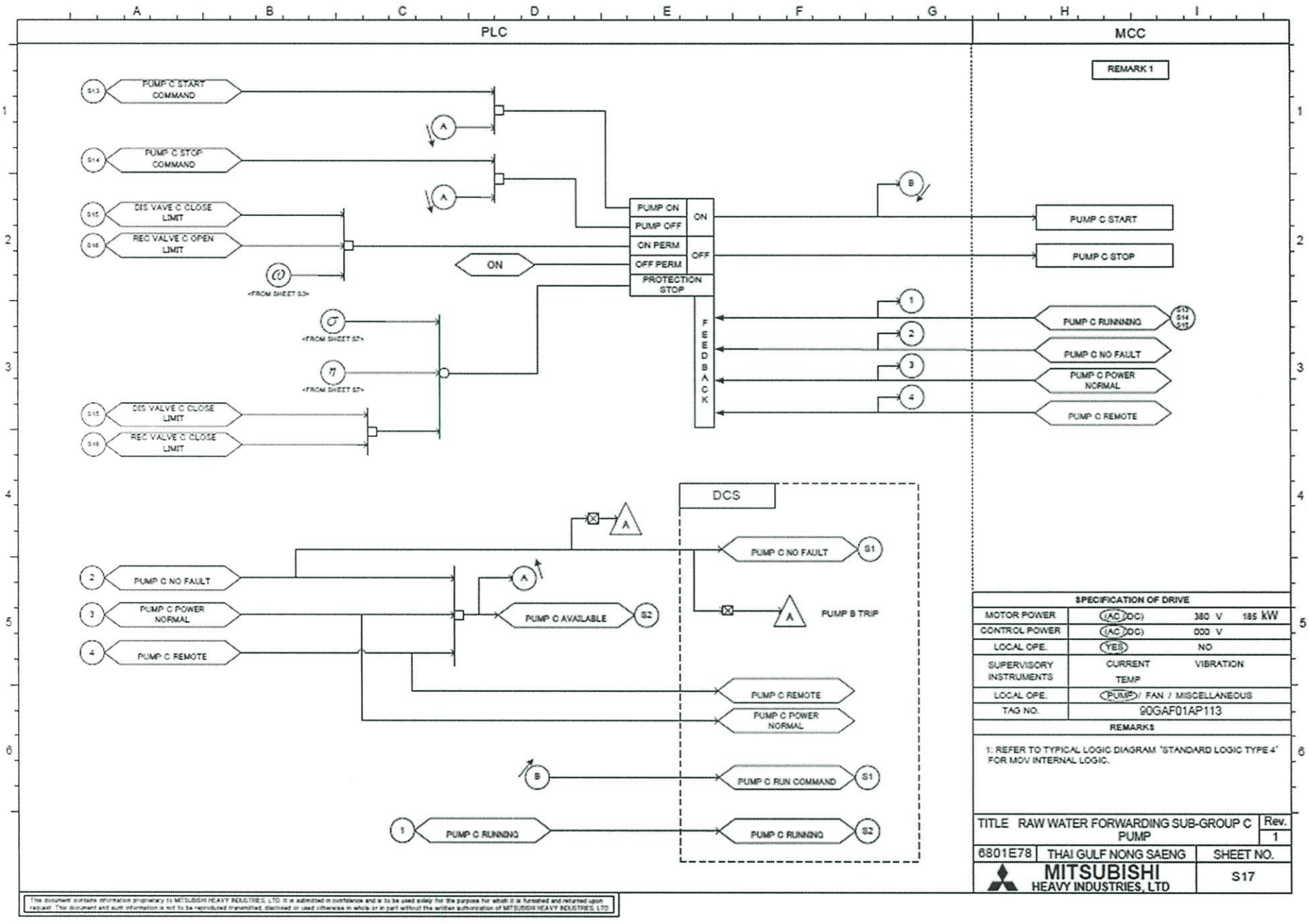
1. FOR MOV INTERNAL LOGIC PLEASE REFER TO TYPICAL LOGIC DIAGRAM 'STANDARD LOGIC TYPE 10'.
2. MOV IS FULLY CLOSED AT '0%'. FULLY OPEN AT '100%'.

TITLE RAW WATER FORWARDING SUB-GROUP C DISCHARGE VALVE		Rev. 1
6801E78	THAI GULF NONG SAENG	SHEET NO.
MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD		S15

This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



This document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. The document and such information is not to be reproduced, transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.



The document contains information proprietary to MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. It is submitted in confidence and is to be used solely for the purpose for which it is furnished and returned upon request. This document and such information is not to be reproduced transmitted, disclosed or used otherwise in whole or in part without the written authorization of MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล นายฐิติพงษ์ จันทร์ทำ

วัน เดือน ปีเกิด 12 พฤษภาคม 2539

ที่อยู่ 88/195 หมู่บ้านพระปิ่น8 ม.5 ซ.มังกร-นาคดี ถ.พุทธรักษา ต.แพรกษาใหม่ อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270

Email titipong.j@hotmail.com

โทรศัพท์ 087-038-8024

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2554 – 2556 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบางแก้วประชาสรรค์ จังหวัดสมุทรปราการ
- พ.ศ.2557 – ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์ทำงาน

- นักศึกษาฝึกงาน แผนก Instrument, Electrical, SCADA and Automation (ISA) บริษัท เซฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด
- นักศึกษาโครงการสหกิจศึกษา แผนก C&I maintenance (Control and Instrument) บริษัท กัลฟ์ เจพี เอ็นเอส จำกัด (มหาชน)