รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การอัพเกรดเอชเอ็มไอและการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา ในโรงงานปูนซีเมนต์

UPGRADING HMI AND CONTROL FOR BURNER FUEL-OIL SUPPLY IN MORTAR PLANT

นางสาวชลาลัย ทับศรีแก้ว

หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การอัพเกรดเอชเอ็มไอและการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา ในโรงงานปูนซีเมนต์

UPGRADING HMI AND CONTROL FOR BURNER FUEL-OIL SUPPLY IN MORTAR PLANT

นางสาวชลาลัย ทับศรีแก้ว

หลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การอัพเกรดเอชเอ็มไอและการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผาในโรงงานปูนซีเมนต์

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวชลาลัย ทับศรีแก้ว รหัสนักศึกษา 57010277

หลักสูตร วิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์

ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศ นายภาณุพงศ์ เขื่อนทา

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการอัพเกรดส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (HMI) และการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผาของโรงงานผลิตปูนซีเมนต์แห่งหนึ่ง โดยในส่วนการควบคุมนั้นจะใช้อุปกรณ์ควบคุม (PLC) รุ่น Compact Logix 5370 L1 มาแทนที่พีแอลซีรุ่น PLC 5/10 Processor 1785 LT4 ที่ใช้ในอดีต และทำการอัพเกรดส่วนแสดงผลจากไฟแจ้งเตือนและเกจวัดแบบอนาล็อกที่หน้างานเป็นแสดงผลผ่านหน้าจอเอชเอ็มไอแบบสัมผัสรุ่น PanelView Plus 7 ที่ห้องควบคุมกลาง ซึ่งความสามารถภายหลังการอัพเกรดเอชเอ็มไอและการควบคุมนั้นจะแสดงในส่วนผลการทดสอบ

คำสำคัญ : กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์, การจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา, อัพเกรด, PLC, HMI

Co-operative Title: Upgrading HMI and Control for Burner Fuel-Oil Supply in Mortar Plant
Student Intern Name: Miss Chalalay Tabsrikaew
Faculty: Engineering **Department:** Automation Engineering
Advisor name: Assoc.Prof.Dr. Amphawan Julsereewong
Asst. Prof. Dr. Teerawat Thepmanee
Mentor name: Mr. Panupong Kuanta
Company: InControl Company Limited

ABSTRACT

This project presents a technique for upgrading the human machine interface (HMI) and control used to supply fuel-oil of burner in a mortar plant. The proposed technique is based on the use of a new programmable logic controller (PLC) modeled Compact Logix 5370 L1 to replace an existing PLC modeled PLC 5/10 Process 1785 LT4 for improving the control. To upgrade the HMI from analog gauge and warning lamp displays at field site to computer graphic displays at central control room, a touch screen modeled PanelView Plus 7 is employed. The workability of the upgraded control and HMI are confirmed through the test results.

Keyword: Cement manufacturing process, Burner fuel-oil supply, Upgrade, PLC, HMI

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากบุคลากรหลายฝ่าย ได้แก่ บริษัท อินคอนโทรล จำกัด ซึ่งได้เข้าร่วมโครงการสหกิจกับสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อให้โอกาสนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ได้เรียนรู้การทำงานในสถานประกอบการจริง โดยเฉพาะคุณภาณุพงศ์ เขื่อนทา ผู้นิเทศงาน และบุคลากรภายในบริษัททุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำโครงงานนี้ตลอดระยะเวลา 4 เดือน จนโครงงานประสพความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ และ ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ เทพมณี ที่ให้โอกาสนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ ได้เข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา และขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และช่วยเหลือจนรายงานสหกิจฉบับสมบูรณ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำ สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวที่คอยสนับสนุน และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ชลาลัย ทับศรีแก้ว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญรูป VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1

1.4 วิธีการดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 กล่าวนำ 4

2.2 กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ 4

2.2.1 ความหมายของปูนซีเมนต์ 4

2.2.2 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ 4

2.3 Human Machine Interface (HMI) 7

2.4 Programmable Logic Controller (PLC) 8

2.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 9

2.5.1 โปรแกรม RSLogix 5000 9

2.5.2 โปรแกรม FactoryTalk® View Machine Edition (ME) 10

2.5.3 โปรแกรม RSLinx® Classic 11

2.5.4 โปรแกรม BOOTP-DHCP Server 12

2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง 13

2.6.1 PLC CompactLogix 5370 L1 13

หน้า

2.6.2 PanelView Plus 7 Graphic 14
2.6.3 Ethernet Network 15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ 18
3.1 กล่าวนำ 18
3.2 โครงสร้างของระบบ 18
3.3 เงื่อนไขการทำงานของระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา 19
3.4 ส่วนโปรแกรมควบคุม 24
3.5 ส่วนการแสดงผล 35
บทที่ 4 ผลการทดสอบ 50
4.1 กล่าวนำ 50
4.2 ผลการทดสอบส่วนควบคุมที่อัพเกรดแล้ว 50
4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลที่อัพเกรดแล้ว 53
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 59
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 59
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 59
5.3 ข้อเสนอแนะ 59
เอกสารอ้างอิง 60
ภาคผนวก 61
ภาคผนวก ก 62

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

ตารางที่ 1.1 วิธีการดำเนินการ 2

ตารางที่ 3.1 อินพุทและเอาท์พุทของโปรแกรม 23

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียก และแบบแห้ง 6

รูปที่ 2.2 Human Machine Interface (HMI) 7

รูปที่ 2.3 แผนภาพการประสานงานของ HMI 7

รูปที่ 2.4 โครงสร้างของ PLC 8

รูปที่ 2.5 โปรแกรม Studio 5000 Logix Designer 10

รูปที่ 2.6 โปรแกรม FactoryTalk® View Machine Edition (ME) 11

รูปที่ 2.7 โปรแกรม RSLinx® Classic 12

รูปที่ 2.8 โปรแกรม BOOTP-DHCP Server 13

รูปที่ 2.9 CompactLogix™ 5370 Controllers L1 14

รูปที่ 2.10 PanelView™ Plus 7 Graphic Terminals 14

รูปที่ 2.11 IEEE 802.3 Model 16

รูปที่ 2.12 Star Topology 16

รูปที่ 2.13 Ring Topology 17

รูปที่ 2.14 Linear Topology 17

รูปที่ 3.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อของโปรแกรมควบคุมและแสดงผล 18

รูปที่ 3.2 P&I Diagram ของระบบจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา 19

รูปที่ 3.3 Flowchart บางส่วนของระบบ 22

รูปที่ 3.4 การสร้างโปรเจคใหม่บนโปรแกรม Studio 5000 24

รูปที่ 3.5 การเลือกรุ่น PLC สำหรับโปรเจค 25

รูปที่ 3.6 กำหนด I/O Modules 25

รูปที่ 3.7 กำหนด I/O Modules 26

รูปที่ 3.8 Analog Input Modules รุ่น 1734-IE8C 26

รูปที่ 3.9 Analog Output Modules รุ่น 1734-OE4C 27

รูปที่ 3.10 การสร้าง Tag ใหม่ 27

รูปที่ 3.11 การกำหนดค่า Tag 28

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.12 Tag ที่สร้างใหม่ 28
รูปที่ 3.13 การสร้าง Routine 29
รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Routine 29
รูปที่ 3.15 Routine ที่สร้างขึ้น 29
รูปที่ 3.16 ตัวอย่าง Main Routine 30
รูปที่ 3.17 ตัวอย่าง Analog Scaling Routine 30
รูปที่ 3.18 ตัวอย่าง I/O Configuration Routine 31
รูปที่ 3.19 ตัวอย่าง Operation Routine 31
รูปที่ 3.20 ตัวอย่าง Panel Communication Routine 31
รูปที่ 3.21 IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์ 32
รูปที่ 3.22 Subnet Mask 32
รูปที่ 3.23 MAC Address อุปกรณ์ 33
รูปที่ 3.24 กำหนด IP Address ให้กับอุปกรณ์ 33
รูปที่ 3.25 การ Boot IP Address 34
รูปที่ 3.26 Boot IP Address สำเร็จ 34
รูปที่ 3.27 Create Application name 35
รูปที่ 3.28 การดึงการเชื่อมต่อ 36
รูปที่ 3.29 Create Group and Create Runtime 36
รูปที่ 3.30 Create Tag Offline 37
รูปที่ 3.31 Create Display 37
รูปที่ 3.32 Display 38
รูปที่ 3.33 Create Lamp 38
รูปที่ 3.34 Create Animation 39
รูปที่ 3.35 ใส่ Tag และกำหนดสี 39
รูปที่ 3.36 Create Button 40
รูปที่ 3.37 ใส่ Caption แต่ละ State 40

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.38 ใส่ Tag Button 41
รูปที่ 3.39 Page Alarm 41
รูปที่ 3.40 Alarm Setup 42
รูปที่ 3.41 Alarm Triggers 42
รูปที่ 3.42 Alarm Message 42
รูปที่ 3.43 New User 43
รูปที่ 3.44 Create User 43
รูปที่ 3.45 Open Runtime 44
รูปที่ 3.46 Add User 44
รูปที่ 3.47 กำหนด Security Code สำหรับ User 44
รูปที่ 3.48 Display Setting 45
รูปที่ 3.49 กำหนด Security Code สำหรับ Display 45
รูปที่ 3.51 Maintenance Display 47
รูปที่ 3.53 Interlock 2 Display 48
รูปที่ 3.53 Digital I/O Status Display 49
รูปที่ 3.54 Alarm Display 49
รูปที่ 4.1 Normal Condition 50
รูปที่ 4.2 Start OK Burner 51
รูปที่ 4.3 Valve S01 Fault 51
รูปที่ 4.4 Open Blowing Clean Auto 51
รูปที่ 4.5 การจำลอง Process Oil & Burner Station บนหน้าจอ HMI 52
รูปที่ 4.6 การจำลอง Process Oil & Burner Station บนหน้าจอ HMI 52
รูปที่ 4.7 การแสดงผลของ Main Display 53
รูปที่ 4.8 การแสดงผลของ Maintenance Display 54
รูปที่ 4.9 การแสดงผลของ Interlock 2 Display 55
รูปที่ 4.10 การแสดงผลของ I/O Status 2 Display 57

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.11 I/O Point ของ PLC 57
รูปที่ 4.12 การแสดงผลของ Alarm Display 58

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์นั้นแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบเปียก และแบบแห้ง ซึ่งทั้ง 2 กรรมวิธีนี้จะต้องผ่านกระบวนการเผาในหม้อเผา (Burner) แบบหมุนหลังผ่านการบดละเอียด โดยที่ภายในหม้อเผานั้นจะใช้เชื้อเพลิงแข็งในการให้ความร้อน เนื่องจากเชื้อเพลิงแข็งจะให้ความร้อนสูง แต่ในการจุดเชื้อเพลิงแข็งนั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานมาก เพื่อเป็นการลดพลังงานในการจุดเชื้อเพลิงจึงมีการนำเอาเชื้อเพลิงเหลว เช่นน้ำมันเตา (Fuel-Oil) มาช่วยในการจุดเชื้อเพลิงแข็ง ในโรงงานปูนแห่งหนึ่งที่ได้ศึกษากระบวนการเผาในหม้อเผา พบว่าโรงงานแห่งนี้มีระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเตาแบบอัตโนมัติ โดยใช้ตัวควบคุม (Programmable Logic Controller : PLC) รุ่น PLC 5/10 Processor 1785 LT4 (Allen-Bradley) ซึ่งในปัจจุบัน PLC รุ่นนี้ทางบริษัทผู้ผลิตได้ทำการยกเลิกการผลิตและจัดจำหน่ายแล้ว ดังนั้นในการปรับปรุงระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผานั้นจึงมีการเลือกใช้ PLC รุ่น Compact Logix 5370 L1 (Allen-Bradley) มาทดแทน PLC รุ่นเดิม เพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุงระบบควบคุมการจ่ายน้ำมันเตา นอกจากนี้ยังได้มีการอัพเกรดส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน (Human Machine Interface : HMI) จากเดิมที่เป็นการแสดงผลที่หน้างาน (Field Site) เปลี่ยนเป็นการแสดงผลที่ห้องควบคุมกลาง (Central Control Room) แทน เพื่อความสะดวกของผู้ปฏิบัติงาน (Operator) ในการเฝ้าระวัง (Monitoring) และการควบคุมการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา รวมถึงการเรียกดูข้อมูลย้อนหลัง (Historian Data) เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของการจ่ายน้ำมันเตา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. อัพเกรดส่วน HMI ของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา จากการแสดงผลที่หน้างานโดยการใช้หลอดไฟและเกจวัดแบบอนาล็อก เปลี่ยนเป็นแสดงผลที่ห้องควบคุม โดยผ่านหน้าจอสัมผัส (Touch Screen) รุ่น Panel View Plus 7

2. อัพเกรด PLC ที่ใช้ในกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผาจาก PLC 5/10 Processor 1785 LT4 เป็นรุ่น Compact Logix 5370 L1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ส่วน HMI ที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม FactoryTalk View ME ประกอบด้วย 5 หน้า คือ หน้าหลัก (Main Page), หน้าสำหรับแสดงค่าตัวแปรที่สำคัญต่อการซ่อมบำรุง (Maintenance Page), หน้าสำหรับแสดงค่าสถานะ Input และ Output ของ PLC (I/O Status Page), หน้าสำหรับสัญญาณแจ้งเตือน (Alarm Page) และหน้าสำหรับการแสดงอิเทอร์ล็อกของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตา (Interlock Page)

2. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา ด้วยโปรแกรม Studio 5000 โดยจะต้องคงเงื่อนไขการทำงานไว้เหมือนเดิม และให้มีโหมดควบคุมการ

ทำงานสำหรับการจ่ายน้ำมันเตา 2 โหมด คือ การทำงานในโหมดอัตโนมัติ (Auto Mode) และโหมดควบคุมด้วยมือ (Man Mode)

1.4 วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาการทำงานของโปรแกรม Studio5000 และ FactoryTalk View ME
2. ศึกษากระบวนการทำงานของระบบจาก Flow Chart และ P&I Diagram
3. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบเชื้อเพลิงหม้อเผา และทดสอบฟังก์ชันการทำงานของโปรแกรม
4. สร้างส่วน HMI และทดสอบฟังก์ชันการทำงาน
5. อัพเดตความคืบหน้ากับโรงงาน และดูการทำงานจริงของระบบ
6. FAT (Factory Acceptance Test) คือการตรวจเช็คฟังก์ชันการทำงานของระบบ โดยจะทำการทดสอบที่บริษัท
7. SAT (Site Acceptance Test) คือการตรวจเช็คฟังก์ชันการทำงานที่โรงงานก่อนการตรวจรับงาน
8. Commissioning คือการทดสอบการฟังก์ชันการทำงานร่วมกับอุปกรณ์จริง

ตารางที่ 1.1 วิธีการดำเนินการ

ลำดับที่	รายละเอียด	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ฝึกใช้โปรแกรม Studio5000 และ FactoryTalk View ME	■	■														
2	ศึกษาการทำงานของระบบ		■	■	■												
3	เขียน Logic และ Test				■	■	■										
4	เขียน HMI และ Test					■	■										
5	Update Progress							■									
6	FAT								■	■							
7	SAT										■	■	■				
8	Commissioning													■	■	■	■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ง่ายต่อการควบคุมและดูแลกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา
2. ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้เมื่อกระบวนการเกิดข้อผิดพลาด

3. ลดระยะเวลาในการดำเนินงาน
4. ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบการเกิด Alarm ย้อนหลังได้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์, Programmable logic Control (PLC), Human Machine Interface (HMI), ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง และฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.2 กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

2.2.1 ความหมายของปูนซีเมนต์

ปูนซีเมนต์มีชื่อเต็มว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีเทา ใช้เป็นส่วนสำคัญในการทำคอนกรีต เพราะมันจะทำหน้าที่เป็นตัวประสานที่ช่วยยึดหิน ทราย และเหล็ก ให้ติดแน่นเป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าไม่มีปูนซีเมนต์ยึดประสานไว้ หิน ทราย และ เหล็ก ก็อาจแตกแยกหลุดออกจากกันได้ง่าย ไม่สามารถคงรูปร่างของสิ่งก่อสร้างดังที่ต้องการ โดยคุณสมบัติพิเศษของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ได้แก่ การก่อตัวและแข็งตัวได้ในน้ำ ดังนั้น เมื่อผสมหิน ทราย ปูนซีเมนต์ และน้ำ คลุกเคล้าให้เข้ากันดี แล้วเทลงในแบบที่เตรียมไว้ ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วแกะแบบออก ก็จะได้คอนกรีตที่มีรูปร่างเหมือนแบบ

2.2.2 กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์

กรรมวิธีการผลิตปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบเปียก (Wet Process) และแบบแห้ง (Dry Process) ซึ่งมีรายละเอียดของกระบวนการผลิตแต่ละแบบดังนี้ (รูปที่ 2.1)

1) การผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียก (Wet Process)

สามารถแยกเป็นขั้นตอนเพื่อง่ายต่อการทำความเข้าใจได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 นำวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต นั่นคือ ดินขาว (Marl) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งหาได้จากแหล่งดินตามธรรมชาติมายังที่ผลิต

ขั้นตอนที่ 2 นำดินทั้งสองชนิดมาผสมกันน้ำในบ่อตีดิน (Wash Mill) แล้วกวนให้เข้ากัน

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากที่กวนเข้ากันแล้ว ก็ส่งไปบดให้ละเอียดในหม้อบดดิน (Slurry Mill) จนได้น้ำดิน (Slurry)

ขั้นตอนที่ 4 ส่งไปกรองเอาเศษหินและส่วนที่ไม่ละลายน้ำออก เหลือแต่น้ำดินที่ละ-ลายเข้ากันดี ซึ่งจะผ่านเครื่องกรองสองเครื่องคือ เครื่องกรองหยาบ และเครื่องกรองละเอียด

ขั้นตอนที่ 5 สูบน้ำดินไปเก็บพักไว้ในยุ้งเก็บ (Silo) เพื่อตรวจสอบคุณภาพและปรับ แต่งส่วนผสมให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 6 น้ำดินที่มีส่วนผสมที่ถูกต้องแล้ว จะถูกสูบไปรวมกันที่บ่อกวนดิน (Slurry Basin) เพื่อให้มีปริมาณเพียงพอ และกวนให้ส่วนผสมรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันอีกครั้งหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 7 สูบน้ำดินจากบ่อกวนดินเข้าสู่เครื่องป้อนน้ำดิบ เพื่อป้อนน้ำดิบเข้าไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) ความร้อนในหม้อเผาจะทำให้น้ำระเหยออกสู่บรรยากาศ เหลือแต่เม็ดดิน ซึ่งเมื่อให้ความร้อนต่อไปจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker)

ขั้นตอนที่ 8 ปูนเม็ด (Clinker) จะถูกลำเลียงไปตามโซ่ลำเลียงปูนเม็ด เพื่อนำไปเก็บในยุ้งเก็บปูนเม็ดรอกระบวนการต่อไป

ขั้นตอนที่ 9 เป็นขั้นตอนการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์ ทำโดยนำปูนเม็ดมาผสมกับยิปซัม (Gypsum) ที่ถูกย่อยแล้ว จากนั้นก็นำไปบดให้ละเอียดเป็นผงในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) ความละเอียดในการบดและอัตราส่วนระหว่างปูนเม็ดกับยิปซัมต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 10 จากนั้นปูนซีเมนต์จะผ่านเครื่องแยกปูนละเอียด แล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บปูนซีเมนต์ผง (Cement Silo) เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

2) การผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง (Dry Process)

ขั้นตอนที่ 1 นำวัตถุดิบหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิต นั่นคือ หินปูน (Limestone) และ ดินดาน (Shale) ซึ่งได้จากการระเบิดหินจากภูเขาหินปูนมายังที่ทำการผลิต

ขั้นตอนที่ 2 นำดินทั้งสองชนิดมาลดขนาดลงเพื่อให้เหมาะกับกระบวนการผลิตขั้นต่อไป โดยการนำมาผ่านเครื่องย่อย (Crusher) ซึ่งวัตถุดิบที่ผ่านการย่อยแล้วจะถูกนำมาเก็บไว้ที่กองเก็บวัตถุดิบ (Storage Yard) นอกจากนี้วัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติ (Corrective Materials) ซึ่งใช้เฉพาะบางตัว เพื่อให้ได้ส่วนประกอบทางเคมีตามค่ามาตรฐานที่กำหนด วัตถุดิบอื่นเหล่านี้ก็ต้องผ่านเครื่องย่อย เพื่อลดขนาดให้เหมาะสมเช่นกัน

ขั้นตอนที่ 3 ลำเลียงไปยังหม้อบดวัตถุดิน (Raw Mill) ซึ่งในหม้อบดวัตถุดิบ (Raw Mill) นี้จะบดหินปูน ดินดาน และวัตถุดิบปรับแต่งคุณสมบัติให้เป็นผงละเอียดรวมกันซึ่งเรียกว่า วัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal) โดยการควบคุมอัตราส่วนของวัตถุดิบที่ป้อนเข้าสู่หม้อบดวัตถุดิบมีความสำคัญมาก เนื่องจากอัตราส่วนของวัตถุดิบที่เหมาะสมจะทำให้วัตถุดิบสำเร็จมีคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมกับการเผาด้วย

ขั้นตอนที่ 4 หลังจากผ่านกระบวนการบดแล้ววัตถุดิบสำเร็จจะถูกลำเลียงผ่านเครื่องแยกวัตถุดิบผสมแล้ว (Cyclone) ไปยังยุ้งผสมวัตถุดิบสำเร็จ (Raw Meal Homogenizing Silo) เพื่อเก็บและผสมวัตถุดิบสำเร็จให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 จะเป็นกระบวนการเผา โดยวัตถุดิบสำเร็จจะถูกส่งไปเผาในหม้อเผาแบบหมุน (Rotary Kiln) โดยกระบวนการเผาช่วงแรกเป็น ชุดเพิ่มความร้อน (Preheater) ซึ่งจะค่อยๆ เพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุดิบสำเร็จ แล้วส่งวัตถุดิบสำเร็จไปเผาในหม้อเผา ซึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนถึง 1,200 - 1,400 องศาเซลเซียส จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีตามลำดับ จนในที่สุดกลายเป็นปูนเม็ด (Clinker)

ขั้นตอนที่ 6 เป็นการทำให้ปูนเม็ดเย็นลงโดยการนำปูนเม็ด (Clinker) ไปผ่านหม้อเย็น (Clinker cooler)

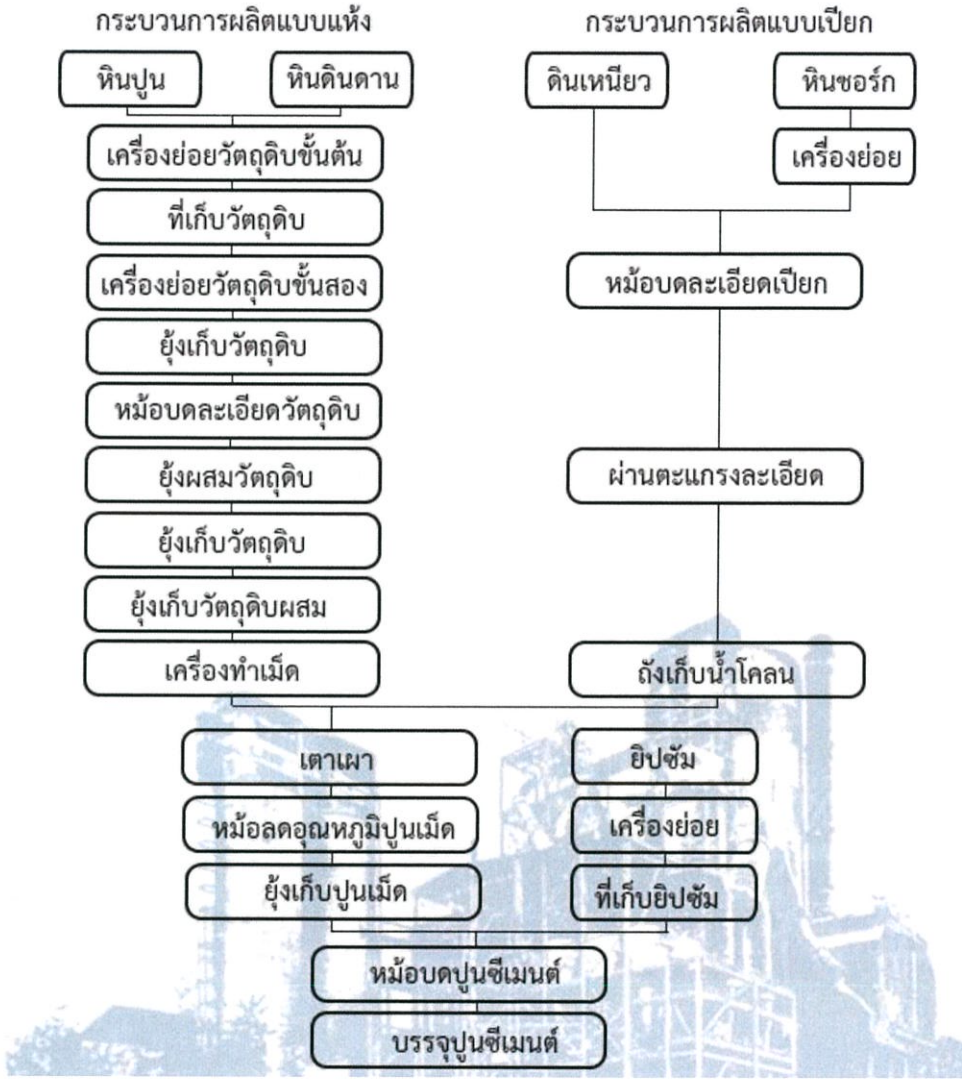
ขั้นตอนที่ 7 ลำเลียงปูนเม็ดไปเก็บไว้ที่ยุ้งเก็บเพื่อรอการบดปูนเม็ดต่อไป

ขั้นตอนที่ 8 เป็นขั้นตอนการบดปูนเม็ดให้กลายเป็นปูนซีเมนต์ ทำโดยนำปูนเม็ดมาผสมกับยิปซัม (Gypsum) ที่ถูกย่อยแล้ว จากนั้นก็นำไปบดให้ละเอียดเป็นผงในหม้อบดซีเมนต์ (Cement Mill) ความละเอียดในการบดและอัตราส่วนระหว่างปูนเม็ดกับยิปซัมต้องเหมาะสม เพื่อให้ได้ปูนซีเมนต์ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

ขั้นตอนที่ 9 จากนั้นปูนซีเมนต์จะผ่านเครื่องแยกปูนละเอียด แล้วจะถูกลำเลียงไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บปูนซีเมนต์ผง (Cement Silo) เพื่อรอการจำหน่ายต่อไป

3) ข้อแตกต่างระหว่างการผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียก และแบบแห้ง

การผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียกนี้ไม่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน เนื่องจากในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงปริมาณมากในการผลิตปูนเม็ด และยังมีอัตราการผลิตต่ำ ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ส่วนการผลิตปูนซีเมนต์แบบแห้ง ไม่ต้องใช้น้ำในการผสมวัตถุดิบ ดังนั้นจึงประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิต โดยเฉพาะค่าเชื้อเพลิง และเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์แบบเปียก และแบบแห้ง

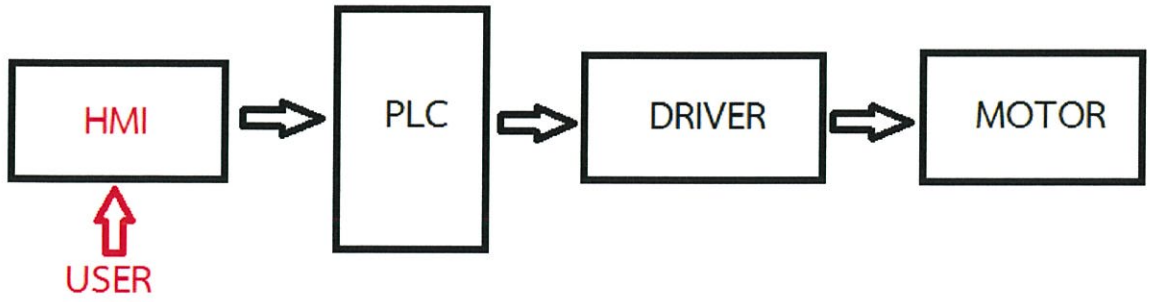
รูปที่ 2.2 Human Machine Interface (HMI)

2.3 Human Machine Interface (HMI)

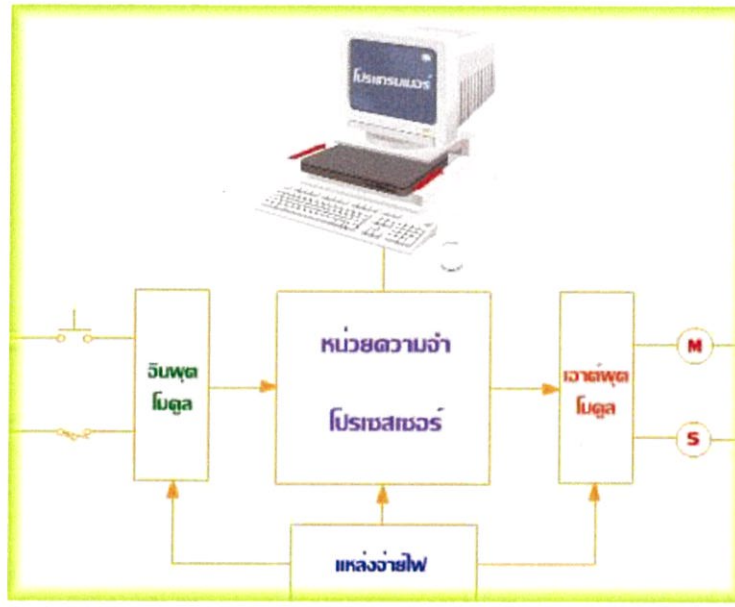
Human Machine Interface (HMI) คือ ตัวประสานงานระหว่างผู้ใช้และเครื่องจักร (รูปที่ 2.2) HMI จะเป็นตัวแสดงภาพของระบบควบคุม และเก็บข้อมูลแบบ Real-Time ทำให้สามารถติดตามกระบวนการได้อย่างใกล้ชิด จึงง่ายในการควบคุมกระบวนการ

สำหรับสายกระบวนการผลิต HMI เป็นหน่วยควบคุมที่เป็นศูนย์รวมสำหรับการผลิต ซึ่งจะบันทึกการป้อนข้อมูล และการใช้งาน เพื่อให้สามารถตรวจสอบการทำงานได้ทุกเมื่อ ซึ่ง HMI จะทำงานร่วมกับ PLC (รูปที่ 2.3) ที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการ และ HMI จะช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจกระบวนการ และควบคุมได้ง่ายขึ้น

HMI ถูกใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น โรงงาน, เครื่องจำหน่ายอัตโนมัติ, อาหารและเครื่องดื่ม, เภสัชภัณฑ์ และสาธารณูปโภค ซึ่ง HMI และพีแอลซีมักเป็นส่วนสำคัญของสายการผลิตในอุตสาหกรรมเหล่านี้ การบูรณาการ HMI เข้ากับกระบวนการการผลิตสามารถช่วยควบคุมข้อมูลทั้งระบบ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์จึงขึ้นอยู่กับผู้ใช้งาน ตัวอย่างเช่น ในโรงงานผลิตปูนซีเมนต์ HMI อาจควบคุมวาล์ว เครื่องบด เครื่องอัด และอุณหภูมิ เป็นต้น



รูปที่ 2.3 แผนภาพการประสานงานของ HMI



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของ PLC

2.4 Programmable Logic Controller (PLC)

2.4.1 ความหมายของ PLC

Programmable logic Control (PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่าง ๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่าง ๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจร หรือแบบของการควบคุมได้ โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่นเครื่องอ่านบาร์โคด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand alone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น (รูปที่ 2.4)

2.4.2 Programmable logic Control (PLC)

PLC เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิด – สเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของ PLC จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานแล้ว PLC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก PLC ใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือ

กว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

2.5 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 โปรแกรม RSLogix 5000

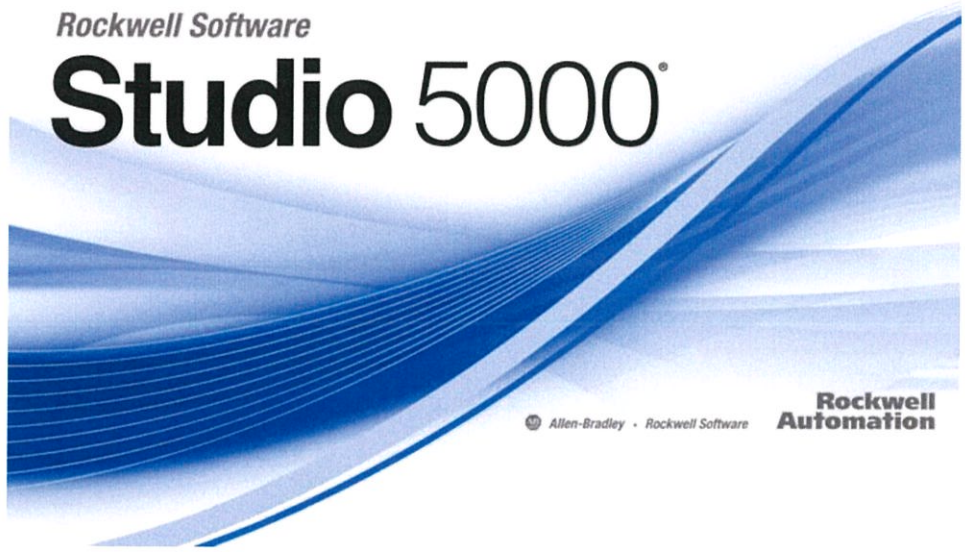
RSLogix™ Family สร้างขึ้นภายใต้มาตรฐาน IEC-61131-compliant ladder logic program ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดียิ่งขึ้น เพื่อดำเนินงานร่วมกับระบบปฏิบัติการ Microsoft Window®

Studio 5000 Logix Designer เป็นหนึ่งในแอพพลิเคชั่นที่ใช้ในการ Configure, เขียนโปรแกรม และควบคุมอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของ Allen-Bradley® Logix 5000 Family ซึ่งรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ง่ายจะช่วยให้ผู้ใช้ออกแบบและควบคุมระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Studio 5000 Logix Designer เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้หลากหลายระบบ (รูปที่ 2.5) ไม่ว่าจะเป็น safety motion, drives, process และยังสามารถแยกส่วนการการควบคุมเพื่อช่วยให้ใช้งานได้ง่ายขึ้นดังนี้ ช่วย Configure Device เข้ากับส่วนกราฟิก โดยการสร้างแท็กอัตโนมัติ, เขียนโปรแกรมได้หลายภาษา, สามารถสร้างการป้องกันการเข้าถึงได้หลายระดับ ซึ่ง Studio 5000 Logix Designer เป็นซอฟต์แวร์สำหรับเขียนพีแอลซี Allen Bradley ตระกูล ControlLogix 5570, ControlLogix 5580, CompactLogix 5370, CompactLogix 5380, CompactLogix 5480

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม Studio 5000 Logix Designer ควรมีคุณลักษณะดังนี้

- คอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยซีพียู 2.8 GHz Intel Core i5 หรือสูงกว่า
- หน่วยความจำ RAM 8 GB ขึ้นไป
- พื้นที่ว่างที่ต้องการบนฮาร์ดดิสก์ 20 GB ขึ้นไป
- จอภาพ DirectX 9 พร้อมโปรแกรมควบคุม WDDM 1.0 หรือสูงกว่า
- รองรับระบบปฏิบัติการ Microsoft® Windows® 7 Professional (64-bit) with Service Pack 1, Microsoft 7 Home Premium (32-bit) with Service Pack 1, Microsoft Windows Server 2008 R2 Standard Edition with Service Pack 1, Microsoft Windows 8 Professional (64-bit), Microsoft Windows 8.1 Professional (64-bit), and Microsoft Windows Server 2012 Standard Edition (server version of Windows 8)



รูปที่ 2.5 โปรแกรม Studio 5000 Logix Designer

2.5.2 โปรแกรม FactoryTalk® View Machine Edition (ME)

FactoryTalk® View Machine Edition (ME) เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม HMI (รูปที่ 2.6) ที่มีระบบปฏิบัติการเฉพาะทาง และมีติดต่อสื่อสารระว่างผู้ใช้และเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งโปรแกรม FactoryTalk® View ME สามารถสื่อสารกันข้าม Platfrom ได้ และยังเป็นระบบปฏิบัติการ HMI แบบ Stan-alone ที่สามารถทำงานได้บน PanelView™ Plus 7, PanelView™ Plus 6, MobileView™ terminal

ลักษณะการทำงาน

- สามารถกำหนดแท็ก แล้วอ้างอิงได้ทั้งแอพลิเคชัน
- สามารถเข้าถึงแท็กข้อมูลในตัวควบคุมได้โดยตรง
- มีกราฟิกที่เต็มรูปแบบ กับเครื่องมือแก้ไขที่มีประสิทธิภาพ
- สามารถจำลองการทำงานที่สร้างได้บนโปรแกรม
- มีการบันทึกข้อมูล และแสดงแนวโน้มได้
- สามารถจำกัดการเข้าถึงของผู้ใช้ได้
- มี Alarm ที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับตัวควบคุมได้

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้ร่วมกับโปรแกรม FactoryTalk® View ME ควรขนาดใหญ่เพียงพอสำหรับความต้องการของแต่ละส่วนประกอบดังนี้

- คอมพิวเตอร์ประมวลผลด้วยซีพียู 2.4GHz Intel Core 2 Duo หรือสูงกว่า
- หน่วยความจำ RAM 1 GB ขึ้นไป
- รองรับระบบปฏิบัติการ Windows 7 SP 1 Enterprise Edition, Windows 7 SP 1 Ultimate Edition, Windows 7 Ultimate Professional with Service Pack 1, Windows 8 Professional 32-bit or 64-bit, Windows 8 Enterprise Edition 32-bit and 64-bit, Windows 8.1 Professional 32-bit or 64-bit, Windows 8.1 Enterprise Edition 32-bit and 64-bit, Windows

Server 2008 R2 Enterprise Edition, Windows Server 2012 Std (64-bit), Windows Server 2012 R2 Std (64-bit)

รูปที่ 2.6 โปรแกรม FactoryTalk® View Machine Edition (ME)

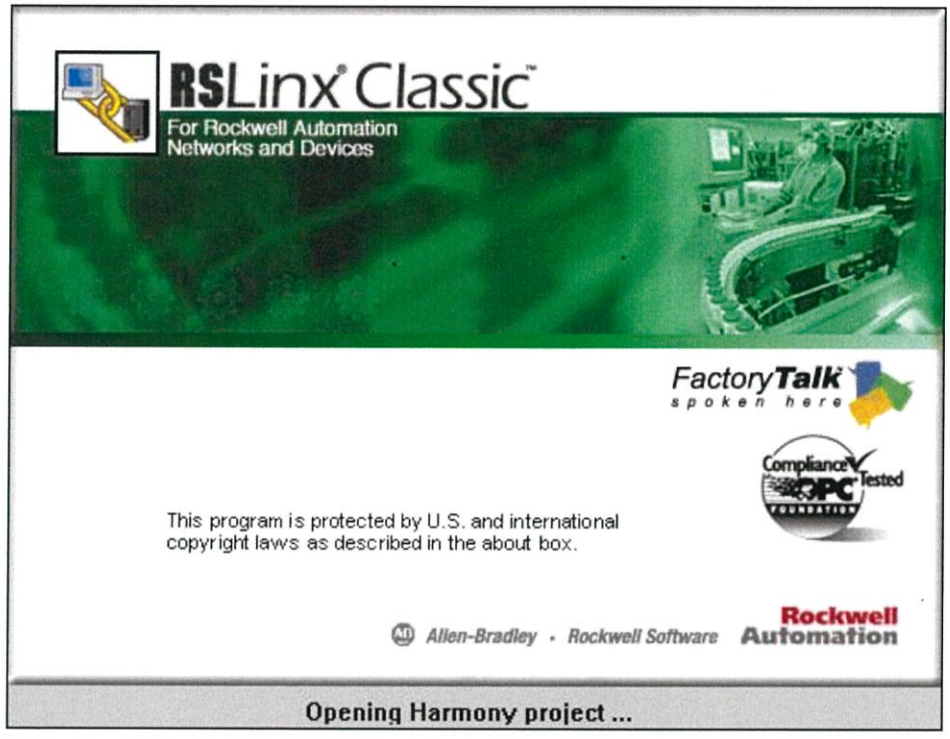
2.5.3 โปรแกรม RSLinx® Classic

RSLinx® Classic (รูปที่ 2.7) เป็นซอฟต์แวร์ที่สามารถเรียกดูอุปกรณ์ในเครือข่าย กำหนดค่าและวิเคราะห์อุปกรณ์ภายในเครือข่ายได้ ซึ่งเชื่อมต่อกับหน้าจอ HMI หรือ SCADA ผ่าน Classic OPC DA v2.05a หรือ Dynamic Data Exchange (DDE) Data Server และสื่อสารกับพีแอลซีโดยใช้โปรโตคอล EtherNet/IP ทำให้สามารถมองเห็น IP อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันอยู่

RSLinx® Classic สามารถใช้ร่วมกับระบบปฏิบัติการ Microsoft® ไม่ว่าจะเป็น

- Windows 7 Home Premium, Professional, Enterprise and Ultimate SP1 32 and 64 bit
- Windows Embedded Standard 7 SP1
- Windows 8 Core, Professional, Enterprise 32 and 64 bit
- Windows 8.1 Core, Professional, Enterprise 32 and 64 bit
- Windows Server 2008 R2 SP1 Standard and Enterprise
- Windows Server 2012 Standard and Datacenter
- Windows Server 2012 R2 Standard and Datacenter
- Windows 10 Professional
- Windows 10 Enterprise

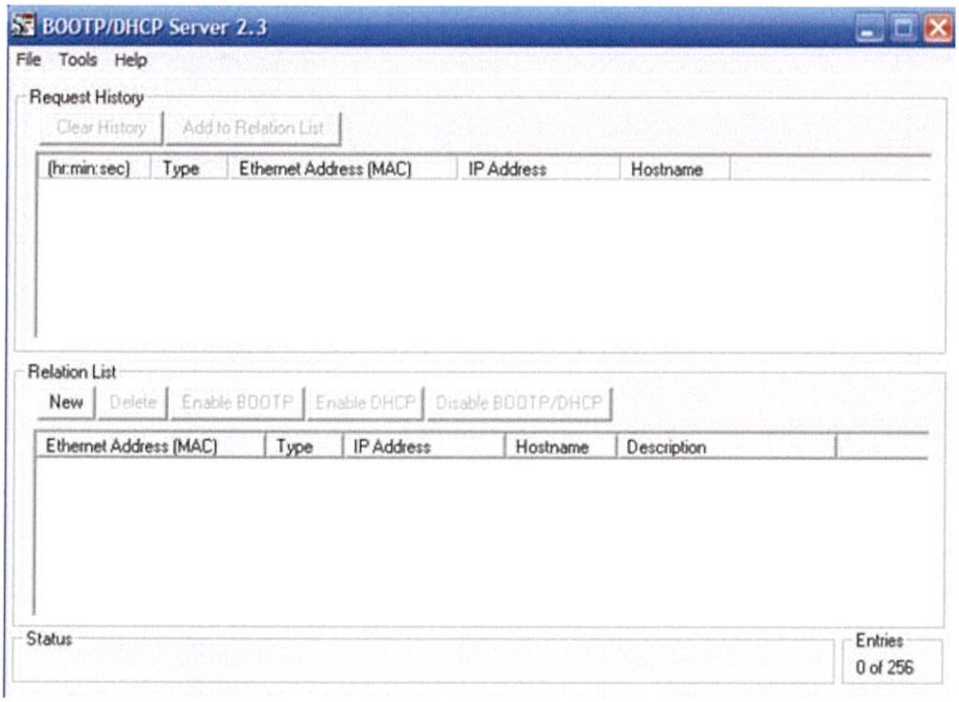
- Windows 10 IoT Enterprise
- Windows Server 2016
- Microsoft dotNET 4.6
- Ethernet, USB or a Rockwell Automation Network Interface



รูปที่ 2.7 โปรแกรม RSLinx® Classic

2.5.4 โปรแกรม BOOTP-DHCP Server

Bootstrap Protocol (BOOTP) เป็นโปรโตคอลสำหรับการกำหนดค่าหรือเปลี่ยนแปลง IP address ให้กับ Hardware โดยจับคู่กับผ่าน MAC Address ของอุปกรณ์ ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ Ethernet และ Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) เป็นโปรโตคอลที่ใช้ในการจัดการ IP address ให้เป็นแบบ static address หรือ dynamic address ทำให้สามารถจัดการ IP address ของพีแอลซีได้ตามความต้องการ (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 โปรแกรม BOOTP-DHCP Server

2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 PLC CompactLogix 5370 L1

CompactLogix™ 5370 Controllers L1 (รูปที่ 2.9) คือพีแอลซีที่เป็นส่วนหนึ่งในระบบ Integrated Architecture® ซึ่งพีแอลซีนี้จะรวมระบบความปลอดภัย, ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม , Network Protocol และข้อมูลของพีแอลซีทั้งหมด ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้ลดต้นทุน วิเคราะห์และแก้ไขปัญหาได้ง่าย เหมาะสำหรับการใช้งานขนาดกลาง

CompactLogix™ 5370 Controllers L1 ใช้พอร์ต Dual Ethernet และมี Ethernet switch ซึ่งสนับสนุนโครงสร้างการเชื่อมต่อแบบ Device Level Ring (DLR) การเชื่อมต่อแบบ DLR ช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของเครือข่าย และลดการใช้ Ethernet switch

คุณสมบัติและประโยชน์ของ CompactLogix™ 5370 Controllers L1 มีโครงสร้างที่ยืดหยุ่นสำหรับ POINT I/O™ modules ที่มีขนาดกะทัดรัด และราคาที่ไม่แพง ซึ่งผู้ผลิตและผู้ใช้สามารถใช้ประโยชน์จากระบบโครงสร้างแบบผสมผสานด้วยคุณลักษณะต่อไปนี้

- เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็ก ที่มีจำนวน POINT I/O ต่ำ
- สนับสนุนการเชื่อมต่อบน EtherNet/IP
- สนับสนุนโครงสร้างเครือข่ายแบบ Device Level Ring (DLR) ซึ่งช่วยให้เครือข่ายมีความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้น
- มีแบตเตอรี่ในตัว
- มีการ์ด 2-GB Secure Digital (SD) สำหรับการบันทึก และคืนค่าของโปรแกรมที่รวดเร็ว
- สนับสนุนกลศาสตร์แบบ 2 แกน
- มีซอกเกตที่สนับสนุน Modbus TCP เช่นเครื่องพิมพ์ เครื่องอ่านบาร์โค้ด

รูปที่ 2.9 CompactLogix™ 5370 Controllers L1

รูปที่ 2.10 PanelView™ Plus 7 Graphic Terminals

2.6.2 PanelView Plus 7 Graphic

PanelView™ Plus 7 Graphic Terminals (รูปที่ 2.10) เป็นรุ่นมาตรฐาน มีหน้าจอแสดงผลขนาด 4-19 นิ้ว ซึ่งสามารถใช้โปรแกรม FactoryTalk® View Machine Edition ในการสร้างแอพลิเคชั่นช่วยในการกำหนดค่า และช่วยให้ระบบ Integrated Architecture สมบูรณ์ยิ่งขึ้น มีการเชื่อมต่อผ่านสาย Ethernet และยังสามารถควบคุมระยะไกลได้ผ่านการเชื่อมต่อ VNC

คุณสมบัติและประโยชน์ของ PanelView™ Plus 7 Graphic Terminals

- หน้าจอมีขนาดตั้งแต่ 4-19 นิ้ว เพื่อตอบสนองการใช้ที่หลากหลาย
- มีความหนาน้อยกว่า 2 นิ้ว เพื่อประหยัดพื้นที่ และลดต้นทุนตู้ควบคุม

- พอร์ต Ethernet ที่รองรับโครงสร้างการเชื่อมต่อไม่ว่าจะเป็น device-level ring, linear หรือ star

- สามารถตรวจสอบการทำงานจากการควบคุมระยะไกลผ่านการเชื่อมต่อ VNC

2.6.3 Ethernet Network

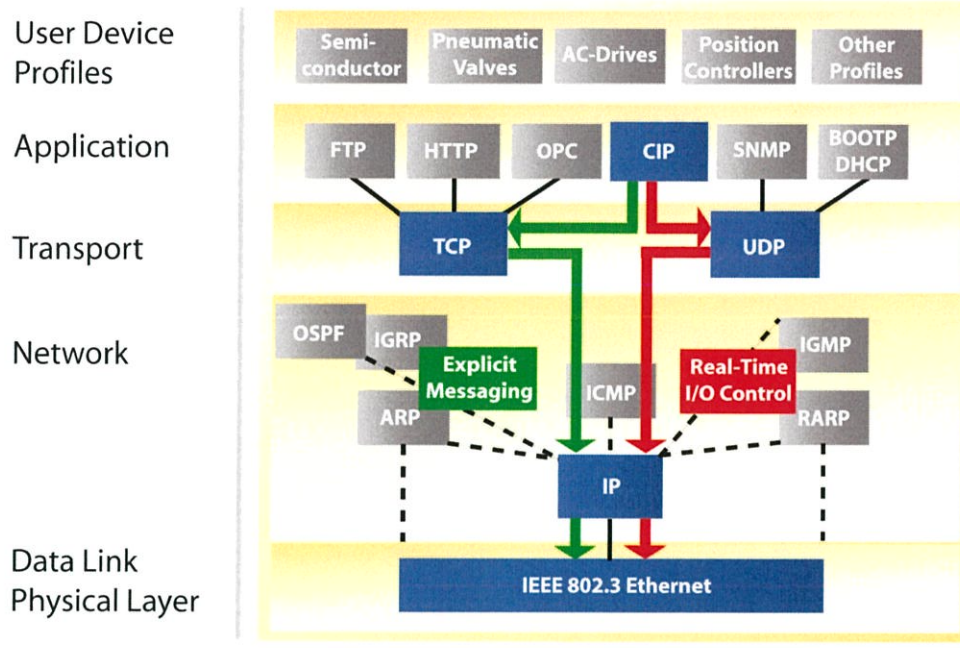
ในช่วงเริ่มต้นนั้นอีเธอร์เน็ตเป็นลิขสิทธิ์ของบริษัทซีร็อกซ์เพียงบริษัทเดียวเท่านั้น ต่อมามาตรฐานอีเธอร์เน็ตที่มีความเร็ว 10 Mbps ได้ประกาศใช้เมื่อปี 1980 โดยความร่วมมือของ 3 บริษัทคือ Xerox Corporation, Digital Equipment Corporation (DEC) และ Intel หรือเรียกสั้นๆว่า DIX และในขณะเดียวกัน IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) ก็ได้พัฒนามาตรฐานของอีเธอร์เน็ตเช่นกันคือ มาตรฐาน IEEE802.3 ซึ่งได้พัฒนามาจาก DIX อีกต่อหนึ่ง มาตรฐาน IEEE ถูกตีพิมพ์ครั้งแรกในปี 1985 และต่อมา ISO (International Organization for Standardization) ก็ได้ยอมรับเอามาตรฐาน IEEE 802.3 ไปเป็นมาตรฐานอีเธอร์เน็ตนานาชาติ ทำให้บริษัทต่างๆ สามารถผลิตอุปกรณ์อีเธอร์เน็ตได้โดยไม่ต้องเสียค่าลิขสิทธิ์ หลังจากนั้นทำให้การใช้งานอีเธอร์เน็ตแพร่หลายไปทั่วโลกอย่างรวดเร็ว จนกลายเป็นเทคโนโลยีเครือข่ายยอดนิยมในปัจจุบัน

หลังจากที่ IEEE 802.3 (รูปที่ 2.11) ได้ถูกเผยแพร่ออกไปนั้น ก็ได้มีการพัฒนามาตรฐานเรื่อยมา มาตรฐานแรกนั้นจะใช้สายโคแอ็กซ์แบบหนา (Thicknet) และต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้สายโคแอ็กซ์แบบบาง (Thinnet) หลังจากนั้นก็ได้พัฒนาสายสัญญาณอื่นๆ เช่น สายคู่เกลียวบิดและสายไฟเบอร์ เป็นต้น และได้มีการปรับปรุงความเร็วมาเป็น 100 Mbps และ 1000 Mbps ปัจจุบันมาตรฐานล่าสุดความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลอยู่ที่ 10 Gbps

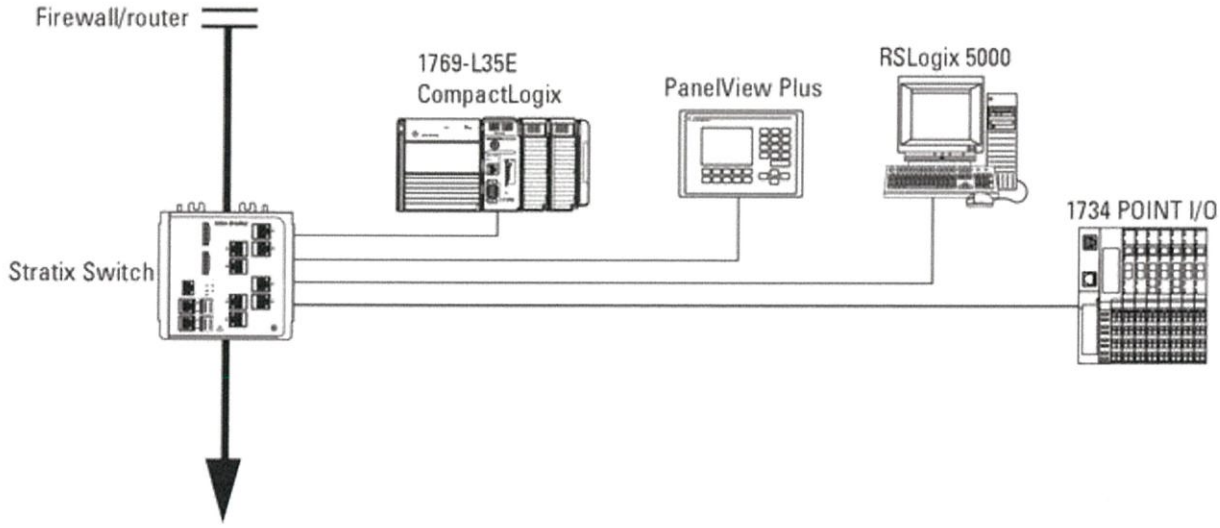
อีเธอร์เน็ตจะใช้เทคนิคในการรับส่งข้อมูลที่เรียกว่า CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection) ซึ่งก็คือในการส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง จะทำได้เพียงครั้งละคนเท่านั้น หากมีการส่งข้อมูลมากกว่า 1 คนพร้อม ๆ กันจะทำให้ข้อมูลชนกันและนำมาใช้ไม่ได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้เรียกว่าการเกิด “Collision” ซึ่งอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ จะมีความสามารถในการตรวจสอบการเกิด Collision จึงเป็นที่มาของคำว่า “Collision Detection” และเมื่อเกิด Collision ขึ้นคอมพิวเตอร์แต่ละตัวนั้นจะต้องมีการหยุดรอเพื่อส่งข้อมูลใหม่ โดยช่วงระยะเวลาที่แต่ละคนต้องหยุดรอเพื่อส่งข้อมูลใหม่นั้นจะอาศัยการคำนวณทางสถิติแบบสุ่ม (Random) ซึ่งโอกาสที่จะกลับมาส่งข้อมูลพร้อมกันอีกจึงมีน้อยมาก อย่างไรก็ตามหากเกิด Collision ขึ้นอีกก็ใช้วิธีหยุดรอเพื่อส่งข้อมูลใหม่อีกหนึ่งรอบ นอกจากนี้เพื่อลดโอกาสการเกิด Collision คอมพิวเตอร์จึงมีความสามารถในการตรวจสอบว่าปัจจุบันมีใครกำลังส่งข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้ามีจะไม่ส่งข้อมูลเข้าไปรบกวน ซึ่งเรียกว่า Carrier Sense นั่นเอง

ตัวอย่างโครงสร้างการเชื่อมต่อของเครือข่ายอีเธอร์เน็ตกับอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

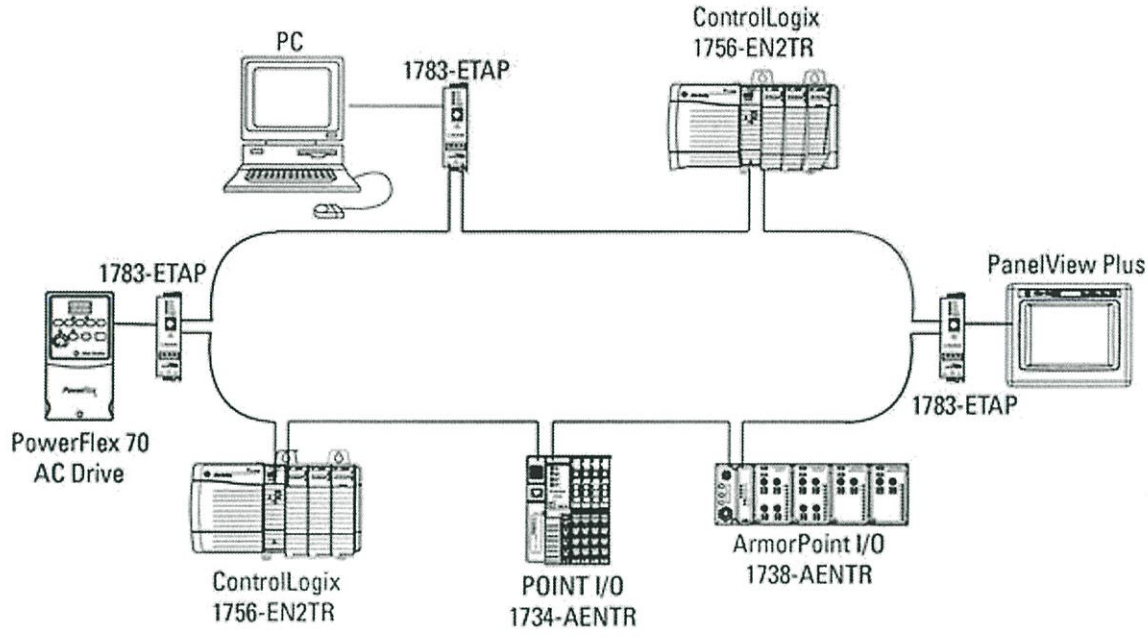
- Star Topology (รูปที่ 2.12)
- Ring Topology (รูปที่ 2.13)
- Linear Topology (รูปที่ 2.14)



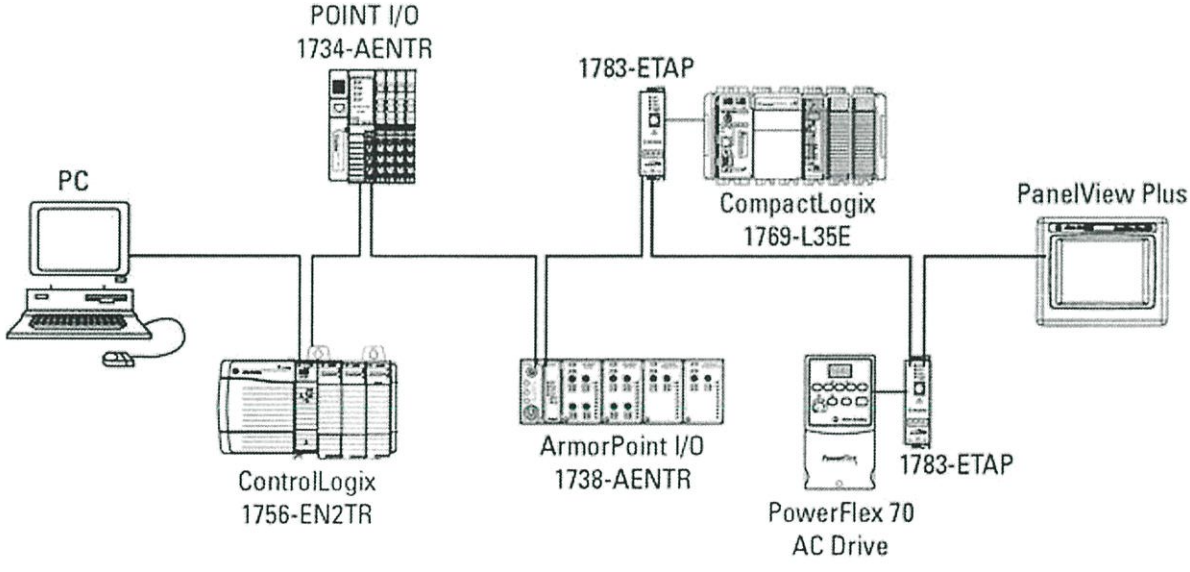
รูปที่ 2.11 IEEE 802.3 Model



รูปที่ 2.12 Star Topology



รูปที่ 2.13 Ring Topology



รูปที่ 2.14 Linear Topology

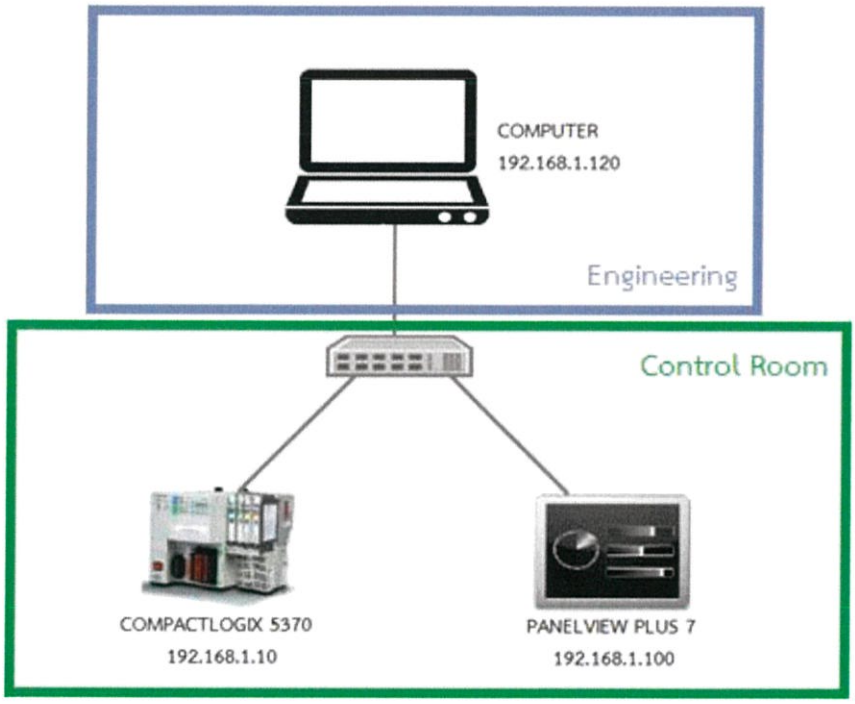
บทที่ 3
วิธีการดำเนินการ

3.1 กล่าวนำ

วิธีการดำเนินการจะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบการทำงาน, เงื่อนไขการทำงานของระบบ, ส่วนการสร้างโปรแกรมควบคุม และส่วนการสร้างโปรแกรมแสดงผล

3.2 โครงสร้างของระบบ

การอัพเกรดเอชเอ็มไอและการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผานั้น ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดวาล์วแต่ละตัวในระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา และส่วนการแสดงผลการทำงานของระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา ซึ่งมีโครงสร้างการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.1



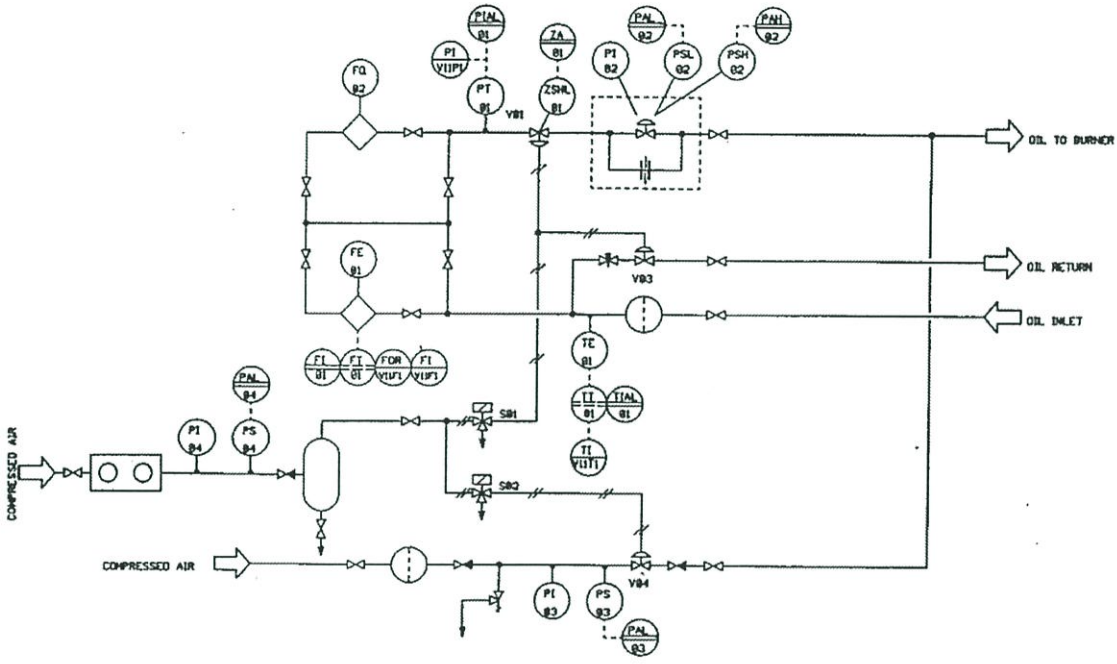
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการเชื่อมต่อของโปรแกรมควบคุมและแสดงผล

ส่วนโปรแกรมควบคุม อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม คือ PLC CompactLogix 5370 ของ Allen-Bradley ซึ่งการที่จะสามารถออกแบบโปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ทั้งระบบได้นั้น จำเป็นต้องรู้การทำงานของระบบโดยละเอียด ซึ่งสามารถศึกษาได้จาก Flow Chart การทำงานของระบบเชื้อเพลิงหม้อเผา และนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมบนโปรแกรม Studio 5000

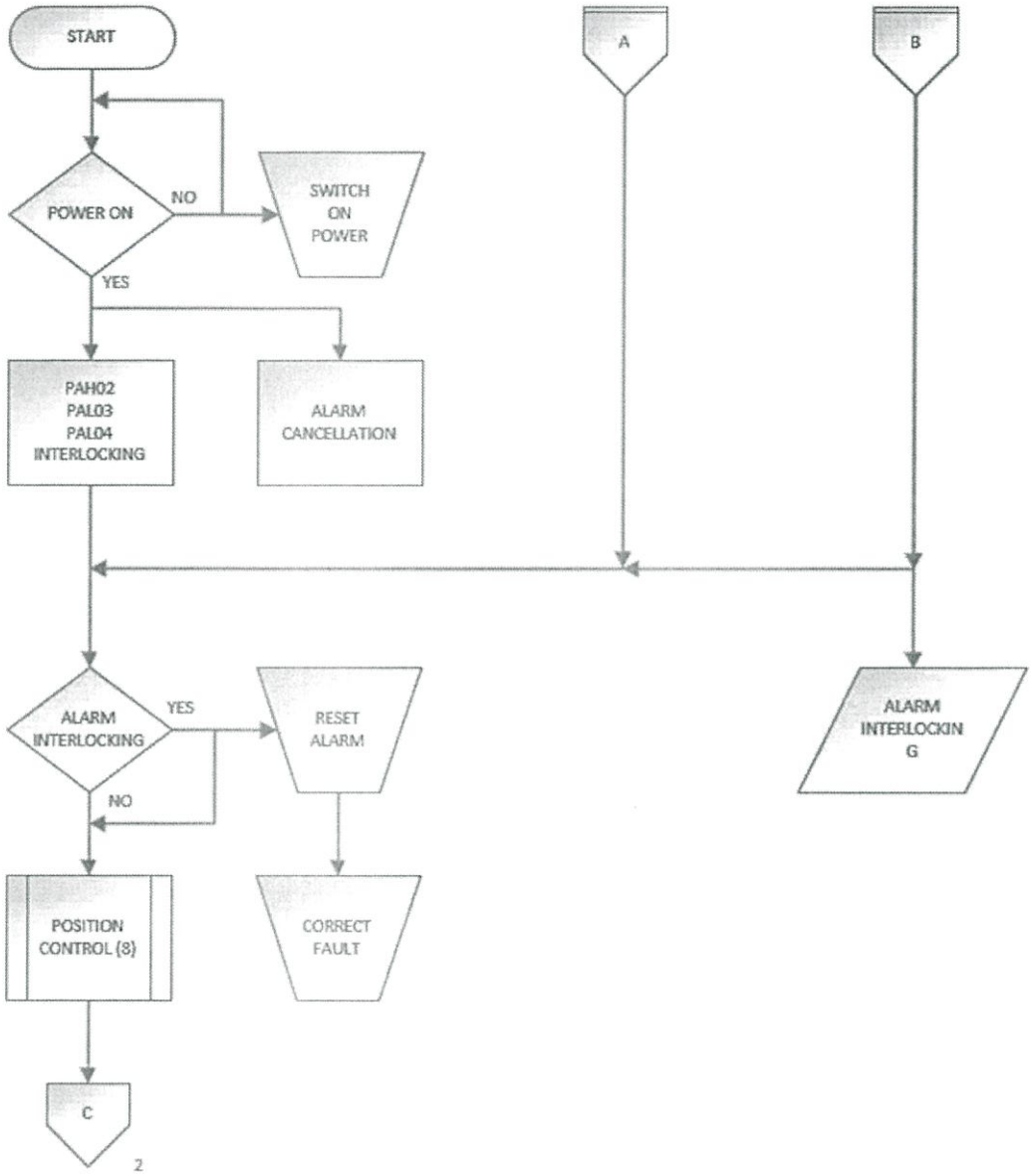
ส่วนการแสดงผล เป็นส่วนที่ถูกพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นการทำงานของระบบและยังสามารถบอกสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งทำให้ง่ายในการควบคุมการทำงาน และการซ่อมแซมอุปกรณ์ โดยใช้หน้าจอแสดงผล PanelView Plus 7 ของ Allen-Bradley

3.3 เงื่อนไขการทำงานของระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา

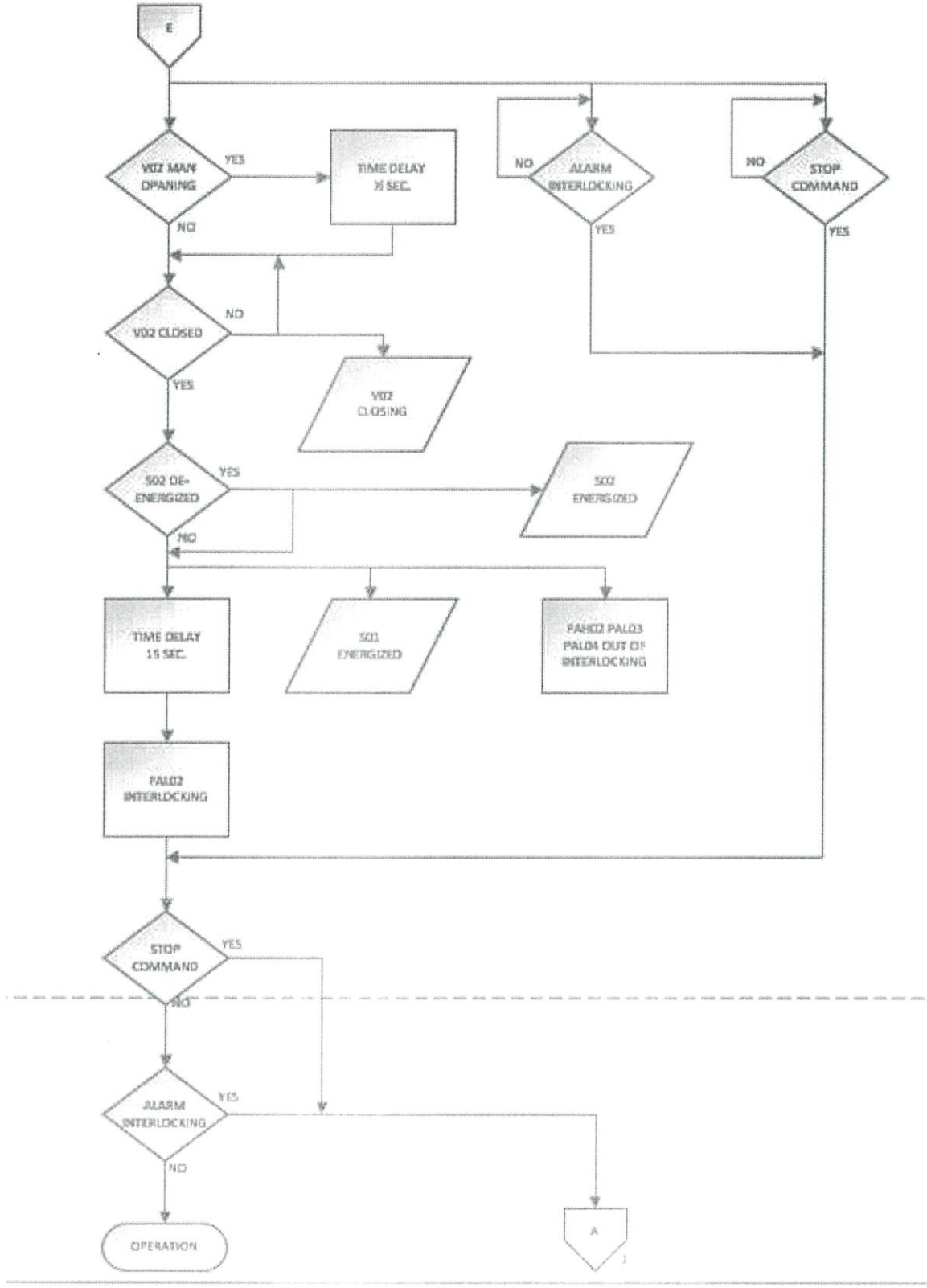
ระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผานั้นจะทำงานแค่ระยะเวลาสั้นๆ ช่วงเริ่มจุดเตาเผา ซึ่งการจุดเชื้อเพลิงแข็งนั้นทำได้ยากและต้องใช้พลังงานเยอะ โรงงานผลิตปูนซีเมนต์แห่งนี้จึงใช้เชื้อเพลิงเหลวในการช่วยจุดเชื้อเพลิงแข็งที่อยู่ในเตาเผาหรือเรียกอีกชื่อว่า หม้ออุ่นเตาเผา ซึ่งเชื้อเพลิงเหลวที่ใช้คือ น้ำมันเตา การใช้เชื้อเพลิงเหลวนั้นจะต้องคำนึงถึงความหนืดของเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งจำเป็นต้องมีการตรวจเช็คอุณหภูมิ ความดัน และอัตราการไหลของเชื้อเพลิงเหลวในท่อ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าน้ำมันเตานั้นอยู่ในสถานะที่เหมาะสมที่ทำให้เชื้อเพลิงแข็งจุดติดได้ง่าย



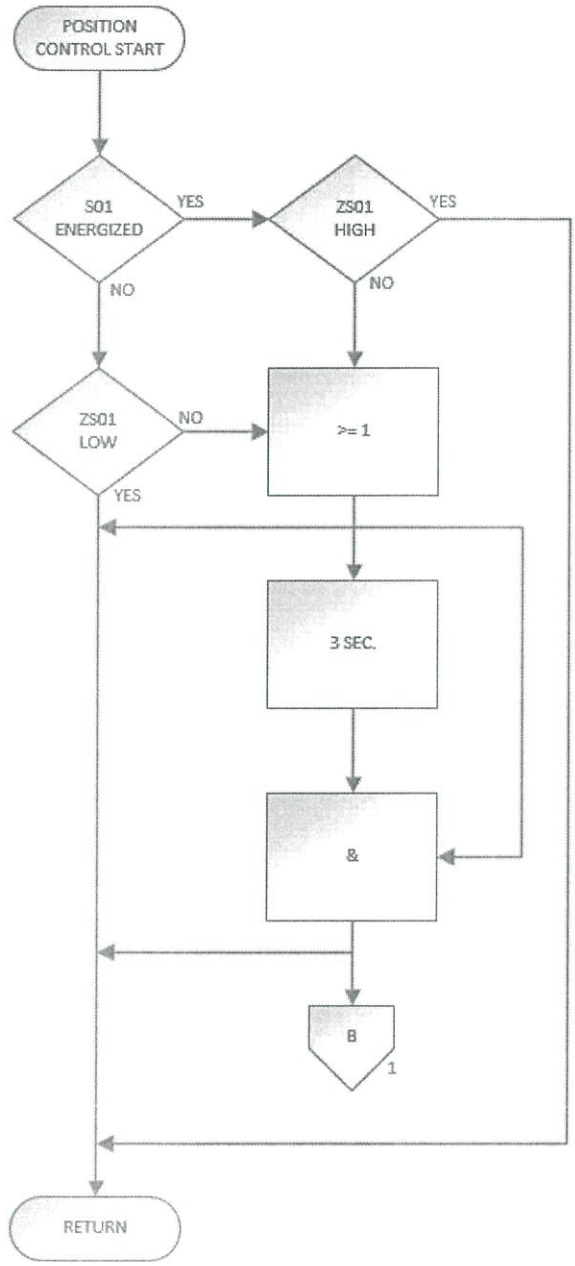
รูปที่ 3.2 P&I Diagram ของระบบจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา


START
A
B
POWER ON
NO
SWITCH ON POWER
YES
PAH02
PAL03
PAL04
INTERLOCKING
ALARM CANCELLATION
ALARM INTERLOCKING
YES
RESET ALARM
NO
ALARM INTERLOCKIN G
POSITION CONTROL (8)
CORRECT FAULT
C
2

(ก)


E
V02 MAN OPANING
YES
TIME DELAY 30 SEC.
NO
ALARM INTERLOCKING
NO
YES
STOP COMMAND
NO
YES
V02 CLOSED
NO
YES
V02 CLOSING
S02 DE-ENERGIZED
YES
NO
S02 ENERGIZED
TIME DELAY 15 SEC.
S01 ENERGIZED
PA402 PA403 PA404 OUT OF INTERLOCKING
PA402 INTERLOCKING
STOP COMMAND
YES
NO
ALARM INTERLOCKING
YES
NO
OPERATION
A

(ข)



(ค)

รูปที่ 3.3 Flowchart บางส่วนของระบบ

การศึกษาเงื่อนไขการทำงานของระบบการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา จะเริ่มด้วยการทำความเข้าใจระบบจาก P&I Diagram (รูปที่ 3.2) และจาก Flowchart (ภาคผนวก ก) ซึ่งในที่นี่จะยก Flowchart มาเพียง 3 ส่วนเท่านั้น ซึ่งเงื่อนไขการทำงานในส่วนแรกนั้นจะเป็นการตรวจเช็คการเกิด Alarm ก่อนเริ่มการทำงาน (รูปที่ 3.3ก) ในส่วนที่ 2 จะพูดถึงการทำงานของ Blow Clean ในโหมด Auto และ Man (รูปที่ 3.3 ข) และในส่วนสุดท้ายเป็นการเปิดปิด Control Valve (รูปที่ 3.3ข) ต่อมาเราก็สามารถระบุอินพุทและ

เอาท์พุทของอุปกรณ์ได้ เพื่อให้สามารถนำไปเขียนโปรแกรมควบคุมบนโปรแกรม Studio 5000 และสามารถเชื่อมโยงกับกราฟิก HMI บนโปรแกรม FactoryTalk View ได้ (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 อินพุทและเอาท์พุทของโปรแกรม

ID	Description	Data File	HMI Tag	I/O Type
1	Start Command CCS2	Local:1:I.Data.4	S02	DI
2	Oil Spindle U3 Towards Min.	Local:1:I.Data.5	U3_MIN	DI
3	Oil Spindle U3 Towards Max.	Local:1:I.Data.6	U3_MAX	DI
4	Oil Spindle U3 In Min. POS.	Local:1:I.Data.7	U3_POS	DI
5	Valve V01 Closed	Local:1:I.Data.8	V01_Closed	DI
6	Valve V01 Open	Local:1:I.Data.9	V01_Open	DI
7	Oil Press High PAH02	Local:1:I.Data.10	PAH02	DI
8	Oil Press Low PAL02	Local:1:I.Data.11	PAL02	DI
9	Oil Press Low PAL03	Local:1:I.Data.12	PAL03	DI
10	Oil Press Low PAL04	Local:1:I.Data.13	PAL04	DI
11	Solenoid Valve Y1 V01 Open	Local:1:O.Data.0	Y1_Open	DO
12	Solenoid Valve Y2 Blowing Clean	Local:1:O.Data.1	Y2_BC	DO
13	Valve V03 Open	Local:1:O.Data.2	V03_Open	DO
14	Valve V03 Close	Local:1:O.Data.3	V03_Close	DO
15	Operation CCS7	Local:1:O.Data.4	CCS7	DO
16	Alarm Pre-Warning to CCS8	Local:1:O.Data.5	CCS8	DO
17	Alarm Interlock CCS9	Local:1:O.Data.6	CCS9	DO
18	Operation Feed-Back to CCS10	Local:1:O.Data.7	CCS10	DO
19	Oil Spindle U3 In Min. POS. CCS11	Local:1:O.Data.8	CCS11	DO
20	Oil Pressure	Local:2:I.Ch0Data	AI_Raw_1	AI
21	Oil Flow	Local:2:I.Ch1Data	AI_Raw_2	AI
22	Oil Temperature	Local:2:I.Ch3Data	AI_Raw_3	AI
23	Oil Spindle Speed	Local:2:I.Ch4Data	AI_Raw_4	AI
24	Oil Pressure	Local:4:O.Ch0Data	Oil_Pressure	AO
25	Oil Flow	Local:4:O.Ch1Data	Oil_Flow	AO
26	Oil Temperature	Local:4:O.Ch2Data	Oil_Temperature	AO
27	Oil Spindle Speed	Local:4:O.Ch3Data	Oil_Spindle_speed	AO

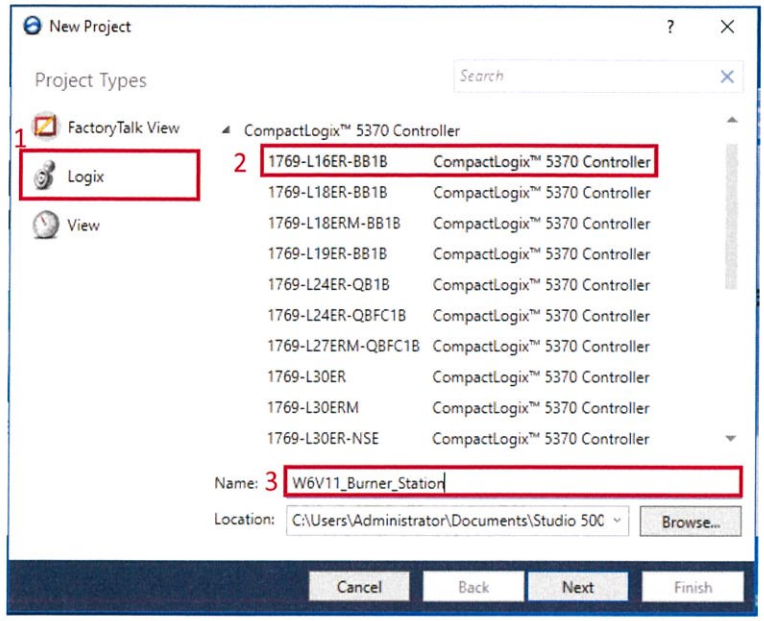
3.4 ส่วนโปรแกรมควบคุม

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา ด้วยโปรแกรม Studio 5000 โดยจะต้องคงเงื่อนไขการทำงานไว้เหมือนเดิม และให้มีโหมดควบคุมการทำงานสำหรับการจ่ายน้ำมันเตา 2 โหมด คือ การทำงานในโหมดอัตโนมัติ (Auto Mode) และโหมดควบคุมด้วยมือ (Man Mode)

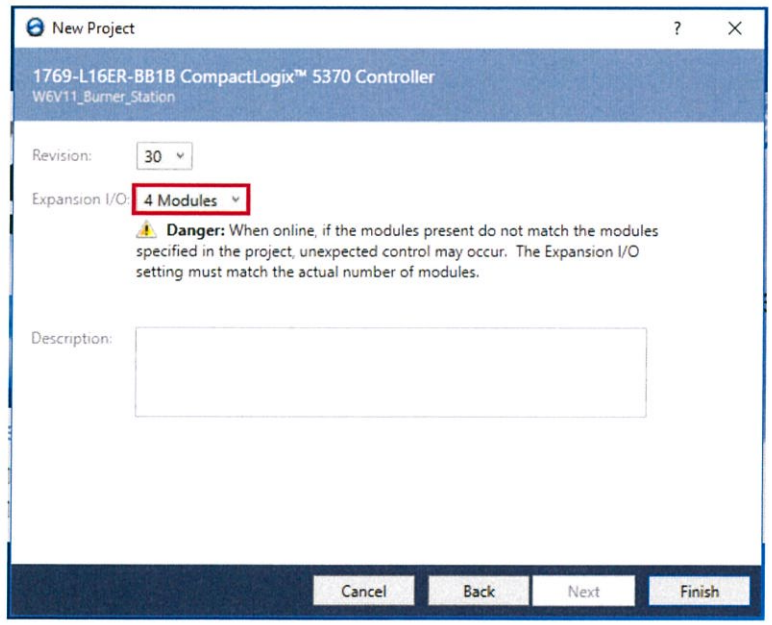
หลังจากทราบรายการอินพุทและเอาท์พุทของอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบที่ต้องการควบคุม และสร้าง Tag สำหรับโปรแกรมควบคุมบนโปรแกรม Studio 5000 โดยใช้ PLC ControlLogix 5370 ซึ่งขั้นตอนการสร้างโปรแกรมควบคุมมีขั้นตอนดังนี้

รูปที่ 3.4 การสร้างโปรเจคใหม่บนโปรแกรม Studio 5000

3.4.1 สร้างโปรเจคสำหรับโปรแกรมควบคุม โดยการเปิดโปรแกรม Studio 5000 แล้วเลือก New Project (ดังรูปที่ 3.4) จากนั้น Project Types ให้เลือกเป็น Logix เสร็จแล้วเลือกรุ่นของพีแอลซีที่ต้องการ แล้วกำหนดชื่อของโปรเจค (ดังรูปที่ 3.5) และทำการเพิ่ม I/O Modules จำนวน 4 Modules (ดังรูปที่ 3.6) และคลิก Finish เพื่อทำการสร้างโปรเจค

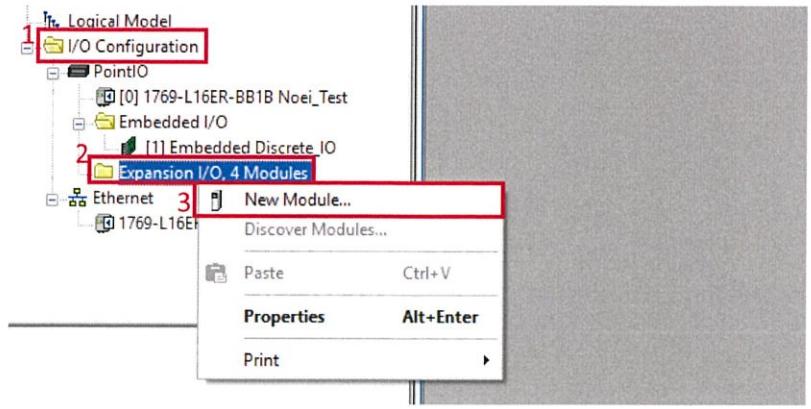


รูปที่ 3.5 การเลือกรุ่น PLC สำหรับโปรเจค

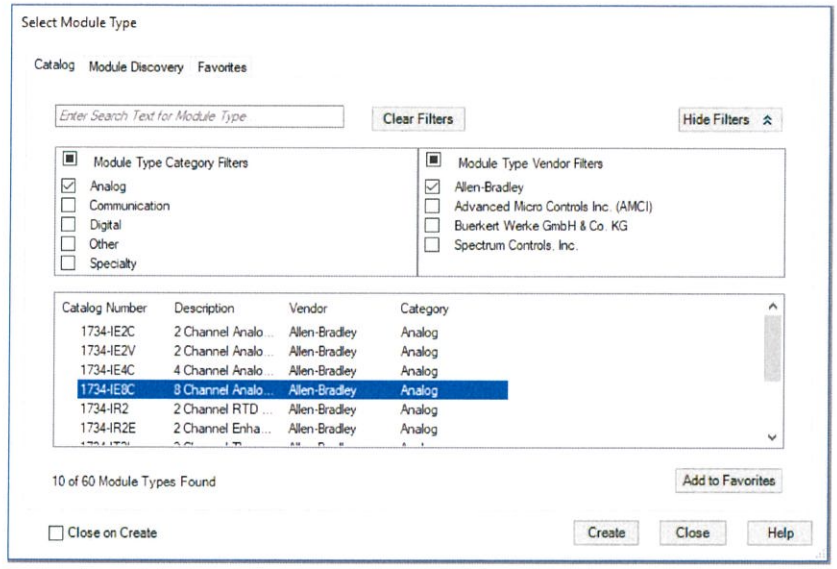


รูปที่ 3.6 กำหนด I/O Modules

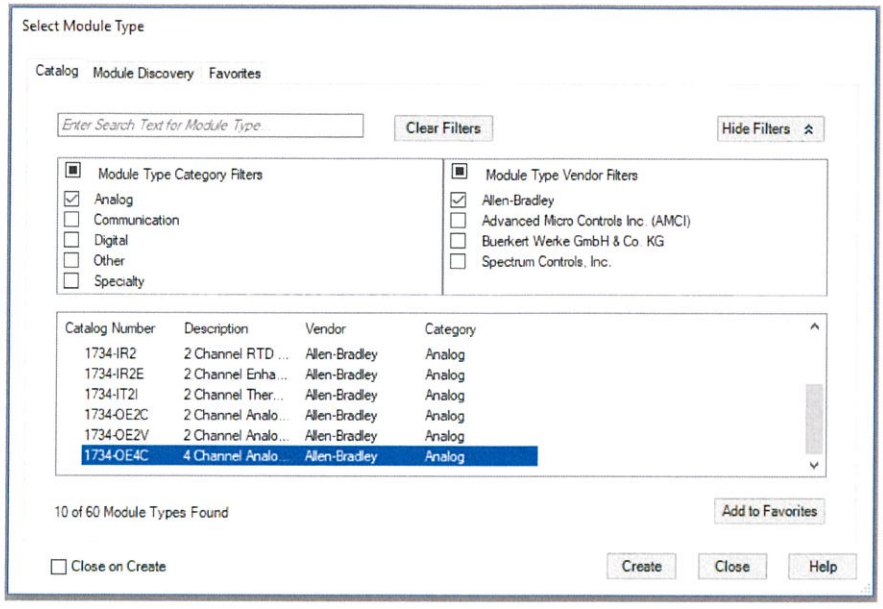
3.4.2 ทำการกำหนด I/O Modules เพิ่มเติมได้ ซึ่งสามารถกำหนดในโปรแกรมในส่วนของ I/O Configuration โดยคลิกขวาที่ Expansion I/O >> New Modules (ดังรูปที่ 3.7) โดยต้องการเพิ่ม Analog Input Modules รุ่น 1734-IE8C (ดังรูปที่ 3.8) จำนวน 2 Modules และ Analog Output Modules รุ่น 1734-OE4C (ดังรูปที่ 3.9) จำนวน 2 Modules



รูปที่ 3.7 กำหนด I/O Modules

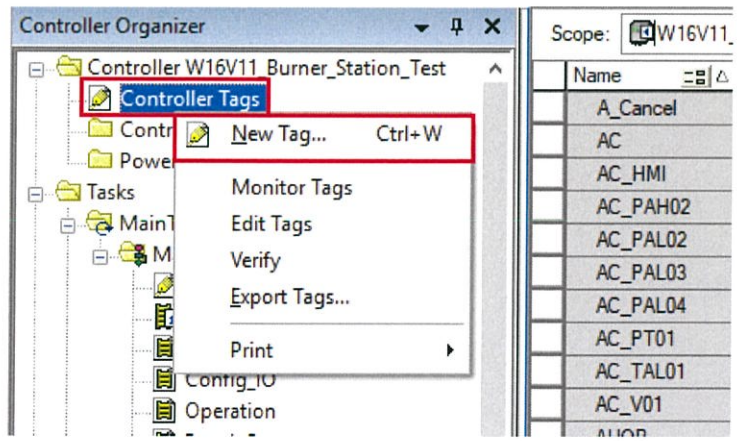


รูปที่ 3.8 Analog Input Modules รุ่น 1734-IE8C

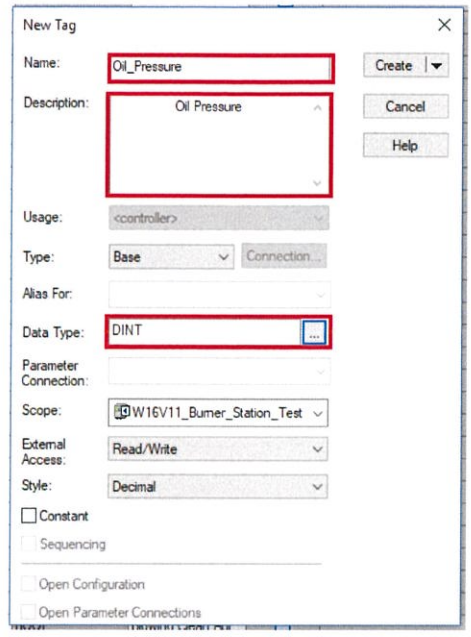


รูปที่ 3.9 Analog Output Modules รุ่น 1734-OE4C

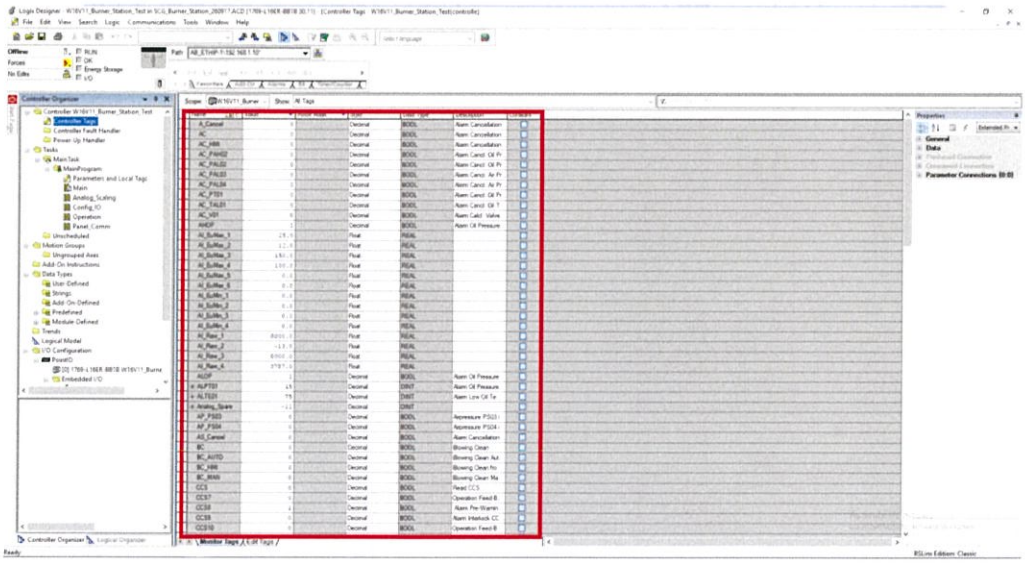
3.4.3 การสร้าง Tag ให้กับโปรแกรมควบคุม ทำได้โดยการคลิกขวาที่ Controller Tag >> New Tag (ดังรูปที่ 3.10) แล้วตั้งชื่อ Tag, Description และ Data Type (ดังรูปที่ 3.11) ให้ตรงกับชนิดของอินพุทและเอาท์พุทของอุปกรณ์ แล้วคลิก Create เพื่อทำการสร้าง Tag ใหม่ ซึ่งรูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่าง Tag ที่สร้างขึ้นมาใหม่



รูปที่ 3.10 การสร้าง Tag ใหม่

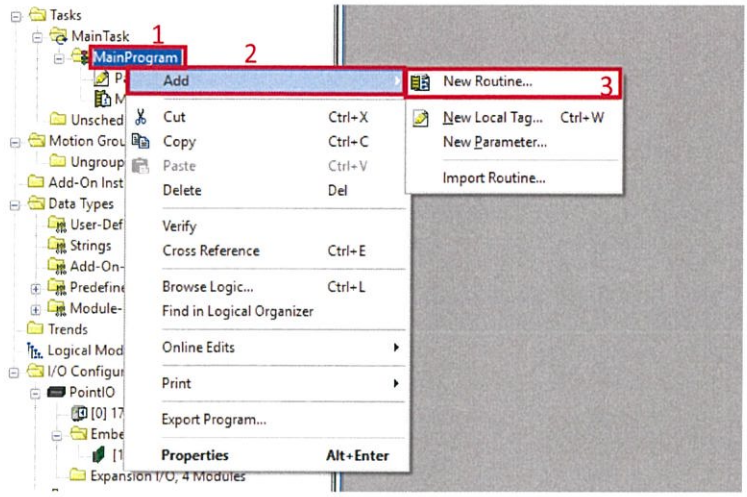


รูปที่ 3.11 การกำหนดค่า Tag

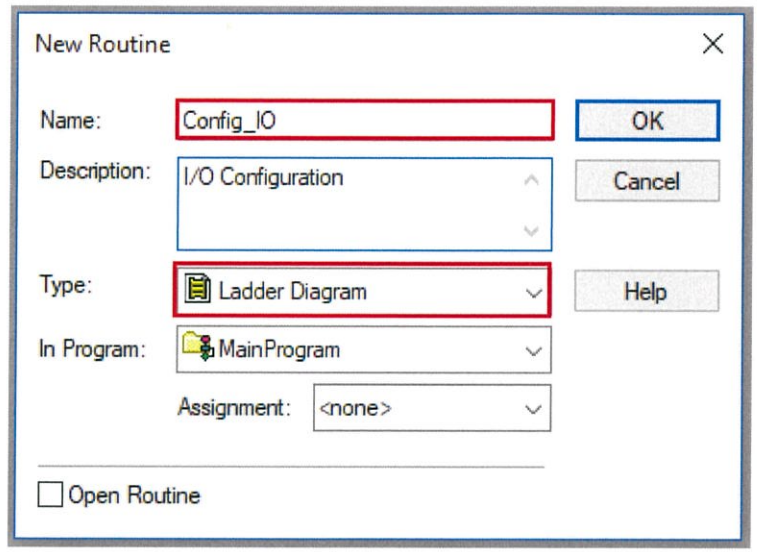


รูปที่ 3.12 Tag ที่สร้างใหม่

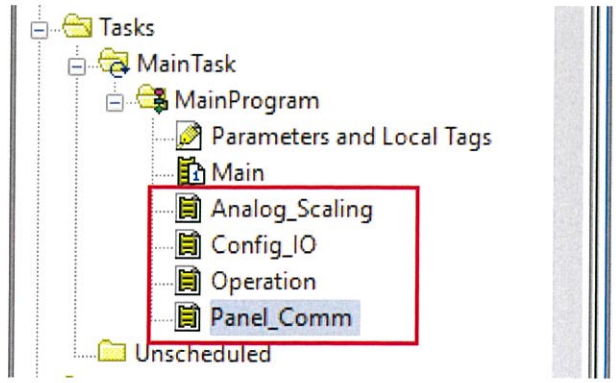
3.4.4 การสร้างโปรแกรมควบคุมในกระบวนการ เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนและแก้ไขโปรแกรมจึงทำการแบ่งส่วนการควบคุมออกเป็นหลาย Routine ซึ่งการการสร้าง Routine ทำได้โดยการคลิกขวาที่ MainProgram >> Add >> New Routine (ดังรูปที่ 3.13) จากนั้นตั้งชื่อ และเลือก Type ที่ต้องการใช้ในการเขียนโปรแกรม (ดังรูปที่ 3.14) ซึ่ง Routine ที่สร้างใหม่จะแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.13 การสร้าง Routine



รูปที่ 3.14 การตั้งค่า Routine



รูปที่ 3.15 Routine ที่สร้างขึ้น

จาก Routine ที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

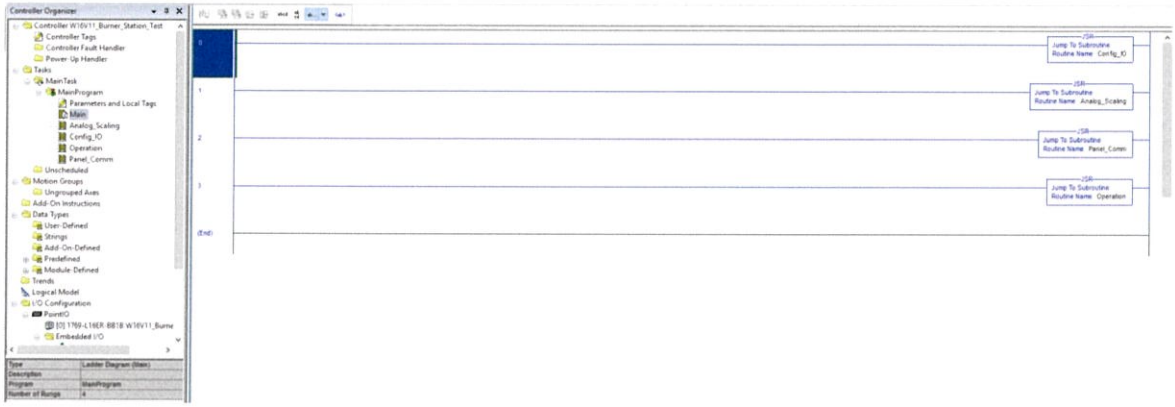
1) Main คือ ส่วนที่รวม Routine ให้สามารถทำงานร่วมกันได้ (รูปที่ 3.16)

2) Analog Scaling คือ ส่วนที่ทำการ Scaling ค่าตัวแปลที่รับเข้าพีแอลซีเพื่อนำไปแสดงผลที่ HMI (รูปที่ 3.17)

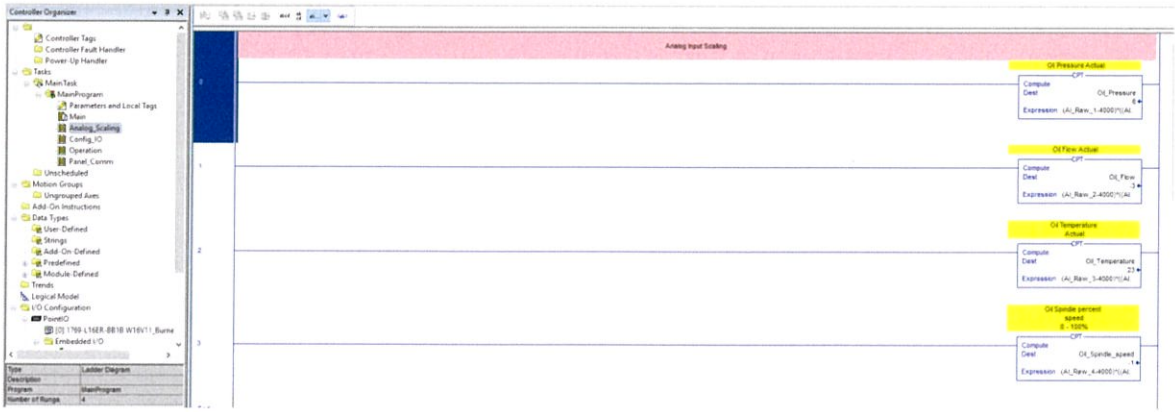
3) I/O Configuration คือ ส่วนที่นำ Data File ของ I/O Point มาเชื่อมโยงกับ Tag ที่สร้างขึ้น เพื่อให้ง่ายในการเขียนและแก้ไขโปรแกรม (รูปที่ 3.18)

4) Operation คือ ส่วนที่เขียนคำสั่งควบคุมอุปกรณ์ในระบบ (รูปที่ 3.19)

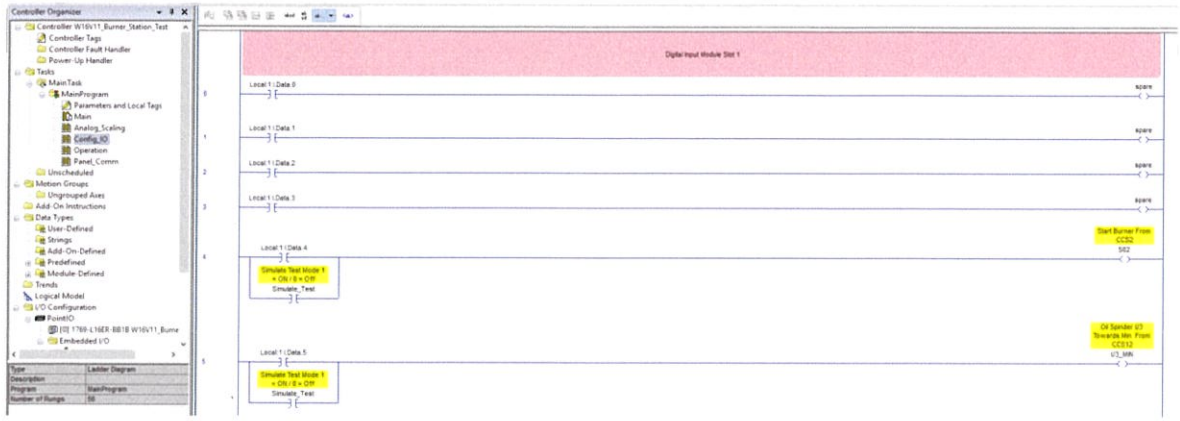
5) Panel Communication คือ ส่วนที่ใช้สำหรับรับคำสั่งมาจากหน้าจอ HMI เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมระบบผ่านหน้าจอ HMI ได้ (รูปที่ 3.20)



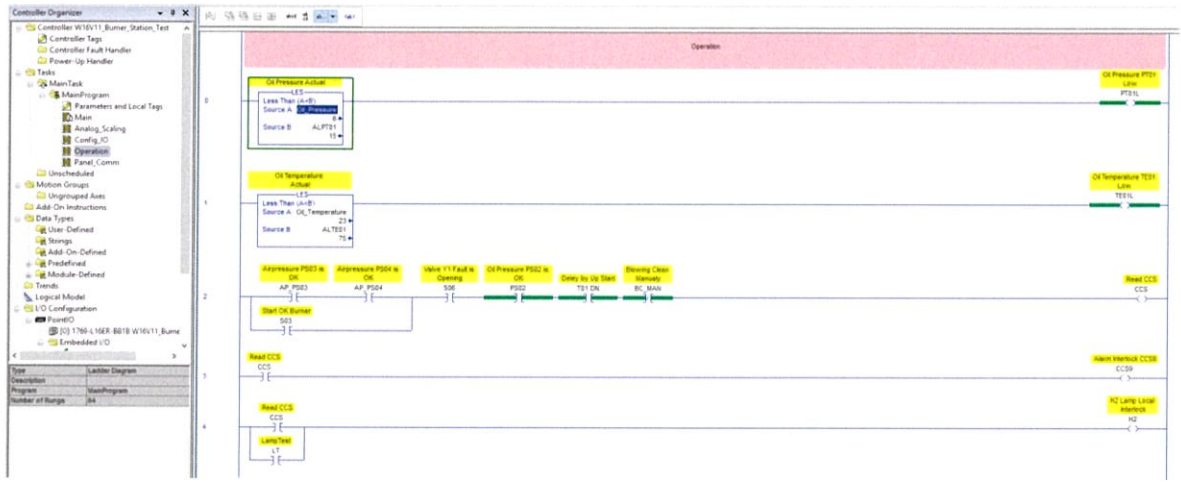
รูปที่ 3.16 ตัวอย่าง Main Routine



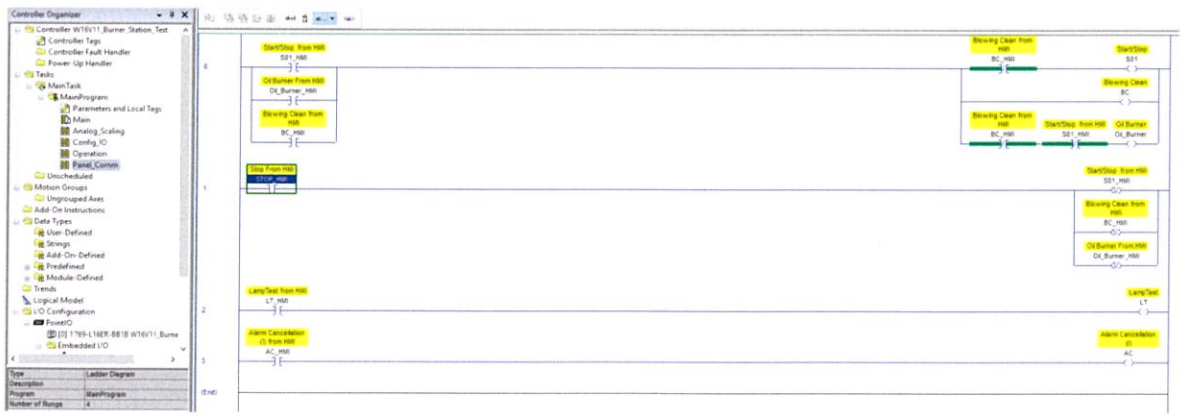
รูปที่ 3.17 ตัวอย่าง Analog Scaling Routine



รูปที่ 3.18 ตัวอย่าง I/O Configuration Routine



รูปที่ 3.19 ตัวอย่าง Operation Routine



รูปที่ 3.20 ตัวอย่าง Panel Communication Routine

3.4.5 เมื่อทำการสร้างส่วนควบคุมเสร็จแล้ว ก็ทำการกำหนด IP Address ให้กับพีแอลซีโดยใช้โปรแกรม BOOTP-DHCP Server ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1) ทำการตรวจสอบ IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม Command Prompt (รูปที่ 3.21)

2) เปิดโปรแกรม BOOTP-DHCP Server

3) ใส่ Subnet Mask ให้เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน คือ 255.255.255.0 แล้วกด OK (รูปที่ 3.22)

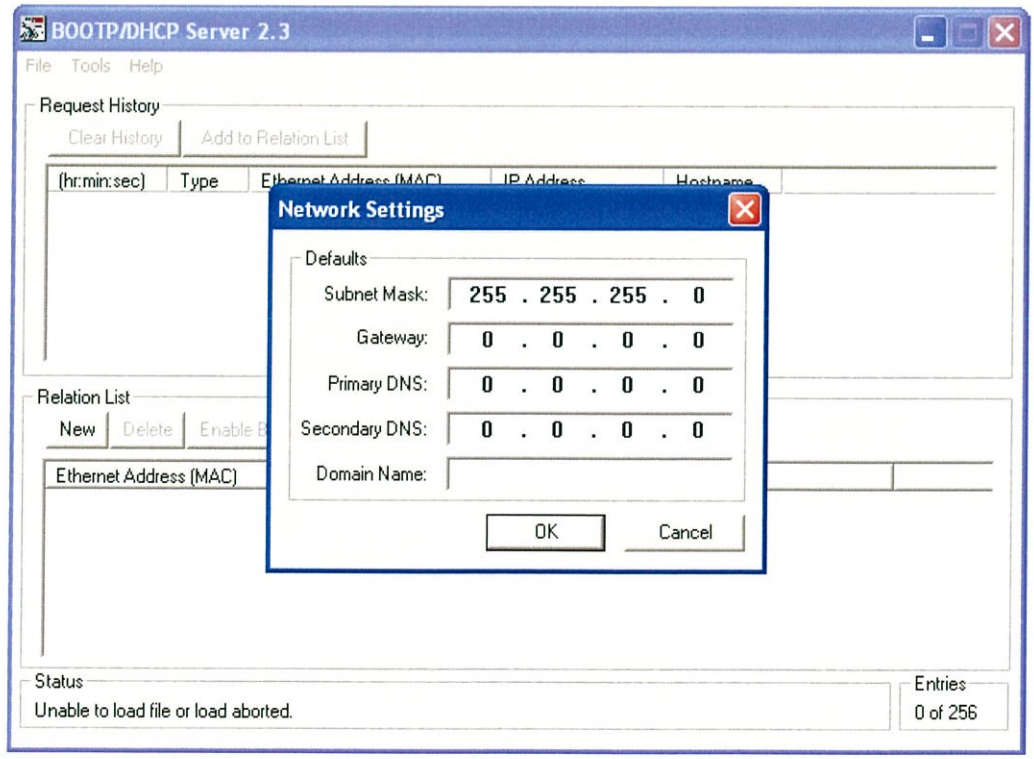
4) เมื่อทำการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ MAC Address จะแสดงขึ้นมา (รูปที่ 3.23)

5) เลือก MAC Address ที่ตรงกับอุปกรณ์ แล้วคลิก Add to Relation List จากนั้นใส่ IP Address ที่ต้องการกำหนดให้กับพีแอลซีคือ 192.168.1.10 แล้วกด OK (รูปที่ 3.24)

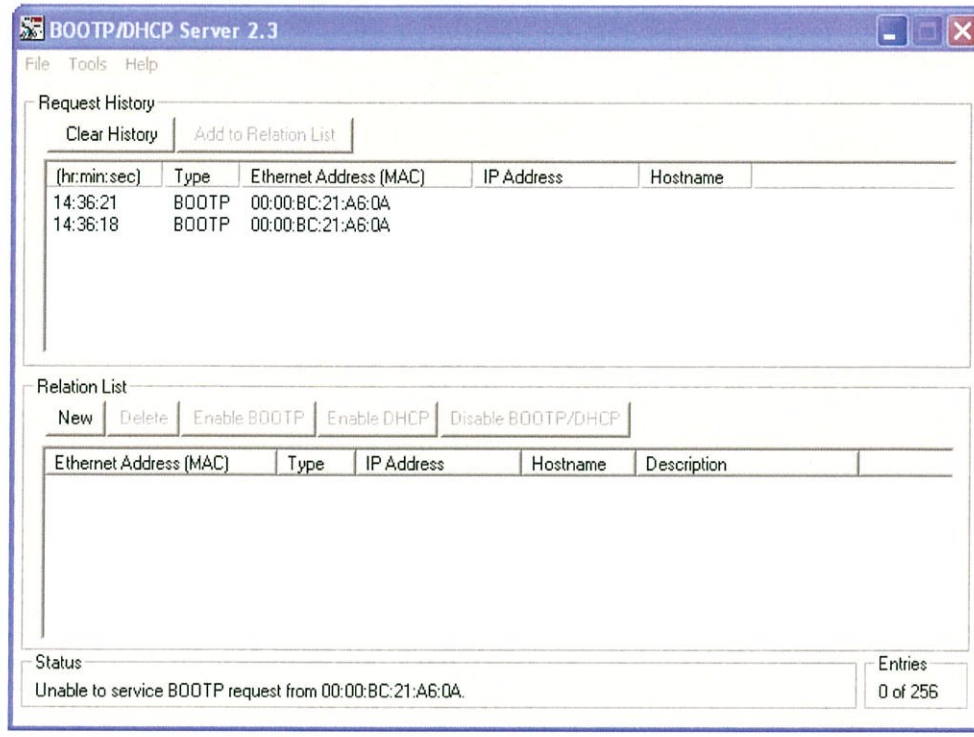
6) เลือก MAC Address และ IP Address ที่ต้องการในช่อง Relation List แล้วกดปุ่ม Disable BOOTP/DHCP เพื่อทำการ BOOT IP (รูปที่ 3.25)

7) เมื่อทำการ BOOT IP สำเร็จสามารถสังเกตได้ดังรูป 3.26

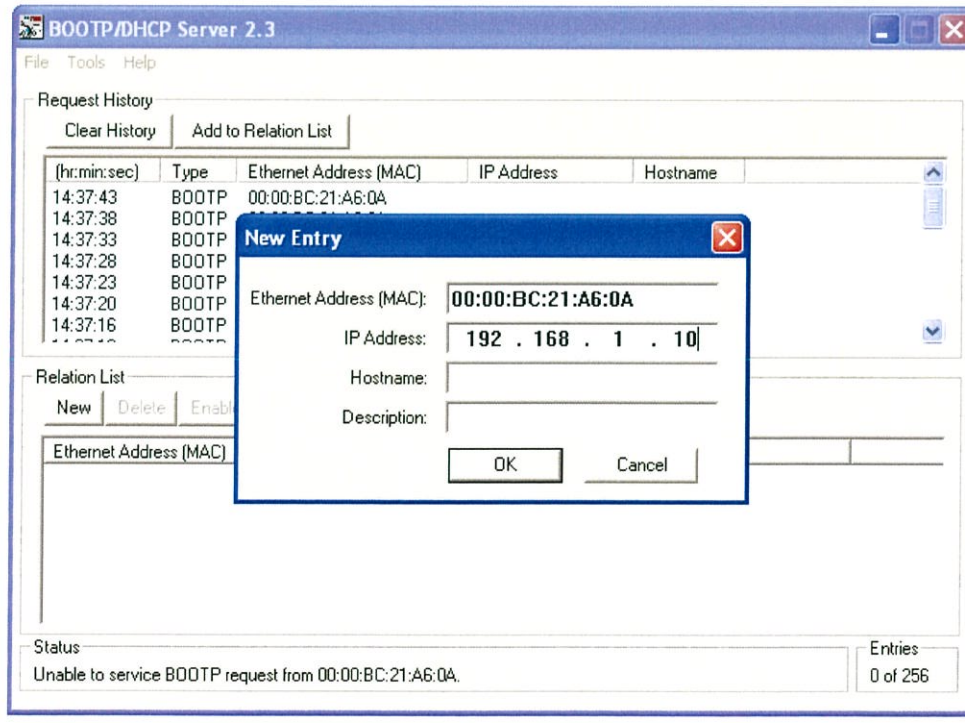
รูปที่ 3.21 IP Address ของเครื่องคอมพิวเตอร์



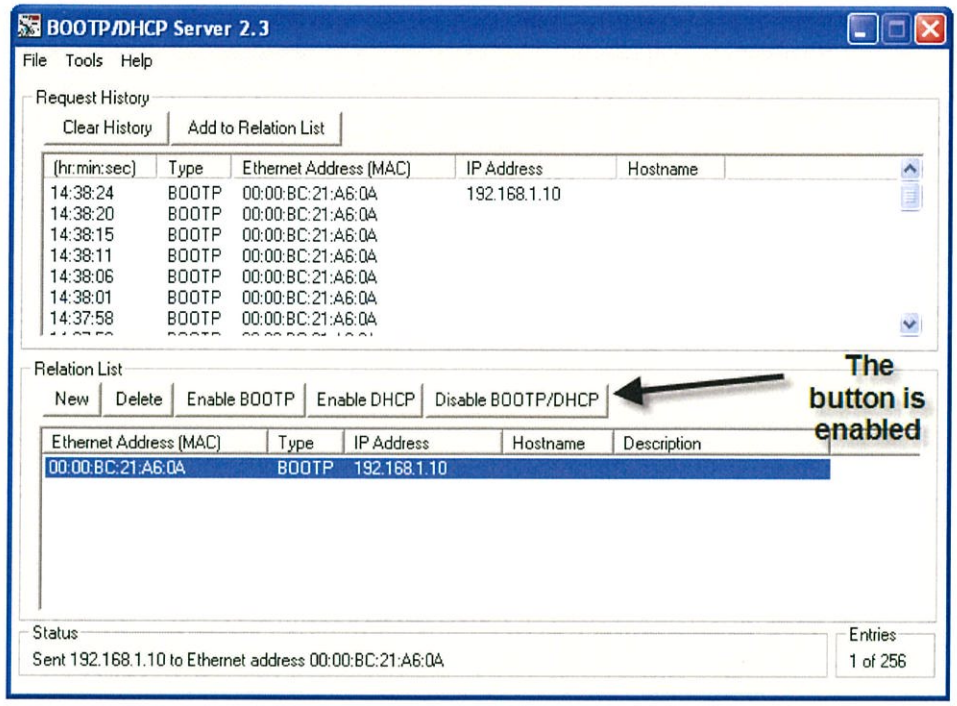
รูปที่ 3.22 Subnet Mask



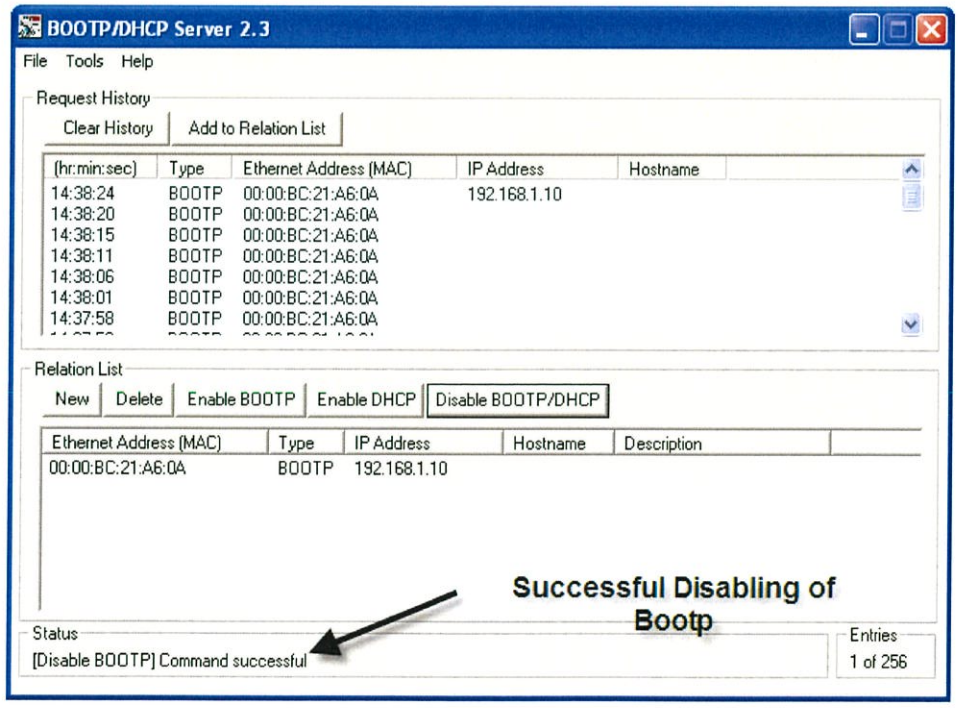
รูปที่ 3.23 MAC Address อุปกรณ์



รูปที่ 3.24 กำหนด IP Address ให้กับอุปกรณ์



รูปที่ 3.25 การ Boot IP Address



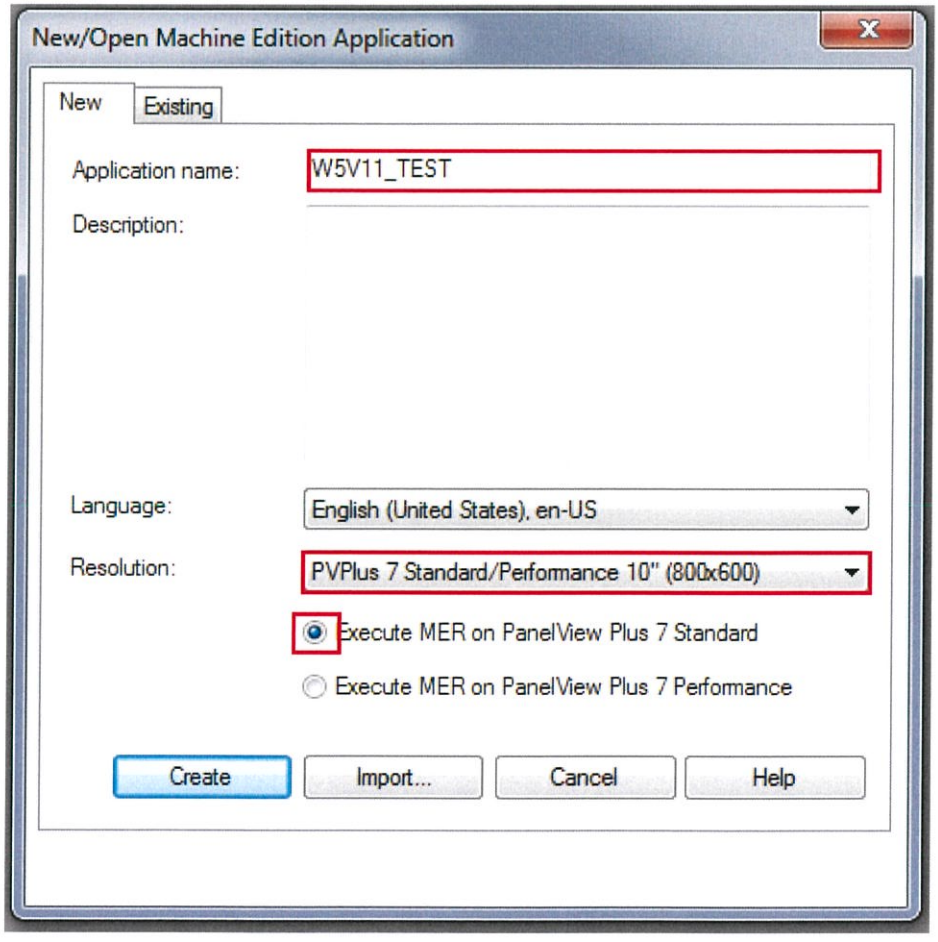
รูปที่ 3.26 Boot IP Address สำเร็จ

3.5 ส่วนการแสดงผล

ส่วนการแสดงผลนั้นยังสามารถควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอ HMI เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา และยังสามารถเห็นการทำงานของระบบ ผ่านการจำลองการทำงานของระบบอย่างคร่าวๆ บนหน้าจอ HMI ซึ่งทำให้ง่ายต่อการควบคุมและการซ่อมบำรุงระบบ โดยส่วน HMI ที่สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม FactoryTalk View ME ประกอบด้วย 5 หน้า คือ หน้าหลัก (Main Page), หน้าสำหรับแสดงค่าตัวแปรที่สำคัญต่อการซ่อมบำรุง (Maintenance Page), หน้าสำหรับแสดงค่าสถานะ Input และ Output ของ PLC (I/O Status Page), หน้าสำหรับสัญญาณแจ้งเตือน (Alarm Page) และหน้าสำหรับการแสดงอิเทอร์ล็อกของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตา (Interlock Page)

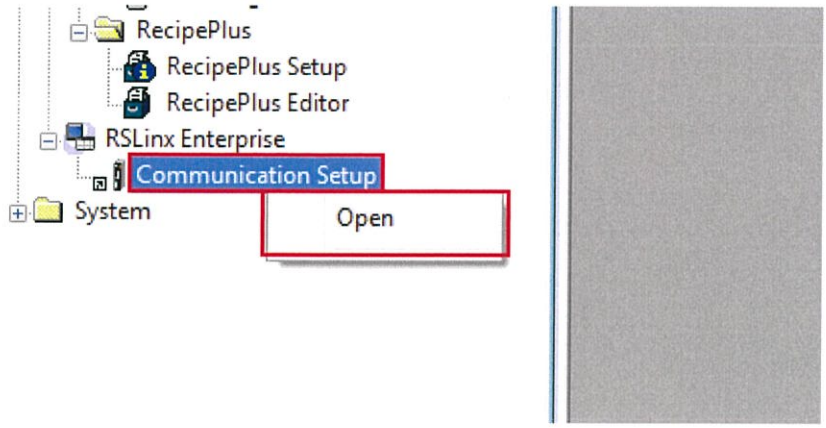
การสร้างหน้าจอ HMI สามารถสร้างได้บนโปรแกรม FactotyTalk View ME ซึ่งก่อนที่จะสามารถสร้างหน้าจอได้ จะต้องทำการสร้าง Network ขึ้นมาก่อนโดยการเปิดโปรแกรม RSLinx Classic เพื่อให้โปรแกรมเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์สามารถติดต่อสื่อสารกันได้

3.3.1 การสร้างโปรเจคสำหรับเขียนหน้าจอ HMI ทำได้โดยเปิดโปรแกรม FactoryTalk View ME Studio แล้วตั้งชื่อให้กับโปรเจคที่ Application name แล้วเลือกประเภทของหน้าจอให้ตรงกับ Hardware ที่มีดังรูปที่ 3.27

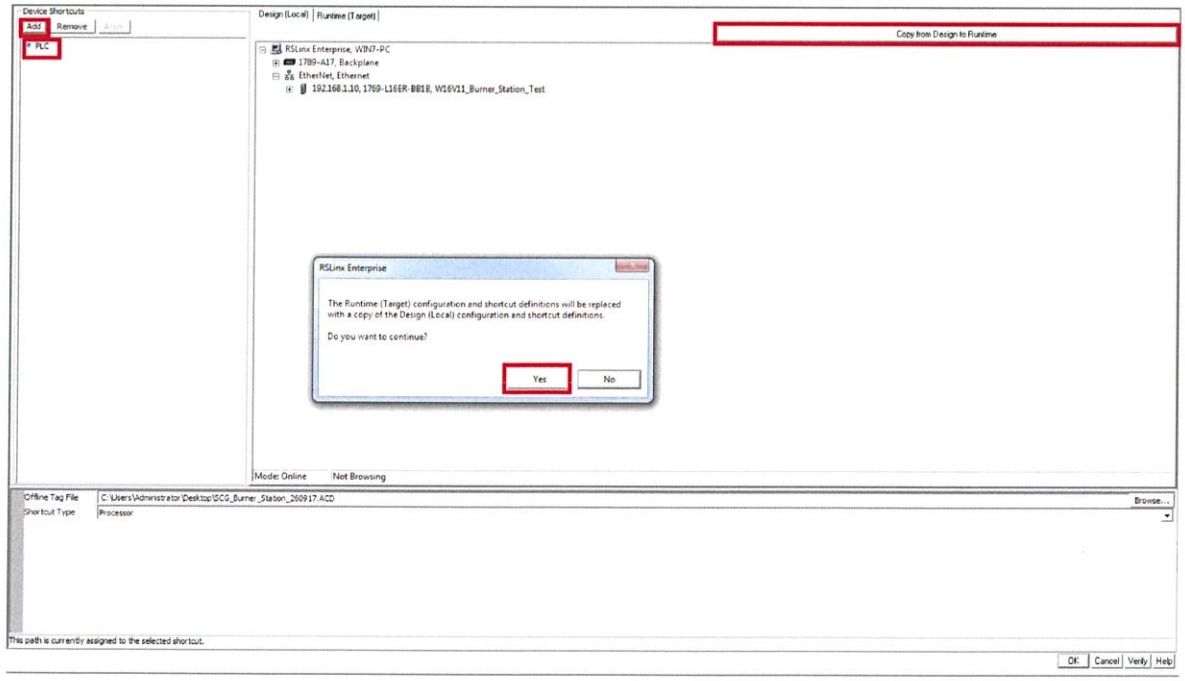


รูปที่ 3.27 Create Application name

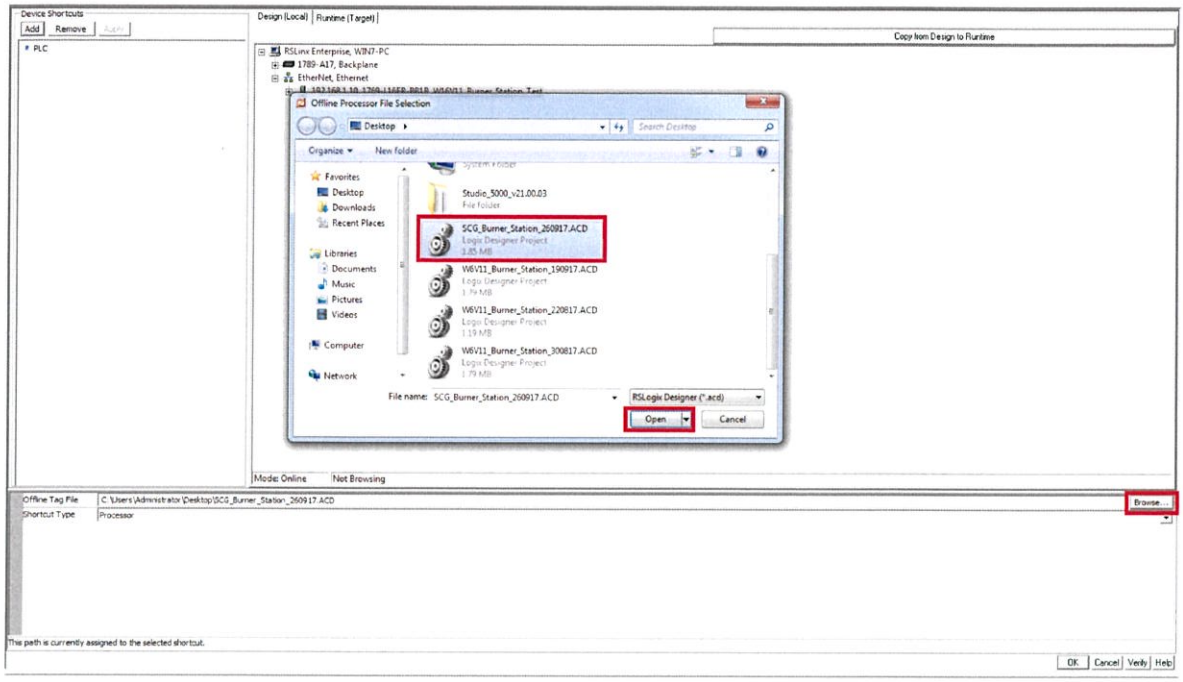
3.5.2 ดึงการเชื่อมต่อการสื่อสารมาจากโปรแกรม RSLinx Classic โดยการคลิกขวาที่ Communication Setup >> Open (รูปที่ 3.28) กด Add เพื่อสร้างกลุ่มของ Communication แล้วเลือก Copy from Design to Runtime (รูปที่ 3.29) จากนั้นนำไฟล์ในส่วนควบคุมเข้า เพื่อให้โปรแกรมเห็น Tag จากส่วนควบคุมโดยไม่ต้องออนไลน์ ทำได้โดยกด Browse ที่ส่วน Offline Tag File แล้วเลือกไฟล์ที่ต้องการ จึงกด Open (รูปที่ 3.30)



รูปที่ 3.28 การดึงการเชื่อมต่อ

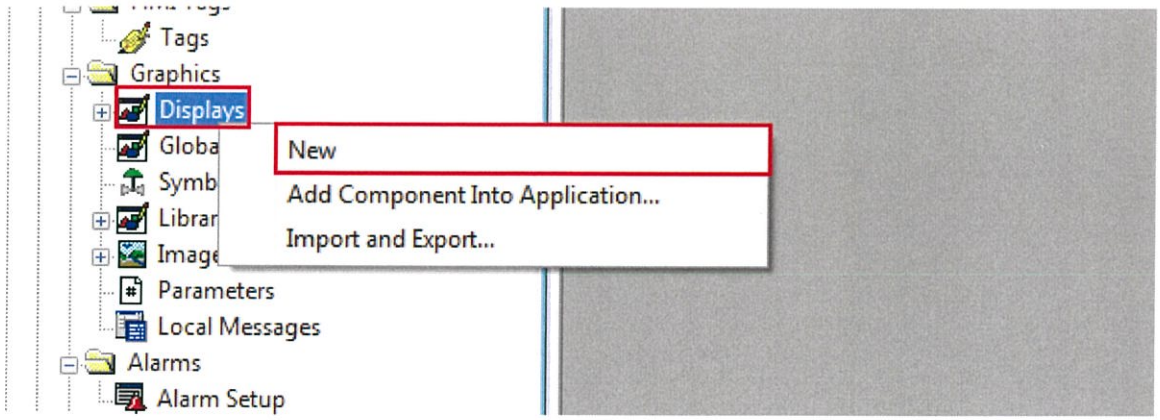


รูปที่ 3.29 Create Group and Create Runtime

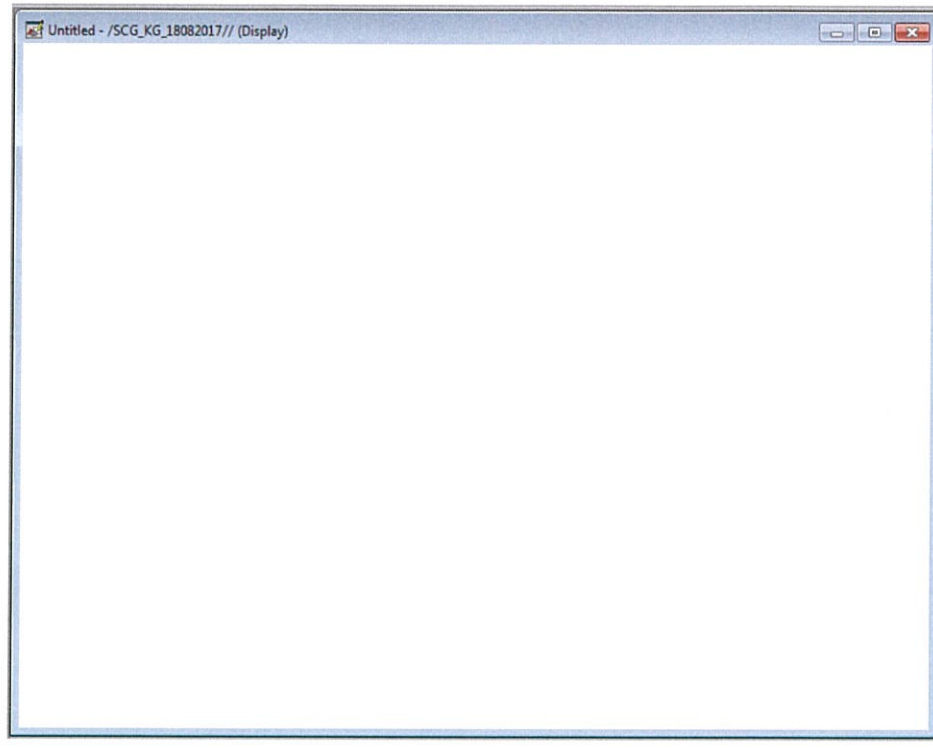


รูปที่ 3.30 Create Tag Offline

3.5.3 สร้าง Display ได้โดยการคลิกขวาที่ Display >> New (รูปที่ 3.31) จะได้พื้นที่ตามขนาดที่กำหนดไว้ขึ้นมา (รูปที่ 3.32)

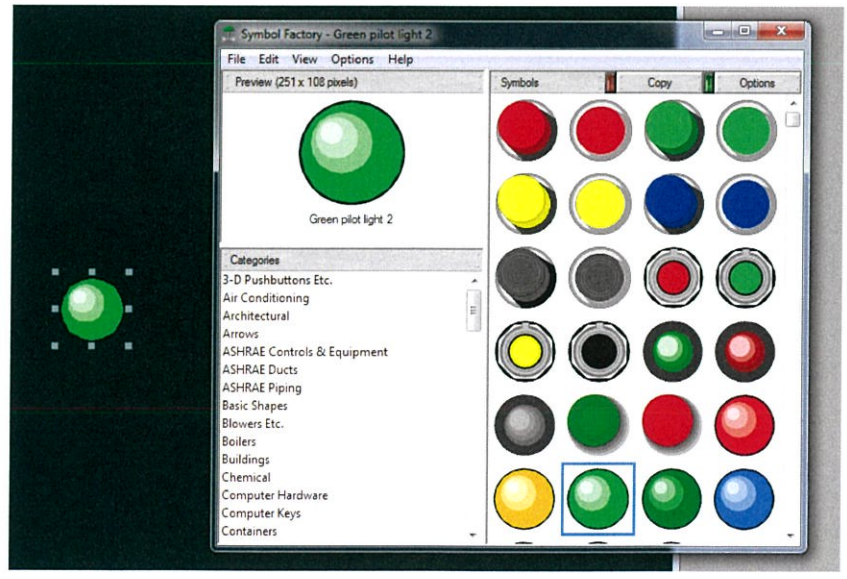


รูปที่ 3.31 Create Display

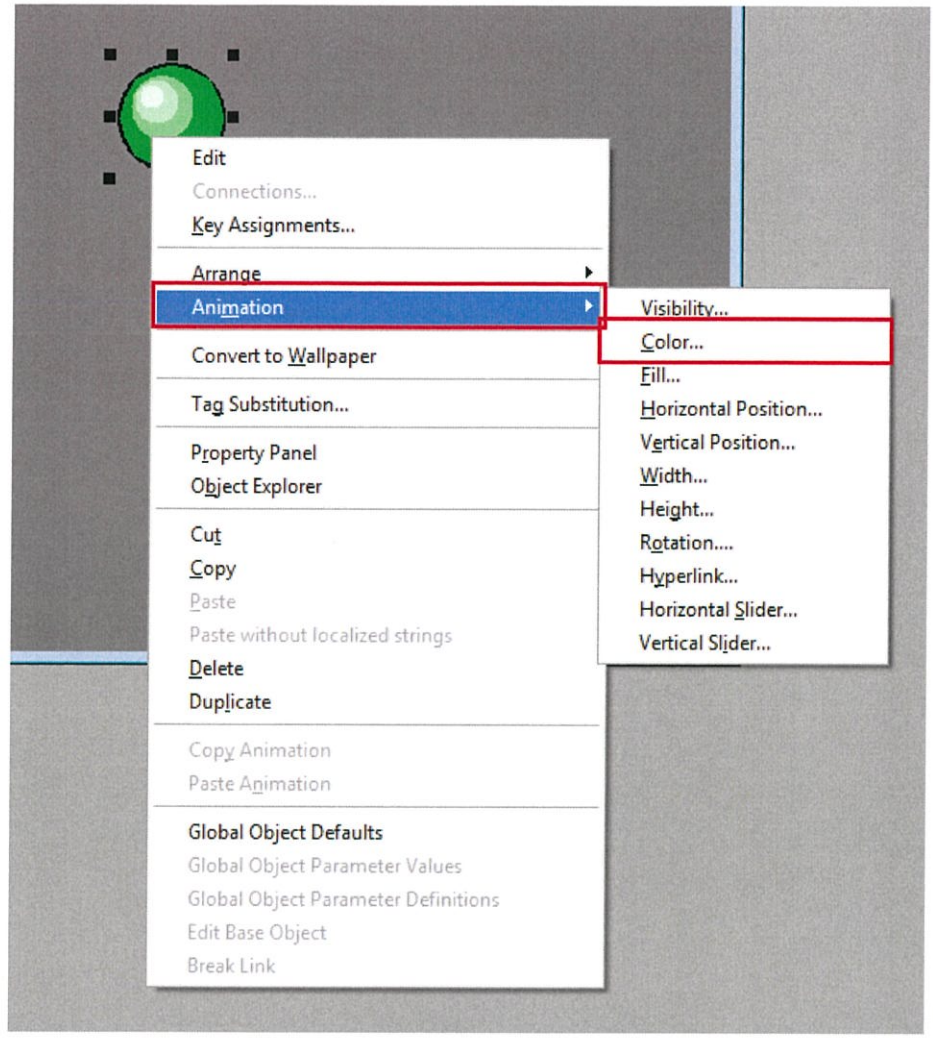


รูปที่ **3.32** Display

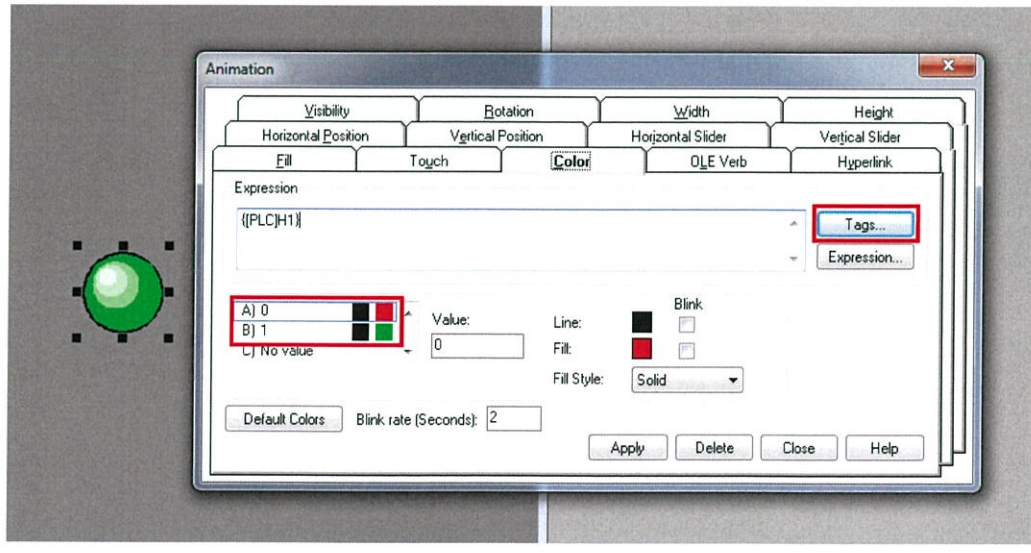
3.5.4 ตัวอย่างวิธีการสร้าง Lamp และการใส่ Animation โดยเรียกหน้า Symbol Factory ขึ้นมาแล้วลากแบบที่ต้องการลงไปที่บริเวณ Display (รูปที่ 3.33) แล้วใส่ Animation ได้โดยการคลิกขาวที่ Lamp แล้วเลือก Animation ที่ต้องการ ในที่นี่จะใช้ Color (รูปที่ 3.34) จากนั้นใส่ Tag ในช่อง Expression แล้วกำหนดสีคือเมื่อ Tag H1 Status 0 Lamp จะเป็นสีแดง และ Status 1 Lamp จะเป็นสีแดง (รูปที่ 3.35)



รูปที่ 3.33 Create Lamp

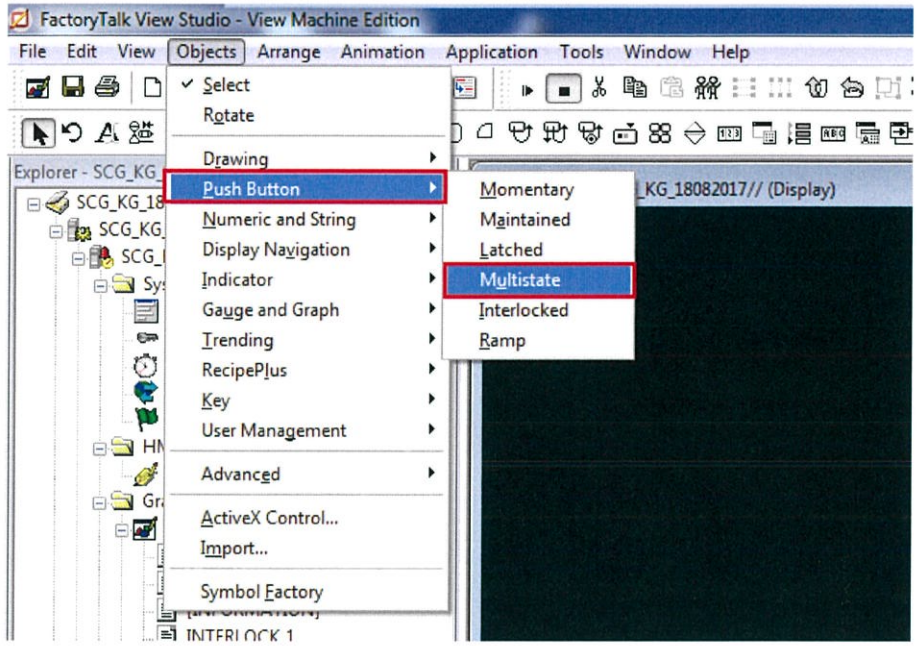


รูปที่ 3.34 Create Animation

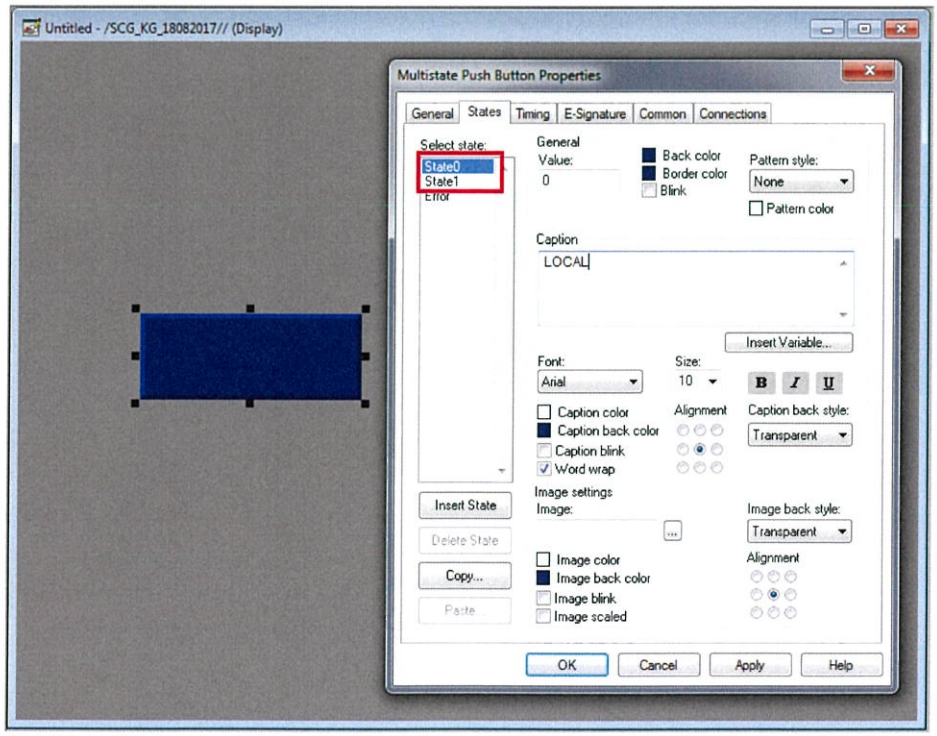


รูปที่ 3.35 ใส่ Tag และกำหนดสี

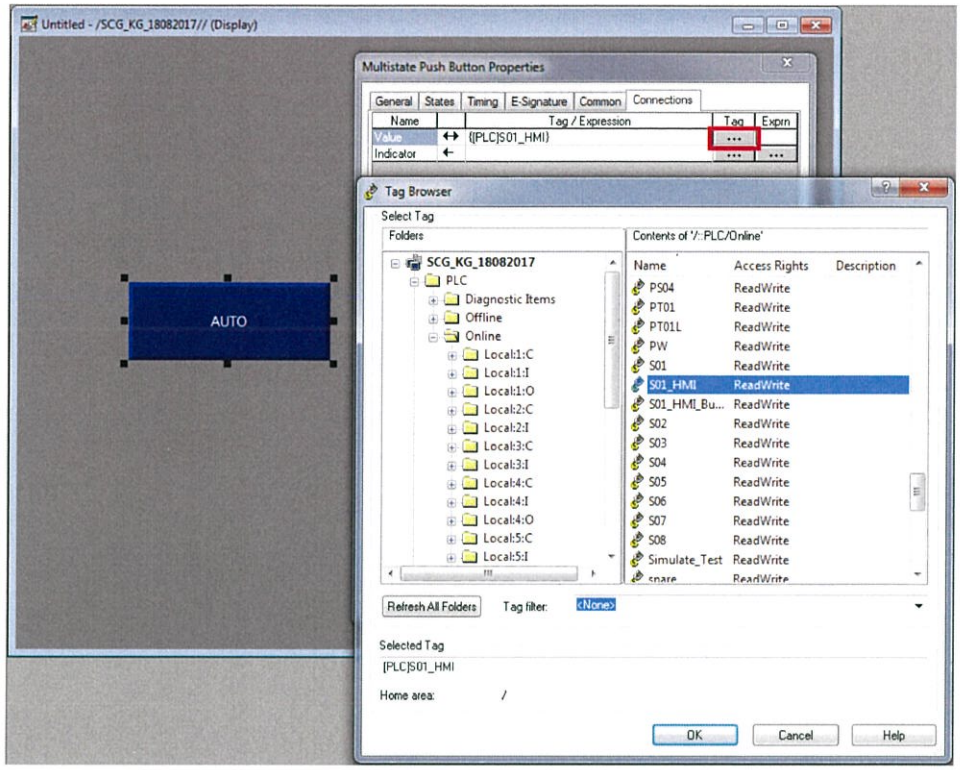
3.5.5 ตัวอย่างการสร้าง Button ทำได้โดยการเลือก Object >> Push Button ในที่นี้จะใช้ Type Multistate (รูปที่ 3.36) เมื่อดับเบิ้ลคลิกที่ Button จะแสดง Properties ขึ้นมา แล้วเลือก State จากนั้นกำหนด Caption ของแต่ละ State (รูปที่ 3.37) เสร็จแล้วเลือก Connections เพื่อใส่ Tag ให้กับ Button นั้น แล้วคลิก OK (รูปที่ 3.38)



รูปที่ 3.36 Create Button



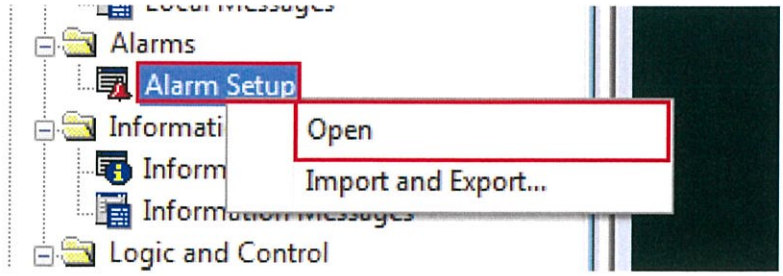
รูปที่ 3.37 ใส่ Caption แต่ละ State



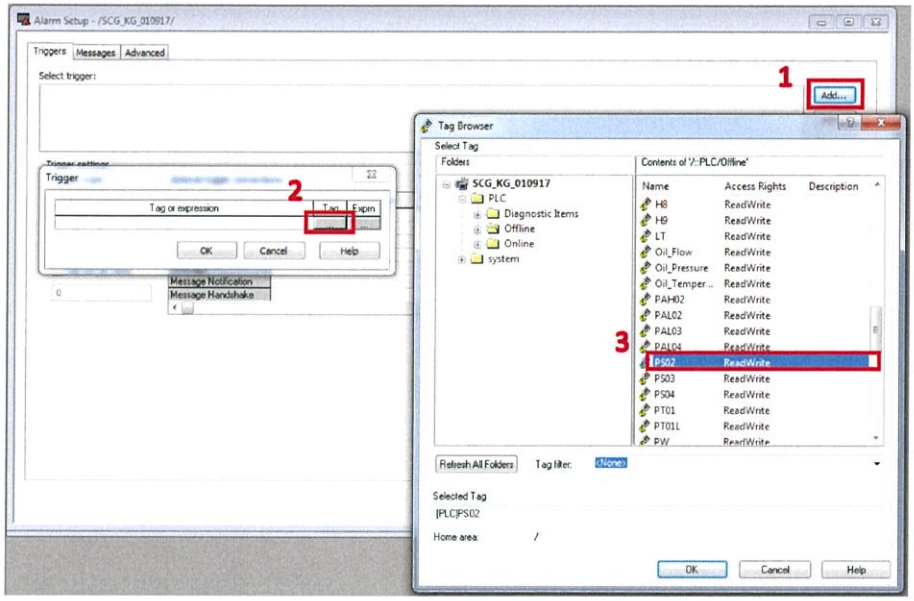
รูปที่ 3.38 ใส่ Tag Button

3.5.6 การสร้าง Alarm เพื่อให้ทราบว่ากระบวนการมีส่วนไหนที่ไม่พร้อมใช้งาน โดยข้อความที่แจ้งการเกิด Alarm จะแสดงที่ช่องสีแดง (รูปที่ 3.39) ซึ่งมีวิธีการสร้างดังนี้ คลิกขวาที่ Alarm Setup >> Open (รูปที่ 3.40) ในส่วน Triggers เลือก Add >> Tag >> Tag Name >> OK (รูปที่ 3.41) และในส่วน Messages เลือก Tag ที่สร้างไว้ กำหนด Trigger Value แล้วเขียน Message ที่ต้องการแสดง (รูปที่ 3.42)

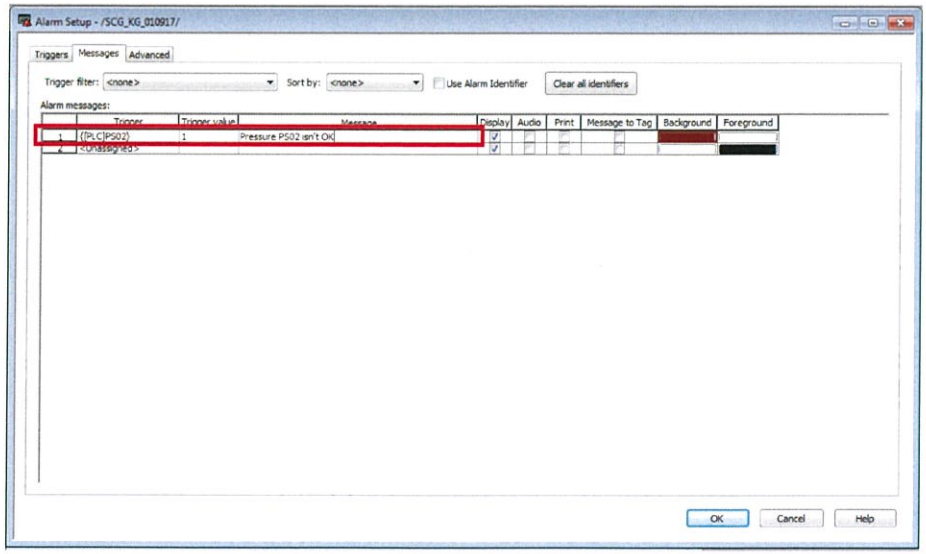
รูปที่ 3.39 Page Alarm



รูปที่ 3.40 Alarm Setup



รูปที่ 3.41 Alarm Triggers

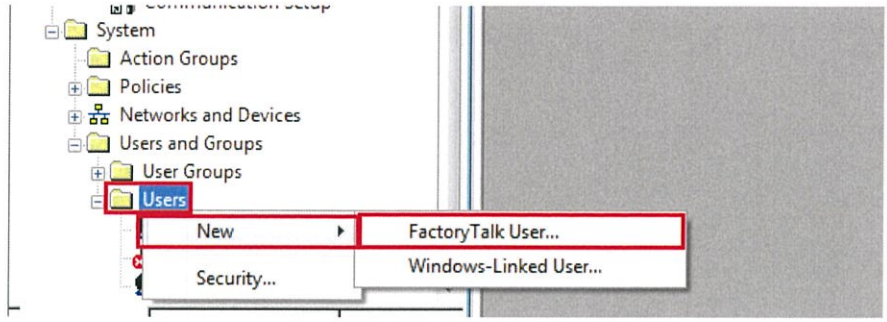


รูปที่ 3.42 Alarm Message

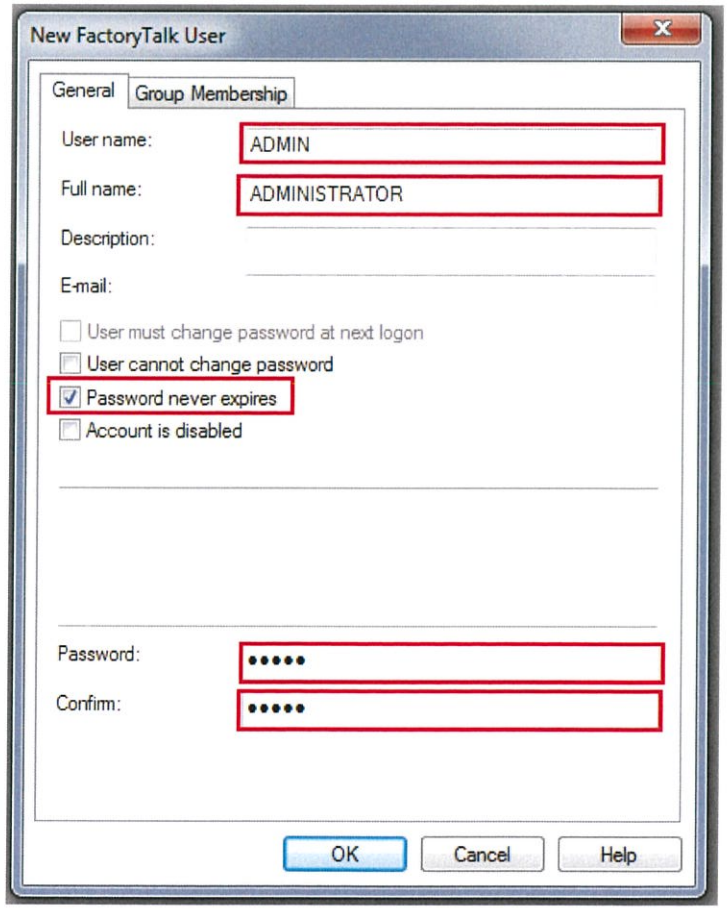
3.5.7 การสร้าง User เพื่อจำกัดการเข้าถึงของแต่ละบุคคล สามารถทำได้โดย คลิกขวา User >> New >> FactoryTalk User (รูปที่ 3.43) แล้วกำหนด User name, Full name และ Password (รูปที่ 3.44)

จากนั้นไปที่ System >> Runtime Security >> Open (รูปที่ 3.45) แล้วทำการ Add User ที่สร้างขึ้นมาก่อนหน้านี้ (รูปที่ 3.46) แล้วกำหนด Security Code >> Accept (รูปที่ 3.47)

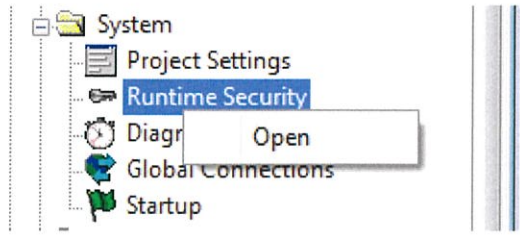
ไปที่ Page ที่ต้องการกำหนด Security แล้วคลิกขวาเลือก Display Setting (รูปที่ 3.48) แล้วกำหนด Security Code ให้กับ Page นั้น (รูปที่ 3.49)



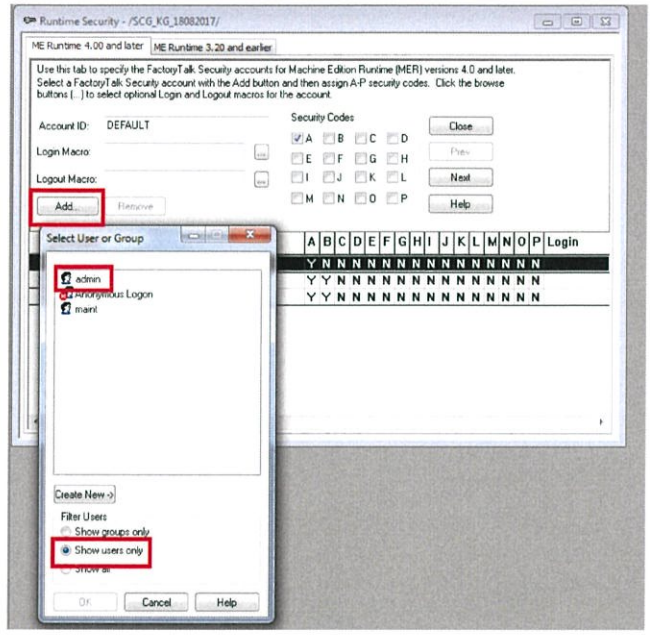
รูปที่ **3.43** New User



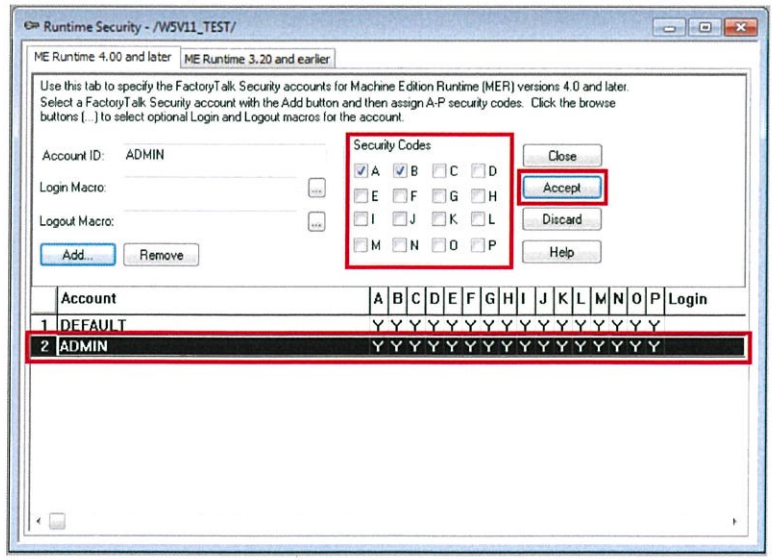
รูปที่ 3.44 Create User



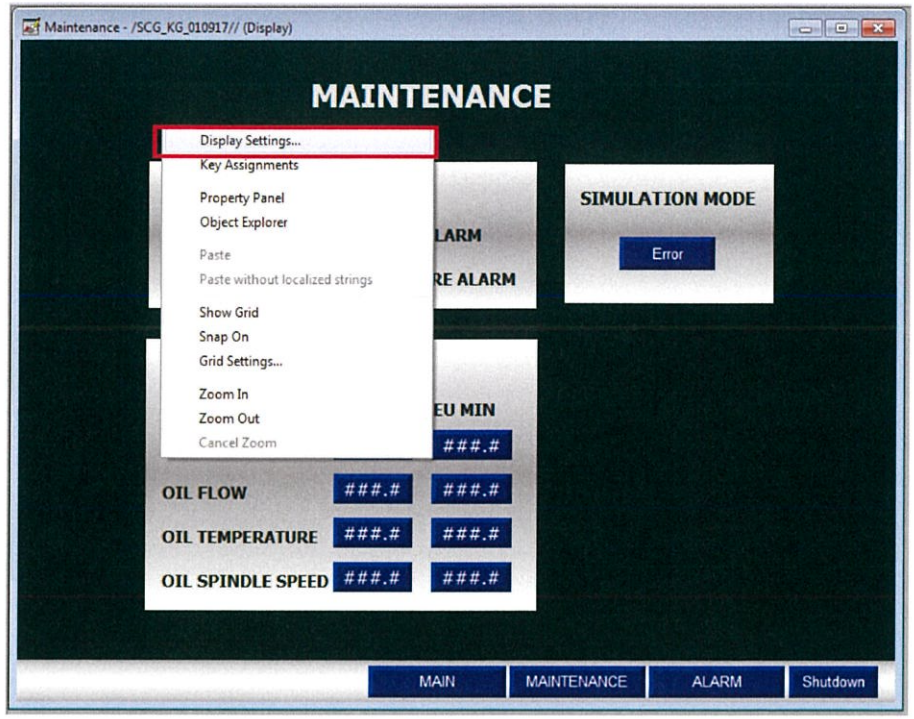
รูปที่ 3.45 Open Runtime



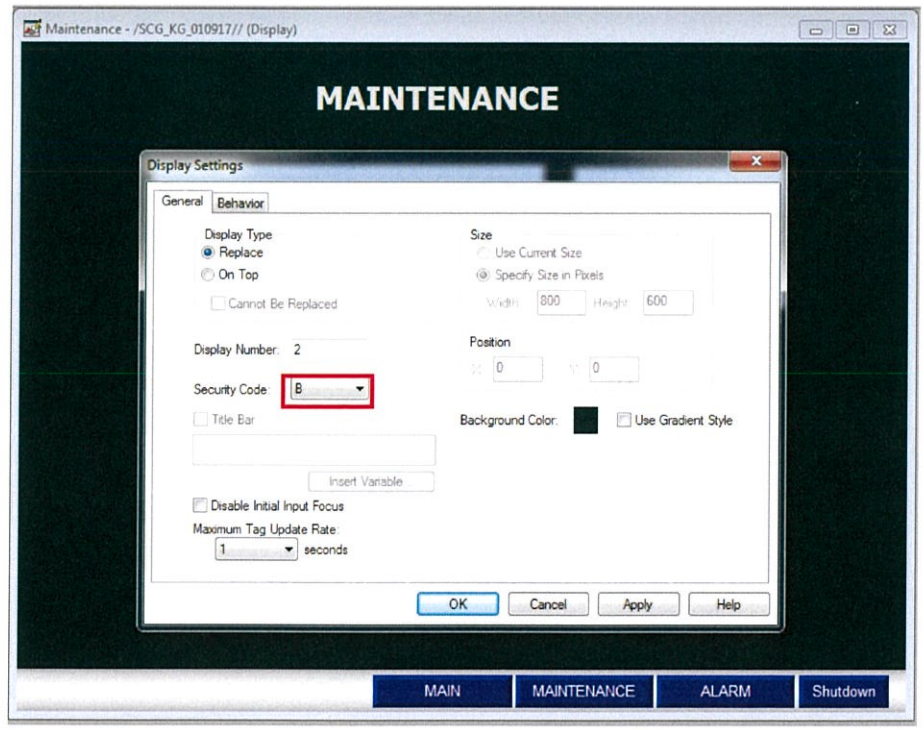
รูปที่ **3.46** Add User



รูปที่ 3.47 กำหนด Security Code สำหรับ User



รูปที่ 3.48 Display Setting



รูปที่ 3.49 กำหนด Security Code สำหรับ Display

Display จะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

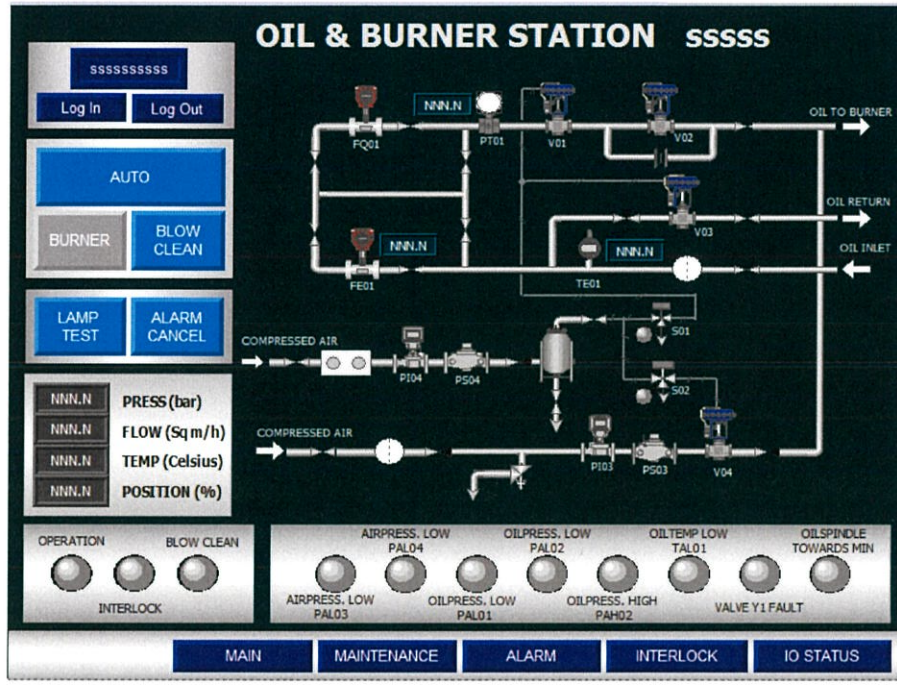
1) Main Display เป็นส่วนที่แสดงและควบคุมการทำงานรวมของระบบ (รูปที่ 3.50)

2) Maintenance Display คือส่วนที่ไว้สำหรับการปรับแต่ง Parameter (รูปที่ 3.51)

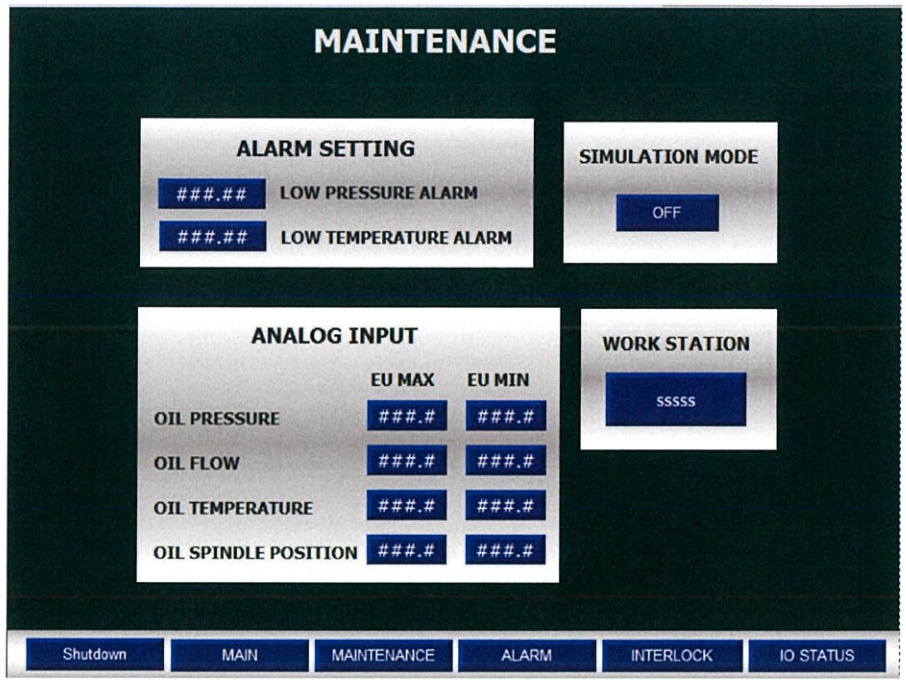
3) Interlock Display เป็นส่วนที่แสดงเงื่อนไขการทำงานของระบบจากพีแอลซีเพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบการทำงานได้เมื่อระบบขัดข้อง (รูปที่ 3.52ก, รูปที่ 3.52ข)

4) I/O Status Display เป็นส่วนที่ใช้สำหรับการตรวจ I/O Point จากพีแอลซี (รูปที่ 3.53ก, รูปที่ 3.53ข)

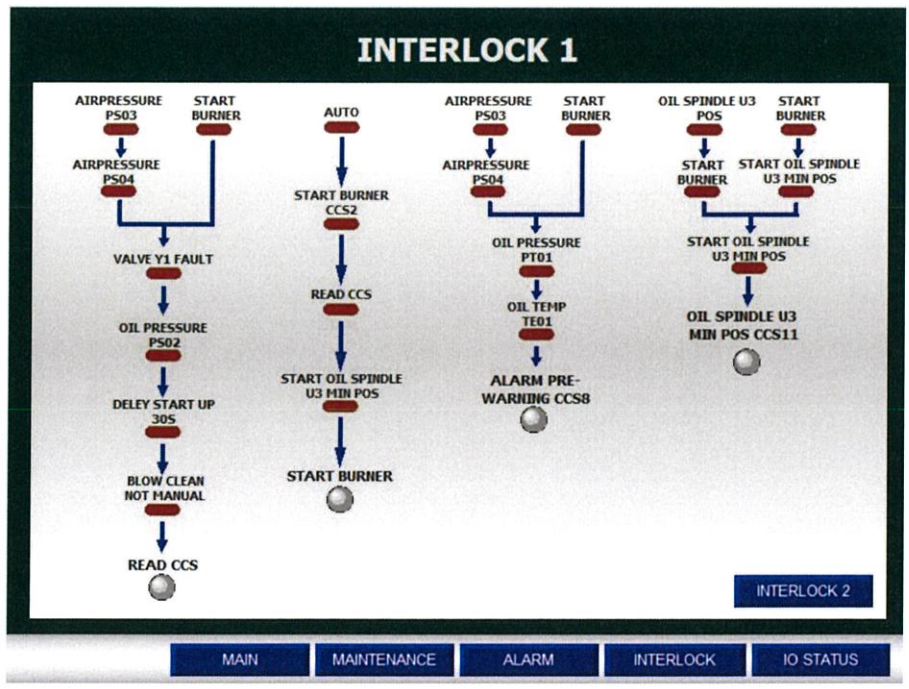
5) Alarm Display คือส่วนที่เอาไว้สำหรับแจ้งเตือนเมื่อมีความผิดพลาดขึ้นในระบบ (รูปที่ 3.54)



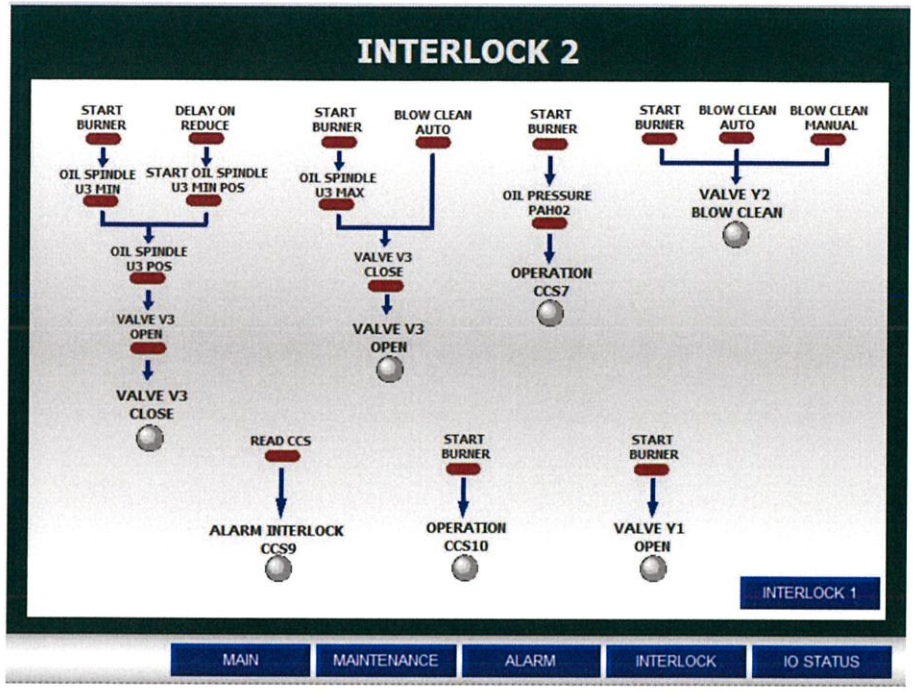
รูปที่ 3.50 Main Display



รูปที่ 3.51 Maintenance Display

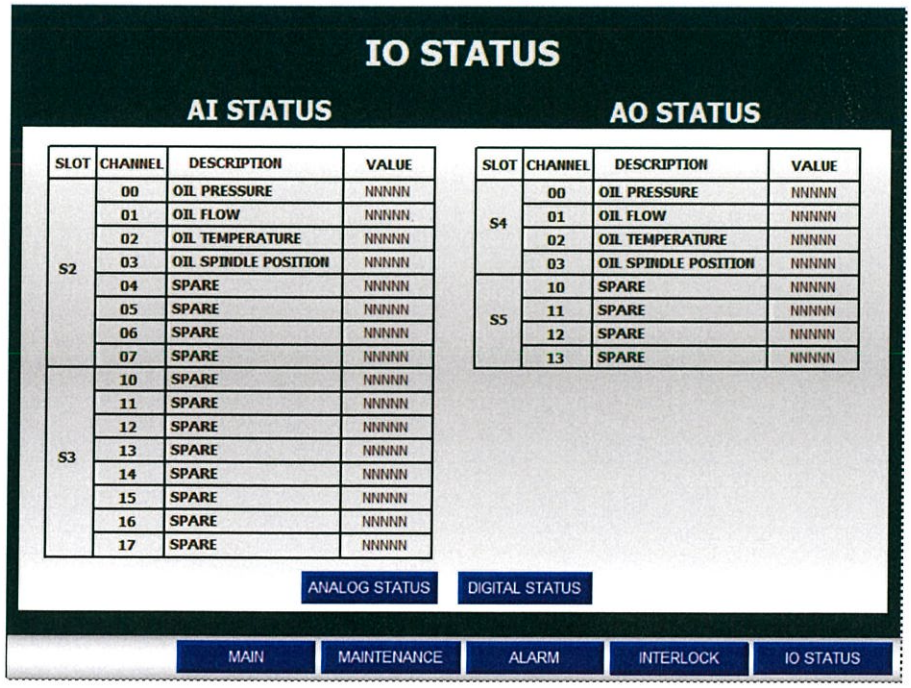


(ก)



(ข)

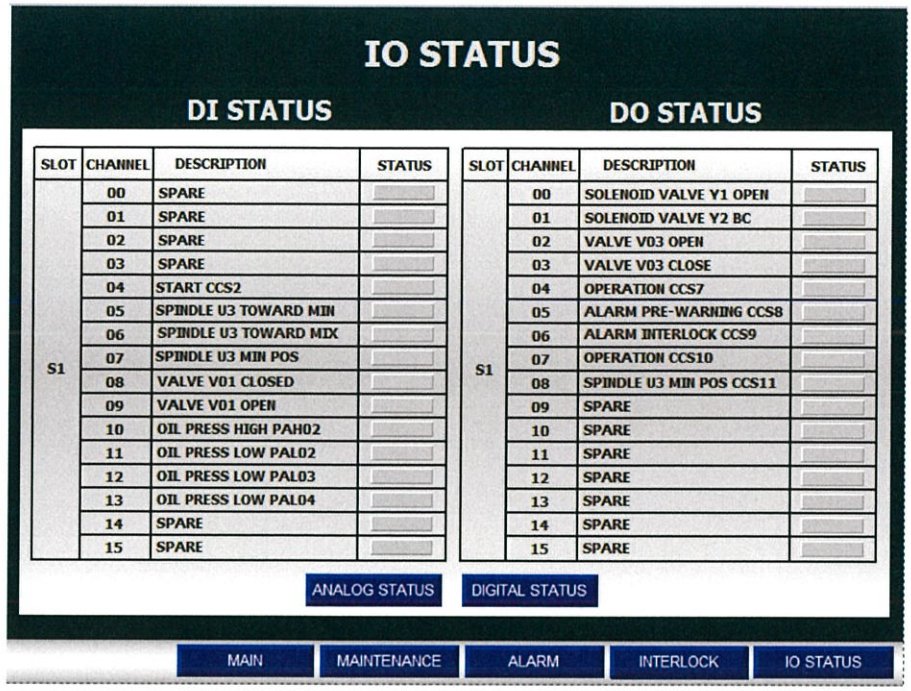
รูปที่ 3.53 Interlock 2 Display



SLOT	CHANNEL	DESCRIPTION	VALUE
S2	00	OIL PRESSURE	NNNNN
	01	OIL FLOW	NNNNN
	02	OIL TEMPERATURE	NNNNN
	03	OIL SPINDLE POSITION	NNNNN
	04	SPARE	NNNNN
	05	SPARE	NNNNN
	06	SPARE	NNNNN
	07	SPARE	NNNNN
S3	10	SPARE	NNNNN
	11	SPARE	NNNNN
	12	SPARE	NNNNN
	13	SPARE	NNNNN
	14	SPARE	NNNNN
	15	SPARE	NNNNN
	16	SPARE	NNNNN
	17	SPARE	NNNNN

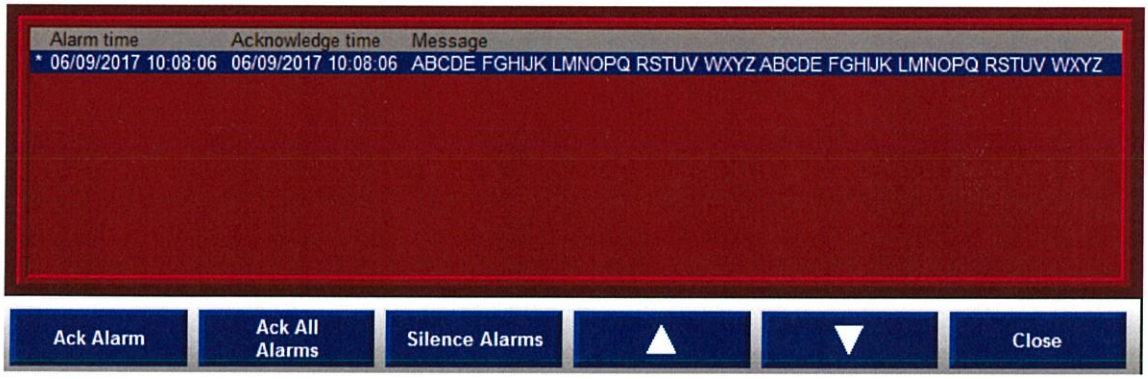
SLOT	CHANNEL	DESCRIPTION	VALUE
S4	00	OIL PRESSURE	NNNNN
	01	OIL FLOW	NNNNN
	02	OIL TEMPERATURE	NNNNN
	03	OIL SPINDLE POSITION	NNNNN
S5	10	SPARE	NNNNN
	11	SPARE	NNNNN
	12	SPARE	NNNNN
	13	SPARE	NNNNN

(ก)



(ข)

รูปที่ 3.53 Digital I/O Status Display



รูปที่ 3.54 Alarm Display

บทที่ 4
ผลการทดสอบ

4.1 กล่าวนำ

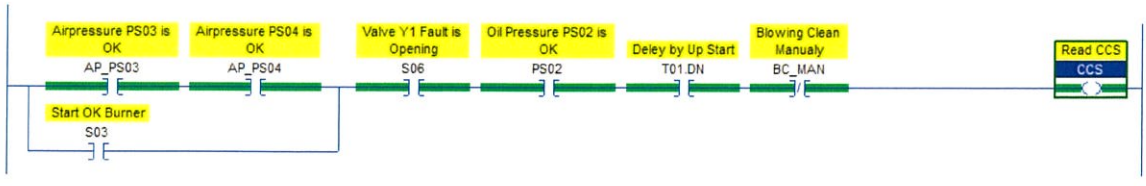
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนเขียนโปรแกรมควบคุมตามเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผา และส่วนของการแสดงผลผ่านหน้าจอสัมผัสที่ทำการสร้างขึ้นตาม P&I Diagram ของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผาในบทที่ 3

4.2 ผลการทดสอบส่วนควบคุมที่อัพเกรดแล้ว

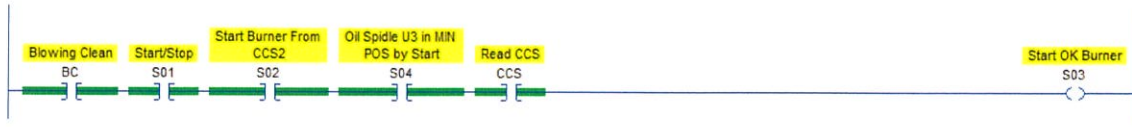
การทำงานของระบบเชื้อเพลิงหม้อเผานั้น จะทำงานเมื่อได้รับคำสั่ง Start Burner from CCS2 มาจาก DCS โดย DCS จะสั่งเปิด Valve น้ำมัน เมื่ออุปกรณ์วัดไม่พบความผิดปกติในระบบ (รูปที่ 4.1) และหน้าจอ HMI อยู่ในโหมด Auto (รูปที่ 4.2) พีแอลซีจะเปิด Solenoid Valve S01 เพื่อเปิด Valve V01 และปิด Valve V03 แล้วระบบจะทำการ Feed น้ำมันเข้าเตาเผา ซึ่งในขณะที่ Feed น้ำมันเข้าเตาเผานั้นจะมีอุปกรณ์วัดทั้งหมด 3 อุปกรณ์ นั้นคืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิ, อุปกรณ์วัดอัตราการไหล และ อุปกรณ์วัดความดันภายในท่อ

เมื่อน้ำมันที่อยู่ในท่อไม่อยู่ในสภาวะที่รับได้ เช่น น้ำมันมีอุณหภูมิต่ำ ความหนืดจะสูง (ความดันสูง) อัตราการไหลต่ำ เป็นต้น จะเกิด Alarm ขึ้น และพีแอลซีจะสั่งระบบหยุด Feed น้ำมันเข้าเตาเผา โดยการสั่งปิด Solenoid Valve S01 (โปรแกรมจะแทนด้วย Y01) เพื่อปิด Valve V01 (รูปที่ 4.3) และเปิด Valve V03 ซึ่งเป็นทางให้น้ำมันไหลออกจากระบบ และเปิด Solenoid Valve S02 (โปรแกรมจะแทนด้วย Y01 อ้างอิงกับรูปที่ 4.4) เพื่อเปิด Valve V04 (Blow Clean Auto) ซึ่งมีไว้เพื่อใช้ลมทำความสะอาดท่อ เมื่ออุปกรณ์ทุกตัวอยู่ในสถานะปกติแล้วระบบก็สามารถกลับมาทำงานได้ โดยอ้างอิงกับรูปที่ 4.5

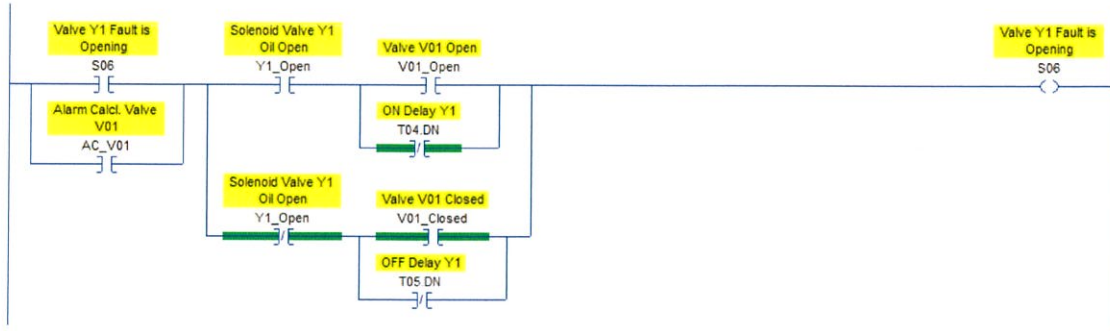
ส่วนการควบคุมในโหมด Manual นั้นสามารถทำได้โดยการเลือกโหมด Local ที่หน้าจอ HMI แล้วจึงสามารถกดปุ่ม Burner ได้ ซึ่งโหมดนี้จะถูกล็อกการทำงานด้วย User Interface ซึ่งจำกัดแค่ Maintenance User เท่านั้นที่สามารถใช้โหมดนี้ได้ เพื่อใช้ในการทดสอบกระบวนการการทำงาน อ้างอิงกับรูปที่ 4.6



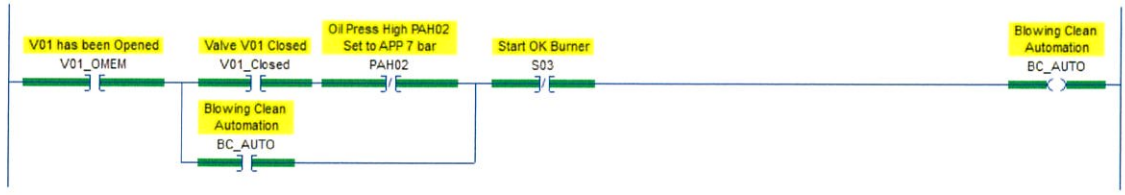
รูปที่ 4.1 Normal Condition



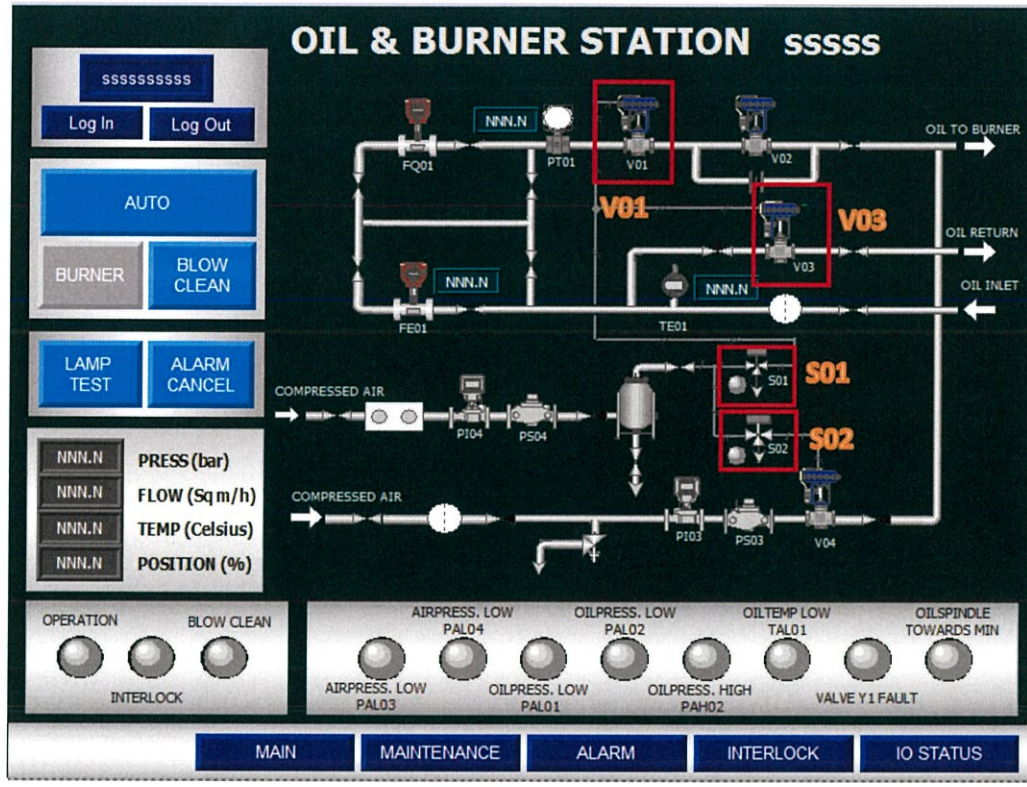
รูปที่ 4.2 Start OK Burner



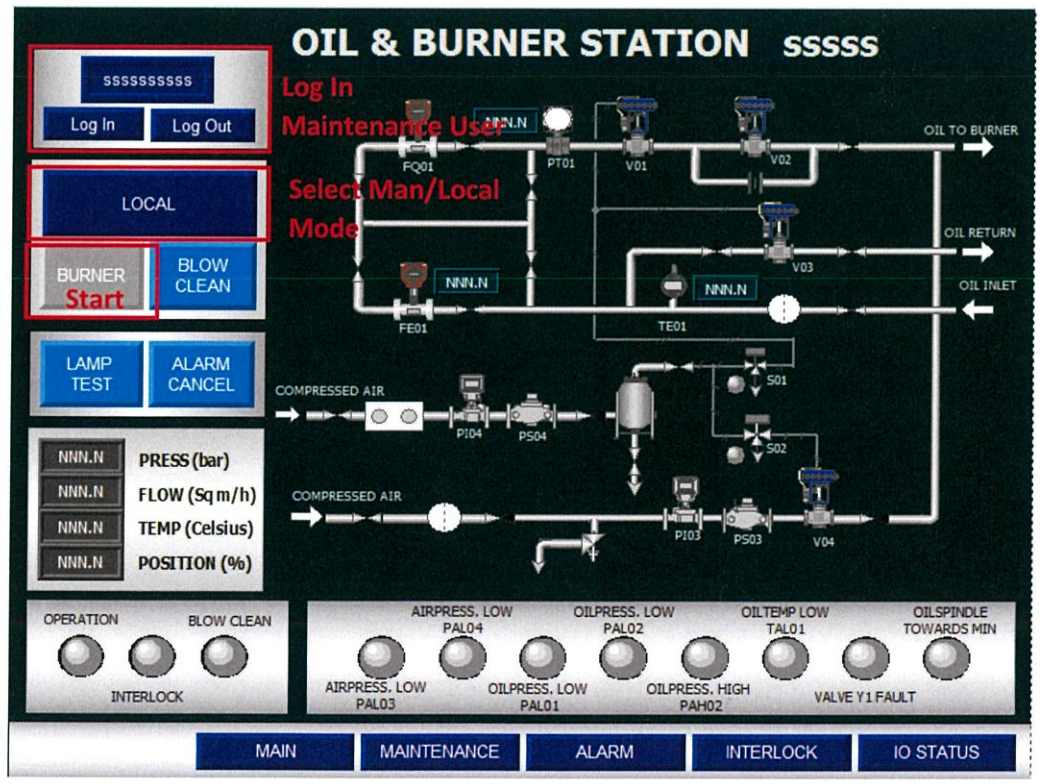
รูปที่ 4.3 Valve S01 Fault



รูปที่ 4.4 Open Blowing Clean Auto



รูปที่ 4.5 การจำลอง Process Oil & Burner Station บนหน้าจอ HMI



รูปที่ 4.6 การจำลอง Process Oil & Burner Station บนหน้าจอ HMI

4.3 ผลการทดสอบการแสดงผลที่อัพเกรดแล้ว

การทดสอบนี้จะเน้นที่ส่วนแสดงผลที่สามารถแสดงผลการทำงานของกระบวนการเชื้อเพลิงหม้อเผา ซึ่งส่วนแสดงผลจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้

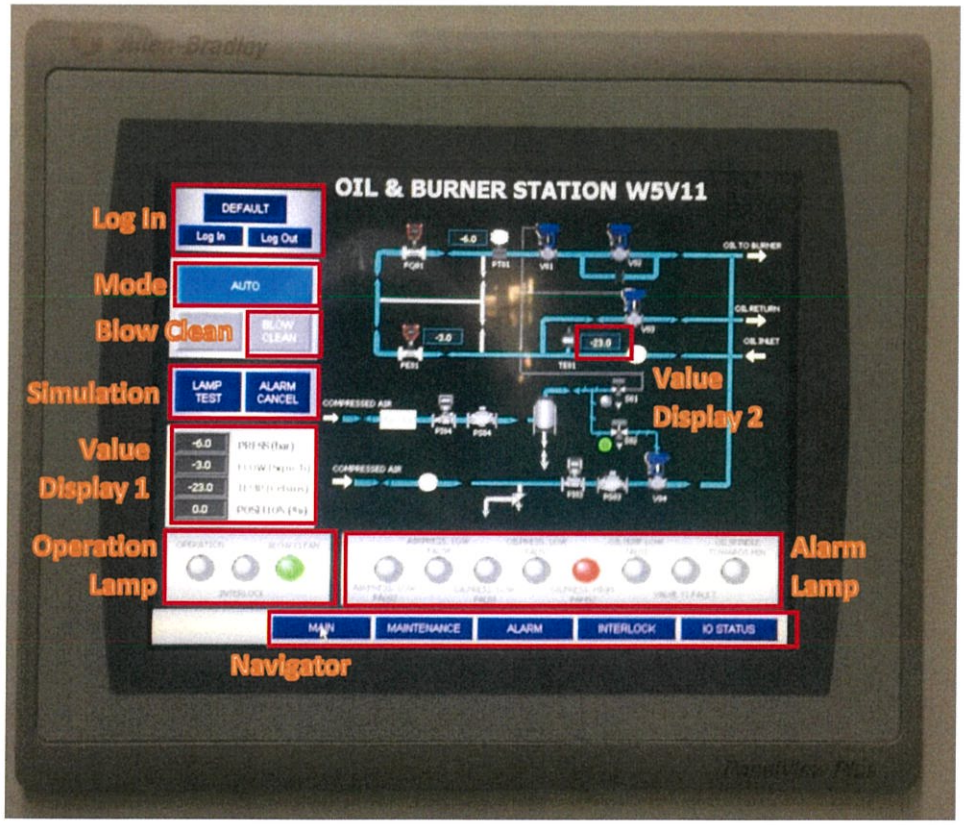
1) หน้าหลัก (รูปที่ 4.7) จะมีทั้งส่วนควบคุม ส่วนแสดงผล และส่วนอนุญาตการเข้าถึง ซึ่งเมื่อกดปุ่ม Auto และได้รับสัญญาณมาจาก DCS จะเป็นการเปิดวาล์วให้น้ำมันเตาเข้าหม้อเผา ในส่วนของการแสดงผลจะแสดงเป็นท่อสีชมพู ซึ่งระบบเชื้อเพลิงหมอเผาจะทำงานได้อุปกรณ์ทุกตัวจะต้องอยู่ในสถานะ Ready หรือไม่มี Alarm ที่ตัวอุปกรณ์ และค่าที่อุปกรณ์วัดได้จะแสดงไว้ 2 ตำแหน่ง คือติดอยู่กับอุปกรณ์ และฝั่งซ้ายของหน้าจอ

ส่วนของการ Log In นั้น มีไว้สำหรับผู้ที่สามารถปรับปรุงแก้ระบบได้ ซึ่งเมื่อทำการ Log In แล้วจะสามารถเข้าไปที่หน้า Maintenance ของระบบได้

การ Blow Clean จะเป็นการใช้ลมในการล้างท่อ จะสั่ง Blow Clean เมื่อภายในท่อเกิดความดันสูง และอัตราการไหลต่ำ ซึ่งการ Blow Clean ได้ทำได้ทั้งแบบ Auto และ Manual เมื่อมีการใช้ระบบลมหน้าจอ HMI จะแสดงผลส่วนที่ใช้ลมโดยใช้สัญลักษณ์ท่อสีฟ้า

ปุ่ม Lamp Test เป็นปุ่มที่ยังคงให้เหมือนหน้าตู้ควบคุมแบบเก่า เพื่อใช้ตรวจสอบสัญญาณไฟของการทำงาน (เขียว) และการแจ้งเตือน (แดง)

ปุ่ม Alarm Cancel จะใช้เมื่ออยู่ใน Simulation Mode แล้วมีการจำลองการเกิดสัญญาณ Alarm ขึ้นมา และต้องการที่จะหยุดการเกิด Alarm นั้น



รูปที่ 4.7 การแสดงผลของ Main Display

2) หน้า Maintenance (รูปที่ 4.8) สำหรับหน้านี้จะจำกัดผู้เข้าถึง เพื่อป้องกันการปรับแต่งพารามิเตอร์ และ Shutdown หน้าจอ ในหน้านี้จะมีปุ่ม Simulation Mode สำหรับจำลองสัญญาณแทนสัญญาณจากอุปกรณ์จริง

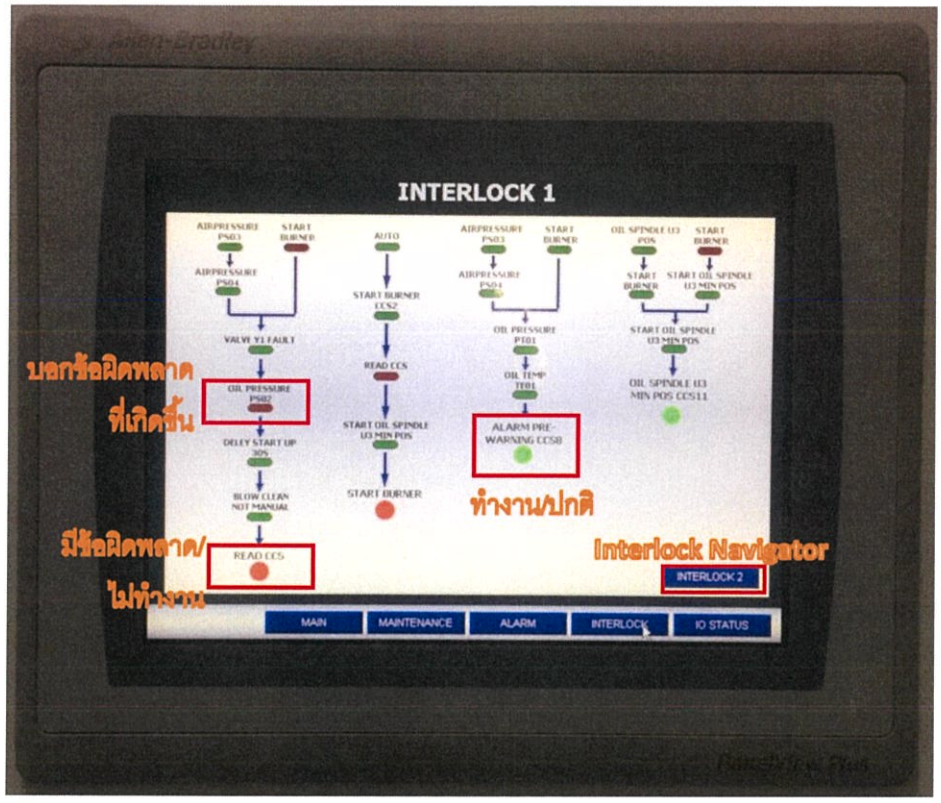
ส่วน Alarm setting มีไว้สำหรับการตั้งค่า Low pressure และ Low Temperature

ส่วน Analog input ไว้สำหรับการ Scale ค่า จาก Engineering unit ไปเป็นหน่วยของอุปกรณ์ที่ใช้ ไม่ว่าจะเป็น Pressure (bar), Flow (m^2/h), Temperature (Celsius), Position (%)

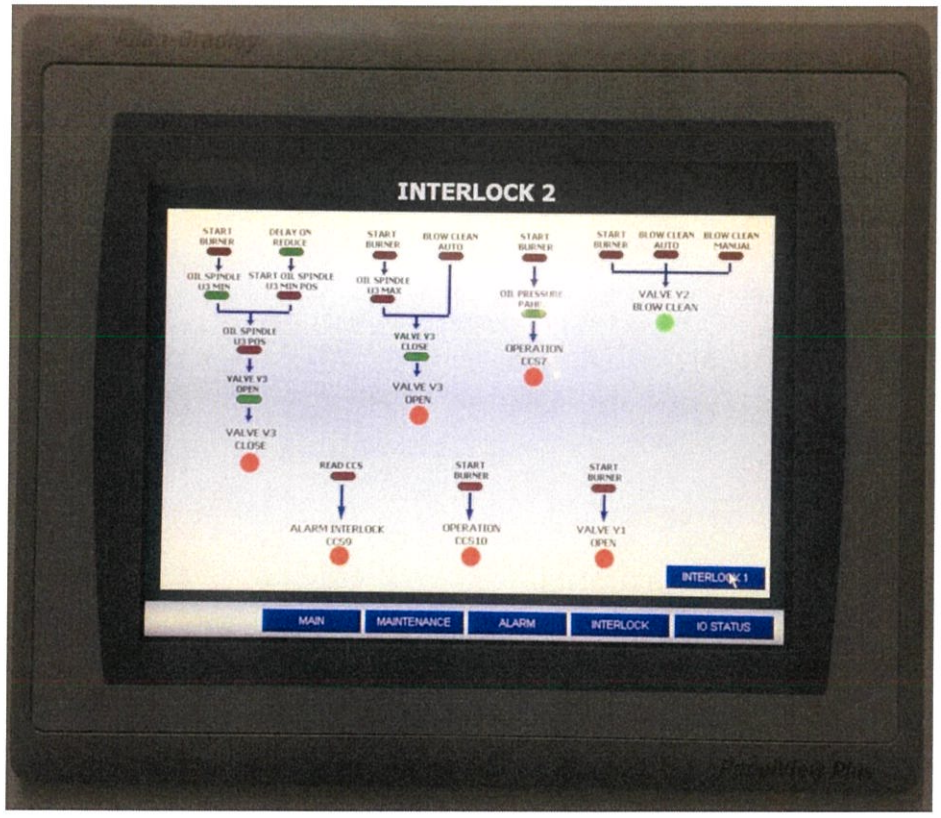
เนื่องจากโปรแกรมนี้สามารถใช้ได้หลาย Station จึงสามารถเปลี่ยนชื่อได้ โดยการ Write ลงพีแอลซีแล้วเก็บค่าไว้ใน PLC

รูปที่ 4.8 การแสดงผลของ Maintenance Display

3) หน้า Interlock (รูปที่ 4.9ก, รูปที่ 4.9ข) จะแสดงเงื่อนไขการทำงานที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งในส่วนนี้จะนำเงื่อนไขของสัญญาณ Digital Output มาแสดงเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้ในการวิเคราะห์ปัญหา เมื่อไม่มีสัญญาณ Output ไปที่อุปกรณ์ โดยสามารถสังเกตจากสีของไฟที่ติดไว้ ซึ่งสีแดงคือ ไม่ทำงานหรือมีข้อผิดพลาด และสีเขียวคือ สามารถทำงานได้ตามปกติ โดยหน้า Interlock มีทั้งหมด 2 หน้า



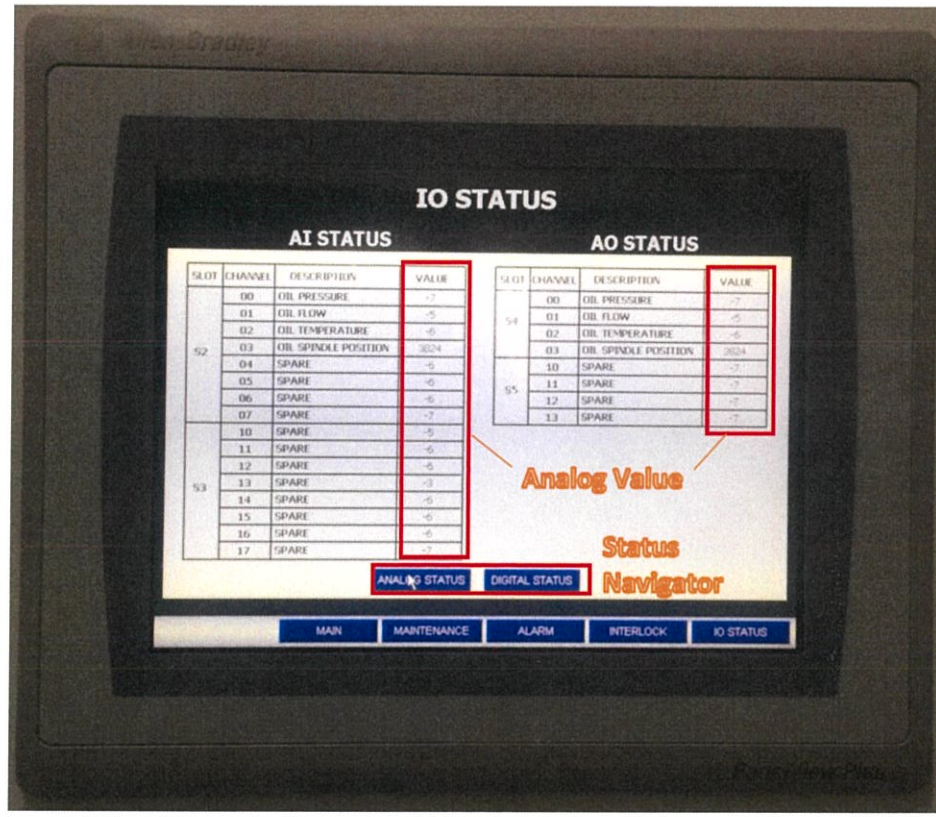
(ก)



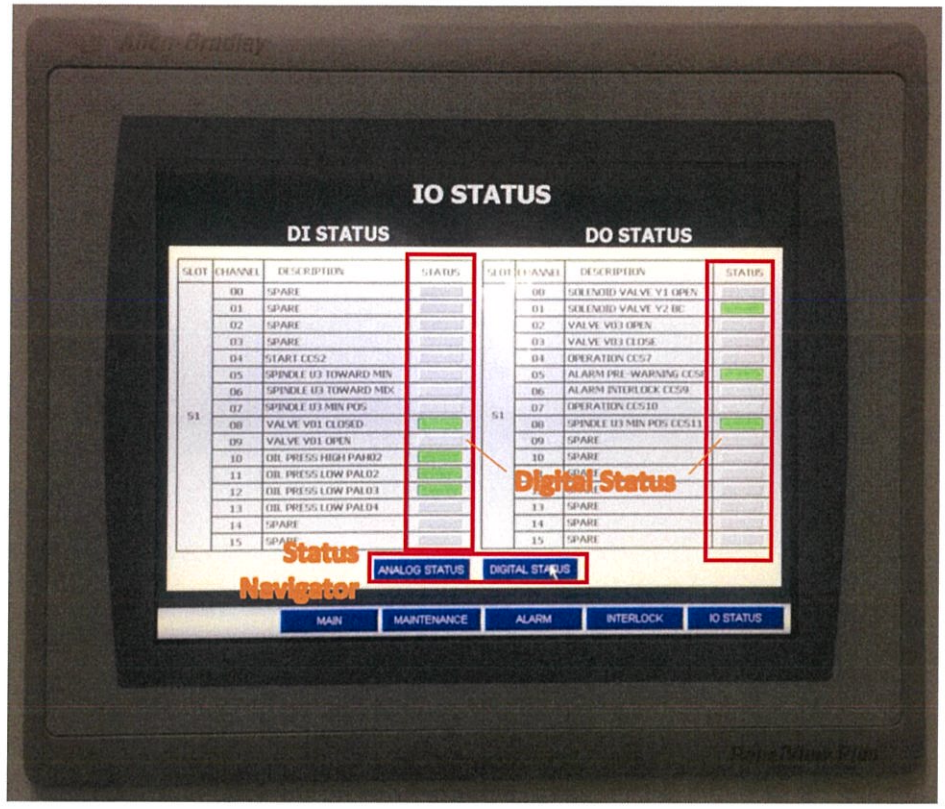
(ข)

รูปที่ 4.9 การแสดงผลของ Interlock 2 Display

4) หน้า I/O Status (รูปที่ 4.10ก, รูปที่ 4.10ข) จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับเช็คสัญญาณทั้งหมดของพีแอลซีที่มี ทั้ง Analog Input, Analog Output, Digital Input และ Digital Output ซึ่งสัญญาณ Analog จะแสดงเป็นค่า Engineering Unit ส่วน digital จะแสดงเป็นสัญญาณไฟ ON/OFF ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานกระบวนการสามารถตรวจสอบสัญญาณจากพีแอลซี (รูปที่ 4.11) โดยไม่จำเป็นต้องเปิดตู้ควบคุม ซึ่งทำให้สามารถควบคุมระบบ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

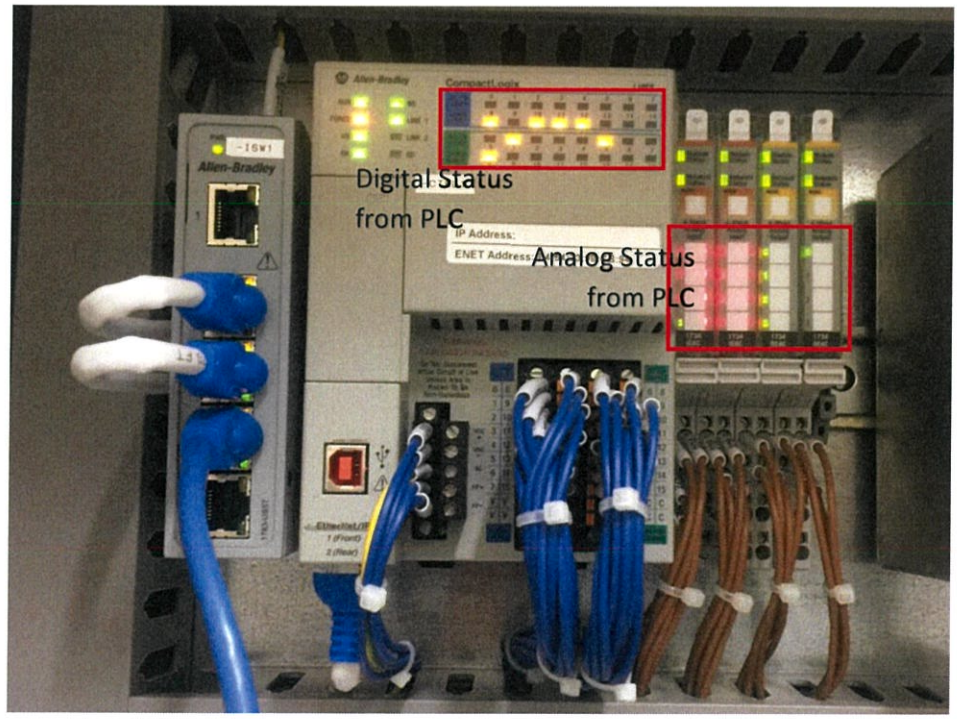


(ก)



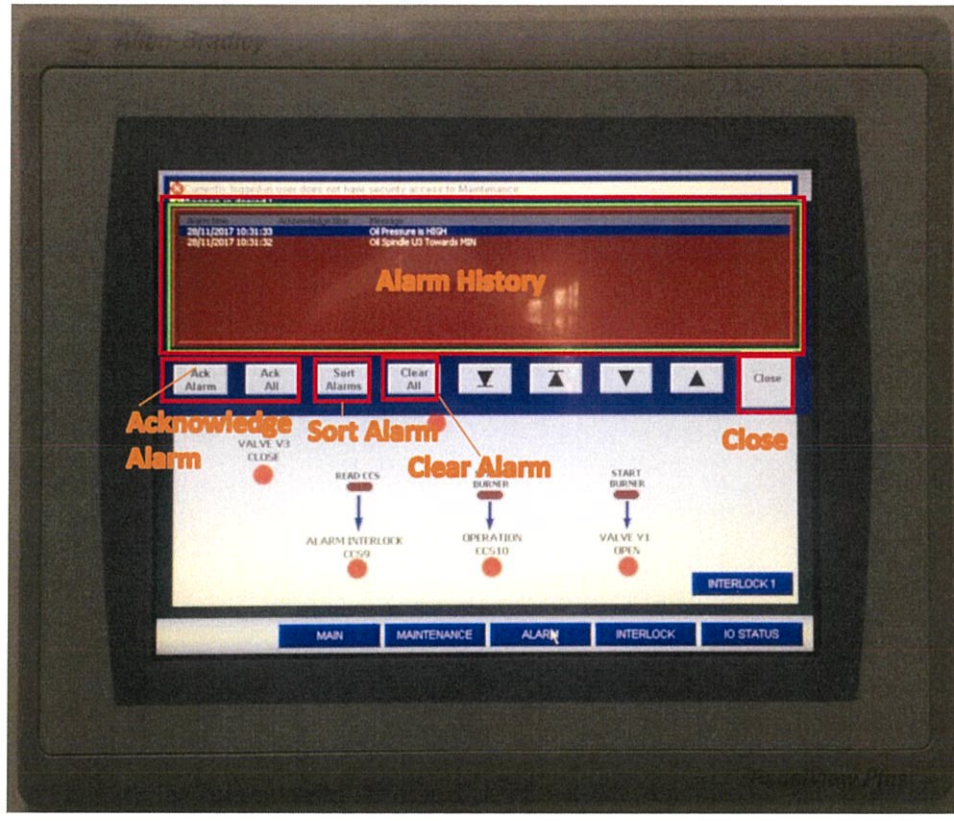
(ข)

รูปที่ 4.10 การแสดงผลของ I/O Status 2 Display



รูปที่ 4.11 I/O Point ของ PLC

5) หน้า Alarm (รูปที่ 4.12) เป็นหน้าที่ใช้แจ้งเตือน ซึ่งเมื่อมี Alarm เกิดขึ้นจะแสดงหน้านี้ขึ้นมา ซึ่งจะแสดงเวลาเมื่อเกิด Alarm และมีเวลาเมื่อกด Acknowledge ทั้งนี้เมื่อต้องการดูการเกิด Alarm ของแต่ละอุปกรณ์ก็สามารถกดปุ่ม Sort Alarms เพื่อแยกประเภทการเกิด Alarm ได้ เมื่อต้องการลบ History ที่เกิด Alarm ก็สามารถทำได้โดยกดปุ่ม Clear All



รูปที่ 4.12 การแสดงผลของ Alarm Display

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานการอัพเกรดเอชเอ็มไอ และการควบคุมสำหรับการจ่ายน้ำมันเตาของหม้อเผาในโรงงานปูนซีเมนต์ จะแบ่งการสรุปผลออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนควบคุมและส่วนแสดงผล

ส่วนของการควบคุมนั้นจะใช้เงื่อนไขการทำงานที่เหมือนเดิมคือ ต้องมีคำสั่ง Start Burner from CCS2 ถึงจะสามารถเริ่มการทำงานของกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผาในโหมด Auto ได้ ส่วนการควบคุมในโหมด Manual นั้นสามารถทำได้โดยการเลือกโหมด Local ที่หน้าจอ HMI แล้วจึงสามารถกดปุ่ม Burner ได้ ซึ่งโหมดนี้จะถูกล็อกการทำงานด้วย User Interface ซึ่งจำกัดแค่ Maintenance User เท่านั้นที่สามารถใช้โหมดนี้ได้ เพื่อใช้ในการทดสอบกระบวนการการทำงาน

ในส่วนของหน้าจอแสดงผลนั้นจะแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ซึ่งส่วนแรกจะแสดงการทำงานในกระบวน การและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องโดยสังเขป เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสังเกตการทำงานของระบบได้ ส่วนที่สองคือส่วนของการปรับแต่งระบบควบคุม ซึ่งในส่วนนี้จะจำกัดผู้เข้าถึงเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการปรับแต่งระบบควบคุม ในส่วนต่อมาจะแสดง Interlock ที่อยู่ในระบบควบคุม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้อย่างทันท่วงที เมื่อระบบเชื้อเพลิงหม้อเผาไม่สามารถทำงานได้ตามต้องการ ส่วนที่ 4 เป็นส่วนที่นำเอา I/O Point ทั้งหมดจากพีแอลซีมาแสดงไว้ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสัญญาณ Input และ Output จากอุปกรณ์ว่าสามารถติดต่อสื่อสารกับพีแอลซีได้หรือไม่ และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนของการแจ้งเตือน เมื่อกระบวนการหรืออุปกรณ์เกิดความผิดพลาด ทำให้ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากกระบวนการจ่ายน้ำมันเตาเข้าหม้อเผา เป็นกระบวนการที่ใช้งานมาเป็นเวลานานทำให้เอกสารบางส่วนสูญหาย และเอกสารหลายส่วนมีการกำหนดอุปกรณ์ไม่ตรงกันกับหน้างาน จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการทำความเข้าใจการทำงานของระบบ

เมื่อไปทำการ Commissioning ก็พบปัญหาเพิ่มเติม ไม่ว่าจะเป็นผู้ประสานนั้นประสพการณ์การทำงานในโรงงานน้อยจึงทำให้ใช้เวลานานในทำให้ระบบกลับมาทำงานเหมือนเดิม เพราะเขาไม่รู้การทำงานของระบบเดิมอย่างละเอียด หรือว่าจะเป็นสัญญาณสูญหายเนื่องจากการเข้าสายไม่แน่น แล้วยังมีปัญหาเรื่องการสื่อสารกับผู้ใช้งานไม่รู้เรื่อง เนื่องจากผู้ใช้งานและวิศวกรใช้ศัพท์ในการสื่อสารไม่เหมือนกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก่อนการเริ่มทำงานจะต้องตรวจดูทั้งเอกสาร และอุปกรณ์ในโรงงานให้ละเอียด เพื่อลดความผิดพลาดในการดำเนินงาน และต้องสื่อสารกับผู้ใช้งานให้เข้าใจตรงกัน เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] คณะกรรมการบริหารโครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, "สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่24", โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, 2542

[2] รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์, "ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553

[3] ระบบการสื่อสารข้อมูล, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2560, http://kanjana-aon.blogspot. com/2009/06/ethernet.html

[4] 1769 CompactLogix 5370 Controllers, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2560, http://ab.rockwellautomation.com/Programmable-Controllers/CompactLogix-5370-Controllers

[5] BOOTP AND DHCP, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2560, https://www.slideshare.net/mohammedarif89/bootp-and-dhcp

[6] Communication Modules, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2560, http://www.ab.com/en/epub/catalogs/12762/2181376/2416247/360807/1837522/EtherNet-IP-Network.html

[7] Ethernet/IP Multicasting Explained, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2560, https://hennulat.wordpress.com/2010/06/28/ethernetip-multicasting-based-on-cip/

[8] FactoryTalk View ME Software, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2560, https://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/factorytalk-view-me.page

[9] HMI Human Machine Interfaces, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2560, http://www.anaheimautomation.com/manuals/forms/hmi-guide.php

[10] HMI Programming | Ethernet, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 28 กันยายน พ.ศ. 2560, http://www.energyscopethai.com/hmi-programming/

[11] PanelView Plus 7 Graphic Terminals, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2560, http://ab.rockwellautomation.com/Graphic-Terminals/2711P-PanelView-Plus-7-Terminals

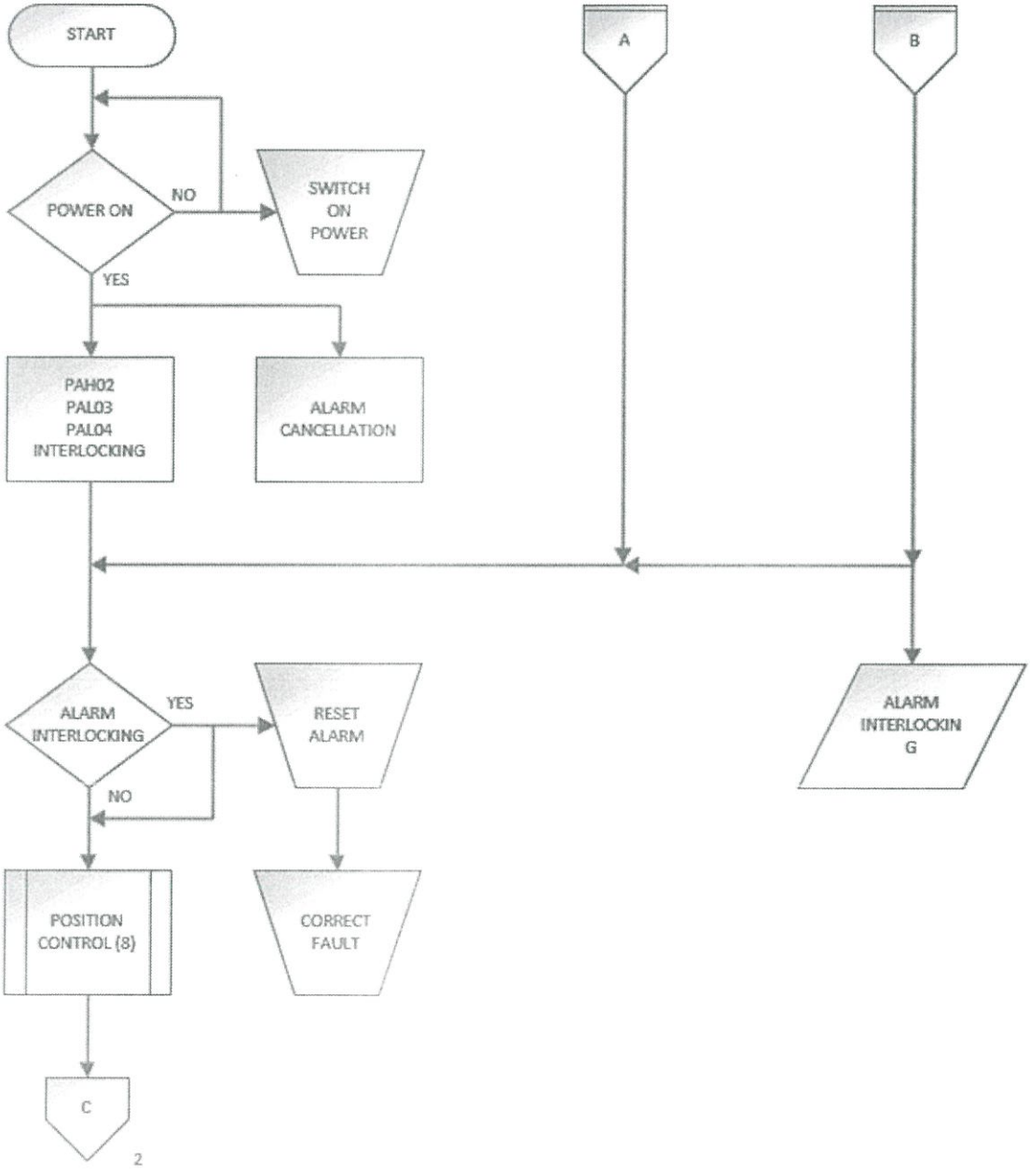
[12] RSLinx Versions Data Server Communications, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2560, https://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/rslinx.page

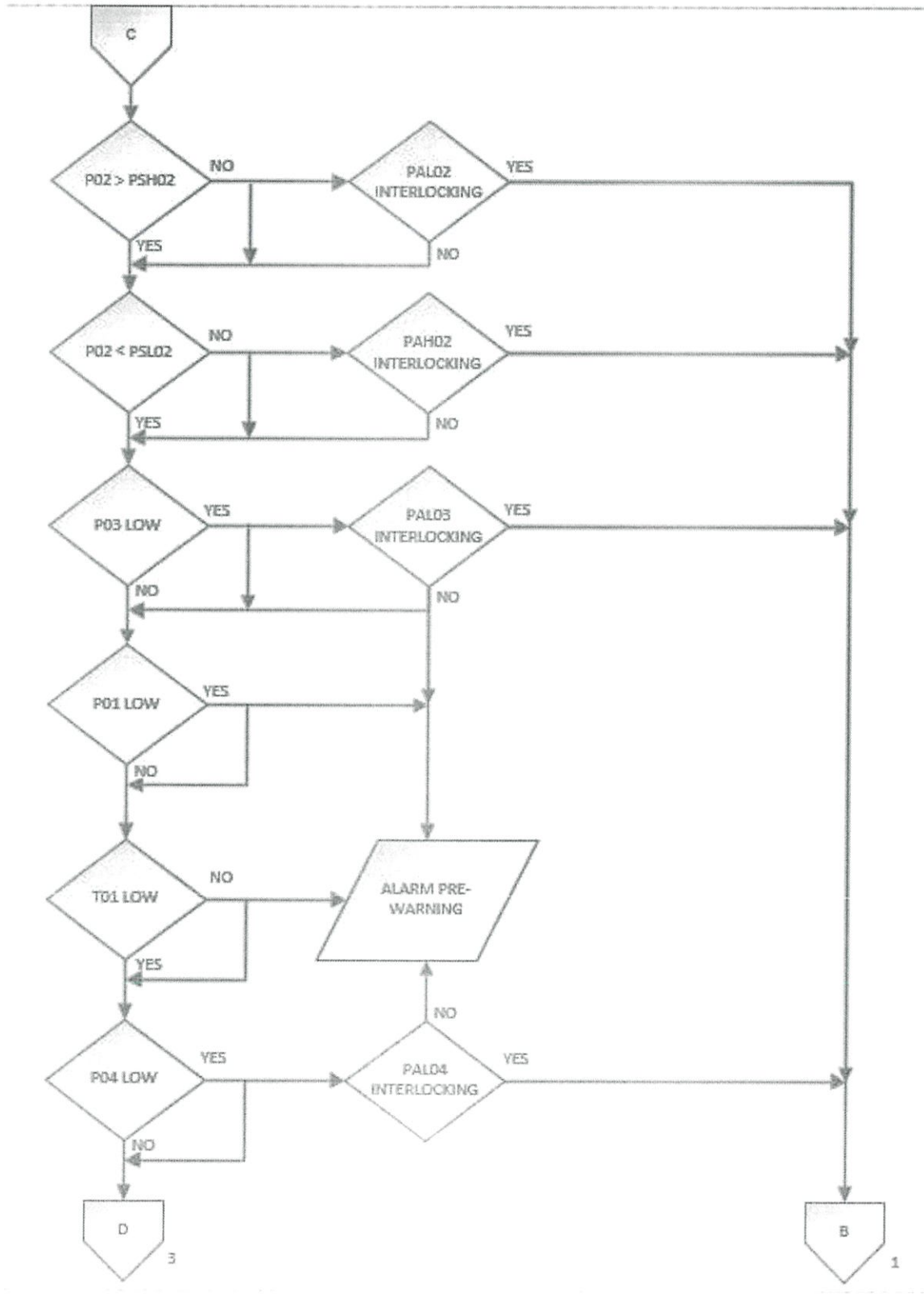
[13] Studio 5000 Logix Designer, เข้าถึงเมื่อ วันที่ 26 กันยายน พ.ศ. 2560, https://www.rockwellautomation.com/rockwellsoftware/products/studio5000-logix-designer.page

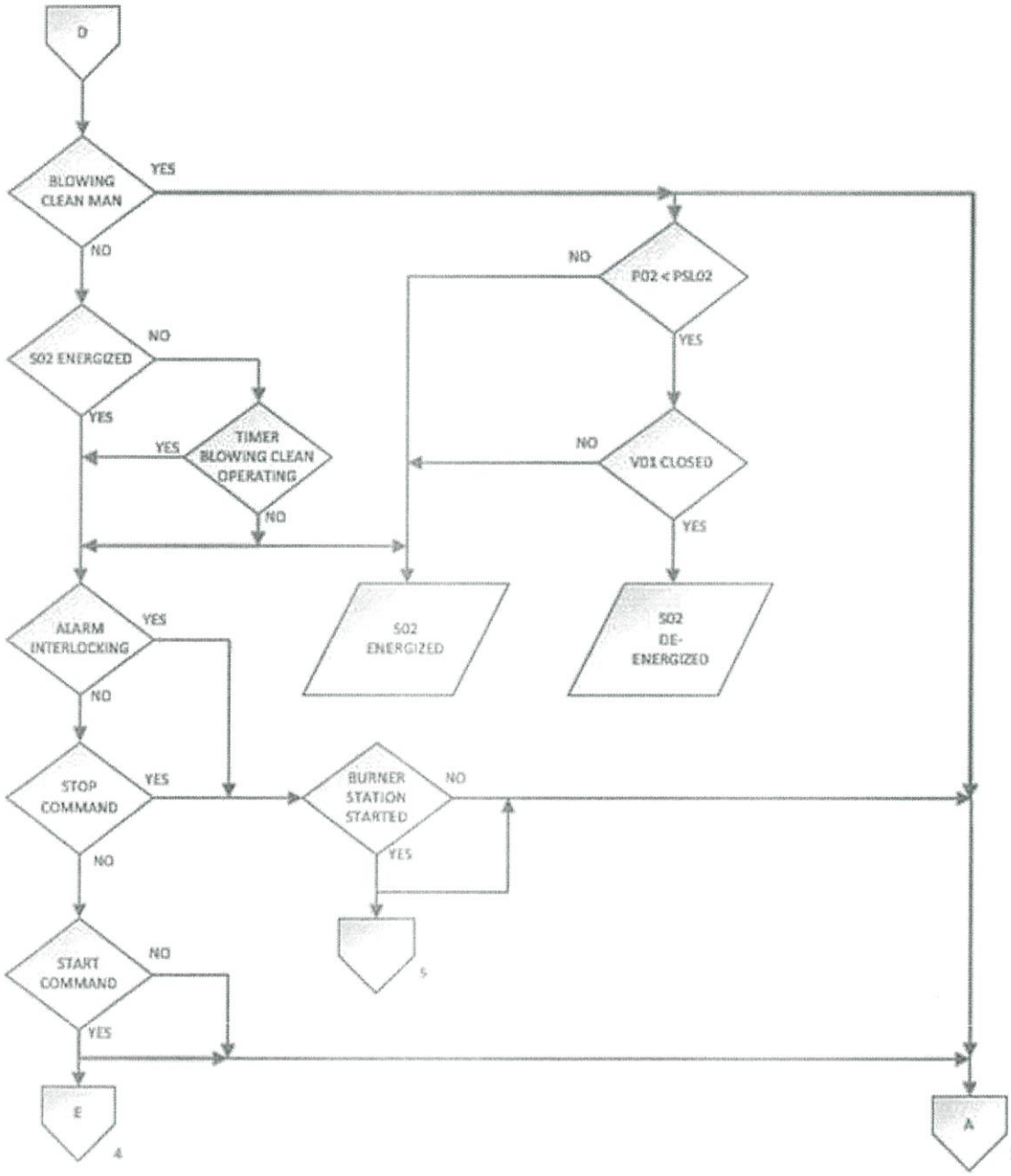
ภาคผนวก

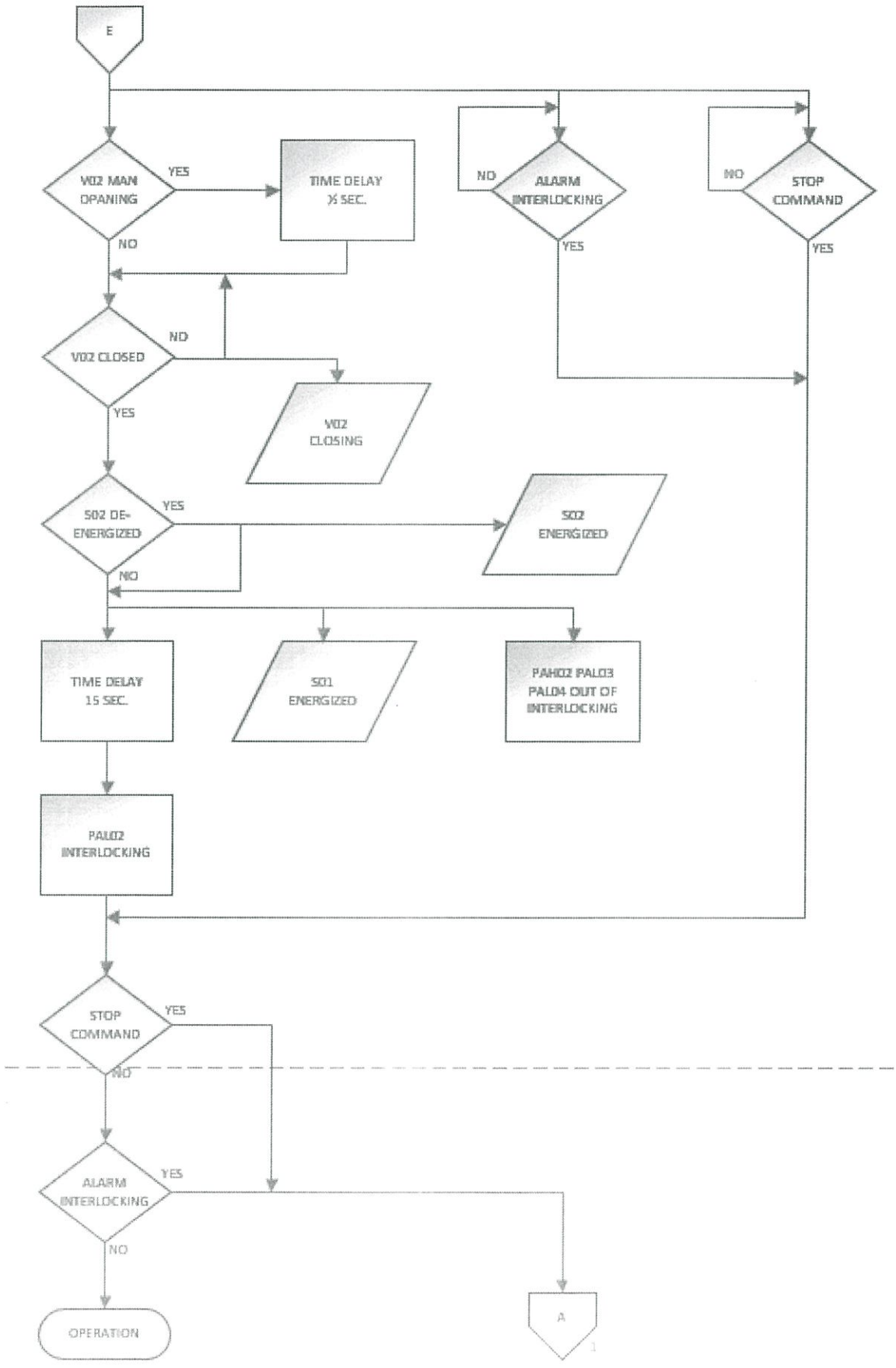
ภาคผนวก ก

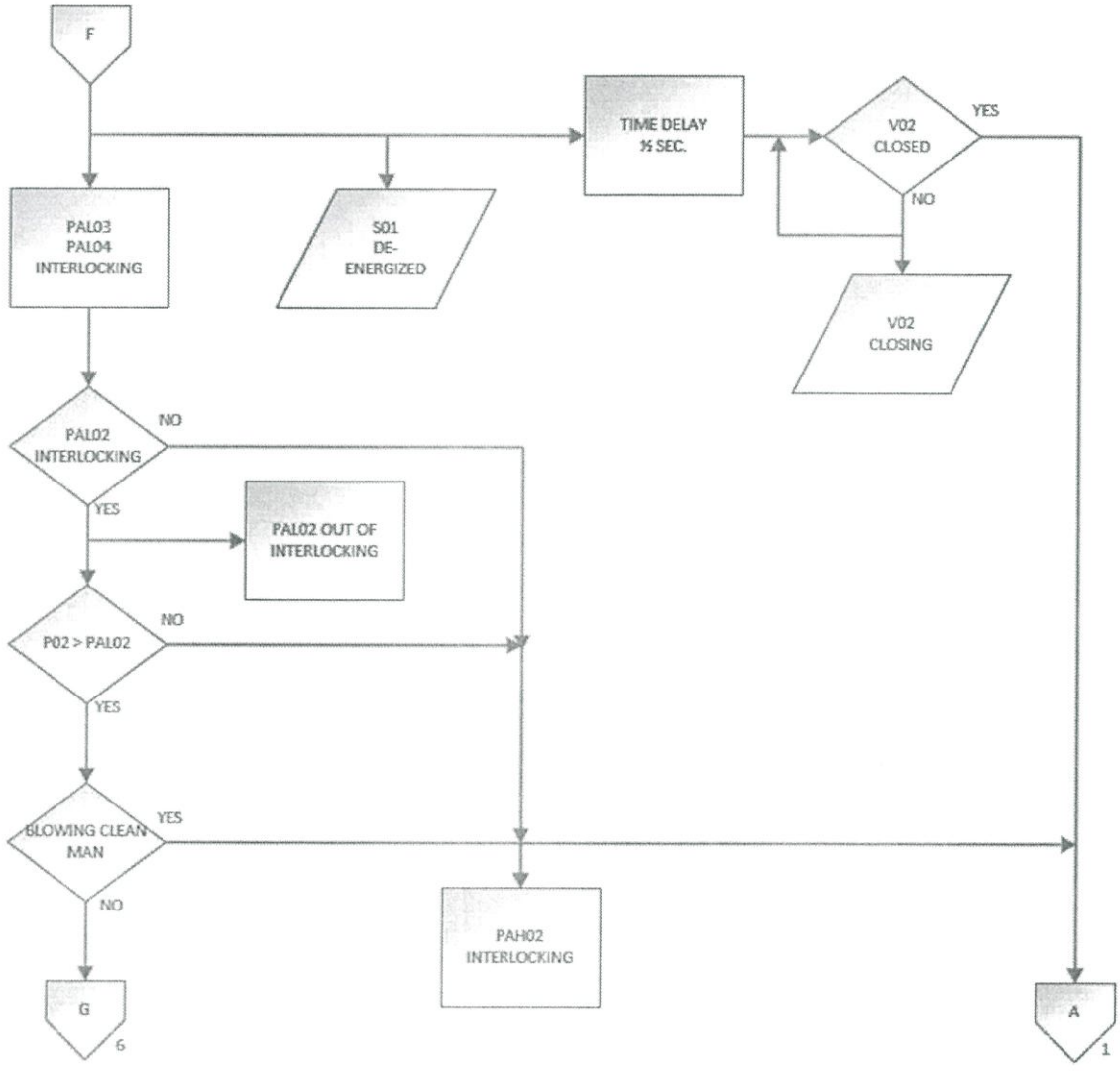
Flowchart การทำงานของระบบ

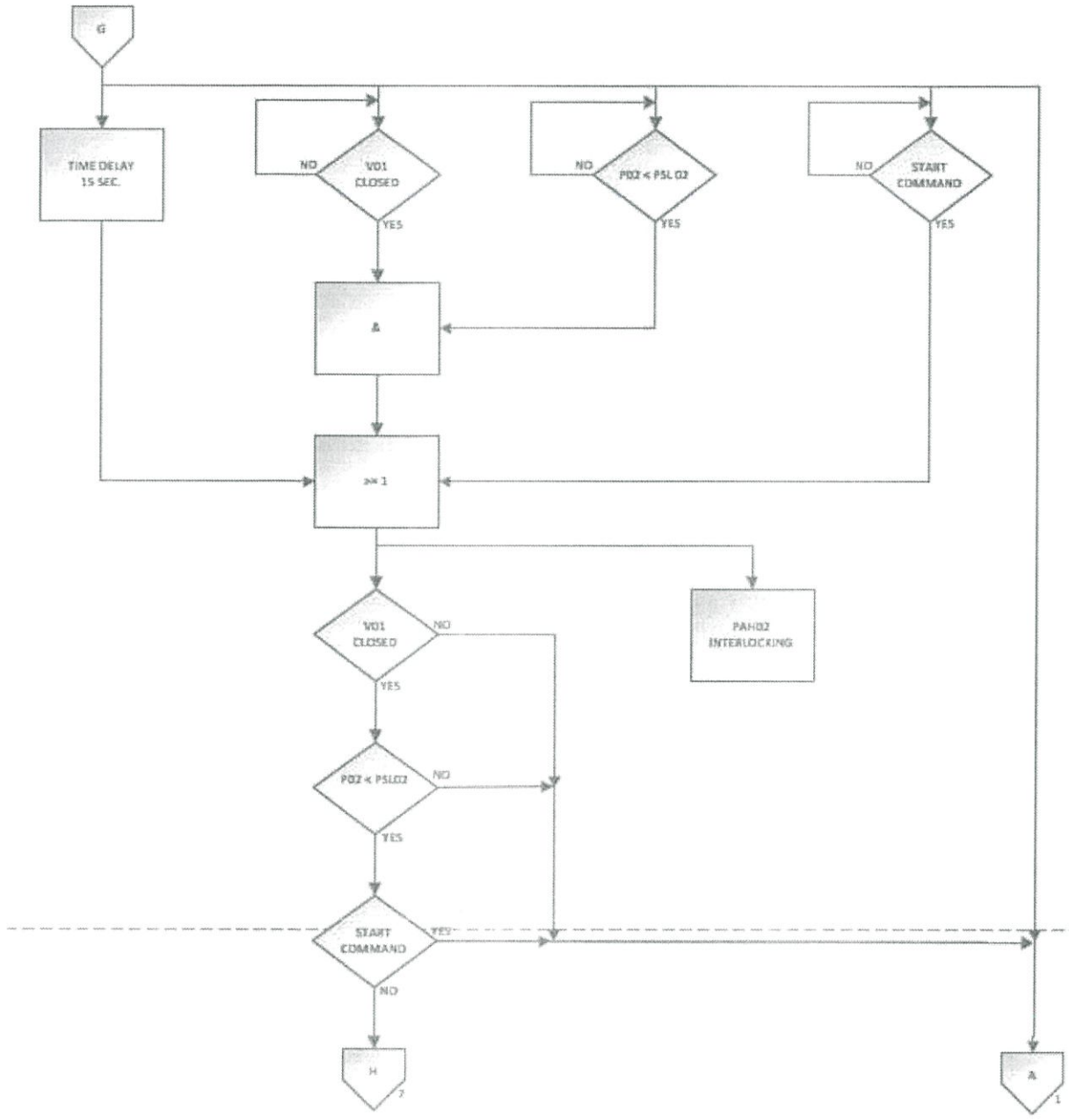


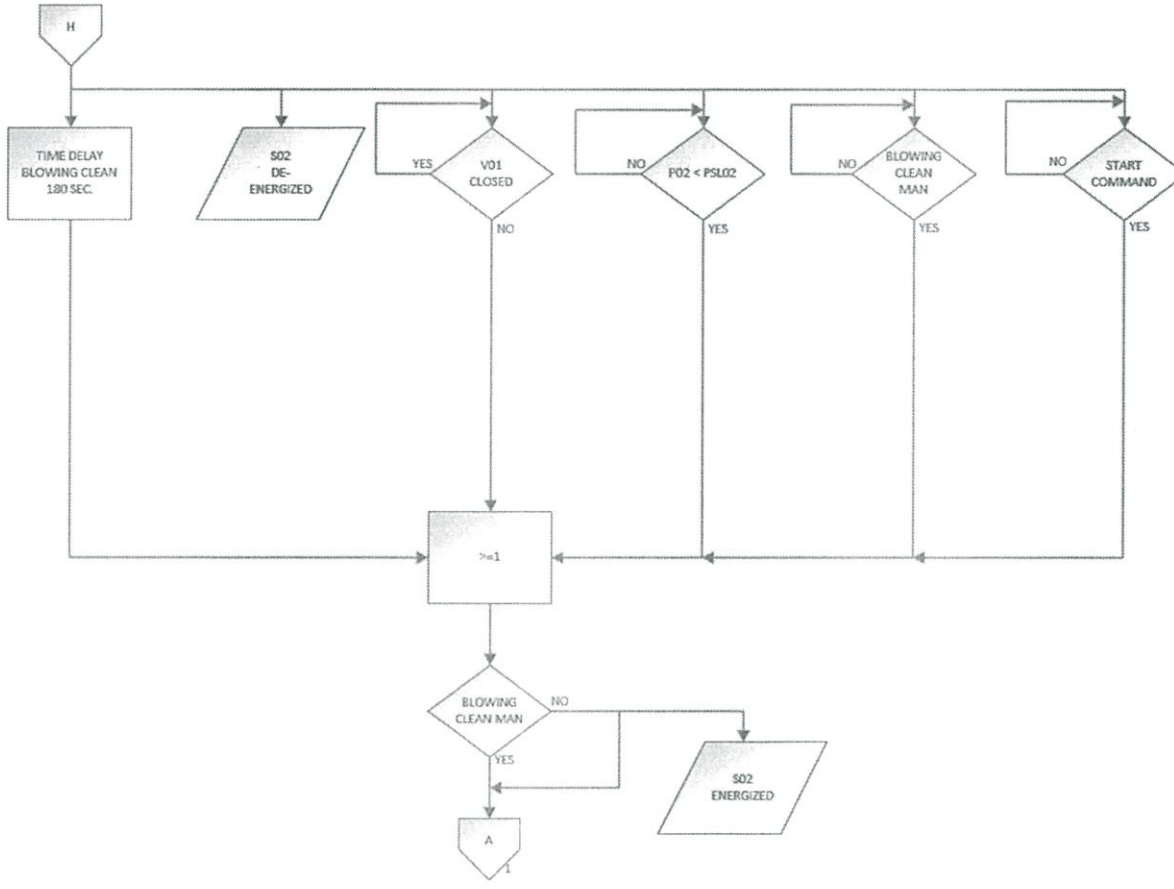

C
P02 > PSH02
NO
PAL02 INTERLOCKING
YES
YES
NO
P02 < PSL02
NO
PAH02 INTERLOCKING
YES
YES
NO
P03 LOW
YES
PAL03 INTERLOCKING
YES
NO
NO
P01 LOW
YES
NO
T01 LOW
NO
ALARM PRE-WARNING
YES
NO
P04 LOW
YES
PAL04 INTERLOCKING
YES
NO
D
3
B
1

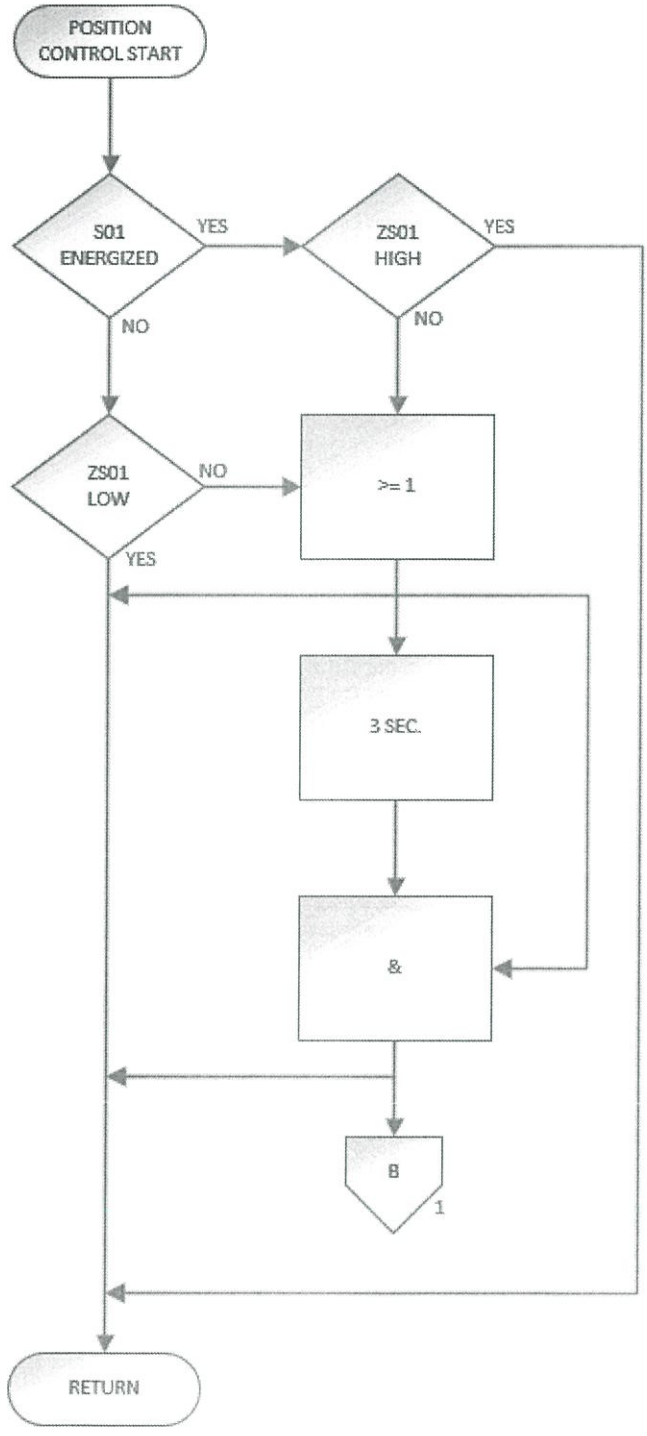

D
BLOWING CLEAN MAN
YES
NO
SO2 ENERGIZED
NO
YES
TIMER BLOWING CLEAN OPERATING
YES
NO
ALARM INTERLOCKING
YES
NO
STOP COMMAND
YES
NO
START COMMAND
NO
YES
E
4
PO2 < PSLO2
NO
YES
VD1 CLOSED
NO
YES
SO2 ENERGIZED
SO2 DE-ENERGIZED
BURNER STATION STARTED
NO
YES
5
A
1


E
V02 MAN OPANING
YES
NO
TIME DELAY ½ SEC.
NO
ALARM INTERLOCKING
YES
NO
STOP COMMAND
YES
V02 CLOSED
NO
YES
V02 CLOSING
S02 DE-ENERGIZED
YES
NO
S02 ENERGIZED
TIME DELAY 15 SEC.
S01 ENERGIZED
PAH02 PAL03 PAL04 OUT OF INTERLOCKING
PAL02 INTERLOCKING
STOP COMMAND
YES
NO
ALARM INTERLOCKING
YES
NO
OPERATION
A


F
PAL03
PAL04
INTERLOCKING
S01
DE-
ENERGIZED
TIME DELAY
½ SEC.
V02
CLOSED
YES
NO
V02
CLOSING
PAL02
INTERLOCKING
NO
YES
PAL02 OUT OF
INTERLOCKING
P02 > PAL02
NO
YES
BLOWING CLEAN
MAN
YES
NO
PAH02
INTERLOCKING
G
6
A
1


G
TIME DELAY
15 SEC.
NO
VO1
CLOSED
YES
NO
PO2 < PSL 02
YES
NO
START
COMMAND
YES
&
≥= 1
VO1
CLOSED
NO
YES
PAHO2
INTERLOCKING
PO2 < PSL02
NO
YES
START
COMMAND
YES
NO
H
7
A
1


H
TIME DELAY BLOWING CLEAN 180 SEC.
S02 DE-ENERGIZED
YES
V01 CLOSED
NO
NO
P02 < PSL02
YES
NO
BLOWING CLEAN MAN
YES
NO
START COMMAND
YES
>=1
BLOWING CLEAN MAN
NO
YES
S02 ENERGIZED
A
1


POSITION CONTROL START
S01 ENERGIZED
YES
NO
ZS01 HIGH
YES
NO
ZS01 LOW
NO
YES
>= 1
3 SEC.
&
B
1
RETURN