การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ถูกติดตั้ง ในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet

นายนรากร แพงวิเศษ
นายอภิชาติ เอกมธุรพจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ถูกติดตั้ง ในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต

Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet

นายนรากร แพงวิเศษ

นายอภิชาติ เอกมธุรพจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet

Mr.Narakorn Pangwisate
Mr.Apichart Ekmaturapot

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

สาขาวิชาวิศวกรรมอัตโนมัติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ติดถูกติดตั้งในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายนรากร	แพงวิเศษ	**รหัสนักศึกษา** 57010664
	นายอภิชาติ	เอกมธุรพจน์	**รหัสนักศึกษา** 57011475
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอัตโนมัติ		
ปีการศึกษา	2560		

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ติดถูกติดตั้งในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายนรากร แพงวิเศษ	รหัสนักศึกษา 57010664
	นายอภิชาติ เอกมธุรพจน์	รหัสนักศึกษา 57011475
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์	
ปีการศึกษา	2560	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอระบบที่ใช้พีแอลซีในการควบคุมการทำงานแบบลำดับของเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ซึ่งถูกติดตั้งในพื้นที่อันตรายของโรงแยกแก๊สแห่งหนึ่ง การเฝ้าระวังและควบคุมเครื่องกรองน้ำมันสามารถทำได้ทั้งที่หน้างาน (แบบ Local) และที่ห่างจากจุดติดตั้งในพื้นที่ปลอดภัย (แบบ Remote) โดยใช้ความสามารถของหน้าจอสัมผัสที่รองรับการเข้าถึงจากระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต เพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งานของเครื่องกรองน้ำมัน ได้มีการออกแบบระบบควบคุมที่มีการสำรองการทำงานของไส้กรองด้วยการตรวจสอบค่าความดันที่ตกคร่อมไส้กรอง ถ้าไส้กรองหลักเกิดการอุดตัน จะใช้ไส้กรองสำรองในการกรองน้ำมันแทนอย่างอัตโนมัติ โดยการควบคุมวาล์วขาเข้าของน้ำมันเกียร์ ในส่วนการแจ้งเตือนจะมีการตรวจสอบค่าตัวแปรกระบวนการที่สำคัญ ดังเช่น ค่าความดันของน้ำมันเกียร์ในท่อขาเข้าด้วยพีแอลซี เพื่อแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานผ่านหน้าจอสัมผัสที่หน้างาน และส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่ติดตั้งในพื้นที่ปลอดภัย นอกจากนี้ยังมีส่วนการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลที่ส่วนติดต่อผู้ใช้งานเพื่อความปลอดภัย ความสามารถในการทำงานของระบบที่นำเสนอสามารถยืนยันได้จากผลการทดลอง

Thesis Title	Remote Control of Gear Oil Purifier Located in Hazardous Area via Internet
Authors	Mr.Narakorn Pangwisate
	Mr.Apichart Ekmaturapoj
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Amphawan Julsereewong
Year	2017

Abstract

This thesis presents a programmable logic controller (PLC)-based system for controlling the sequential operations of a gear oil purifier, which is located in hazardous location at a gas separation plant. The proposed system can be both locally and remotely monitored and controlled by using a panel touch screen with built-in capability of remote access via Internet. The redundant oil filters are installed along with the inlet valves to increase the availability of the controlled oil purifier. Based on detection of pressures drop across the filters, if the primary filter clogs, the secondary filter will be used automatically by controlling the inlet valves. Alarms of major process variables such as inlet pipe pressure are detected by the PLC, and their notifications are sent to the panel touch screen, functioning as local human machine interface (HMI), as well as to the remote HMI. In addition, the role-based authentication and authorization for access control is also created at remote site for security reason. The workability of the proposed system is confirmed through experimental results.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์นี้ที่คอยให้คำปรึกษาให้คำแนะนำให้ข้อมูลต่าง ๆ ในด้านซอฟท์แวร์และฮาร์ดแวร์รวมทั้งเกร็ดความรู้ต่าง ๆ ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ต่อผู้จัดทำเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมอัตโนมัติทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติมาตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่เป็นประโยชน์ในการนำมาประยุกต์ใช้ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นอย่างมาก

ขอขอบคุณ บริษัทอินเทลลิเจนท์ ออโตเมชั่น แมชชีน จำกัด และ บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน ที่ได้ให้โอกาศริเริ่มปริญญานิพนธ์ขึ้นมาตลอดจนให้คำแนะนำ แนะแนวทางวิธีแก้ปัญหา และพัฒนา ขอขอบคุณพี่ ๆ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา สุดท้ายขอขอบพระคุณทุกท่านผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์ 2
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 กล่าวนำ 5
2.2 การวัดคุณภาพน้ำมัน 5
2.3 การกรองน้ำมันเกียร์ 7
2.4 การควบคุมแบบลำดับ 8
2.5 พื้นที่อันตราย 9
2.5.1 ความหมายของพื้นที่อันตราย 10
2.5.2 ตวามรู้พื้นฐานการป้องกันการระเบิด 11
2.5.3 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส 15
2.5.4 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหยตามมาตรฐาน NEC 16
2.5.5 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในพื้นที่อันตราย 19
2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง 21
2.6.1 พีแอลซี 21
2.6.2 แอนะลอกโมดูล 21
2.6.3 ทรานสมิตเตอร์ 22
2.6.4 อินเวอร์เตอร์ 23
2.6.5 มอเตอร์แบบ 3 เฟส 23
2.6.6 โซลินอยด์วาล์ว 24

สารบัญ (ต่อ)

2.6.7 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบจอสัมผัส 24
2.6.8 เครื่องมือวัดอนุภาคที่ปนเปื้อนในน้ำมัน 25
2.6.9 แอคเซสพอยท์ 25
2.7 มอดบัสอาร์ทียู 26
2.7.1 โครงสร้างของโปรโตคอลเทียบกับโอเอสไอโมเดล 26
2.7.2 ลักษณะของเฟรมข้อมูล 27
2.7.3 ส่วนประกอบของเฟรมข้อมูล 28
2.7.4 การเชื่อมต่อทางกายภาพ 29
2.8 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง 29
2.8.1 XCPPro V3.3 29
2.8.2 PM Designer 30
2.8.3 VNC Viewer 31

บทที่ 3 การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่นำเสนอ 32
3.1 กล่าวนำ 32
3.2 ภาพรวมของการควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่นำเสนอ 32
3.2.1 โครงสร้างของระบบโดยภาพรวม 32
3.2.2 การออกแบบระบบการทำงานแบบสำรอง 33
3.3 การออกแบบระบบควบคุม 35
3.3.1 แบบ P&I Diagram 35
3.3.2 โครงสร้างการสื่อสารข้อมูล 36
3.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอนโทรล 36
3.4 การเซ็ตอัพอุปกรณ์ในการติดตั้งใช้งาน 37
3.4.1 การกำหนดช่วงการวัดของทรานสมิตเตอร์ 37
3.4.2 การตั้งค่าการรับสัญญาณแอนะลอกของอินเวอร์เตอร์ 38
3.4.3 การตั้งค่าแอนะลอกโมดูล 17624F20F2 40
3.4.4 การกำหนดตารางอินพุตและเอาต์พุตของพีแอลซี 41
3.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการแบบลำดับ 42
3.5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม 42
3.5.2 การสร้างและกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม XCPPro v3.3 43
3.5.3 การสร้างส่วนรับค่าและการสเกลค่าจากอุปกรณ์การวัดที่เป็นแอนะลอก 44
3.5.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมปั๊มโดยสั่งการผ่านอินเวอร์เตอร์ 46

สารบัญ (ต่อ)

3.6 การออกแบบส่วนแสดงผลและส่วนติดต่อผู้ใช้งาน 47
3.6.1 การออกแบบส่วนแสดงผลหน้าล็อกอิน 47
3.6.2 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อควบคุม 48
3.6.3 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมพารามิเตอร์ 49
3.6.4 การออกแบบส่วนแสดงผลกราฟและข้อมูล 50
3.6.5 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อแสดงประวัติการเก็บข้อมูล 51
3.6.6 การออกแบบส่วนแสดงผลการแจ้งเตือน 52
3.6.7 ขั้นตอนในการสร้างกราฟิก 53
3.6.8 การสร้างส่วนประกอบอื่น ๆ 55
3.7 การป้องกันการทำงานแบบโลคอลและรีโมท 65
3.7.1 การป้องกันโดยซีเล็กเตอร์สวิตช์ 65
3.7.2 การป้องกันโดยใช้การล็อกอิน 65

บทที่ 4 ผลการทดสอบการควบคุมที่นำเสนอ 66
4.1 กล่าวนำ 66
4.2 ผลการทดสอบระบบ 66
4.2.1 การทดสอบการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล และตัวควบคุม 66
4.2.2 การทดสอบตัวแปรกระบวนการที่ใช้ในการควบคุมแสดงผล และเฝ้าระวัง 69
4.3 ผลการทดสอบการควบคุมแบบลำดับโดยส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบสัมผัส 70
4.3.1 การทดสอบการควบคุมแบบลำดับ 70
4.3.2 การทดสอบโหมดการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น 71
4.3.3 การทดสอบการแจ้งเตือน 74
4.3.4 การทดสอบระบบสำรอง 75
4.3.5 การทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ในกระบวนระยะไกล 76
4.3.6 การทดสอบการล็อกอินจากระยะไกล 79

บทที่ 5 สรุปผลและปัญหาในการดำเนินงาน 81
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 81
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน 81
5.2.1 ปัญหาที่พบ 81
5.2.2 วิธีการแก้ปัญหา 81
5.3 ข้อเสนอแนะ 81

เอกสารอ้างอิง 82

ภาคผนวก แบบทางไฟฟ้า 83

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 รายละเอียดแผนการดำเนินงาน....3
2.1 การแบ่งชั้นการวัดอนุภาคโดยวัดอนุภาคต่อน้ำมัน 100 มิลลิลิตร 5
2.2 ตัวอย่างการนับจำนวนอนุภาคในน้ำมันตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร 6
2.3 การแบ่งสเกลการวัดอนุภาคในน้ำมันตามมาตรฐาน ISO 4406 6
2.4 ตัวอย่างการวัดค่าความสะอาดของน้ำมันตามมาตรฐาน ISO 7
2.5 การแบ่งประเภทพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน 9
2.6 การเปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา 9
2.7 ตัวอย่างค่า LEL และ UEL ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ 12
2.8 ตัวอย่างค่า Flash Point ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ 13
2.9 ตัวอย่างค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ 14
2.10 ตัวอย่างค่า Vapor Density ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ 14
2.11 ตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตรายของสารไวไฟ 15
2.12 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหย 16
2.13 มาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันการระเบิดตามมาตรฐานของ IEC และ NEC 19
2.14 Layer ของ MODBUS RTU เทียบกับ OSI Model 26
2.15 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่โปรแกรม XCPPro V3.3 ต้องการ 30
3.1 รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้ง 37
3.2 I/O List 41
3.3 การกำหนด Input/ Output และ Address 43

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ตัวอย่างการอ่านค่าความสะอาดของน้ำมัน 7
2.2 ตัวอย่างของไส้กรอง 7
2.3 ตัวอย่างการทำงานแบบลำดับ 8
2.4 การทำงานแบบลำดับของเครื่องกรองน้ำมัน 8
2.5 องค์ประกอบ 3 อย่างที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ 11
2.6 ตัวอย่างตู้ Explosion Proof 19
2.7 Flameproof Type “d” Protection 20
2.8 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection 20
2.9 พีแอลซี Xinje-xc3-32T 21
2.10 Analog Module รุ่น XC-E4AD2DA 21
2.11 Transmitter 22
2.12 Inverter 23
2.13 3-Phase Motor 23
2.14 Solenoid Valve 24
2.15 Panel Master PK070WFT02 24
2.16 Particle Monitor PM-1 25
2.17 Access Point 25
2.18 โครงสร้างของโปรโตคอลเทียบกับโอเอสไอโมเดล 26
2.19 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU 27
2.20 ลักษณะข้อมูลแต่ละ Byte ของ MODBUS RTU 27
2.21 Frame Format ของ MODBUS RTU 28
2.22 การเชื่อมต่อด้วย RS-485 แบบ 2-wire 29
2.23 XCPPro V3.3 30
2.24 PM Designer 30
2.25 VNC Viewer 31
3.1 โครงสร้างของระบบในการควบคุมเครื่องกรองน้ำมัน 32
3.2 แบบเครื่องกรองน้ำมันที่ไม่มีระบบสำรองในการทำงาน 33
3.3 แบบเครื่องกรองน้ำมันที่ถูกออกแบบให้มีระบบสำรอง 34
3.4 อุปกรณ์การวัดที่ใช้ในระบบควบคุม 34
3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมของระบบ 35
3.6 แบบ P&ID Diagram 35
3.7 โครงสร้างการสื่อสารข้อมูล (Communication Topology) 36

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.8 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอลโทรล 36
3.9 การปรับ Zero และ Span 37
3.10 การเลือก Inverter ให้สามารถควบคุมโดย PLC 38
3.11 การปรับ Inverter 38
3.12 การกำหนดค่า Parameter ของ Inverter 39
3.13 การกำหนดค่า MAXIMUM AI1 ของ Inverter 39
3.14 การกำหนดรุ่น Analog Module 40
3.15 การกำหนดค่า Series Analog Module 40
3.16 การกำหนดค่าสัญญาณ 4-20 mA 41
3.17 ผังงานที่แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 42
3.18 ตัวอย่างการเลือกรุ่น PLC 43
3.19 ตัวอย่างการ Add Function Block 44
3.20 ตัวอย่างการใส่ Description 44
3.21 ตัวอย่างการสร้าง Function Block 45
3.22 ตัวอย่างการสเกลค่าจาก 4-20 mA เป็นค่าที่ต้องการ 45
3.23 ตัวอย่างการเรียกใช้คำสั่ง Normally Open 46
3.24 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Move 46
3.25 ตัวอย่างโครงสร้างหน้าจอต่าง ๆ 47
3.26 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ Log In 47
3.27 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ Log In 48
3.28 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ HMI ของกระบวนการกรองน้ำมัน 48
3.29 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกระบวนการกรองน้ำมัน 49
3.30 ตัวอย่างการออกแบบ Control Parameter 49
3.31 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกราฟ Control Parameter 50
3.32 ตัวอย่างการออกแบบ Trend Graph 50
3.33 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกราฟ Trend 51
3.34 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ History 51
3.35 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ History 52
3.36 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ Alarm 52
3.37 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ Alarm 53
3.38 หน้าแรกของการสร้าง Project 53
3.39 การสร้าง New Project 54
3.40 การกำหนดรุ่นของ HMI ในซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1 54

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.41 การกำหนดรุ่น PLC, Link Type และ Com Port 54
3.42 การกำหนดค่าการเชื่อมต่อ 55
3.43 การสร้างส่วนรวบรวมข้อมูล (Tags) 55
3.44 ตัวอย่างการกำหนดค่า Name, Data Type 56
3.45 ตัวอย่างการกำหนดค่า Address, Scan Rate 56
3.46 ตัวอย่างการกำหนดค่า Tags 57
3.47 ตัวอย่างการสร้าง Alarm Block 57
3.48 ตัวอย่างการกำหนด Block Name, Address 58
3.49 ตัวอย่างการสร้าง Data Loggers 58
3.50 ตัวอย่างการกำหนด Name, Read Address 59
3.51 ตัวอย่างการกำหนดชื่อ และชนิดของข้อมูลที่จะบันทึก 59
3.52 ตัวอย่างการสร้างตาราง Data Loggers 60
3.53 ตัวอย่างการเรียกใช้งานข้อมูลที่สร้างขึ้นในตาราง 60
3.54 ตัวอย่างตาราง Data Loggers 61
3.55 ตัวอย่างการสร้าง Password 61
3.56 ตัวอย่างตั้งรหัสผ่านตามลำดับของ User Level 62
3.57 การเรียกใช้งาน Username Password 62
3.58 ตัวอย่างปุ่ม Function Button 63
3.59 การกำหนดค่าของปุ่ม Function Button 63
3.60 ตัวอย่างปุ่ม Log In 64
3.61 ตัวอย่างการ Log In 64
3.62 ตัวอย่าง Selector Switch 65
3.63 ตัวอย่างการเข้าถึงที่ต่างกันของผู้ใช้ 65
4.1 การทดสอบ Download โปรแกรมลงใน PLC 66
4.2 การเปลี่ยนโหมด PLC 67
4.3 การเปิดโปรแกรมส่วนแสดงผล 67
4.4 การทดสอบการ Compile 68
4.5 การทดสอบการ Run Offline Simulation 68
4.6 การเข้าสู่หน้า I/O Check 69
4.7 การทดสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ 69
4.8 การกำหนด Filter 70
4.9 การกำหนด Filter Element 70
4.10 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Auto Mode 71
4.11 ตัวอย่างการทำงานของ Auto Mode 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.12 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Optimization Mode 72
4.13 ตัวอย่างการทำงานของ Optimization Mode 72
4.14 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Manual Mode 73
4.15 ตัวอย่างการทำงานของ Manual Mode 73
4.16 ตัวอย่างการใส่ค่าที่ผิดปรกติ 74
4.17 ตัวอย่างการแจ้ง Alarm 74
4.18 การจำลองการอุดตันของไส้กรองหลัก 75
4.19 ตัวอย่างการทำงานของ Redundant Function 75
4.20 ตัวอย่างการ Remote Access 76
4.21 ตัวอย่างการสร้าง New Connection 76
4.22 ตัวอย่างการกำหนดค่า New Connection 77
4.23 ตัวอย่าง New Connection ที่สร้างขึ้น 77
4.24 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ New Connection 78
4.25 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ Web HMI ที่สร้างขึ้น 78
4.26 ตัวอย่างการ Log In 79
4.27 ตัวอย่างการใส่ Username และ Password 79
4.28 ตัวอย่างการแสดงผลของ Engineering Password 80
4.29 ตัวอย่างการแสดงผลของ Operator Password 80

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์ [1]-[3]

จากการศึกษาโรงงานที่มีการผลิตแก๊สธรรมชาติเพื่อนำไปใช้งานในด้านพลังงาน โดยกระบวนการผลิตแก๊สธรรมชาตินี้มีการผสมส่วนผสมต่าง ๆ ที่มีสถานะเป็นแก๊ส เนื่องจากแก๊สแต่ละชนิดมีค่าความดันที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก จึงต้องทำการเพิ่มความดันของแก๊สที่มีความดันต่ำกว่าให้มีความดันที่ใกล้เคียงกันด้วยการใช้งานมอเตอร์ในการเพิ่มความดันโดยหลักการอัด (Compress) โดยมอเตอร์จะทำงานร่วมกับชุดเกียร์ (Gear) ซึ่งในชุดเกียร์จะมีส่วนที่เรียกว่าเกียร์บ็อก (Gearbox) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และมีความสำคัญต่อการผลิตมาก ดังนั้นการบำรุงรักษาเชิงป้องกันจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานของเกียร์บ็อก ในส่วนของการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเกียร์บ็อกนั้นได้มีการใช้น้ำมันเกียร์ โดยน้ำมันเกียร์ถูกใช้เพื่อการหล่อลื่นผิวสัมผัสของฟันเฟือง ตลับลูกปืน และการระบายความร้อนที่เกิดขึ้น การล้าของผิวฟันเฟืองมักมีผลมาจากการที่ฟิล์มน้ำมันไม่ดีพอ หรือมีผงแข็งเข้าไปอยู่ระหว่างผิวสัมผัส ทำให้เกิดความเค้นบนผิวฟันเฟืองมาก และเกิดเป็นหลุมเล็ก ๆ ขึ้นมาได้ การที่โลหะสัมผัสกันโดยตรงเนื่องจากฟิล์มน้ำมันไม่หนาพอ หรือมีผงแข็งถูกบดอัดบนผิวสัมผัสของฟันเฟือง จะทำให้เกิดความร้อนขึ้นมา ยิ่งความร้อนสูงมาก ผิวฟันเฟืองก็จะลดความแข็งลง ในขณะเดียวกันความหนืดหรือฟิล์มน้ำมันก็จะน้อยลง ทำให้เกิดการสึกหรอมากขึ้น เมื่อการสึกหรอมากขึ้นก็จะมีผงโลหะขนาดเล็กปะปนในน้ำมันหล่อลื่นมากขึ้น ก่อให้เกิดวัฏจักรการสึกหรอต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว ในปริญญานิพนธ์นี้จึงนำเสนอการควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ถูกติดตั้งในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ตขึ้นมา เพื่อใช้ในการกรองน้ำมันที่ถูกถ่ายมาจากห้องเกียร์ซึ่งถูกบรรจุในถัง 22,000 ลิตร แล้วนำไปใช้อีกครั้ง (Reuse) เพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยมีระบบสำรอง (Redundant) ในการทำงานที่สามารถเลือกให้ทำงานสลับกันหรือพร้อมกันได้โดยควบคุมการทำงานผ่านหน้าจอสัมผัส (Panel Touch Screen) ที่ทำหน้าที่เป็นส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (Human Machine Interface: HMI) ที่หน้างาน (Local HMI) หรือ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานที่ติดตั้งในพื้นที่ปลอดภัย (Remote HMI) เนื่องจากบริเวณที่ทำการติดตั้งเครื่องกรองน้ำมันอยู่ในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) Zone 0 ที่มีความเสี่ยงในการเกิดการระเบิดจึงมีข้อจำกัดในการเข้าถึงของผู้ปฏิบัติงานในการควบคุมสั่งการและการซ่อมบำรุง ดังนั้นการควบคุมและการแสดงผลระยะไกล (Remote) จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดความเสี่ยงของผู้ปฏิบัติงาน ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องกรองน้ำมันที่สนใจจำเป็นต้องคำนึงถึงระบบการทำงานแบบสำรองเพื่อเพิ่มความพร้อมใช้งาน นอกจากนี้ได้มีการสร้างส่วนป้องกันการเข้าถึงข้อมูลด้วยการจำกัดขอบเขตการเข้าถึง 2 ชั้นคือ Selector Switch ที่ติดตั้งที่เครื่องกรองน้ำมันเกียร์เพื่อใช้ในการเลือกการเข้าถึงระหว่าง Local และ Remote กับ User ID ที่ส่วนแสดงผล Remote HMI เพื่อจำแนกระหว่าง Engineer กับ Operator โดยใช้รหัส (Password) โดยที่ Engineer จะสามารถกำหนด Parameter โดยการสั่งงานผ่าน Internet ได้ จำเป็นต้องบิด Selector Switch ไปที่ Remote Mode ก่อน จึงจะสามารถใช้ได้ ในกรณีที่อยู่ใน Remote Mode จะไม่สามารถใช้การควบคุมของ Panel Touch Screen ได้ เพื่อเป็นการป้องกันการชนกันของข้อมูลซึ่งเป็นการป้องกันทั้งทางอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และโปรแกรม

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. ออกแบบระบบควบคุมสำหรับเครื่องกรองน้ำมัน ที่มีการสำรองการทำงานของไส้กรอง (Filter) โดยใช้ PLC (Programable Logic Control: PLC) เป็นตัวควบคุมและ Panel Touch Screen (Local HMI) เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานบริเวณหน้างาน (Field) นอกจากนี้ยังมี Remote HMI เพื่อใช้เป็นส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานระยะไกล (Remote Mode)

2. ระบบที่ออกแบบสามารถรองรับการเฝ้าสังเกต (Observe) การเฝ้าระวัง (Monitoring) และการควบคุม (Control) ระยะไกลผ่าน Internet

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ระบบควบคุมเครื่องกรองน้ำมันที่สนใจใช้ PLC เป็นตัวควบคุม (Controller) โดยมีตัวแปรที่ต้องการวัดเพื่อควบคุม ได้แก่ ค่าความดันของน้ำมันขาเข้า ค่าความดันตกคร่อมไส้กรอง ค่าความสะอาดของน้ำมันและสถานะปั๊ม ส่วนตัวแปรที่ต้องการแสดงผล ได้แก่ ค่าความสะอาดของน้ำมัน และระยะเวลาการทำงาน ในการควบคุมเป็นการควบคุมการไหลของน้ำมันโดยใช้โซลินอยวาล์ว (Solenoid Valve) และปั๊ม (Pump) เป็นอุปกรณ์ควบคุมสุดท้าย (Final Control Element)

2. การจัดการระบบสำรอง (Redundancy) สามารถเปลี่ยนการทำงานโดยการเปลี่ยนทางเดินน้ำมันจากไส้กรองหลัก (Primary Filter) ไปที่ไส้กรองสำรอง (Secondary Filter) ได้เมื่อไส้กรองหลักมีปัญหาเกิดการอุดตัน โดยใช้การวัดค่าความดันตกคร่อมไส้กรองเป็นตัวบ่งชี้การเกิดการอุดตัน

3. มีการป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ Selector Switch เพื่อกำหนดลำดับการใช้งานระหว่าง Local Mode และ Remote Mode นอกจากนี้ในส่วน Panel Touch Screen (Local HMI) และ Remote HMI ยังมีการกำหนดขอบเขตผู้ใช้งาน (Access Level) ระหว่าง Engineer และ Operator

4. Panel Touch Screen (Local HMI) รุ่นที่เลือกใช้เป็นรุ่นที่มีฟังก์ชัน (Function) พิเศษสำหรับการดึงข้อมูลไปแสดงผลบน Web Page ของส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่ติดตั้งในพื้นที่ปลอดภัยเพื่อใช้งานในส่วน Remote HMI ดังนั้นการแสดงผลการทำงานและกำหนดคำสั่งการควบคุมจึงสามารถทำได้เหมือนกันทั้ง Panel Touch Screen และ Remote HMI

5. การแสดงผลในส่วน Local HMI และ Remote HMI มีการแสดงค่าตัวแปรกระบวนการและสถานะการทำงานของอุปกรณ์ที่เหมือนกัน เช่น ค่าความดันของน้ำมันเกียร์ในท่อขาเข้า (Inlet Pipe Pressure) สถานะปั๊ม (Pump Status) และค่าความสะอาดของน้ำมัน (NAS: National Aerospace Standard)

6. ในส่วนของการแจ้งเตือนมีตัวแปรที่สนใจคือ ค่าความดันของน้ำมันเกียร์ในท่อขาเข้า และค่าความดันตกคร่อมไส้กรองหลักและไส้กรองรอง โดยมีการแสดงผลการแจ้งเตือนใน Panel Touch Screen และ Remote HMI โดยที่การรับรู้ของผู้ปฏิบัติงาน (Acknowledge) สามารถทำได้ทั้ง Panel Touch Screen และ Remote HMI เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสั่งหยุดการทำงานของเครื่อง

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องกรองน้ำมันตลอดจนตัวแปรที่สำคัญต่อการทำงานของระบบ

2. ออกแบบการการกำหนดเงื่อนไขการทำงาน (Process Condition) ในสภาวะปรกติพร้อมทั้งกำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุม (Control) การเฝ้าระวัง (Monitor) และการแจ้งเตือน (Alarm) ความผิดปรกติของเครื่องกรองน้ำมันเกียร์

3. เลือกประเภทและข้อกำหนดของเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Selection & Sizing) โดยคำนึงถึงข้อกำหนดของอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) เช่น ปั๊ม (Pump) วาล์ว (Valve)

4. ออกแบบการจัดวางและติดตั้ง (Installation Layout) โดย P&ID (Piping and Instrument Diagram)

5. สร้างระบบและติดตั้งอุปกรณ์ตามแบบ P&ID

6. เขียนโปรแกรมโดยใช้ Ladder Diagram พร้อมทั้งทดสอบฟังก์ชันการทำงาน

7. สร้าง Local HMI และ Remote HMI เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งานพร้อมทั้งทดสอบฟังก์ชันการทำงาน

8. ทำการ Commissioning

9. สรุปผลและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินการ

ตารางเวลาการดำเนินการ (สัปดาห์)	ส.ค. 60			ก.ย. 60			ต.ค. 60			ธ.ค. 60		
	1	2	3-4	5	6-7	8	9-10	11	12	13	14	15
1. พบอาจารย์ที่ปรึกษาและกำหนดขอบเขตปริญญานิพนธ์	■											
2. ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงาน		■										
3. ออกแบบและกำหนดเงื่อนไขการทำงาน		■	■									
4. เลือกประเภทและข้อกำหนดของเครื่องมือวัด			■									
5. ออกแบบการติดตั้งอุปกรณ์				■								
6. จัดวางและติดตั้งอุปกรณ์ตามแบบ					■							
7. เขียนโปรแกรมควบคุมเครื่อง						■						

8. ออกแบบหน้าทัชสกรีนที่ไว้ใช้ติดต่อกับผู้ใช้งาน												
9. ทำการ Commissioning												
10. ทำการทดลองและเก็บข้อมูล												
11. วิเคราะห์และสรุปผล												
12. ตรวจทานเล่มปริญญานิพนธ์และชิ้นงาน												
13. ส่งเล่มโครงร่างปริญญานิพนธ์												

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. จากการออกแบบและจัดทำระบบสำรองทำให้เครื่องกรองน้ำมันเกียร์มีความพร้อมใช้งานและทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

2. สามารถเข้าถึงและควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ติดตั้งในพื้นที่อันตรายผ่านอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในพื้นที่ปลอดภัยสามารถเฝ้าระวัง และควบคุมการทำงานของเครื่องกรองน้ำมันเกียร์จากระยะไกลได้

3. เครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่นำเสนอถูกออกแบบตามหลักการการป้องกันการใช้งานเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมในพื้นที่อันตรายเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 กล่าวนำ

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องรวมถึงซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความจำเป็นในการควบคุมเครื่องกรองน้ำมัน

2.2 การวัดคุณภาพน้ำมัน NAS [4]

การวัดค่าความสะอาดของน้ำมันหล่อลื่นโดยการนับจำนวนอนุภาคที่ปะปนอยู่ในน้ำมัน

NAS 1638 (National Aerospace Standard)

1. ระบบ NAS จะแบ่งขนาดของอนุภาคออกเป็น 5 ช่วง คือ 5-15 ไมครอน, 15-25 ไมครอน, 25-50 ไมครอน 50-100 ไมครอน และ มากกว่า 100 ไมครอน
2. ระบบ NAS จะทำการนับจำนวนอนุภาค ในแต่ละช่วงขนาด จากน้ำมันตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางมาตรฐานของ NAS 1638 ว่าความสะอาดอยู่ในระดับใด
3. ปกติค่า NAS ที่อ่านได้ จะเท่ากันหรือใกล้เคียงกันไม่ว่าจะทำการนับขนาดอนุภาคที่ช่วงไหน หากแตกต่างกันให้ยึดค่าที่มากสุดเป็นเกณฑ์

ตารางที่ 2.1 การแบ่งชั้นการวัดอนุภาคโดยวัดอนุภาคต่อน้ำมัน 100 มิลลิลิตร

Class	Maximum Particle/100mL in Specified Size Range (Micron)				
	5-15	15-25	25-50	50-100	>100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1,000	178	32	6	1
3	2,000	356	63	11	2
4	4,000	721	126	22	4
5	8,000	1,425	253	45	8
6	16,000	2,850	506	90	16
7	32,000	5,700	1,012	180	32
8	64,000	11,400	2,025	360	64
9	128,000	22,800	4,050	720	128
10	256,000	45,600	8,100	1,440	256
11	512,000	91,200	16,200	2,880	512
12	1,021,000	182,400	32,400	5,760	1,024

ตัวอย่างเช่น ทำการนับจำนวนอนุภาคในน้ำมันตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เมื่ออ่านค่าได้ตามตารางที่ 2.2 แสดงว่าระดับความสะอาดของน้ำมันคือ NAS 8

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างการนับจำนวนอนุภาคในน้ำมันตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร

Particle Count	NAS 1638	
Particle Size Range	Number of Particles	Class
5-15 microns	50100	8
15-25 microns	4500	7
25-50 microns	1300	8
50-100 microns	100	7
> 100 microns	20	7
NAS 1638 Result	8	

ISO 4406 (International Particle Count Standards)

1. ISO 4406 จะแบ่งขนาดของอนุภาคเป็นสามช่วงคือ ขนาดที่มากกว่า 4 ไมครอน มากกว่า 6 ไมครอน และมากกว่า 14 ไมครอน
2. ระบบ ISO จะทำการนับจำนวนอนุภาคแต่ละช่วง จากน้ำมันตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับตารางอ้างอิงของ ISO 4406
3. ค่าความสะอาดของน้ำมันแสดงด้วยตัวเลขที่ได้จากตารางอ้างอิงของอนุภาคทั้งสามขนาด

ตารางที่ 2.3 การแบ่งสเกลการวัดอนุภาคในน้ำมันตามมาตรฐาน ISO 4406

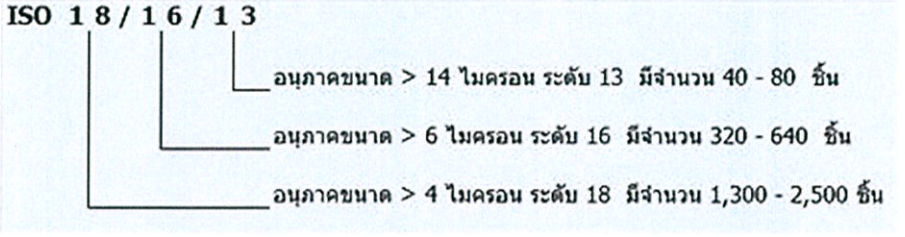
Allocation of Particle Count Scale Numbers		
	Particle per Milliliter	
ISO Scale Number	More than	Less than
22	20,000	40,000
21	10,000	20,000
20	5,000	10,000
19	2,500	5,000
18	1,300	2,500
17	640	1,300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.25	2.5

ตัวอย่างเช่น เมื่อทำการนับจำนวนอนุภาค ได้ตามตารางที่ 2.4 ค่าความสะอาดของน้ำมัน เป็น ISO 16/14/11

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการวัดค่าความสะอาดของน้ำมันตามมาตรฐาน ISO

Particle Count	ISO 4406:1999	
Particle Size Range	Number of Particles	Class
>4 microns	330	16
>6 microns	122	14
>14 microns	13	11
ISO 4406 Result	16/14/11	

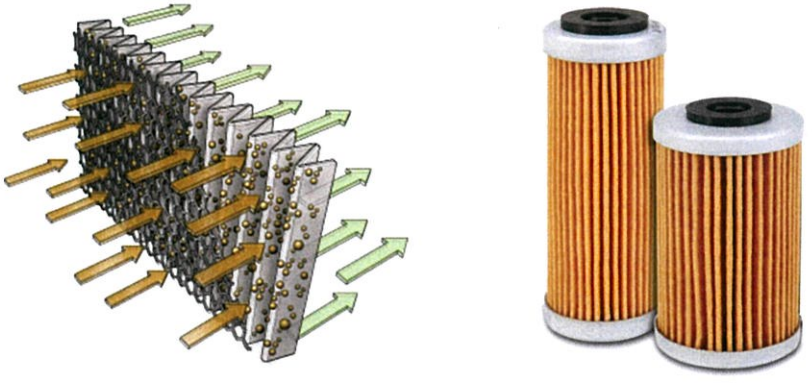
หรือ ISO 18/16/13 มีความหมายดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการอ่านค่าความสะอาดของน้ำมัน

2.3 การกรองน้ำมันเกียร์ [1],[2]

โดยทั่วไปแล้วสิ่งต่าง ๆเมื่อมีการใช้งานย่อมทำให้เกิดการสึกหรอหรือเสื่อมสภาพ ในน้ำมันเกียร์ก็เช่นกัน เมื่อมีการใช้งานไปก็เกิดการเสื่อมสภาพ คือ มีตะกอนปะปนอยู่ในน้ำมัน การทำให้น้ำมันมีความบริสุทธ์หรือสะอาดขึ้นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งนั้นมีหลายวิธีโดยเครื่องกรองน้ำมันที่นำเสนอนี้จะเลือกใช้วิธีการกรอง (Filtration) มีหลักการคือนำตะกอนออกจากน้ำมันโดยวิธีการกรองด้วยไส้กรอง (Filter) โดยไส้กรองจะมีลักษณะคล้ายตาข่ายเช่นเมื่อมีวัตถุปะปนกับน้ำแล้วไหลผ่านตาข่ายวัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่าตาข่ายจะถูกดักไว้ วัตถุที่เล็กกว่าจะสามารถผ่านช่องตาข่ายไปได้ กล่าวคือยิ่งตาข่าย หรือ ไส้กรอง (Filter) มีความละเอียดมาก ความสามารถกรองตะกอนที่ปนเปื้อนก็จะมากตามไปด้วยดังรูปที่ 2.2

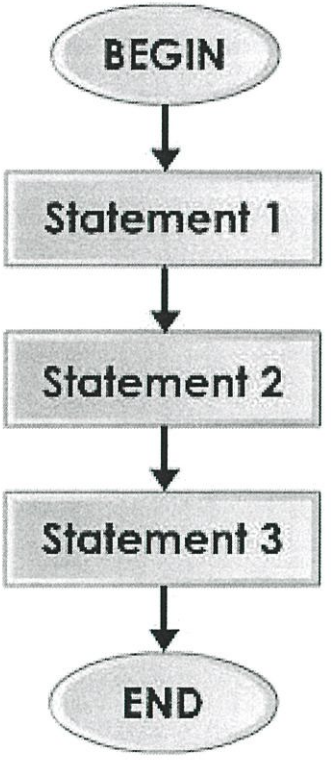


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของไส้กรอง

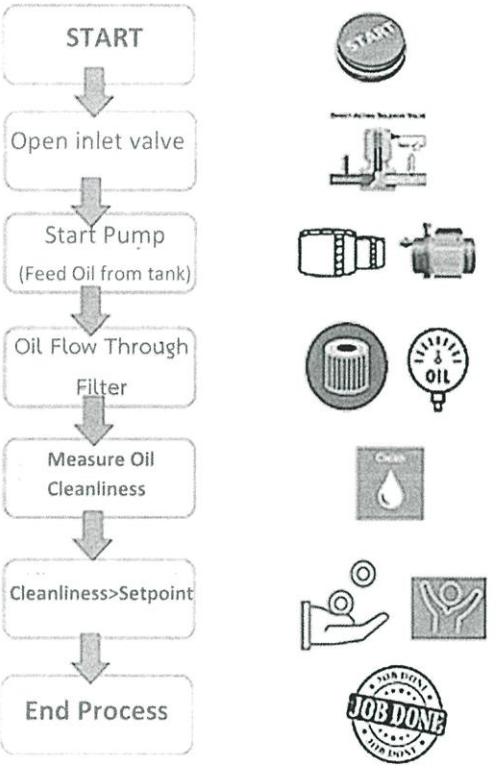
2.4 การควบคุมแบบลำดับ (Sequence Control) [5]

ระบบควบคุมแบบลำดับ (Sequence Control System) เป็นการควบคุมแบบหนึ่งที่ต้องการให้เครื่องจักรหรือกระบวณการทำงานตามช่วงเวลา ตามลำดับขั้นตอนตลอดจนตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ โดยมีลักษณะของการควบคุมเป็นแบบ ON-OFF หรือ 1-0 การควบคุมแบบซีเควนซ์นี้จะพบเห็นอยู่เสมอในงานอุตสาหกรรมแทบทุกชนิด ตัวอย่างของการควบคุมแบบนี้ได้แก่ ระบบควบคุมเครื่องจักร ระบบล้างรถอัตโนมัติ ระบบป้อนวัสดุ ระบบผสมวัสดุ ระบบควบคุมลิฟต์ ฯลฯ

ในอดีตที่ผ่านมา ระบบควบคุมแบบซีเควนซ์จะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกล (Electromechanical Device) เช่นรีเลย์แม่เหล็กไฟฟ้า ตัวตั้งเวลา (Timer) ตัวนับ (Counter) มาประกอบกันเป็นวงจรควบคุม เพื่อให้เครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานตามช่วงเวลา ตามลำดับขั้นตอน และตามเงื่อนไขที่วิศวกรหรือผู้ออกแบบระบบกำหนดไว้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างทำงานแบบลำดับ



รูปที่ 2.4 การทำงานแบบลำดับของเครื่องกรองน้ำมัน

2.5 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) [6]

พื้นที่อันตรายถูกจัดแบ่งตามคุณสมบัติของสารไวไฟที่มีหรือเก็บรักษาอยู่ในพื้นที่นั้น ๆ แก๊สหรือไอระเหยที่ปนอยู่ในบรรยากาศจะทำให้เกิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงและออกซิเจนที่เหมาะสม (Ignitable Concentration) ที่ทำให้สามารถจุดติดไฟได้ ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งระบบไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่อันตราย แต่เมื่อไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในทางปฏิบัติ จะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษที่ได้มาตรฐานป้องกันการระเบิดเพื่อให้ใช้กับพื้นที่อันตรายโดยมีการจัดแบ่งประเภทไว้ตามมาตรฐานไว้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 การแบ่งประเภทพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน

มาตรฐาน	มีแก๊สไวไฟอยู่เป็นประจำ	มีแก๊สไวไฟอยู่อยู่ในสภาวะปรกติ	มีแก๊สไวไฟอยู่อยู่ในสภาวะไม่ปรกติ
IEC/CENELEC	Zone 0	Zone 1	Zone 2
NEC 500	Class I: Division 1		Class I: Division 2
NEC 505	Zone 0	Zone 1	Zone 2

ตารางที่ 2.6 การเปรียบเทียบมาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา

Typical Material	มาตรฐาน IEC และ CENELEC	มาตรฐาน NEC 500 และ CEC
Acetylene	Group IIC	Class I / Group A
Hydrogen	Group IIC	Class I / Group B
Ethylene	Group IIB	Class I / Group C
Propane	Group IIA	Class I / Group D
Methane	Group I	Gaseous Mines
Metal Dust	-	Class II / Group E
Coal Dust	-	Class II / Group F
Grain Dust	-	Class II / Group G
Fibers	-	Class III

ที่มา : มาตรฐาน IEC,CENELEC,NEC และ CEC

2.5.1 ความหมายของพื้นที่อันตราย (Definition of Hazardous Locations)

Zone 0 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศ ด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้อยู่เป็นประจำหรือเป็นช่วงเวลานาน ตัวอย่างพื้นที่ลักษณะนี้จะพบได้ เช่น

- ภายในถังบรรจุสารไวไฟ
- พื้นที่ใกล้ช่องเปิดของถังบรรจุที่อาจทำให้แก๊สหรือไอระเหยรั่วกระจายออกมาสู่ภายนอกได้

พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารอันตรายเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ มากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดระดับ ของเหลว และ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องมือวัดดังกล่าว จะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้น เพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมาก ทำให้เมื่อมีการเกิดการลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊ส หรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

Zone 1 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในระหว่างที่มีกระบวนการทำงานปกติช่วงเวลาที่มีการซ่อมบำรุงระหว่างที่มีความผิดพลาดในกระบวนการทำงานก็จะทำให้เกิดการรั่วไหลของ สารไวไฟขึ้นได้ รวมทั้งพื้นที่อยู่ติดกับพื้นที่ใน Zone 0 ด้วย ตัวอย่างของพื้นที่ในโซนนี้ คือ

- บริเวณรอบช่องเปิดของถังบรรจุ
- บริเวณรอบ Safety Valve และบริเวณใกล้กับ Seal ของ Pump หรือ Compressor
- จุดถ่ายเทสารไวไฟ
- บริเวณที่มีการถ่ายบรรจุแก๊ส
- บริเวณที่มีการใช้สารตัวทำละลาย (Solvent)
- บริเวณที่มีการพ่นเคลือบสี
- ห้องที่มีการใช้สารไวไฟซึ่งไม่มีการระบายอากาศที่เหมาะสม

พื้นที่ใน Zone 1 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารอันตรายเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนี้ในสภาวะปกติ ระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมง ต่อปี

Zone 2 Location (Class I: Division 2) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศ ด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในช่วงเวลาสั้นๆ ตัวอย่างของพื้นที่ในลักษณะนี้ เช่น

- พื้นที่ที่สามารถเกิดการรั่วไหลของแก๊สหรือสารไวไฟ เนื่องจากมีการเกิดอุบัติเหตุ
- พื้นที่เก็บกังบรรจุสารไวไฟและอาจเกิดมีรอยแตกร้าวของถังบรรจุ

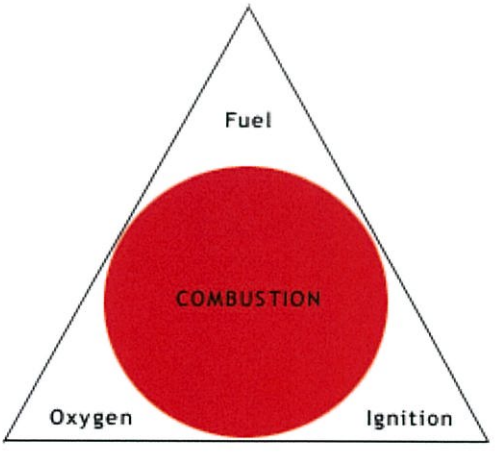
- พื้นที่ที่มีการใช้สารไวไฟ แต่กระบวนการทำงานทุกขั้นตอนตามปกติจะไม่มีไอระเหย ของสารไวไฟสามารถรั่วไหลออกมาได้
- พื้นที่ที่มีท่อนำแก๊สหรือสารไวไฟและอาจเกิดการรั่วไหลเนื่องจากความบกพร่องของ ข้อต่อและวาล์ว
- พื้นที่ที่อยู่ติดกับพื้นที่ใน Zone 1

พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารอันตรายเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนี้ในสภาวะปกติ น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี

พื้นที่ที่มีการใช้สารไวไฟ ซึ่งอาจมีการรั่วไหลเป็นบางครั้ง จัดว่าเป็นพื้นที่อันตรายใน Zone 1 แต่เมื่อมีการติดตั้งระบบระบายอากาศอย่างเหมาะสม จะช่วยให้สามารถลดขอบเขตของ พื้นที่อันตรายใน Zone 1 ให้แคบลง โดยพื้นที่บางส่วนซึ่งเดิมเป็น Zone 1 จะกลายเป็นพื้นที่ใน Zone 2 เนื่องจากมีไอระเหยของสารไวไฟลดน้อยลง

2.5.2 ความรู้พื้นฐานการป้องกันการระเบิด (Basics of Explosion Protection)

มีตัวอย่างการเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้และการระเบิดในพื้นที่ที่มีการใช้สารอันตราย มากมายทั่วโลก หลายเหตุการณ์มีความรุนแรงจนทำให้เกิดการบาดเจ็บล้มตายหรือความเสียหายอย่างมากความเข้าใจในการใช้มาตรฐานการป้องกันในพื้นที่อันตรายอาจมีความผิดพลาดได้จากการตีความที่ผิดไปจากเจตนาของข้อกำหนดในมาตรฐาน ผู้มีหน้าที่ออกแบบ ติดตั้งระบบป้องกันจำนวนมากจะใช้ความรู้และประสบการณ์ส่วนตัวในพิจารณา



รูปที่ 2.5 องค์ประกอบ 3 อย่างที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ

พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) คือ บริเวณที่มีโอกาสเกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาวะที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องมีองค์ประกอบร่วม 3 อย่างดังรูปที่ 2.5 คือ

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities)
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้โดยปรกติในอากาศปกติจะมีออกซิเจนประมาณ 21%
3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งการจุดติดไฟนี้สามารถเกิดได้จากสาเหตุต่าง ๆ เช่น เปลวไฟ,การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, ความร้อนสูงสะสม และการถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิต เป็นต้น

การระเบิดคือปฏิกิริยาเคมีของสารไวไฟกับออกซิเจนและปลดปล่อยพลังงานความร้อนสูงมาก ซึ่งสารไวไฟอาจอยู่ในรูปของแก๊ส (Gas) หรือไอระเหย (Vapor) เนื่องจากเราไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้สารไวไฟได้ จึงจำเป็นต้องพยายามไม่ให้เกิดการรั่วไหลของสารไวไฟสู่บรรยากาศจนเกิดสภาวะที่จะเกิดระเบิดได้ อย่างไรก็ตามในบางพื้นที่จะมีการใช้หรือถ่ายเทสารไวไฟอยู่เป็นประจำการป้องกันการระเบิดจะทำได้โดยการสร้างระบบระบายอากาศ (Ventilation) อย่างเหมาะสม และมีการป้องกันไม่ให้มีแหล่งกำเนิดการจุดติดไฟขึ้นได้

สารแต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการจุดติดไฟต่างกัน ดังนั้น การมีออกซิเจน การจุดติดไฟ และสารไวไฟร่วมกันก็อาจจะไม่ทำให้เกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ คุณสมบัติที่สำคัญของสารไวไฟที่ปนเปื้อนในอากาศและทำให้เกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) มี 5 ประการ คือ

1. Lower Explosive Limit (LEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สหรือไอระเหยขั้นต่ำที่ผสมกับ อากาศ จนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive Mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นน้อยกว่านี้จะไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่างค่า LEL และ UEL ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Flammable Limits Percent by Volume		IEC Group	NEC Group
	LEL	UEL		
Acetaldehyde	4.0	60.0	IIB	C
Acetic Acid	4.0	19.9	IIA	D
Acetic Anhydride	2.7	10.3	IIA	D
Acetone	2.5	13.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	2.2	12.0	IIA	D
Acetonitrite	3.0	16.0	IIA	D
Acetylene	2.5	100.0	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

2. Upper Explosive Limit (UEL) คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สหรือไอระเหยมากที่สุดที่ผสมกับอากาศจนเกิดเป็นส่วนผสมที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการระเบิดได้ (Explosive mixture) ถ้ามีปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแก๊สไวไฟเจือปนในอากาศเข้มข้นมากกว่านี้จะไม่เพียงพอให้จุดติดไฟได้
3. Flash Point คือ ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้สารไวไฟในสถานะของเหลว เกิดการระเหยจนกลายเป็นไอระเหยในปริมาณเพียงพอให้เกิดการจุดติดไฟได้ ของเหลวที่มีค่า Flash Point ต่ำกว่า 37.8 °C (100 F) จะเรียกว่า "Flammable Liquid" ส่วนของเหลวที่มีค่า Flash Point สูงกว่า 37.8 °C (100 F) จะเรียกว่า "Combustible Liquid" ถ้าเราจัดเก็บหรือใช้สารไวไฟในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าค่า Flash Point ก็จะไม่ทำให้เกิดสภาพของพื้นที่อันตรายขึ้นได้

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างค่า Flash Point ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Flash Point Temperature		IEC	NEC
	°F	°C	Group	Group
Acetaldehyde	-38.0	-39.0	IIB	C
Acetic Acid	103.0	39.0	IIA	D
Acetic Anhydride	120.0	49.0	IIA	D
Acetone	-4.0	-20.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	165.0	74.0	IIA	D
Acetonitrite	42.0	6.0	IIA	D
Acetylene	อยู่ในสภาพแก๊สเสมอ		IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

4. Auto-Ignition Temperature คือ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่ทำให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟซึ่ง ผสมอยู่ในบรรยากาศเกิดการลุกติดไฟได้เองโดยไม่จำเป็นต้องมีประกายไฟ ในพื้นที่ที่มีการรั่วไหลของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ ถ้ามีการใช้งานเครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดความร้อนสูงที่ส่วนใดส่วนหนึ่ง (Hot Spot) โดยความร้อนที่เกิดขึ้นนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือไอระเหยนั้น ๆ อาจจะทำให้สารไวไฟในบรรยากาศเกิดการลุกติดไฟขึ้นเองได้

ตารางที่ 2.9 ตัวอย่างค่า Auto-Ignition Temperature ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ

ชื่อสารไวไฟ	Auto-Ignition Temperature		IEC	NEC
	° F	° c	Group	Group
Acetaldehyde	347.0	75.0	IIB	C
Acetic Acid	867.0	464.0	IIA	D
Acetic Anhydride	600.0	316.0	IIA	D
Acetone	869.0	465.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	1270.0	688.0	IIA	D
Acetonitrite	975.0	524.0	IIA	D
Acetylene	531.0	305.0	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

5. Vapor Density คือ ความหนาแน่นของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเมื่อเทียบกับอากาศ ถ้าค่าความหนาแน่นของแก๊สหรือไอมากกว่า 1.0 แสดงว่า แก๊สหรือไอนี้หนักกว่าอากาศ เมื่อมีการรั่วไหล แก๊สหรือไอนี้จะลอยอยู่ในระดับต่ำ แต่ถ้าค่าความหนาแน่นของแก๊ส หรือไอน้อยกว่า 1.0 แสดงว่าแก๊สหรือไอชนิดนี้เบากว่าอากาศ เมื่อเกิดมีการรั่วไหล แก๊ส หรือไอนี้จะลอยขึ้นสูง

ตารางที่ 2.10 ตัวอย่างค่า Vapor Density ของแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความหนาแน่นของอากาศ

ชื่อสารไวไฟ	Vapor Density [Air density =1.0]	IEC Group	NEC Group
Acetaldehyde	1.5	IIB	C
Acetic Acid	2.1	IIA	D
Acetic Anhydride	3.5	IIA	D
Acetone	2.0	IIA	D
Acetone Cyanohydrin	2.9	IIA	D
Acetonitrite	1.4	IIA	D
Acetylene	0.9	IIC	A

ที่มา : มาตรฐาน IEC และ NEC

2.5.3 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping)

แก๊สและไอระเหยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันจึงไม่สามารถออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช่ป้องกันการระเบิดสำหรับแก๊สแต่ละชนิดได้ วิธีการที่ดีที่สุดในทางปฏิบัติก็คือการแบ่งกลุ่มแก๊สไวไฟตามลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. Minimum Ignition Current (MIC) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดการสปาร์กจนเกิดการลุกติดไฟของแก๊สหรือไอระเหยจากการทดสอบในห้องทดลองถ้าแก๊สชนิดหนึ่งมีค่า MIC น้อยแสดงว่าแก๊สนั้นสามารถติดไฟได้ง่าย ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าควรเลือกอุปกรณ์ไฟ้ฟ้าที่กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MIC เพื่อติดตั้งในบริเวณที่มีแก๊สนี้เจือปนในบรรยากาศจะช่วยป้องกันการเกิดประกายไฟที่มีความร้อนสูงจนเกิดการจุดระเบิดขึ้นได้แม้จะเกิดความบกพร่องในวงจรไฟฟ้าก็ตาม
2. Maximum Experimental Safe Gap (MESG) คือ ค่าความกว้างของช่องเปิดมากที่สุดที่ สามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดของแก๊สชนิดหนึ่งผ่านช่องเปิดนั้นไปสู่ภายนอกที่มีแก๊สชนิดเดียวกันเจือปนอยู่ ถ้าแก๊สชนิดใดมีค่า MESG มาก แสดงว่าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion proof) หรือ อุปกรณ์ป้องกันไฟ (Flameproof) ที่มีค่า MESG น้อยกว่าได้ เนื่องจากยิ่งช่องเปิดแคบลงเท่าไรก็จะมีโอกาสน้อยลงที่เปลวไฟจากการระเบิดภายในเครื่องห่อหุ้มจะแทรกออกสู่ภายนอก

ตารางที่ 2.11 ตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตรายของสารไวไฟ

Typical Gas	NEC			IEC		
	Group	MESG (mm.)	MIC (mA)	Group	MESG (rel.)	MIC (rel.)
Acetylene	A	0.25	60	IIC	< 0.5	> 0.8
Hydrogen	B	0.28	75	IIC	< 0.5	> 0.8
Ethylene	C	0.65	108	IIB	0.5 - 0.9	0.45 - 0.8
Propane	D	0.97	146	IIA	> 0.9	< 0.45

หมายเหตุ ค่า rel. หมายถึง ค่าสัมพัทธ์ (Relative Value) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของแก๊สมีเทน

MESG (rel.) < 1.0 หมายถึง เปลวไฟของแก๊สนี้ผ่านช่องแคบได้ง่ายกว่าของแก๊สมีเทน

MIC (rel.) < 1.0 หมายถึง ใช่กระแสไฟฟ้าในการจุดระเบิดแก๊สนี้น้อยกว่าของแก๊สมีเทน

ที่มา : มาตรฐาน NEC และ IEC

จากตารางที่ 2.11 จะเห็นว่าแก๊ส Acetylene และ Hydrogen เป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงมาก เพราะ เมื่อมีการจุดติดไฟแล้วเปลวไฟสามารถลุกลามผ่านช่องเปิดแคบ ๆ ออกสู่ภายนอกได้ดีกว่าและจุดติดไฟได้ง่ายกว่าโดยใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดติดไฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตามมาตรฐาน NEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group A : Acetylene

Group B : แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio ไม่เกิน 0.45 หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.4

Group C : แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.4 แต่ไม่เกิน 0.8

Group D : แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

ตามมาตรฐาน IEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group IIC: แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG ไม่เกิน 0.50 มม. หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.45

Group IIB: แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG มากกว่า 0.50 มม. แต่ไม่เกิน 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.8

Group IIA: แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟที่มีค่า MESG มากกว่า 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

2.5.4 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหยตามมาตรฐาน NEC

ตารางที่ 2.12 การแบ่งกลุ่มสารไวไฟประเภทแก๊สหรือไอระเหย

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่มตามการจำแนกประเภทเป็นแบบ	อุณหภูมิจุดระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการจำแนกเป็นประเภทโซน
Acetaldehyde	D	175	4.0	60.0	IIA
Acetic Acid	D	464	4.0	19.9	IIA
Acetone	D	465	2.5	12.8	IIA
Acetonitrile	D	524	3.0	16.0	IIA
Acetylene	A	305	2.5	99.9	IIC
Acrolein (Inhibited)	B	235	2.8	31.0	IIB
Acrylonitrile	D	481	3.0	17.0	IIB

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่มตามการจำแนกประเภทเป็นแบบ	อุณหภูมิจุดระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการจำแนกเป็นประเภทโซน
Ammonia	D	498	15.0	28.0	IIA
Benzene	D	498	1.2	7.8	IIA
1, 3-Butadiene	B	420	2.0	12.0	IIB
1-Butano 1	D	343	1.4	11.2	IIA
2-Butano 1	D	405	1.7	9.8	IIA
n-Butyl Acetate	D	421	1.7	7.6	IIA
Crotonaldehyde	C	232	2.1	15.5	IIB
Cumene	D	424	0.9	6.5	IIA
Cyclohexane	D	245	1.3	8.0	IIA
Cyclohexanol	D	300	-	-	IIA
Cyclohexanone	D	245	1.1	9.4	IIA
Cycloprpoane	D	503	2.4	10.4	IIB
p-Cymene	D	436	0.7	5.6	IIA
o-Dichlorobenzene	D	647	2.2	9.2	IIA
1,2-Dichloroethylene	D	460	5.6	12.8	IIA
Diethylamine	C	312	1.8	10.1	IIA
Diethylaminoethano	C	320	-	-	IIA
Diethyl Ether	C	160	1.9	36.0	IIB
Dimethylamine	C	400	2.8	14.4	IIA
1,4-Dioxane	C	180	2.0	22.0	IIB
Ethane	D	472	3.0	12.5	IIA
Ethanol	D	363	3.3	19.0	IIA
Ethylene	C	450	2.7	36.0	IIB
Ethylene Oxide	B	429	3.0	99.9	IIB
Ethyl Acrylate (Inhibited)	D	372	1.4	14.0	IIA
Ethyl Formate	D	455	2.8	16.0	IIA
n-Heptane	D	204	1.0	6.7	IIA
n-Hexane	D	225	1.1	7.5	IIA

ชื่อสารไวไฟ	กลุ่มตามการจำแนกประเภทเป็นแบบประเภท-แบบ	อุณหภูมิจุดระเบิด (°C)	%LFL	%UFL	กลุ่มตามการจำแนกเป็นโซนประเภท-โซน
Hydrogen	B	520	4.0	75.0	IIC
Hydrogen Cyanide	C	538	5.6	40.0	IIB
Kerosene	D	210	0.7	5.0	IIA
Methane	D	630	5.0	15.0	IIA
Methanol	D	385	6.0	36.0	IIA
Methyl Acetate	D	454	3.1	16.0	IIB
Methyl	D	422	1.7	8.2	IIA
Methylamine	D	430	4.9	20.7	IIA
Monoethanolamine	D	410	-	-	IIA
Naphtha (Coal Tar)	D	277	-	-	IIA
Naphtha (Petroleum)	D	288	1.1	5.9	IIA
Nitroethane	C	414	3.4	0.0	IIA
Nitromethane	C	418	7.3	0.0	IIA
n-Nonane	D	205	0.8	2.9	IIA
Nonyl Alcohol	D	0	0.8	6.1	IIA
n-Octane	D	206	1.0	6.5	IIA
n-Octyl Alcohol	D	0	0.0	0.0	IIA
1-Pentanol	D	300	1.2	10.0	IIA
1-Propanol	D	143	2.2	13.7	IIA
Pyridine	D	482	1.8	12.4	IIA
Styrene	D	490	0.9	6.8	IIA
Tetrahydrofuran	C	321	2.0	11.8	IIB
Toluene	D	480	1.1	7.1	IIA
Triethylamine	C	249	1.2	8.0	IIA
Vinyl Acetate	D	402	2.6	13.4	IIA
Xylene	D	464	0.9	7.0	IIA

ที่มา : มาตรฐาน NEC Cooper Crouse-Hinds

2.5.5 การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในพื้นที่อันตราย

การเลือกอุปกรณ์ในพื้นที่อันตราย (Equipment Selection at Hazardous Area) วิธีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบในการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่สามารถป้องกันการระเบิดเกิดจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่า การเกิดเพลิงไหม้จะต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือสารไวไฟปริมาณมากพอ ออกซิเจน และแหล่งจุดติดไฟ ดังนั้นวิธีการป้องกันการระเบิดจึงใช้แนวคิดพื้นฐานในการป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสูงที่ผิวเครื่องห่อหุ้มหรือเกิดประกายไฟ แต่ถ้าเกิดมีประกายไฟขึ้นภายในเครื่องห่อหุ้มก็จะไม่ทำให้เกิดไฟไหม้ลุกลามออกนอกสู่ภายนอกได้

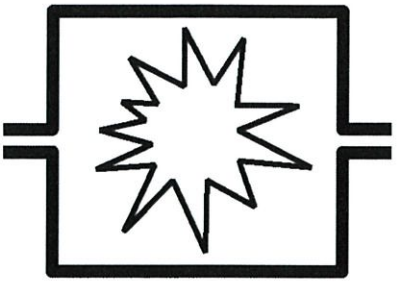
ตารางที่ 2.13 มาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันการระเบิดตามมาตรฐานของ IEC และ NEC

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
		มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Flameproof	d	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ia	Zone 0, 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ib	Zone 1 และ 2	Division 2
Purge or Pressurization	p	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Increased Safety	e	Zone 1 และ 2	Division 2
Immersed in Oil	o	Zone 1 และ 2	Division 2
Filled with Poder / Sand	q	Zone 1 และ 2	Division 2
Encapsulated / Molding	m	Zone 1 และ 2	Division 2
Non-Sparking / Nonincendive	n	Zone 2	Division 2

ที่มา : มาตรฐาน NEC และ IEC

เนื่องจากบริเวณที่ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่อันตรายจึงเลือกปุกรณ์ที่ป้องกันคือ ใช้ตู้ Explosion Proof ในการบรรจุอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่อาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการะเบิดได้ดังรูปที่ 2.6 และ 2.7

รูปที่ 2.6 ตัวอย่างตู้ Explosion Proof



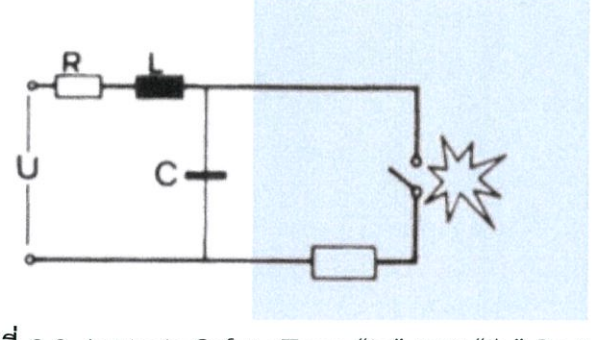
รูปที่ 2.7 Flameproof Type “d” Protection

Flameproof Type “d” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้สามารถเกิดการจุดระเบิดภายในส่วนเปลือกของอุปกรณ์ได้หากแก๊สหรือไอระเหยแทรกเข้าไปภายในและมีประกายไฟเกิดขึ้นแต่ความดันที่เกิดขึ้นจากการระเบิดจะไม่สามารถสร้างความเสียหายให้กับเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าจนทำให้เปลวไฟขยายออกสู่ภายนอกได้เทคนิคการป้องกันแบบนี้มักใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีโอกาศเกิดอาร์กหรือสปาร์กรวมทั้งเกิดความร้อนสูงขณะที่มีการใช้งานตามปกติ เช่น มอเตอร์, โคมไฟ, สวิตช์ควบคุม, เต้ารับ และ เต้าเสียบ เป็นต้น

สำหรับอุปกรณ์เช่นเครื่องมือวัดที่มีความจำเป็นต้องติดตั้งบริเวณ Zone 0 จะเลือกใช้การป้องกันแบบ Intrinsic Safety Type “ia” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมาก จนกระทั้งผลของการลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวถึง 2 จุดในเวลาเดียวกันแล้วจะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection

2.6 ฮาร์ดแวร์ที่เกี่ยวข้อง [7]

2.6.1 พีแอลซี

พีแอลซี (Programmable Logic Controller: PLC) เป็นอุปกรณ์ชนิดโซลิดสเตท (Solid State) ที่ทำงานแบบลอจิก (Logic Functions) การออกแบบการทำงานของพีแอลซี จะคล้ายกับหลักการทำงานของคอมพิวเตอร์ จากหลักการพื้นฐานของพีแอลซี จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า Solid-State Digital Logic Elements เพื่อให้ทำงานและตัดสินใจแบบลอจิก พีแอลซีใช้สำหรับควบคุมกระบวนการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้พีแอลซีสำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้าหรือที่เรียกว่า Hard-Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีแล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว พีแอลซียังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร

รูปที่ 2.9 พีแอลซี Xinje -xc3-32T

2.6.2 แอนะลอกโมดูล (Analog Module)

Analog Module คือ อุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพีแอลซี ใช้ในการรับส่งข้อมูล Analog หรือ Digital แล้วแต่ชนิดที่เลือกใช้โดยส่วนใหญ่จะสามารถใช้ได้ถึง 2 Bytes หรือ 16-Bit (16 points) เป็นต้น

รูปที่ 2.10 Analog Module รุ่น XC-E4AD2DA

สัญญาณแอนะลอก (Analog Signal)

แอนะลอก (Analog) เป็นการสื่อสารข้อมูลด้วยการส่งสัญญาณในรูปของไฟฟ้ากระแสตรง (DC Current) มาตรฐานที่นิยมใช้คือ 4-20 mA หมายความว่า เมื่อค่าที่วัดเป็น 0% เท่ากับกระแส 4 mA และค่าที่วัดเป็น 100 % เท่ากับกระแส 20 mA และค่าการวัดจะอยู่ในช่วง 0-100 % จะมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับสัญญาณ 4-20 mA

2.6.3 ทรานสมิตเตอร์ (Transmitter)

ทรานสมิตเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากทรานสดิวเซอร์ให้เป็นสัญญาณมาตรฐาน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ สัญญาณนิวแมติกส์และสัญญาณทางไฟฟ้า

1. สัญญาณนิวแมติกส์ (pneumatics signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของความดันลม ใช้ความดันของลมในการควบคุมกระบวนการ ตัวอย่างสัญญาณมาตรฐานชนิดนิวแมติกส์ได้แก่ 3-15 psi (BS) 0.2-1 bar (SI) และ 0.2-1 kg/cm2 (Metric)

2. สัญญาณทางไฟฟ้า (Electrical Signal) เป็นสัญญาณมาตรฐานที่อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า 1-5 V กระแสไฟฟ้า 4-20 mA และ แรงดันไฟฟ้า 0-10 V กระแสไฟฟ้า 0-100 mA

รูปที่ 2.11 Transmitter

2.6.4 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์จะแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit)

รูปที่ 2.12 Inverter

2.6.5 มอเตอร์แบบ 3 เฟส (3-Phase Motor)

มอเตอร์ไฟสลับ 3 ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชั่นมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีราคาถูก โครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์,ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง,ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า,เครื่องไส และ เครื่องกลึง

รูปที่ 2.13 3-Phase Moter

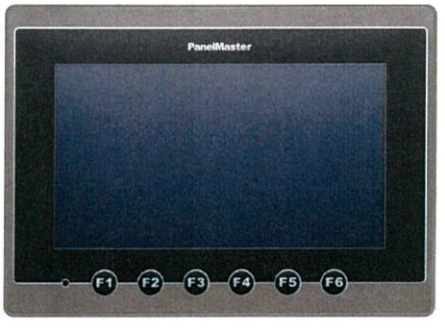
2.6.6 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid Valve)

วาล์วเปิด - ปิดโดยอาศัยหลักการต่างกันของความดัน กล่าวคือ มีการจ่ายไฟเข้าคอยล์เพื่อให้ของของเหลวที่อยู่ด้านบนของแผ่นไดอะแฟรม ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความดันด้านบนแผ่นไดอะแฟรมกับความดันของของไหลที่ไหลเข้ามาจึงทำให้แผ่นไดอะแฟรมยกขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการเปิด - ปิดของวาล์ว

รูปที่ 2.14 Solenoid Valve

2.6.5 ส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบจอสัมผัส (HMI)

HMI (Human Machine Interface) เป็นอุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาให้ใช้งาน ร่วมกับระบบควบคุมอัตโนมัติ เช่น PLC เพื่อใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User) โดยสามารถสั่งการและแสดงผลของระบบควบคุมนั้น ๆ ออกมาเป็น รูปภาพ, ข้อความตัวอักษร, ค่าต่าง ๆ, สัญลักษณ์, การแจ้งเตือน, กราฟ ฯลฯ บนจอ HMI ได้



รูปที่ 2.15 Panel Master PK070WFT02

2.6.8 เครื่องมือวัดอนุภาคที่ปนเปื้อนในน้ำมัน (Particle monitor)

เครื่องตรวจจับอนุภาคเป็นตัวตรวจจับอนุภาคโดยใช้หลักการ light extinction principle และส่งค่าเป็นกระแสไฟฟ้า 4-20 mA

รูปที่ 2.16 Particle Monitor PM-1

2.6.9 แอคเซสพอยท์ (Access Point) [8]

Access Point (AP) คืออุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการกระจายสัญญาณไวร์เลส เป็นอุปกรณ์พื้นฐานตัวหนึ่งที่สามารถสร้างเครือข่ายไร้สายจากระบบเครือข่ายแลน (Lan) ได้ง่ายที่สุด แอคเซสพอยท์ทำหน้าที่กระจายสัญญาณออกไปยังเครื่องลูกข่ายที่อยู่ในรัศมีการกระจายสัญญาณโดยรอบ ซึ่งลักษณะของตัวแอคเซสพอยท์นั้นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันอยู่กับผู้ผลิตจะออกแบบให้มีรูปร่างหน้าตาอย่างไร แต่ที่เหมือนกันก็คือ Access Point จะมีช่องเสียบสายแลนเพียงช่องเดียวเท่านั้น ช่องดังกล่าวจะเป็นช่องที่รับสัญญาณอินเตอร์เน็ตหรือใช้เชื่อมต่อกับเน็ตเวิร์คจากเครือข่ายแลนเข้ากับเครื่องลูกข่ายที่เชื่อมต่อแบบไร้สาย การทำงานของ AP จะทำงานภายใต้มาตรฐานของ IEEE802.11

รูปที่ 2.17 Access Point

2.7 มอดบัสอาร์ทียู (MODBUS RTU)

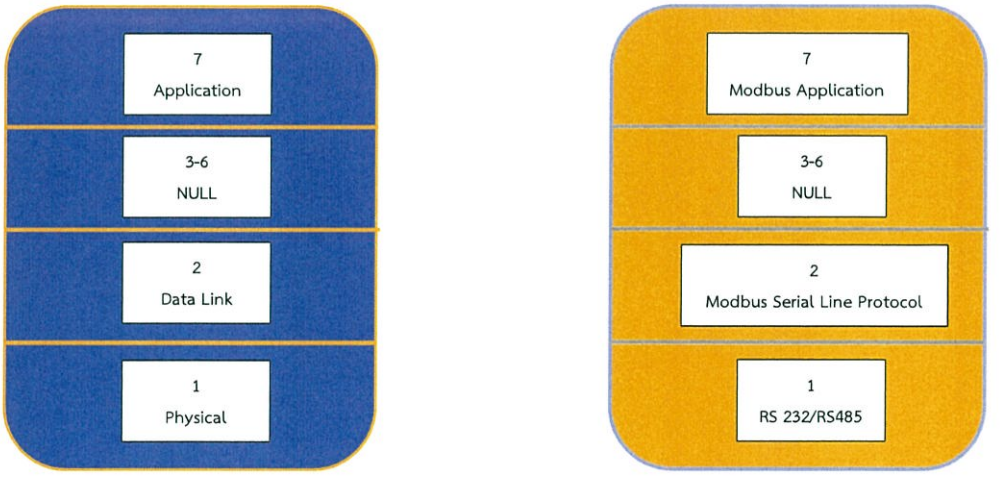
MODBUS RTU เป็นการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรมชนิดหนึ่งของ MODBUS โดย RTU มาจากคำว่า Remote Terminal Unit ในส่วนของ RTU มาจากระบบ SCADA (Supervisor Control and Data Acquisition) และจะเรียก Master ว่า Central Terminal Unit (CTU) โดย Master 1 ตัวสามารถเชื่อมต่อกับ RTU จำนวนหลายตัว

2.7.1 โครงสร้างของโปรโตคอลเทียบกับโอเอสไอโมเดล

เมื่อนำ Layer ของ MODBUS RTU ไปเปรียบเทียบกับ Layer OSI Model (Open Systems Interconnection) พบว่ามี Layer ที่เหมือนกัน 3 Layer ดังตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.18

ตารางที่ 2.14 Layer ของ MODBUS RTU เทียบกับ OSI Model

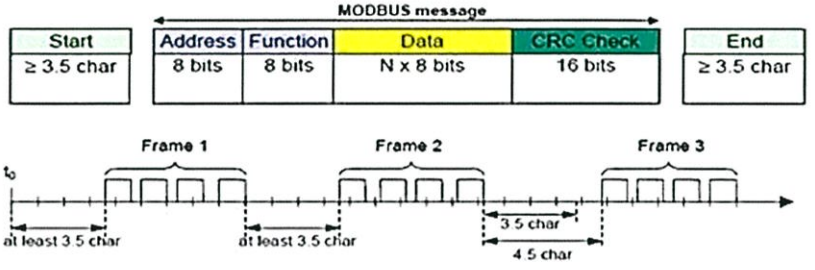
Layer	ISO/OSI Function	MODBUS Function
7	Application	MODBUS Application Protocol
3-6	Null	Null
2	Data Link	MODBUS Serial Line Protocol
1	Physical	RS-232/RS-485



รูปที่ 2.18 โครงสร้างของโปรโตคอลเทียบกับโอเอสไอโมเดล

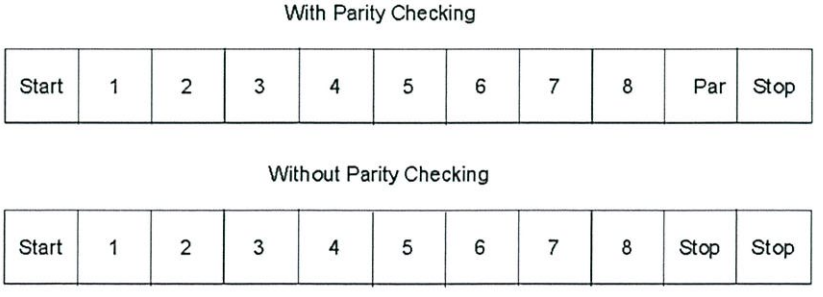
2.7.2 ลักษณะของเฟรมข้อมูล

เฟรมข้อมูลประกอบด้วยข้อมูลแสดงตำแหน่ง Address 1 Byte, Function Code1 Byte ข้อมูลที่ทำการรับส่งจำนวนมากสุดไม่เกิน 252 Byte และรหัสตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลแบบ CRC (Cyclical Redundancy Checking) ขนาด 2 Byte ค่า CRC นี้เป็นค่าที่คำนวณมาจากข้อมูลทุก Byte ไม่รวมบิต Start, Stop และ Parity Check โดยตัว Master ที่ส่งข้อมูลออกมาจะสร้างรหัส CRC แล้วส่งตามท้าย Byte ข้อมูลออกมา หลังจากนั้นเมื่อ Slave ได้รับเฟรมข้อมูลและถอดข้อมูลออกจากเฟรมแล้วทำการคำนวณค่า CRC ตามสูตรเดียวกับ Slave เพื่อทำการเปรียบเทียบค่า CRC ทั้ง2ค่าว่าตรงกันหรือไม่ หากไม่ตรงกันแสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูล การรับส่งข้อมูล 1 Byte ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลส่วนใดภายในเฟรม จะต้องทำการส่งข้อมูลรวม 11 บิต คือบิตเริ่มต้น (Start bit) 1 บิต, บิตข้อมูล (Data bit) 8 บิต, บิตตรวจสอบ (Parity bit) 1 บิต, และบิตหยุด (Stop bit) 1 บิต หรือหากเลือกแบบไม่มีบิตตรวจสอบ Parity ก็จะเป็นแบบบิตหยุด 2 บิตแทน และบิตที่มีนัยสำคัญน้อยสุด (LSB) จะถูกส่งออกไปก่อน สำหรับการกำหนดให้มีบิต Parity นั้น สามารถเลือกแบบคู่ (Even Parity) หรือคี่ (Odd Parity) ก็ได้ และหากต้องการออกแบบให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่มีใช้ทั่วไปมากที่สุด ควรเลือกแบบคู่โดยที่สามารถปรับเปลี่ยนเป็นแบบคี่หรือไม่มีการตรวจสอบ Parity (No Parity) ได้ด้วย ดังรูปที่ 2.19

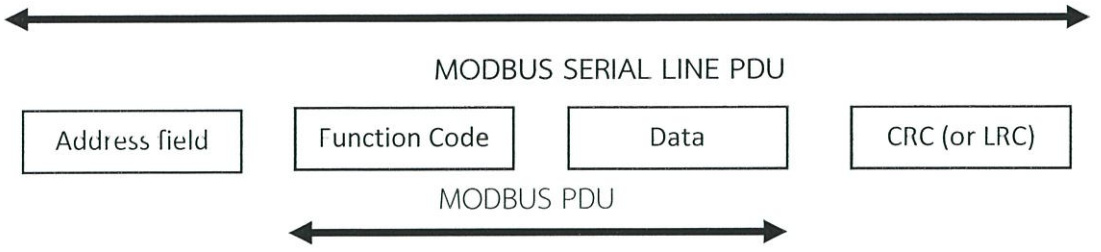


รูปที่ 2.19 ลักษณะเฟรมข้อมูลของ MODBUS RTU

จากรูปที่ 2.19 แสดงช่วงเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการการส่งเฟรมข้อมูลออกมาใน Bus ข้อมูลเพื่อส่งเฟรมข้อมูลออกไป 1 เฟรมแล้วจะต้องรออย่างน้อยเท่ากับเวลาที่ใช้ส่งข้อมูลจำนวน 3.5 ตัวอักษรจึงจะส่งข้อมูลเฟรมต่อไปได้และภายในเฟรมแต่ละเฟรม ซึ่งประกอบด้วยชุดบิตข้อมูลจำนวนหลายชุดจะอยู่ห่างกันไม่เกิน 1.5 บิต วัตถุประสงค์ในการกำหนดช่วงเวลาระหว่างเฟรมข้อมูล และชุดบิตข้อมูลภายในเฟรมก็เพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น Master หรือ Slave สามารถรับรู้ถึงจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเฟรมข้อมูลแต่ละเฟรมได้ และสามารถตรวจสอบว่าการรับส่งข้อมูลในขณะนั้น เกิดความผิดพลาดขึ้นมาหรือไม่ โดยตรวจสอบกับช่วงระยะห่างของเวลาที่ควรจะเป็นกับค่าที่วัดได้จริง



รูปที่ 2.20 ลักษณะข้อมูลแต่ละ byte ของ MODBUS RTU



รูปที่ 2.21 Frame Format ของ MODBUS RTU

จากรูปที่ 2.21 แสดงให้เห็นถึง Frame Format ของ MODBUS RTU ซึ่งเรียกว่า MODBUS SERIAL LINE PDU (Protocol Data Unit) ประกอบไปด้วย Address Field, Error Check และ MODBUS PDU ที่ประกอบไปด้วย Function Code และ Data

2.7.3 ส่วนประกอบของเฟรมข้อมูล

ส่วนประกอบในเฟรมข้อมูล 1 เฟรมของ MODBUS RTU มีดังนี้

1. Address Field

Address ของ Slave ที่สามารถกำหนดได้จริงจะอยู่ในช่วง 0-247 แต่ Slave แต่ละตัวจะถูกกำหนด Address ไว้ในช่วง 1-247 เนื่องจาก Address 0 ถูกใช้สำหรับ Broadcast Query ตัว Master สามารถระบุ Address ของ Slave ที่ต้องการสื่อสารได้โยใส่ Address ของ Slaveตัวนั้น ๆ ไปใน Address Field ของข้อความ เมื่อ Slave ส่ง Response กลับมาจะทำการใส่ Address ของตัวมันเองลงใน Address Filed ของ Response เพื่อให้ Master รู้ว่า Response ที่ได้รับนั้นเป็น Slave ตัวไหน

2. Function Field

Function Field สามารถกำหนดได้อยู่ในช่วง 1-255 เป็นตัวที่บอกให้ Slave ทราบว่าคำสั่งที่ส่งมานั้นเป็นชนิดใดและต้องการให้ทำอะไร เมื่อ Slave ตอบสนองคำสั่งจาก Master แล้วมันจะใช้ Function Field Code เป็นตัวบอกสถานะการทำงานว่ามันเป็นปกติหรือเกิดความผิดพลาดขึ้นให้ Master ทราบโดยที่การทำงานปกติจะส่ง Function Code ตัวเดิมกลับมา แต่ถ้าเกิดความผิดพลาดจะส่ง Function Code ตัวเดิมพร้อมกับบิตนัยสำคัญสูงสุด (Most-Significant Bit) ที่ถูกกำหนดเป็นตรรกะ “1” กลับมา Master ก็จะทราบว่าเกิดความผิดพลาดขึ้น

3. Data Field

Data Field คือข้อมูลที่จำเป็นสำหรับ Slave ซึ่งต้องใช้ในการทำงานตามคำสั่งของ Master ที่กำหนดมาใน Function Code, Data Field นี้อาจมีความยาวมากหรืออาจไม่มีอะไรเลยก็ได้

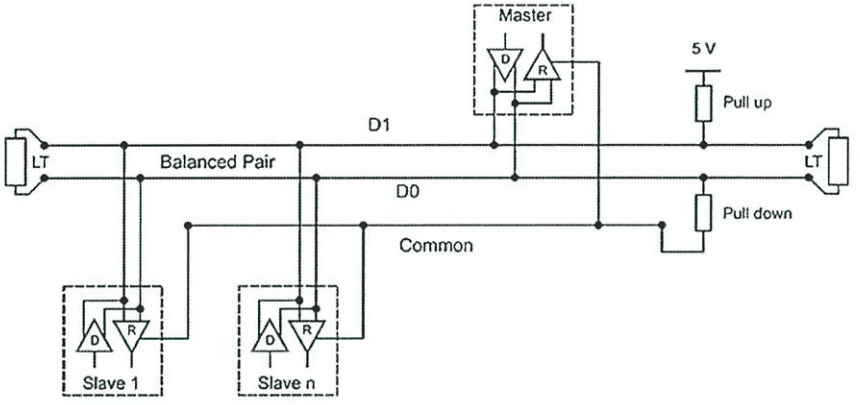
4. Error Checking

ใน MODBUS RTU มีการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลในลักษณะ CRC-16 (Cyclic Redundancy Check) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่นำข้อมูลแต่ละ Byte มาหาร $X^3 + X^2 + X + 1$ ในรูปสมการ Polynomial ของเลขฐานสอง

2.7.4 การเชื่อมต่อทางกายภาพ

MODBUS RTU มีการติดต่อสื่อสารผ่าน Serial Port ได้แก่ RS-232 และ RS-485 โดย RS-232 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อในยุคแรกเริ่มของ MODBUS เป็นการเชื่อมต่อแบบ Peer-to-Peer ระหว่าง Master กับ Slave ซึ่งสามารถมีได้อย่างละ 1 ตัวเท่านั้น และมีอัตราการส่งข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 19.2 kbps

RS-485 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในงานระบบวัดคุมตัว Master 1 ตัว สามารถเชื่อมต่อกับ Slave ได้หลายตัว และสามารถมีตัวอุปกรณ์บนเครือข่ายเดียวกันได้สูงสุด 32 ตัว RS-485 สามารถใช้ระดับสัญญาณ TTL คือ 0-5 โวลต์ ในการส่งสัญญาณได้ การส่งข้อมูลจะเป็นแบบ Half-Duplex สามารถส่งแบบ 2-Wire ดังรูป 2.22

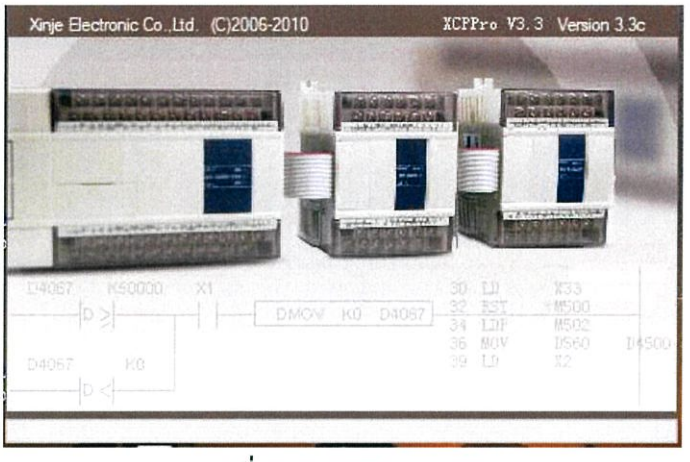


รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อด้วย RS-485 แบบ 2-wire

2.8 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง

2.8.1 XCPPro V3.3

เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดย Xinje Electronic CO.,ltd. เพื่อใช้กับไมโครซอฟต์วินโดว์สร้างขึ้นภายใต้มาตรฐานการเขียนโปรแกรมแบบขั้นบันได IEC-1311 และถูกออกแบบมาเพื่อให้การแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ทำให้สามารถทำได้ง่าย รวดเร็ว และมีความแม่นยำในการวิเคราะห์ XCPPro คือซอฟต์แวร์รองรับสำหรับการเขียนโปรแกรมพีแอลซี Xinje ตระกูล XC คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมกับโปรแกรมเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีคุณสมบัติตามตารางที่ 2.15



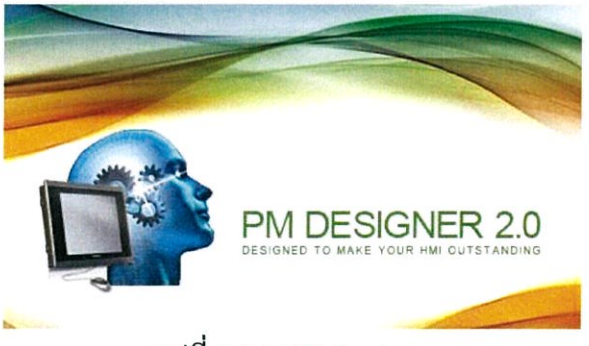
รูปที่ 2.23 XCPPro V3.3

ตารางที่ 2.15 คุณสมบัติของคอมพิวเตอร์ที่โปรแกรม XCPPro V3.3 ต้องการ

Processor	Intel Pentium II or higher
Memory	128 MB
Operating System	Windows 2000 or Windows XP
Storage	45MB free or more

2.8.2 PM Designer

เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาโดย Cermate Technologies Inc. เพื่อใช้ในการออกแบบและเขียนจอ Panel Touch Screen ของ Panel Master



รูปที่ 2.24 PM Designer

2.8.2 VNC Viewer

VNC ย่อมาจาก Virtual Network Computing เป็นโปรแกรมประเภท Remote Control จากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่ง หรือระหว่างเครื่อง Client ไปยังเครื่อง Server พูดง่ายๆ VNC คือระบบแบ่งปันทรัพยากรหน้าจอคอมพิวเตอร์ร่วมกัน รวมถึง Input Device เช่น Mouse และ Keyboard สำหรับทำการ Remote Control คอมพิวเตอร์เครื่องอื่น ๆ และยังสามารถทำงานร่วมกันได้หลายเครื่องพร้อม ๆ กันรวมทั้งมือถือ เช่น iPhone หรืออุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ ได้อีกด้วย

รูปที่ 2.25 VNC Viewer

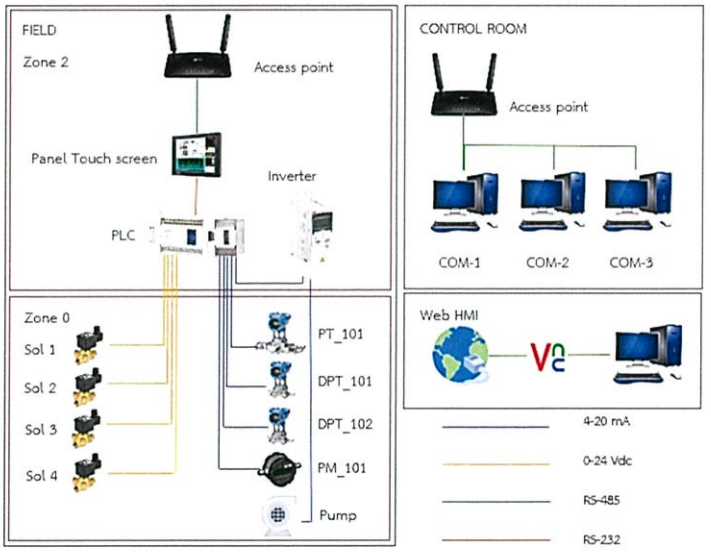
บทที่ 3
การควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่นำเสนอ

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบระบบเครื่องกรองน้ำมันเพื่อเป็นการลดต้นทุนและใช้ทรัพยากรณ์ที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการเชื่อมต่อผ่านอินเตอร์เน็ต (Internet), การป้องกันการเข้าถึงข้อมูล, การออกแบบระบบสำรอง (Redundancy), การควบคุมแบบ Local และ Remote การเฝ้าระวังตลอดจนการติดตั้งอุปกรณ์บริเวณพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) ซึ่งการดำเนินงานประกอบไปด้วยการศึกษารายละเอียดและข้อกำหนดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ศึกษาทฤษฎีและรายละเอียดในการออกแบบระบบ

3.2 ภาพรวมของการควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่นำเสนอ

3.2.1 โครงสร้างของระบบโดยภาพรวม

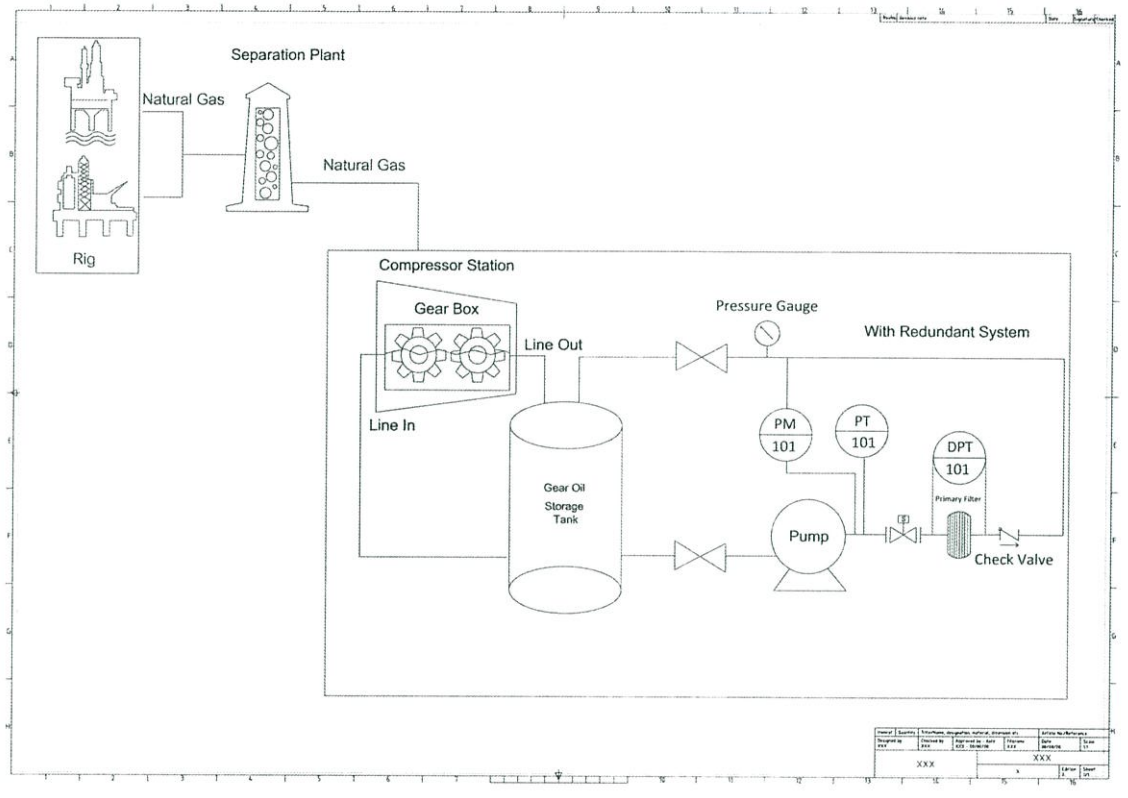


รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบในการควบคุมเครื่องกรองน้ำมัน

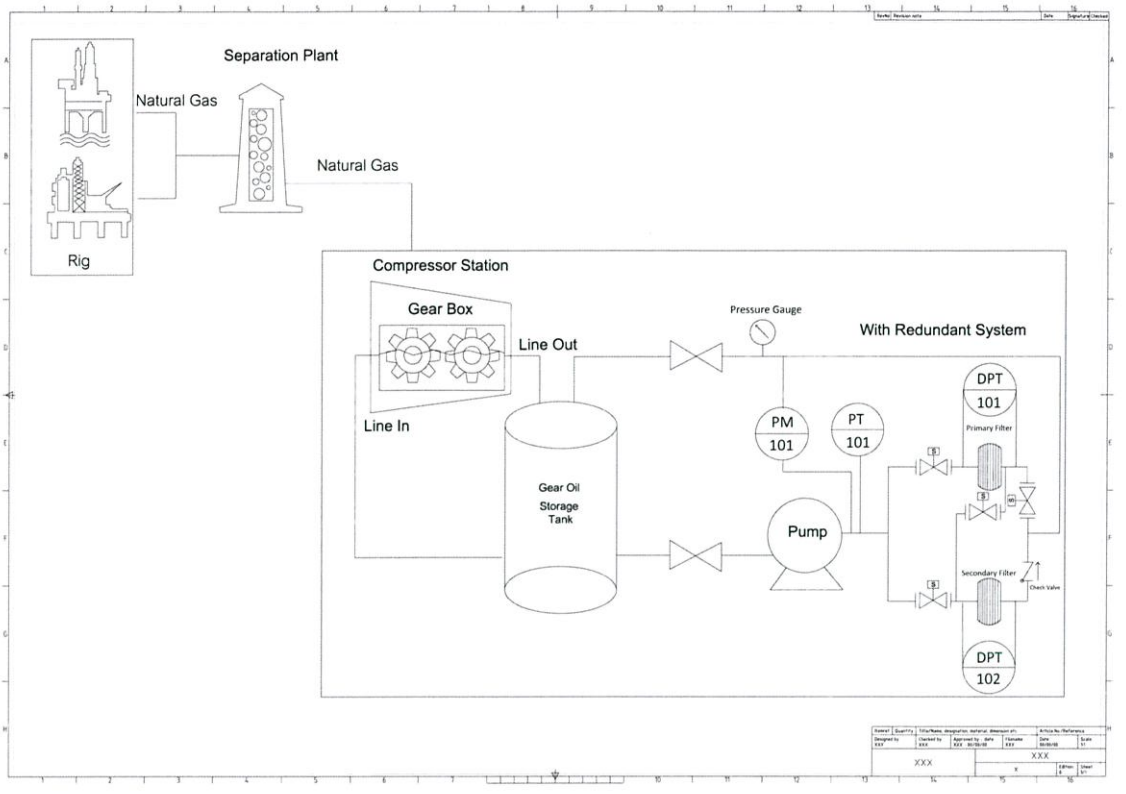
รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างของระบบในการควบคุมเครื่องกรองน้ำมันซึ่งเป็นระบบควบคุมที่รองรับการควบคุมได้ทั้งแบบ Local Access (ที่หน้าจอ HMI) หรือควบคุมผ่าน Internet โดยใช้โปรแกรม VNC Viewer ที่มีอยู่ในหน้าจอ HMI ในการเชื่อมต่อแบบ Remote Access เพื่อควบคุมเครื่องกรองน้ำมันหรือปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

3.2.2 การออกแบบระบบการทำงานแบบสำรอง (Redundant Filtration)

ในระบบการทำงานแบบสำรอง (Redundant) แบบ Work by จะมีไส้กรอง (Filter) อยู่ 2 ชุด โดยค่าเริ่มต้นของระบบจะเลือกการทำงานของ Filter A เสมอโดยจะใช้ Different Pressure Transmitter เพื่อตรวจสอบว่า Filter มีการอุดตันหรือไม่ ถ้าตรวจพบการอุดตัน PLC จะสลับการทำงานโดยควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันโดยวาล์วเพื่อเลือกใช้ Filter B โดยทันทีเพื่อเพิ่มความพร้อมในการใช้งานของระบบโดยไม่ต้องหยุดกระบวนการ (Break Down) และใช้ Timer เพื่อตรวจสอบระยะเวลาการทำงานรวมของแต่ละ Filter ว่าทำงานไปกี่ชั่วโมงโดยจะกำหนดระยะเวลาการทำงานเพื่อให้ PLC สลับการทำงานของแต่ละ Filter เป็นการยืดอายุการทำงานของอุปกรณ์ โดยแสดงความแตกต่างระหว่างเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ไม่มีระบบสำรองการทำงานและมีระบบสำรองการทำงาน ดังรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 แบบเครื่องกรองน้ำมันที่ไม่มีระบบสำรองการทำงาน



รูปที่ 3.3 แบบเครื่องกรองน้ำมันที่ถูกออกแบบให้มีระบบสำรอง

สำหรับอุปกรณ์การวัด (Instrument) จะมีการเลือกใช้

- Pressure Transmitter เพื่อวัดค่าความดันของน้ำมันเกียร์ในท่อขาเข้าที่ถูกส่งเข้ามาโดย Pump
- Different Pressure Transmitter เพื่อวัดค่าความดันตกคร่อมของไส้กรอง
- Pressure Gauge วัดค่าเพื่อเฝ้าสังเกตุความดันน้ำมันเกียร์ขาออกจากเครื่องกรอง
- Particle Monitor เพื่อวัดค่าความสะอาดของน้ำมัน

รูปที่ 3.4 อุปกรณ์การวัดที่ใช้ในระบบควบคุม

สำหรับตัวควบคุมสุดท้าย (Final Control Element) จะมีการเลือกใช้

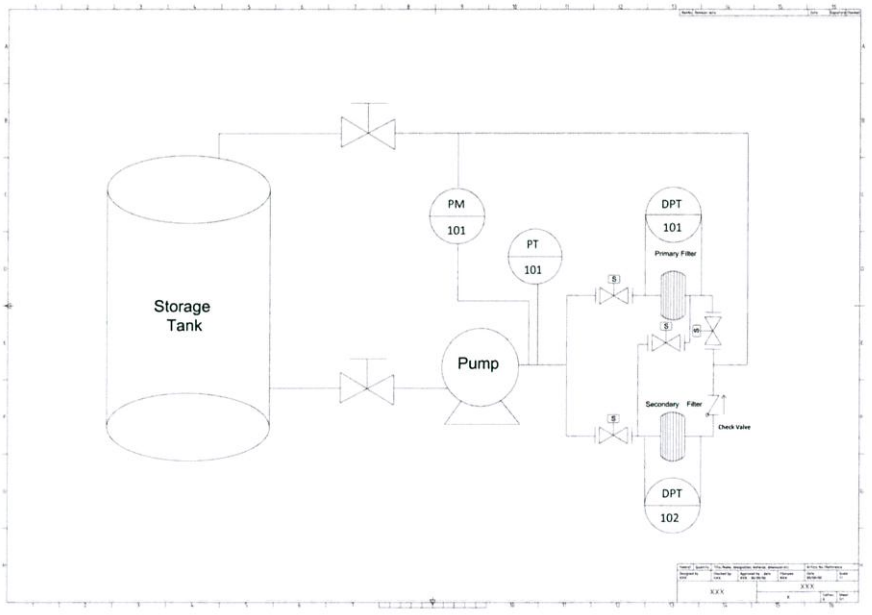
- Pump เพื่อส่งน้ำมันเกียร์ไปกรองในระบบ
- Inverter ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นความถี่เพื่อควบคุมการทำงานของ Pump
- Solenoid Valve เพื่อควบคุมทิศทางการไหลของน้ำมันไปยังไส้กรอง

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมของระบบ

3.3 การออกแบบระบบควบคุม

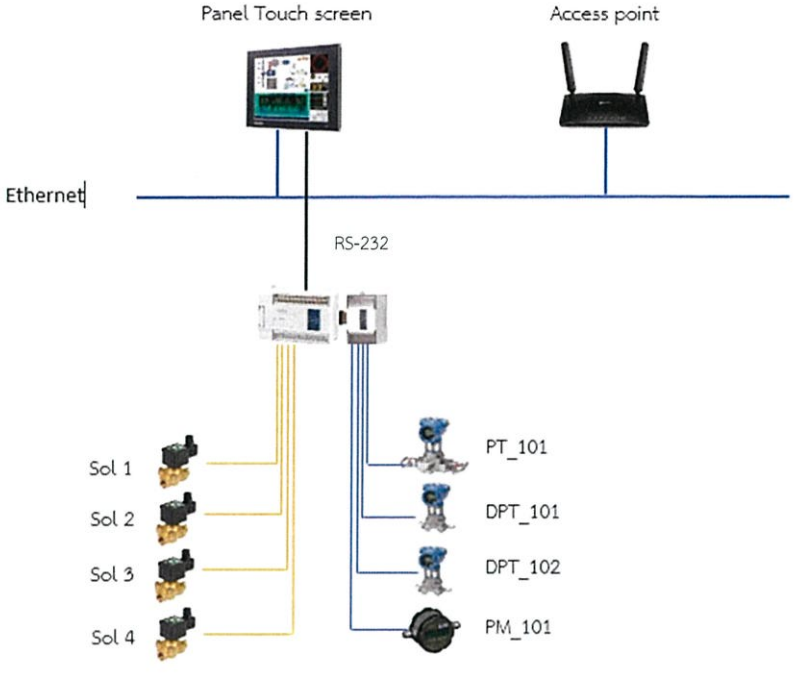
3.3.1 แบบ P&ID Diagram

แบบ P&ID Diagram (Piping and instrument diagram) ของเครื่องกรองน้ำมันซึ่งมีระบบการทำงานแบบสำรอง (Redundant) ซึ่งใช้ Particle Monitoring (PM_1) ในการวัดค่าความสะอาดของน้ำมันและส่งสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA เป็นอินพุตของ PLC เพื่อใช้ในการตรวจวัดความสะอาดของน้ำมัน (NAS) หลังจาก PLC จะประมวลผลค่าได้แล้วจะทำการส่งสัญญาณไฟฟ้า 4-20 mA ไปยังอินเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมปั๊มน้ำมันให้ทำงานจนกว่าค่าความสะอาดของน้ำมัน (NAS) จะถึงค่าเป้าหมาย (NAS Set Point) ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แบบ P&ID Diagram

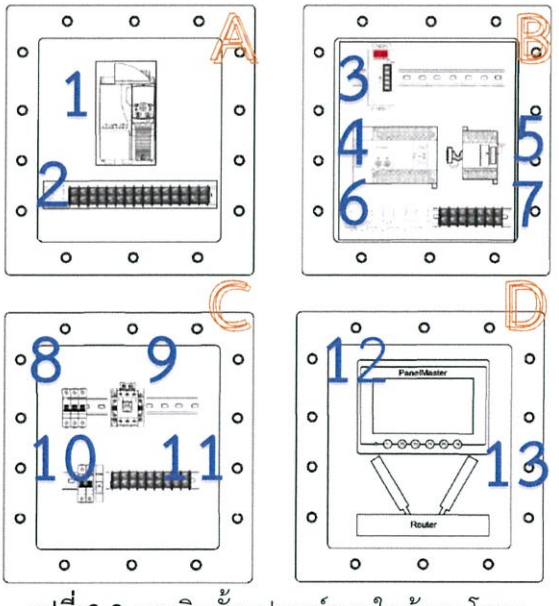
3.3.2 โครงสร้างการสื่อสารข้อมูล (Communication Topology)



รูปที่ 3.7 โครงสร้างการสื่อสารข้อมูล (Communication Topology)

3.3.3 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอลโทรล

เนื่องจากเครื่องกรองน้ำมันที่สร้างขึ้นติดตั้งอยู่ในพื้นที่อันตรายจึงมีจำเป็นที่จะต้องใช้ตู้ไฟที่เป็น Explosion Proof เพื่อป้องกันการเกิดการระเบิด ดังรูปที่ 3.8 และมีอุปกรณ์ที่ติดตั้งดังตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.8 การติดตั้งอุปกรณ์ภายในตู้คอลโทรล

ตารางที่ 3.1 รายการอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

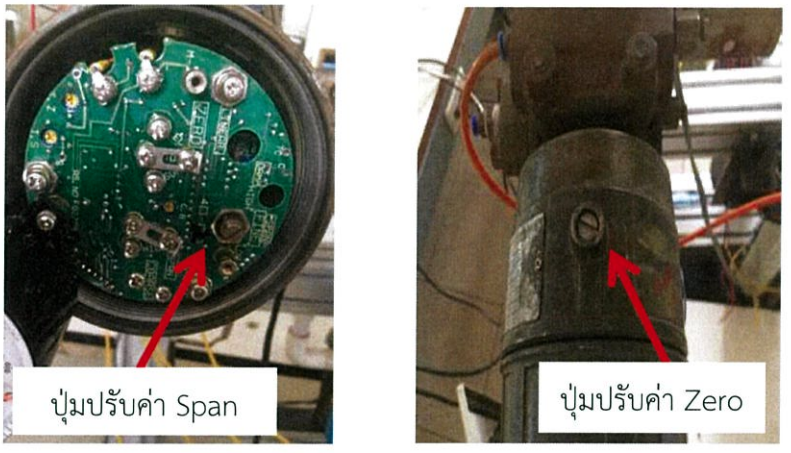
ลำดับ	cabinet	คำอธิบาย	ลำดับ	cabinet	คำอธิบาย
1	A	Inverter	8	C	Main Circuit Breaker
2	A	Terminal	9	C	Circuit Breaker
3	B	Power Supply	10	C	Magnetic Contactor
4	B	PLC	11	C	Terminal
5	B	Analog Module	12	D	Panel Touch Screen
6	B	Relay	13	D	Access Point
7	B	Terminal			

3.4 การเซ็ตอัพอุปกรณ์ในการติดตั้งใช้งาน

การเซ็ตอัพอุปกรณ์ถือว่ามีส่วนสำคัญมากในการควบคุมระบบการทำงาน จึงมีความจำเป็นมากในการกำหนดค่าต่าง ๆ เช่น ช่วงการวัดของทรานสมิตเตอร์, การตั้งค่าการรับสัญญาณแอนะลอกของอินเวอร์เตอร์ และ การตั้งค่า Analog Module

3.4.1 การกำหนดช่วงการวัดของทรานสมิตเตอร์

ทำการกำหนด Measurement Range แล้วจึงทำการปรับ Zero, Span เพื่อให้ทรานสมิตเตอร์ส่งค่า 4-20 mA ไปที่ PLC ได้อย่างถูกต้องโดยใช้สมการเส้นตรงในการคำนวนหาค่า Zero และ Span



รูปที่ 3.9 การปรับ Zero และ Span

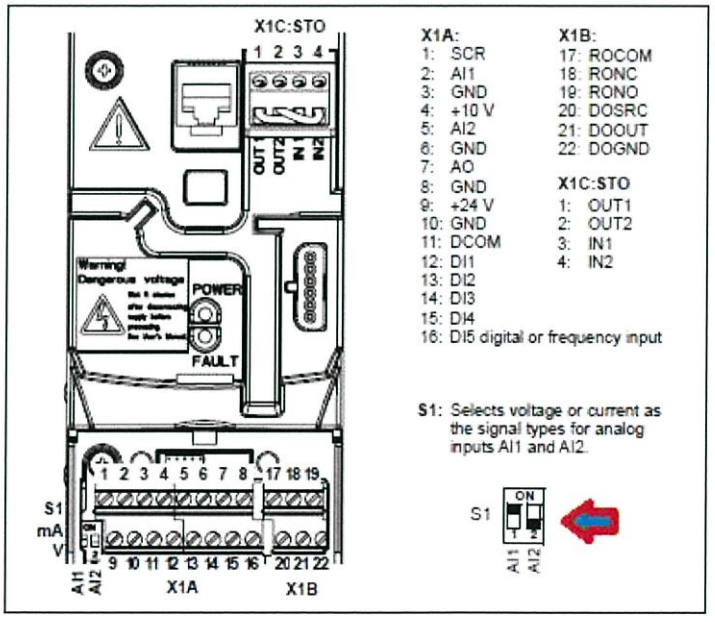
3.4.2 การตั้งค่าการรับสัญญาณแอนะลอกของอินเวอร์เตอร์ [9]

3.4.2.1 การปรับโหมดการทำงานรับสัญญาณควบคุม 4-20 mA

1) กดปุ่ม LOC/REM เพื่อเปลี่ยนโหมดการควบคุมจาก Local ไปเป็น Remote ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 การเลือก Inverter ให้สามารถควบคุมโดย PLC

2) สังเกตุ Switch S1 บริเวณ Terminal ของ Inverter ดัน Switch S1 ของ AI1 ไปที่ตำแหน่ง ON เพื่อรับสัญญาณ 4-20 mA ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การปรับ Inverter

3) เดิมที Inverter จะรับสัญญาณ 0-20 mA เมื่อต้องการรับสัญญาณ 4-20 mA ต้องทำการกำหนดค่าต่ำสุด (zero) ใหม่จากสมการเส้นตรง y=mx + c ที่ y = 0 %, x = 0 mA ที่ y = 100%, x = 20 mA หาความชัน (m) = $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{100-0}{20-0}$ = 5 จะได้สมการ y = 5x หาค่าต่ำสุด(zero) ที่ 4 mA ได้จาก y = 5x = 5*4 = 20% ดังนั้น เข้าไปปรับค่า parameter ที่ 1301 MINIMUM AI1 จากเดิมที่เป็น 1% ให้เปลี่ยนเป็น 20%เพื่อรับสัญญาณ 4 mA ดังรูปที่ 3.12

13 ANALOG INPUTS	Analog input signal processing	
1301 MINIMUM AI1	Defines the minimum %-value that corresponds to minimum mA/(V) signal for analog input AI1. When used as a reference, the value corresponds to the reference minimum setting. 0...20 mA ≙ 0...100% 4...20 mA ≙ 20...100% -10...10 mA ≙ -50...50% **Example:** If AI1 is selected as the source for external reference REF1, this value corresponds to the value of parameter *1104 REF1 MIN*. **Note:** *MINIMUM AI1* value must not exceed *MAXIMUM AI1* value.	1.0%
-100.0...100.0%	Value as a percentage of the full signal range. **Example:** If the minimum value for analog input is 4 mA, the percentage value for 0...20 mA range is: (4 mA / 20 mA) · 100% = 20%	1 = 0.1%

รูปที่ 3.12 การกำหนดค่า Parameter ของ Inverter

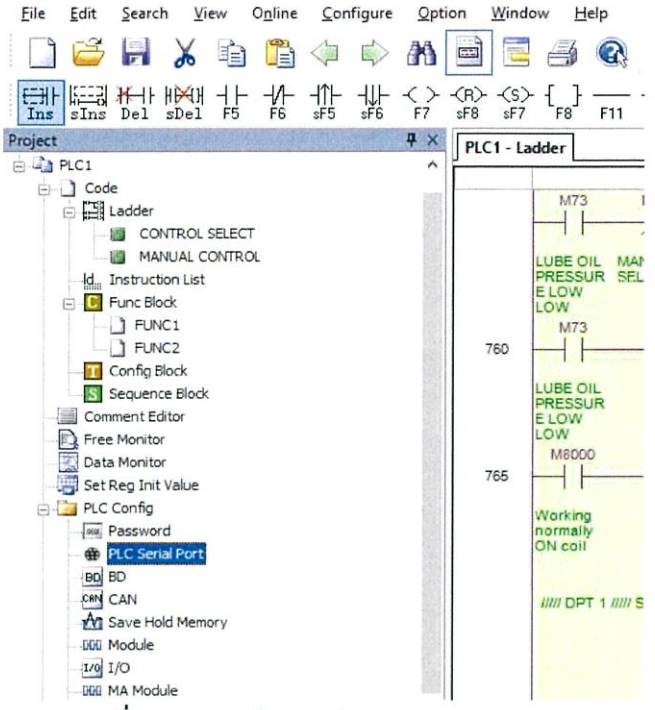
4) ในการปรับ Span ดูที่ Parameter 1302 MAXIMUM AI1 โดยเดิมทีอยู่ที่ 100% รับสัญญาณ 20 mA อยู่ ดังนั้นจึงไม่ต้องแก้ไข Parameter 1302 MAXIMUM AI1 ดังรูปที่ 3.13

No. Name/Value	Description	Def/FbEq
1302 MAXIMUM AI1	Defines the maximum %-value that corresponds to maximum mA/(V) signal for analog input AI1. When used as a reference, the value corresponds to the reference maximum setting. 0...20 mA ≙ 0...100% 4...20 mA ≙ 20...100% -10...10 mA ≙ -50...50% **Example:** If AI1 is selected as the source for external reference REF1, this value corresponds to the value of parameter *1105 REF1 MAX*.	100.0%
-100.0...100.0%	Value as a percentage of the full signal range. **Example:** If the maximum value for analog input is 10 mA, the percentage value for 0...20 mA range is: (10 mA / 20 mA) · 100% = 50%	1 = 0.1%

รูปที่ 3.13 การกำหนดค่า MAXIMUM AI1 ของ Inverter

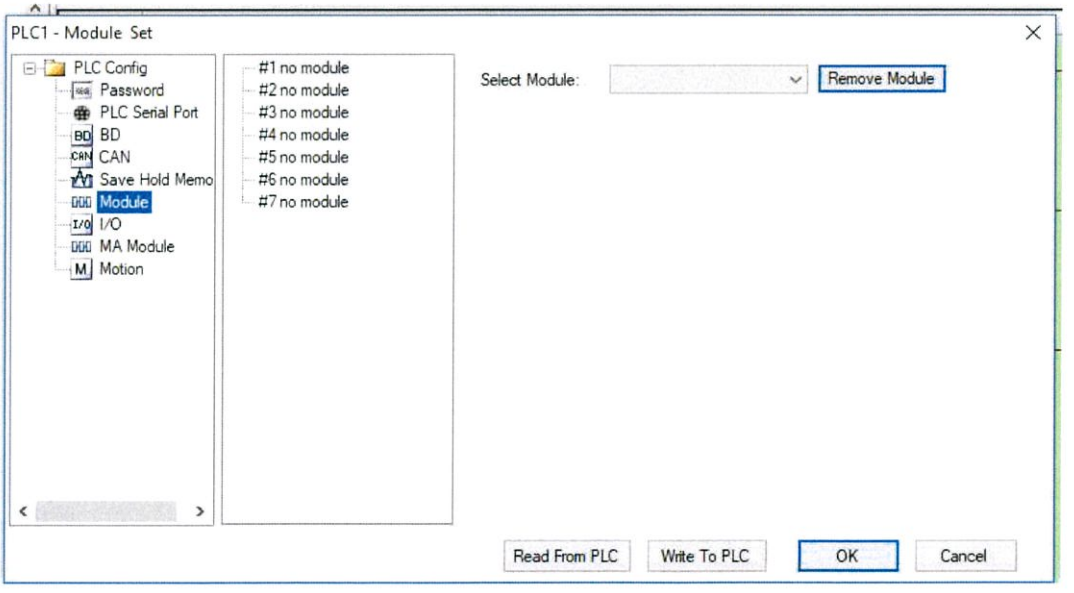
3.4.3 การตั้งค่าแอนะลอก (Analog Module) 17624F20F2

1) เปิดโปรแกรม XCPPRO > คลิกเลือก PLC Serial Port



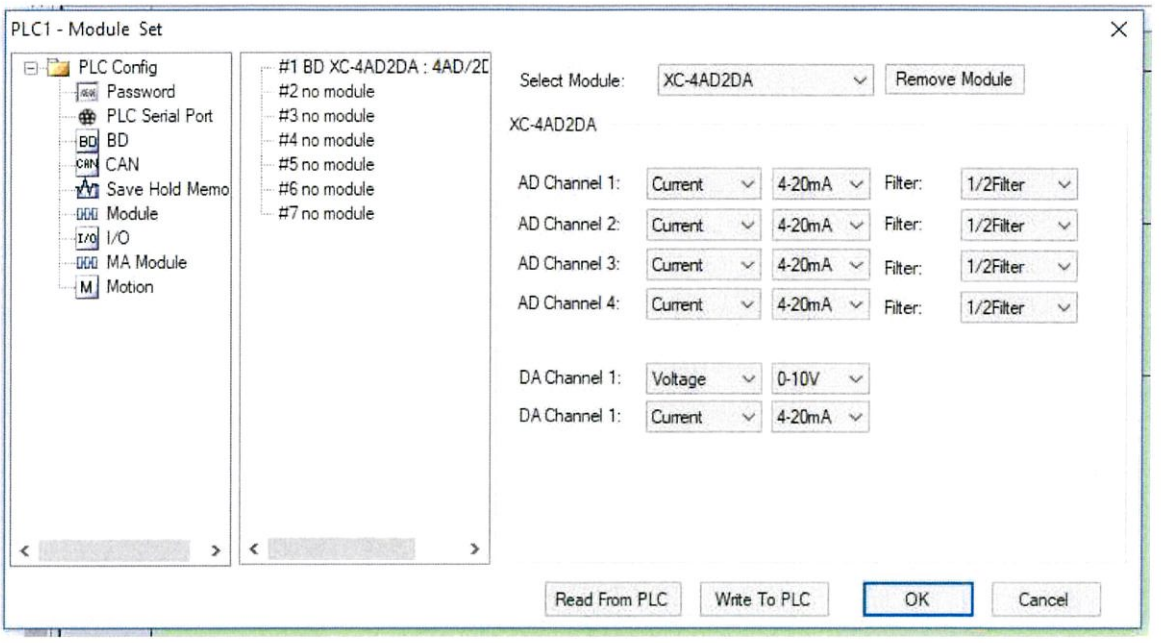
รูปที่ 3.14 การกำหนดรุ่น Analog Module

2) เลือก Module > คลิกแถบด้านบน Select Module



รูปที่ 3.15 การกำหนดค่า Series Analog Module

3) คลิกเลือกรุ่น Module เป็น XC-4AD2DA > เลือก Current 4-20 mA > Write To PLC



รูปที่ 3.16 การกำหนดค่าสัญญาณ 4-20 mA

3.4.4 การกำหนดตารางอินพุตและเอาต์พุตของพีแอลซี (I/O List)

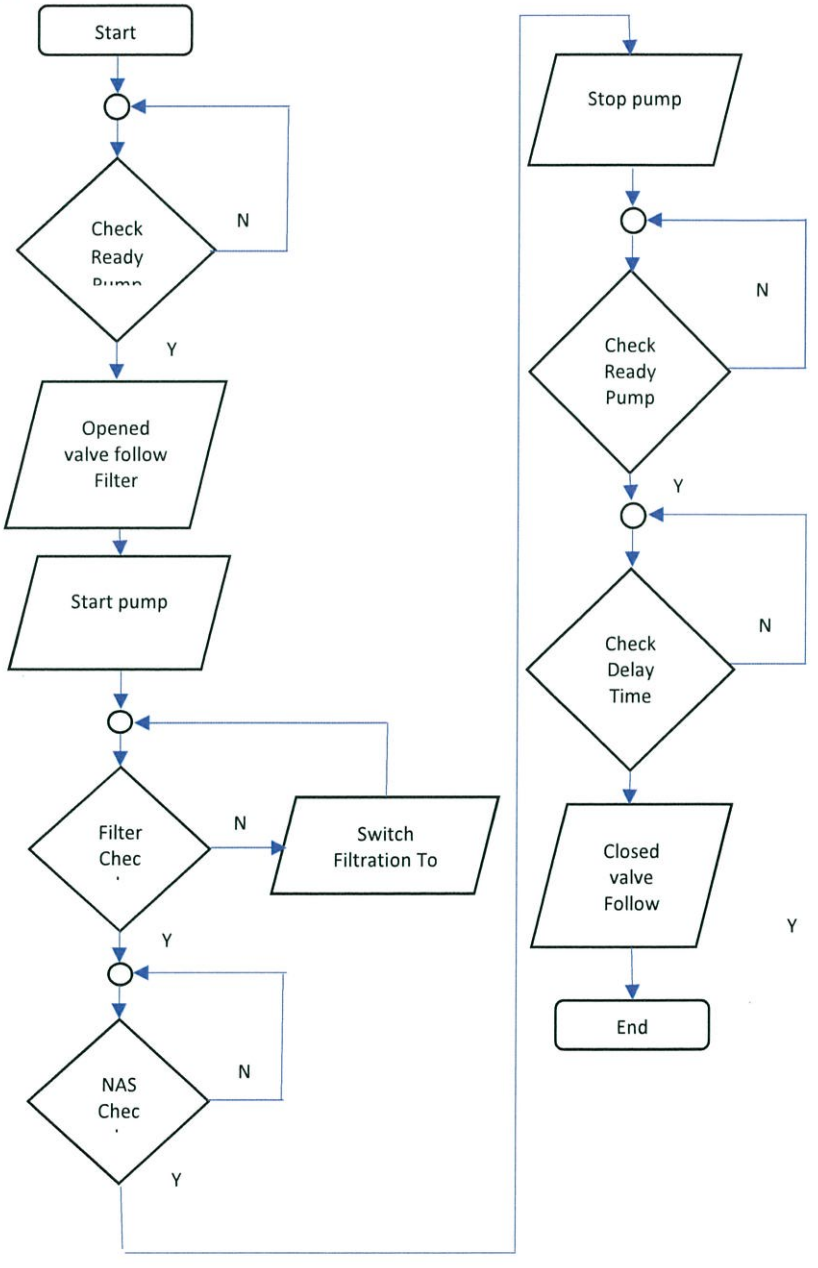
ตารางที่ 3.2 I/O List

I/O	Description
x000	Emergency
x001	Local
x002	Pump Stop
y0	Start Pump
y1	Open Valve 1
y2	Open Valve 2
y3	Open Valve 3
y4	Open Valve 4
ai0	Pressure Transmitter
ai1	Different Pressure Transmitter A
ai2	Different Pressure Transmitter B
ai3	PM NAS
ao0	Speed Pump

3.5 การเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการแบบลำดับ

3.5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุม

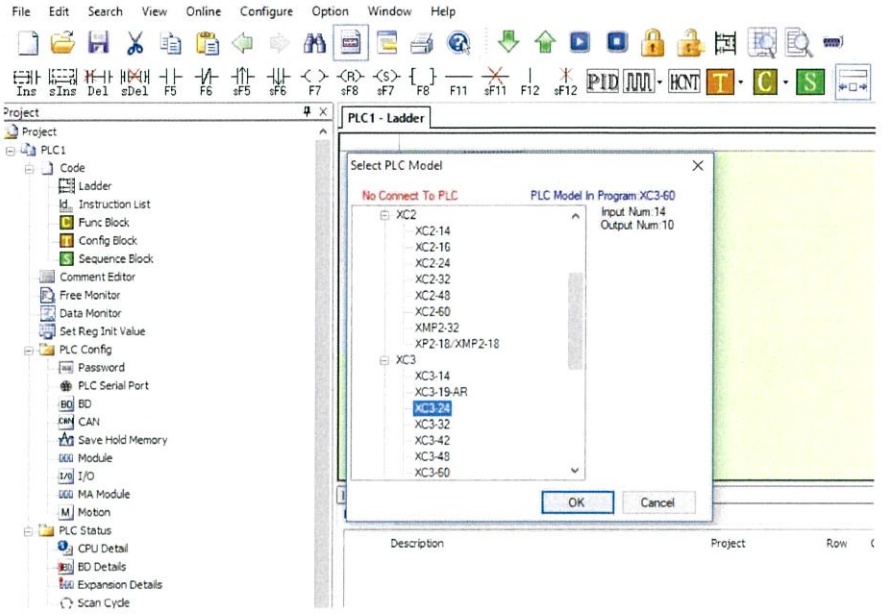
จากลำดับขั้นตอนการทำงานเพื่อใช้ตัวควบคุม PLC ในการทำงานตามลำดับในหัวข้อ 3.2 โดยจะอธิบายด้วย Flow Chart ดังรูปที่ 3.17 เมื่อเริ่มการทำงานจะมีการตรวจสอบสถานะของปั๊มก่อนที่จะเปิดวาล์ว เมื่อเปิดวาล์วแล้วจึงสั่งให้ปั๊มทำงานเพื่อส่งน้ำมันเกียร์ผ่านไส้กรอง ในขณะนั้นก็ตรวจสอบการอุดตันของไส้กรองไปด้วย ในขณะที่ทำการกรองจะมีการตรวจสอบความสะอาดของน้ำมัน (NAS) เมื่อค่า NAS ถึงค่าเป้าหมายแล้วทำการหยุดปั๊มและตรวจสอบสถานะปั๊มอีกครั้งแล้วหน่วงเวลาเพื่อตรวจสอบค่า NAS อีกครั้งจึงปิดวาล์วพร้อมทั้งหยุดการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 3.17 ผังงานที่แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.5.2 การสร้างและกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม XCPPro v3.3

3.5.2.1 เปิดโปรมแกรม XCPpro v3.3 > เลือกรุ่นพีเอลซี : XC-24 > Enter > คลิกขวาที่ Program Files > New > ตั้งชื่อ Program File ดังรูปที่ 3.18 และกำหนด I/O List Address ตามตารางที่ 3.2 และ 3.3



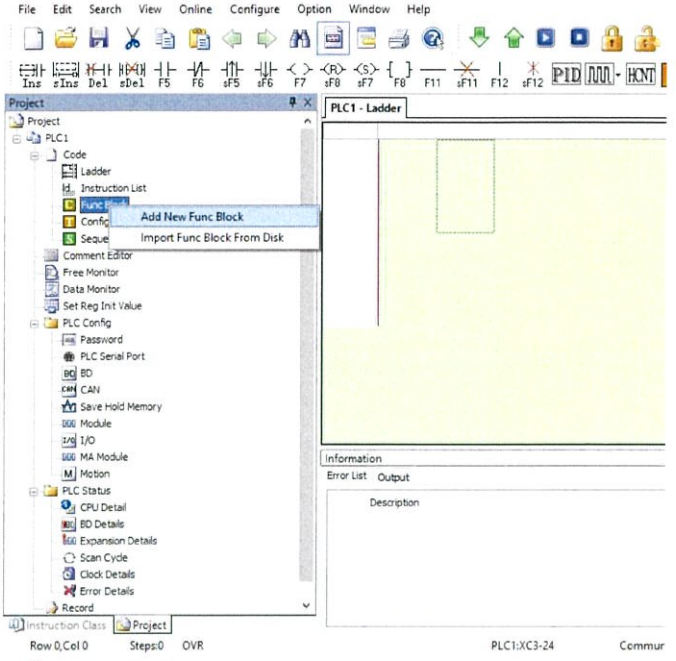
รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการเลือกรุ่น PLC

ตารางที่ 3.3 การกำหนด Input/Output และ Address

Name	Type of Input / Output	address
Pressure Transmitter	Analog Input	ID100
Diff Pressure Transmitter	Analog Input	ID103
Diff Pressure Transmitter	Analog Input	ID106
Particulate Monitor	Analog Input	ID109
Emergency	Digital Input	X1
Selector Switch	Digital Input	X2
Ready Inverter	Digital Input	X3
Inverter	Analog Output	QD100
Solenoid Valve 1	Digital Output	Y1
Solenoid Valve 2	Digital Output	Y2
Solenoid Valve 3	Digital Output	Y3
Solenoid Valve 4	Digital Output	Y4

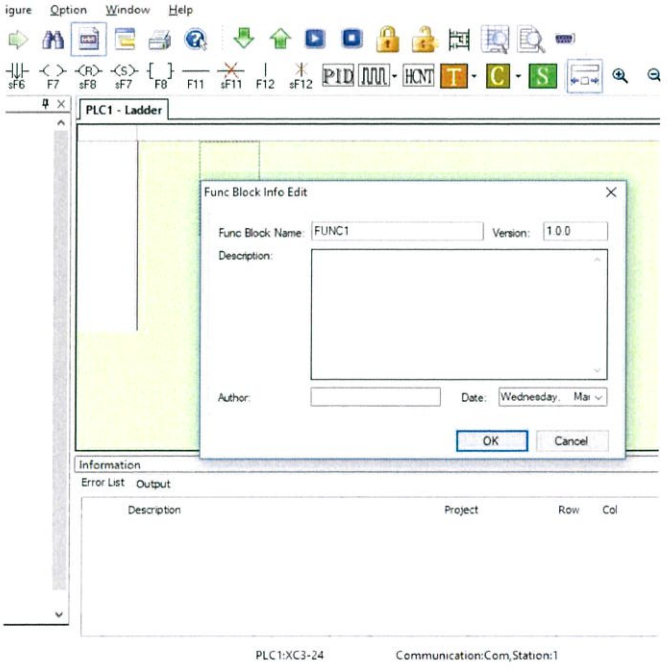
3.5.3 การสร้างส่วนรับค่าและการสเกลค่าจากอุปกรณ์การวัดที่เป็นแอนะลอค (Analog Input)

3.5.3.1 คลิก Func Block > คลิกขวาเลือก Add New Func Block ดังรูปที่ 3.19



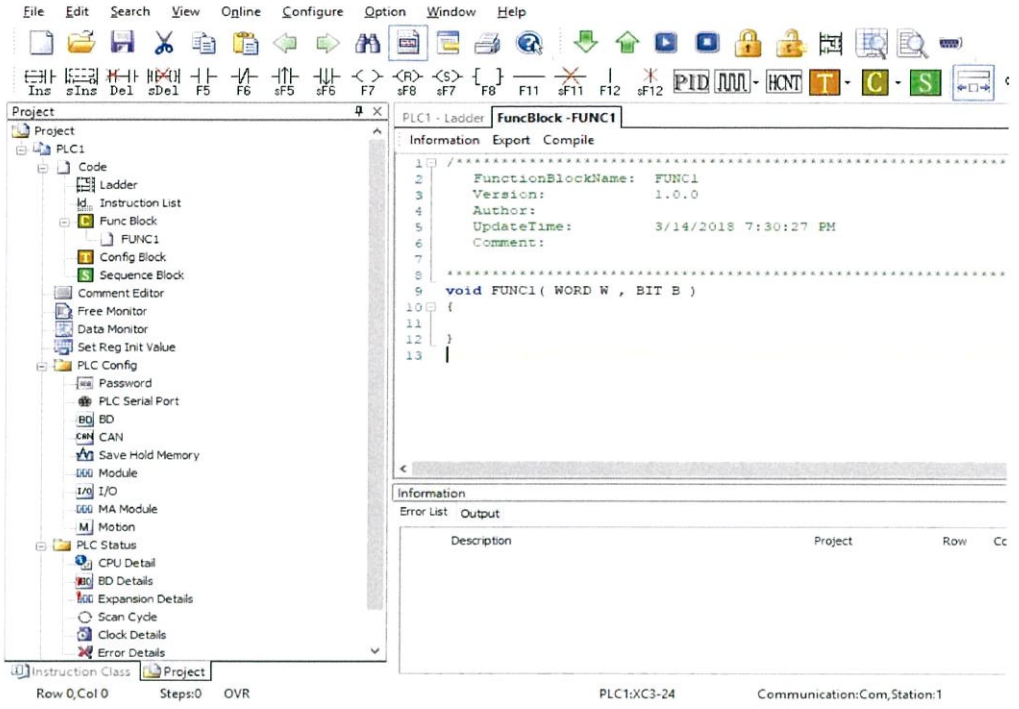
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการ Add Function Block

3.5.3.2 ใส่ Description แล้วกด > Enter ดังรูปที่ 3.20



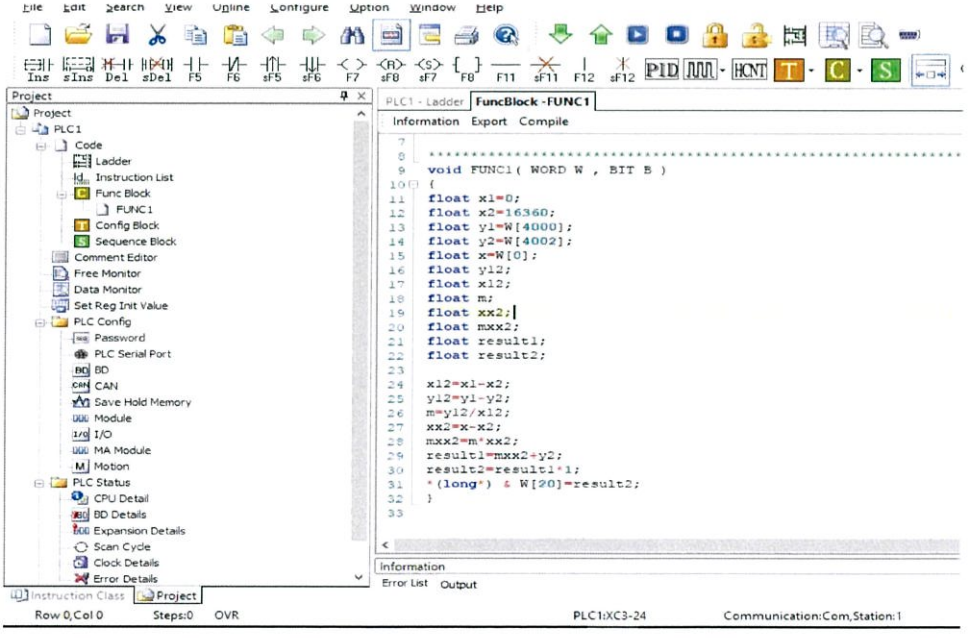
รูปที่ 3.20 ตัวอย่างการใส่ Description

3.5.3.2 คลิกที่ Function Block ที่สร้างขึ้นมาจะมีหน้าต่าง Function Block ปรากฏขึ้นมา ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการสร้าง Function Block

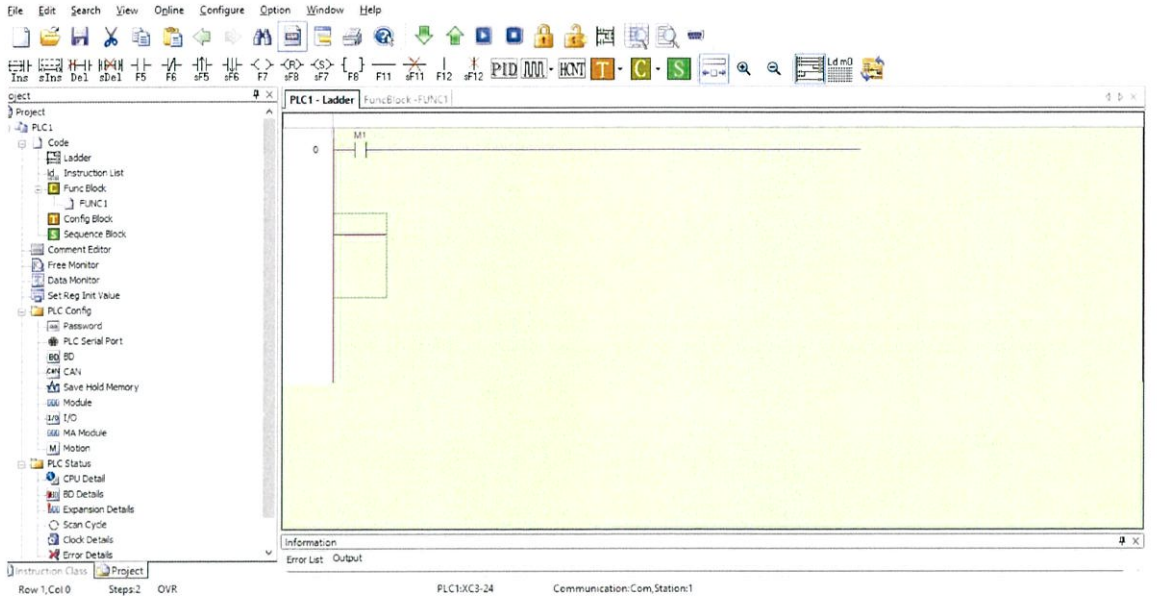
3.5.3.3 เขียนโค้ดเพื่อสเกลค่าจาก 4-20 mA เป็น ค่าที่ต้องการ ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการสเกลค่าจาก 4-20 mA เป็น ค่าที่ต้องการ

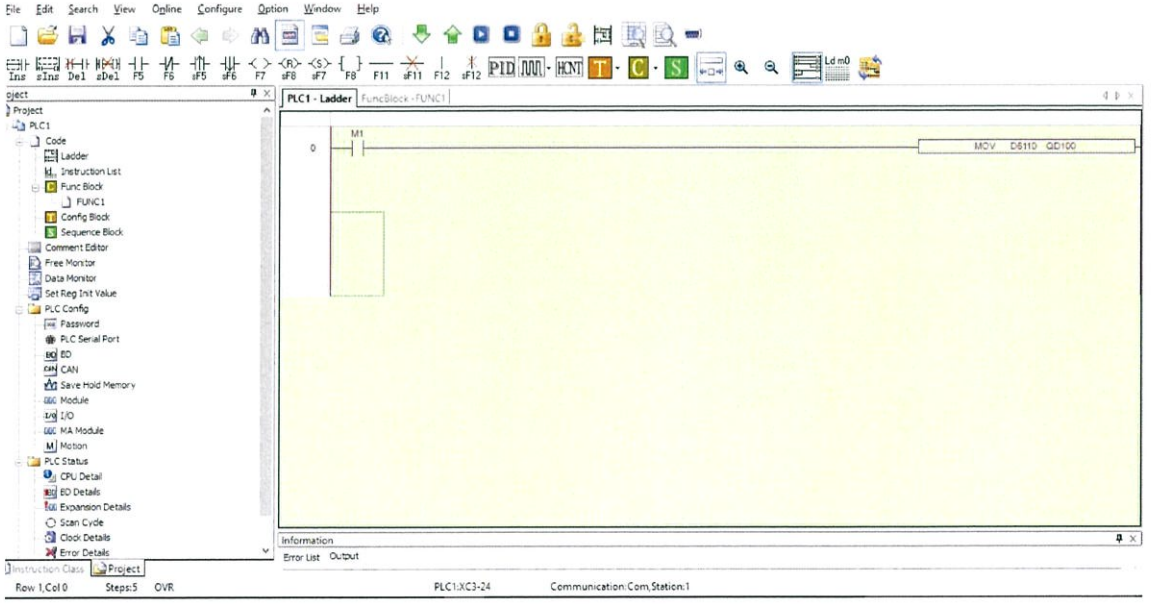
3.5.4 การเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมปั๊ม (Pump) โดยสั่งการผ่านอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

3.5.4.1 เรียกใช้คำสั่ง Normally Open ขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวคำสั่ง ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการเรียกใช้คำสั่ง Normally Open

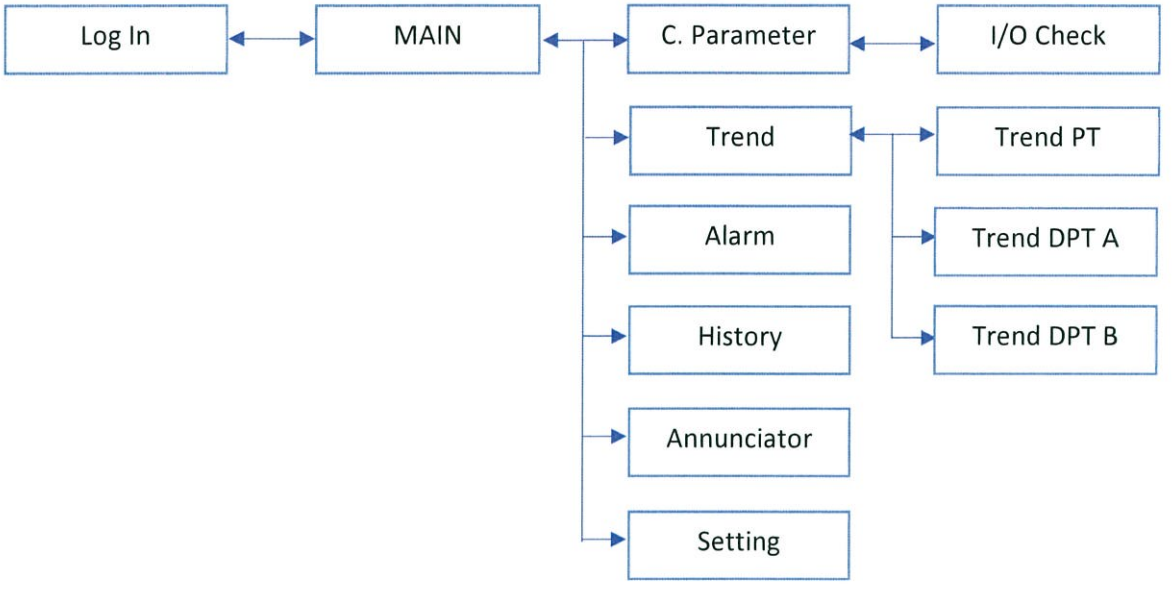
3.5.4.2 เรียกใช้คำสั่ง Move เพื่อย้ายค่าไปยังตัวแปรที่ส่งค่าไปยัง Analog Module เพื่อควบคุมความเร็วของ Pump ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Move

3.6 การออกแบบส่วนแสดงผลและส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

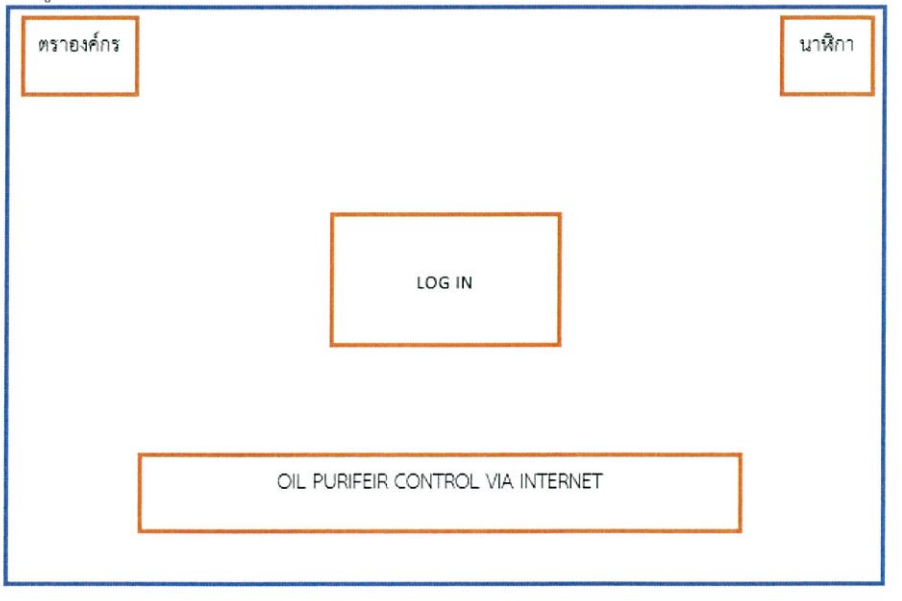
ในการออกส่วนแสดงผลและส่วนติดต่อผู้ใช้งานเพื่อใช้ควบคุมและแสดงสถานะเปิด-ปิดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ Pump,Solenoid Valve และ Alarm ต่าง ๆ โดยใช้ซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1 ในการจัดการส่วนแสดงผลบนหน้าจอ HMI โดยมีการออกแบบกราฟิกจำนวน12หน้าโดยมีการเข้าถึงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 ตัวอย่างโครงสร้างหน้าจอต่าง

3.6.1 การออกแบบส่วนแสดงผลหน้าล็อกอิน

เมื่อทำการออกแบบกราฟิก Log In เสร็จแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.26



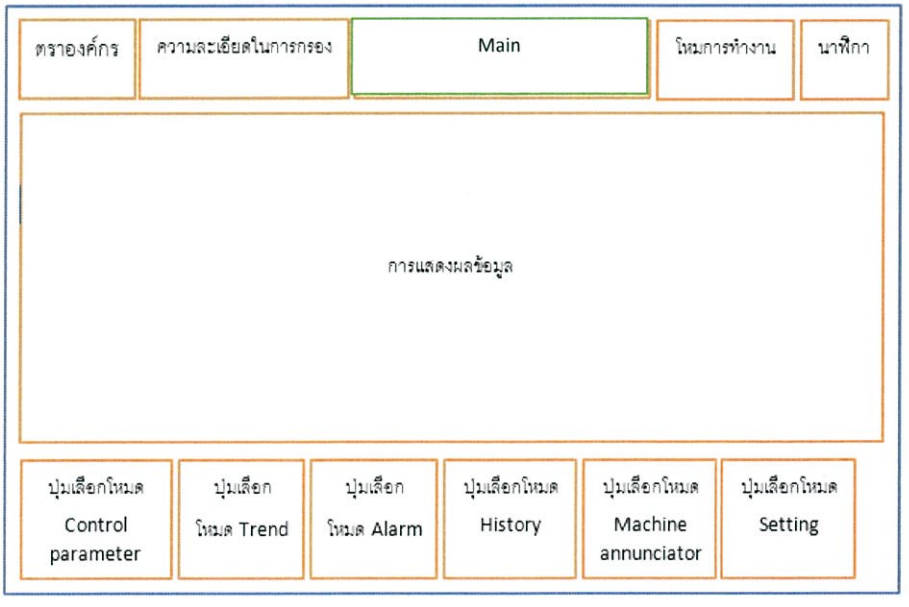
รูปที่ 3.26 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ Log In

เมื่อทำการออกแบบกราฟิกแล้ว จึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.2 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.27

รูปที่ 3.27 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ Log In

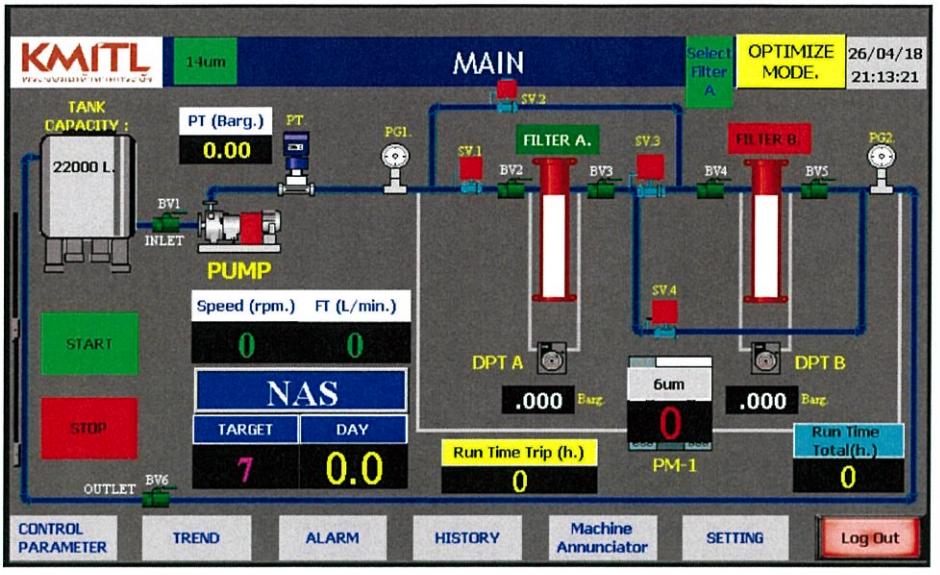
3.6.2 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อควบคุม (Main)

การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมมีความจำเป็นอย่างมากในการใช้งานของผู้ปฏิบัติงาน โดยการสร้างนั้นจำเป็นที่ต้องออกแบบหน้ากราฟิกให้เข้าใจง่ายและไม่ซับซ้อนโดยจะมีการจัดวางต่าง ๆ ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ HMI ของกระบวนการกรองน้ำมัน

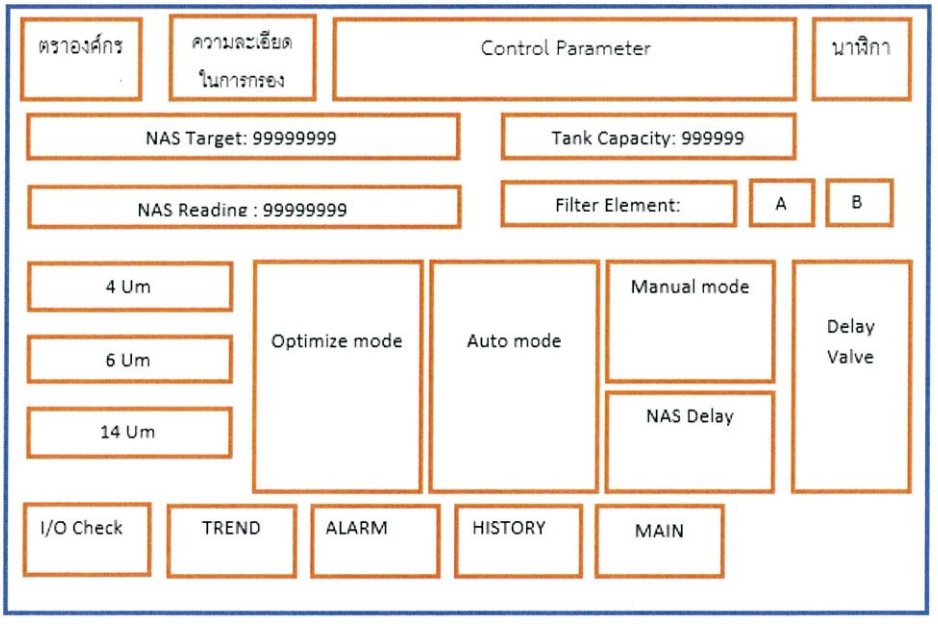
เมื่อทำการออกแบบกราฟิกเสร็จแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.28 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกระบวนการกรองน้ำมัน

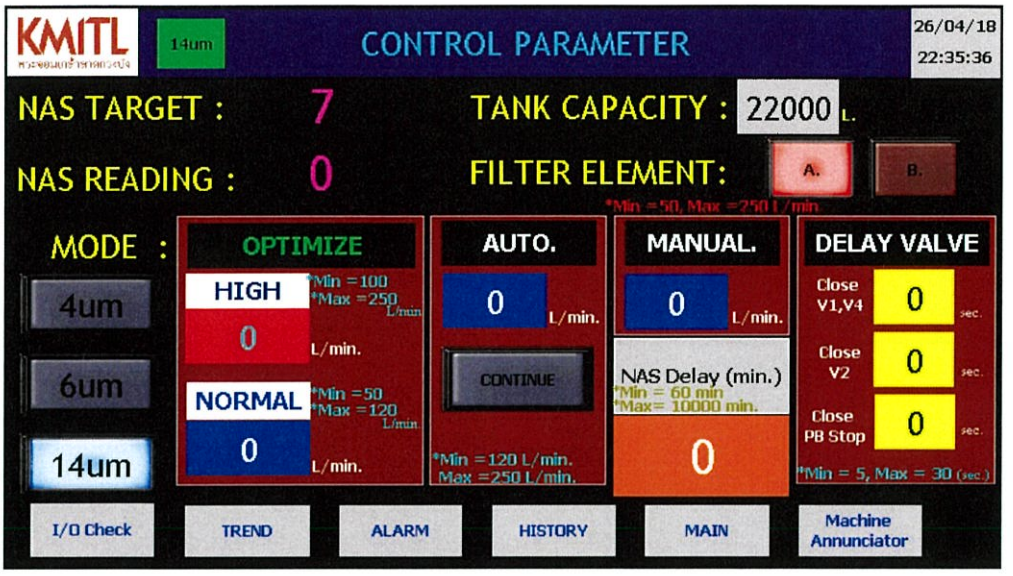
3.6.3 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมพารามิเตอร์

ทำการออกแบบกราฟิกเพื่อควบคุมพารามิเตอร์ (Control Parameter) แล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 ตัวอย่างการออกแบบ Control Parameter

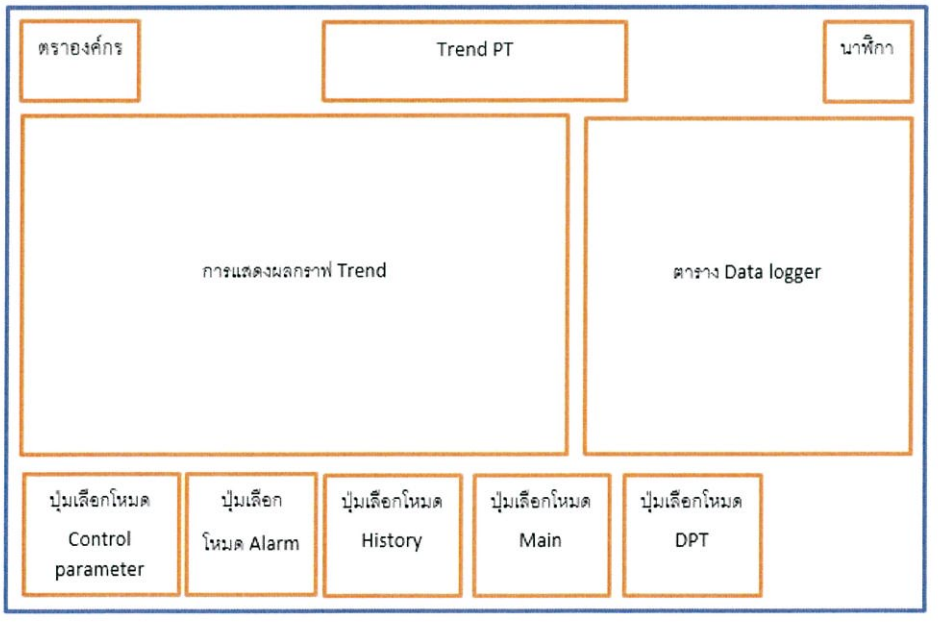
เมื่อทำการออกแบบกราฟิกเสร็จแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.30 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกราฟ Control Parameter

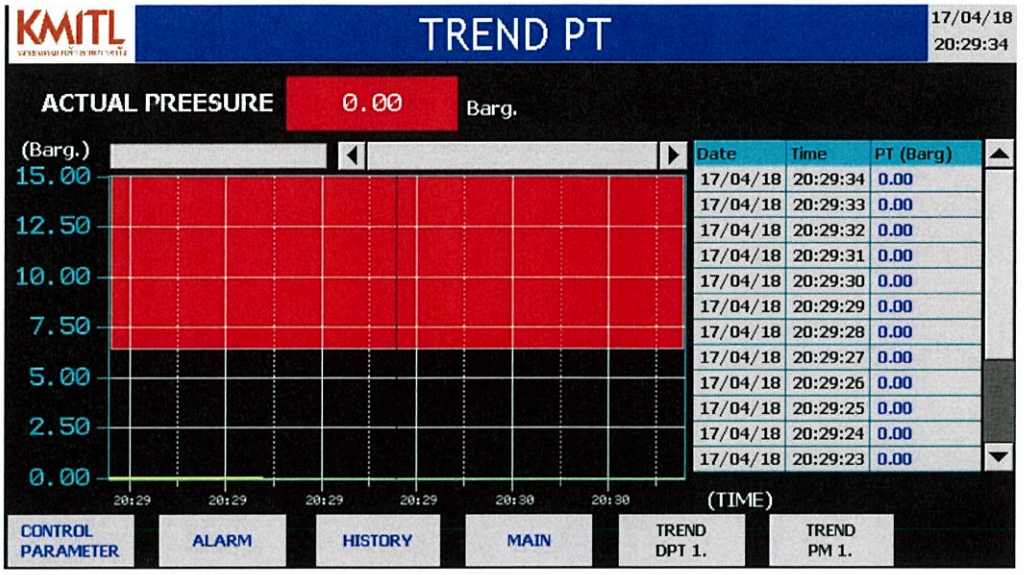
3.6.4 การออกแบบส่วนแสดงผลกราฟและข้อมูล

ทำการออกแบบกราฟิก Trend Graph เสร็จแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 ตัวอย่างการออกแบบ Trend Graph

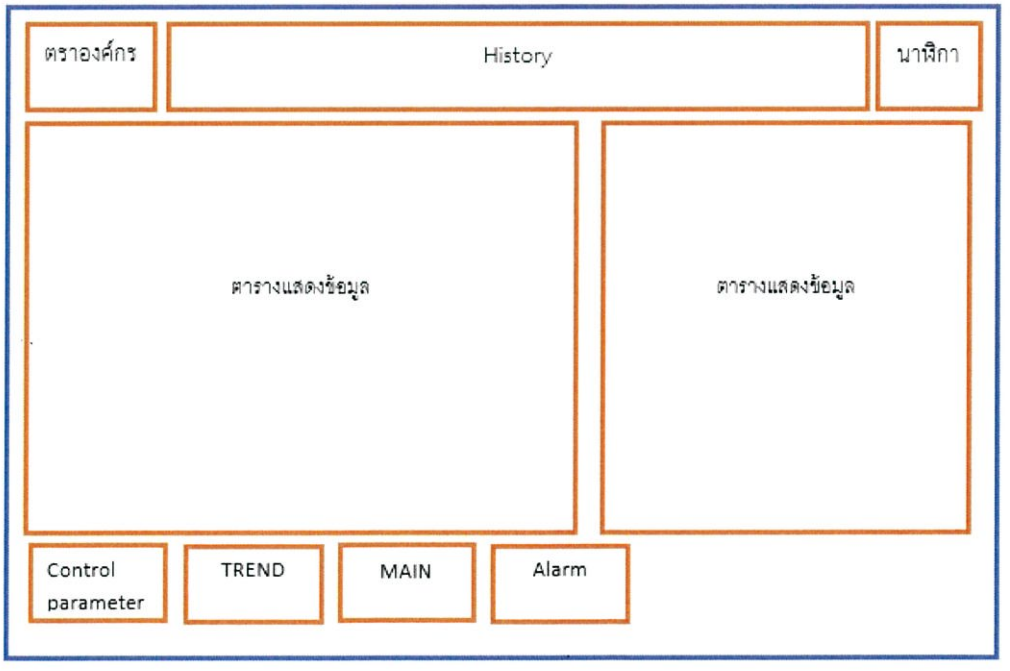
เมื่อทำการออกแบบกราฟิกแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.32 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของกราฟ Trend

3.6.5 การออกแบบส่วนแสดงผลเพื่อแสดงประวัติการเก็บข้อมูล

ทำการออกแบบกราฟิก History เสร็จแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.34



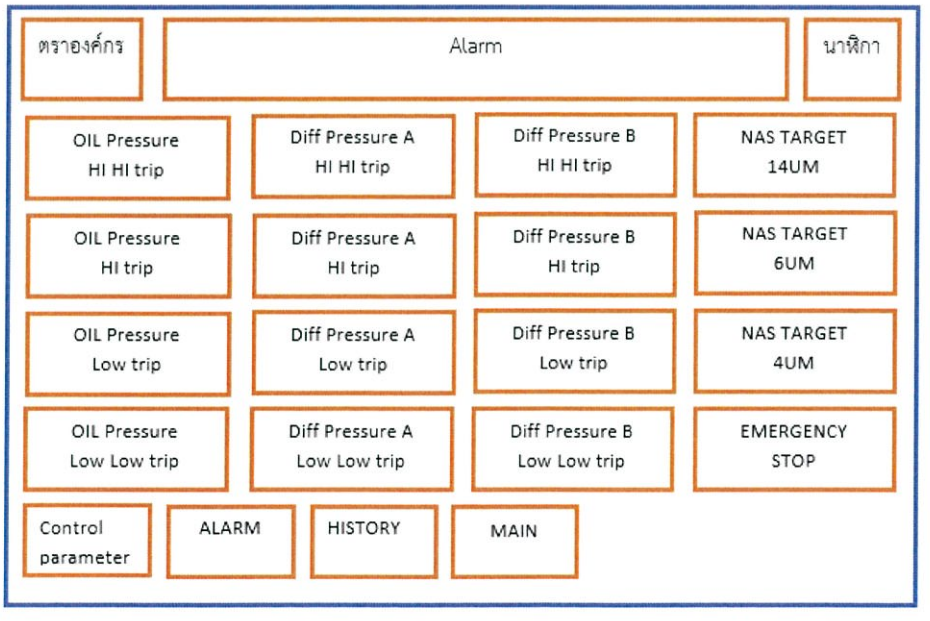
รูปที่ 3.34 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ History

เมื่อทำการออกแบบกราฟิกแล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.34 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.35

รูปที่ 3.35 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ History

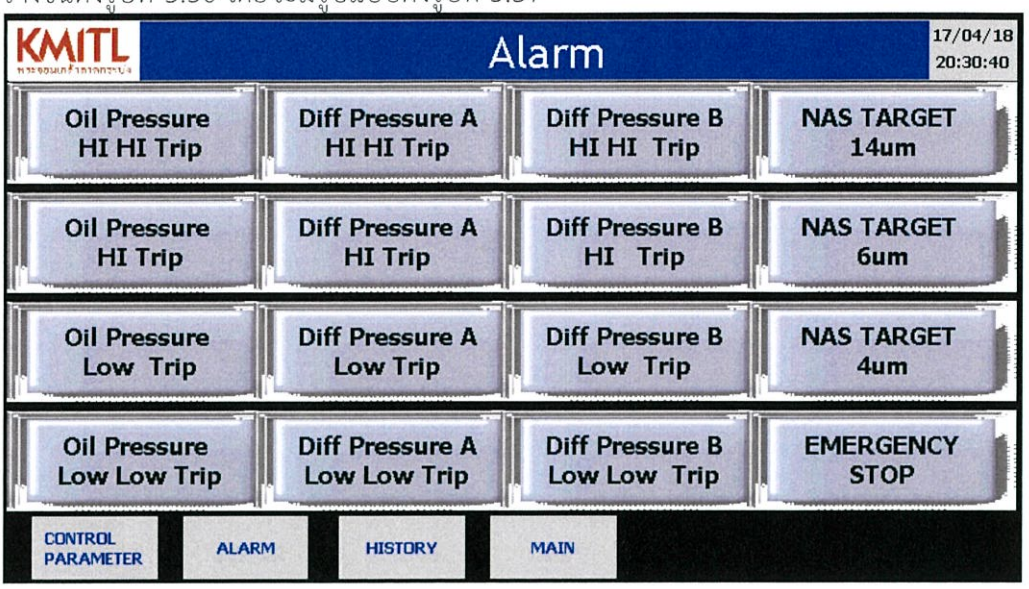
3.6.6 การออกแบบส่วนแสดงผลการแจ้งเตือน

ทำการออกแบบกราฟิก Alarm แล้วจึงทำการสร้างส่วนแสดงผลขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 ตัวอย่างการออกแบบหน้าจอ Alarm

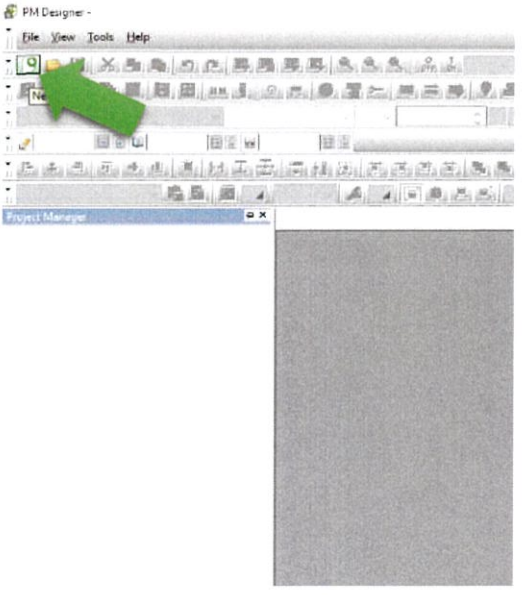
เมื่อทำการออกแบบกราฟิกแล้ว จึงทำการสร้างส่วนแสดงผลเพื่อควบคุมขึ้นมาโดยอ้างอิงจากแบบกราฟิกที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 3.36 โดยจะมีรูปแบบดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.37 ตัวอย่างหน้าจอ HMI ของ Alarm

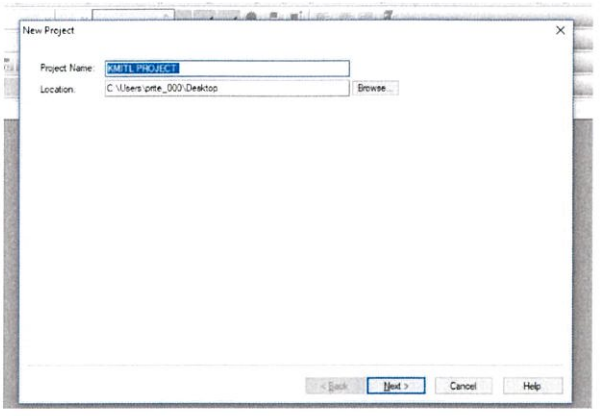
3.6.7 ขั้นตอนในการสร้างกราฟิก

1) เปิดซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1 จากนั้นคลิกที่ New Project ดังรูปที่ 3.38



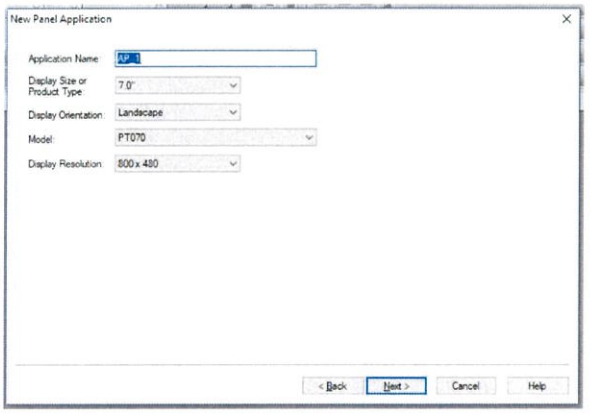
รูปที่ 3.38 หน้าแรกของการสร้าง Project

2) ป้อนชื่อ Project ลงในช่อง Project Name ดังรูปที่ 3.39



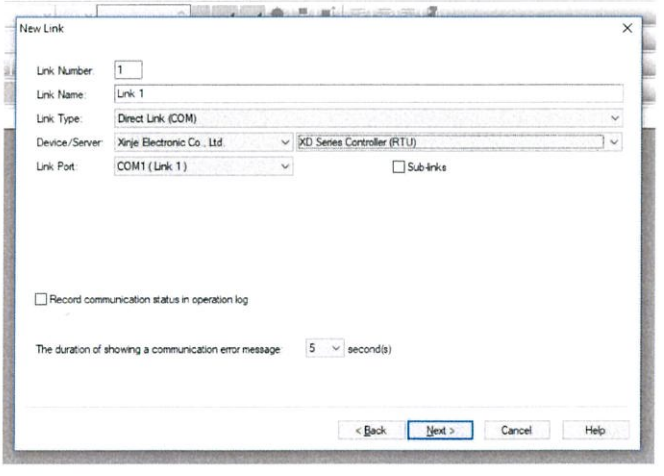
รูปที่ 3.39 การสร้าง New Project

3) กำหนดรุ่น และ Model ของหน้าจอ HMI ที่ใช้ ดังรูปที่ 3.40



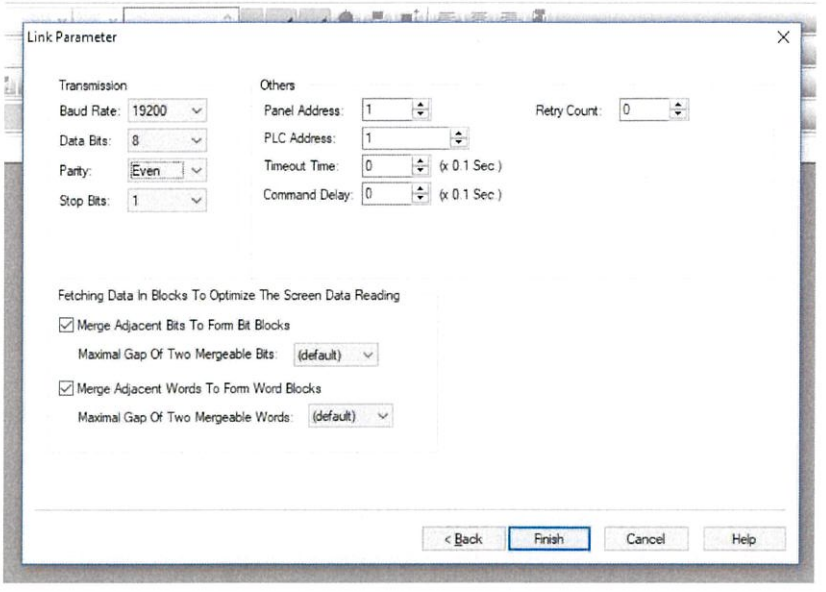
รูปที่ 3.40 การกำหนดรุ่นของ HMI ในซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1

4) กำหนดรุ่น PLC, Link Type และ Com Port ดังรูปที่ 3.41



รูปที่ 3.41 การกำหนดรุ่น PLC, Link Type และ Com Port

5) กำหนด Baud Rate, Data Bits, Parity และ Stop Bits แล้วคลิกที่ Finish ดังรูปที่ 3.42



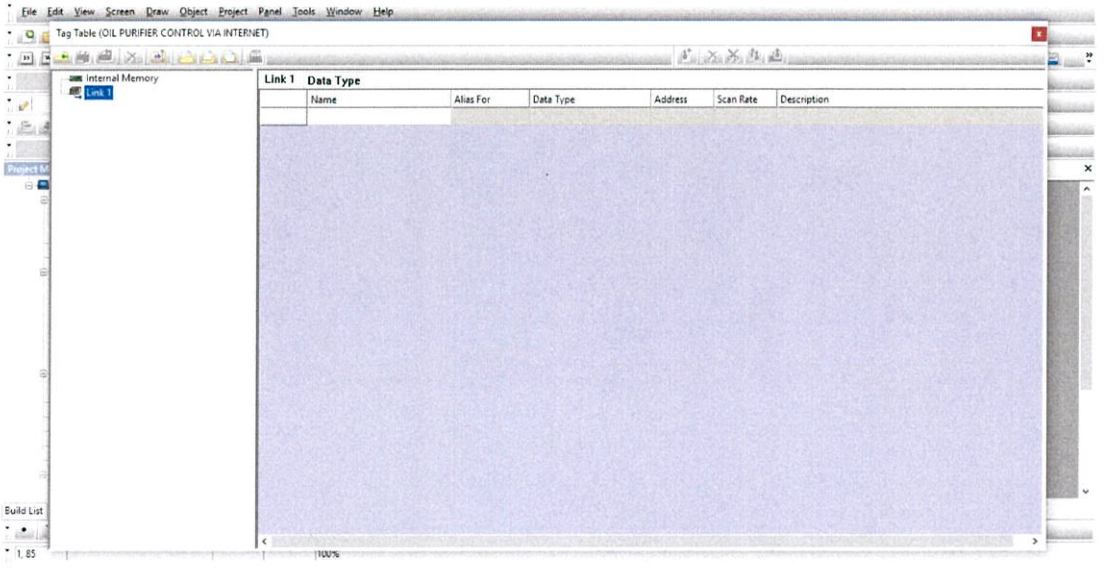
รูปที่ 3.42 การกำหนดค่าการเชื่อมต่อ

3.6.8 การสร้างส่วนประกอบอื่น ๆ

ในการสร้างส่วนแสดงผลโดยใช้ซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1 ขึ้นมานั้นมีส่วนที่รวบรวมข้อมูลทั้งหมดไว้ (Tags) ขั้นตอนในการสร้างมีดังนี้

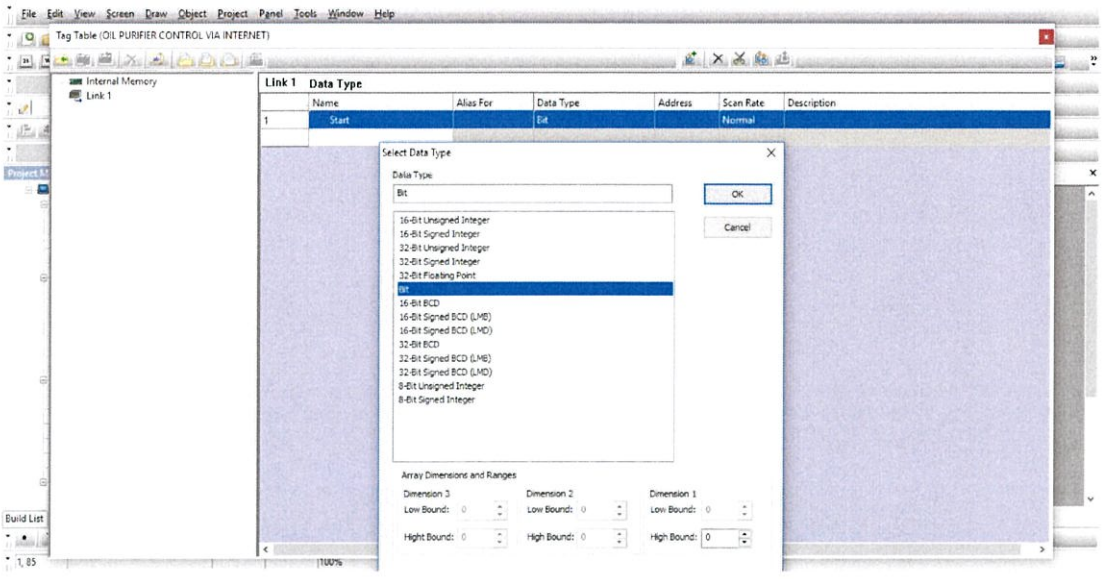
3.6.8.1 การสร้างส่วนรวบรวมข้อมูล (Tags)

1) คลิกที่ Tags > Link1 ดังรูปที่ 3.43



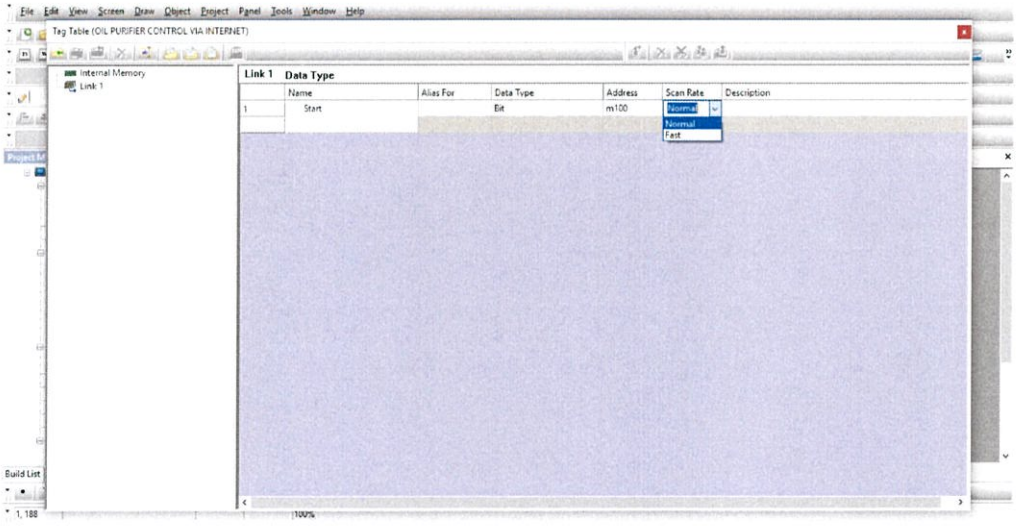
รูปที่ 3.43 การสร้างส่วนรวบรวมข้อมูล (Tags)

2) กำหนด Name, Data Type ดังรูปที่ 3.44



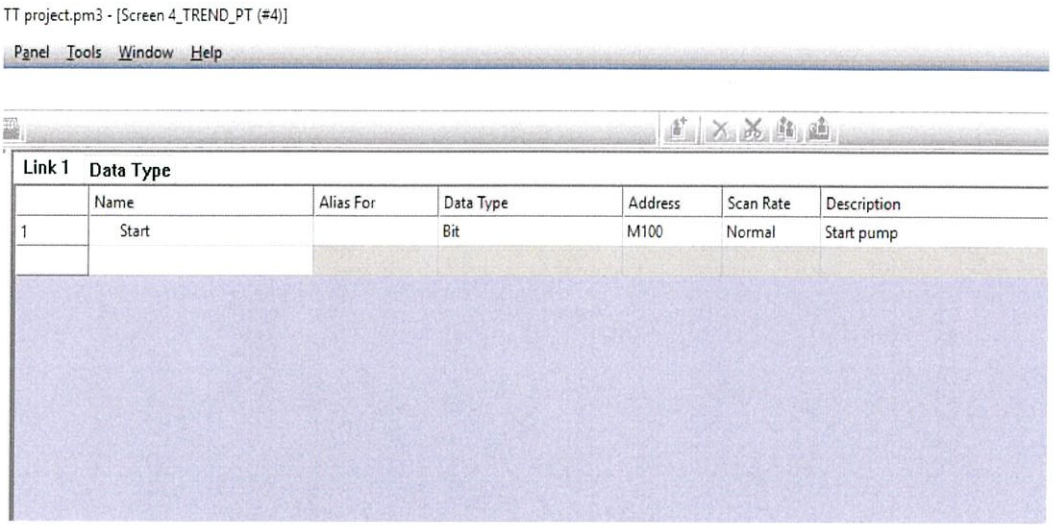
รูปที่ 3.44 ตัวอย่างการกำหนดค่า Name, Data Type

3) กำหนด Address, Scan Rate ดังรูปที่ 3.45



รูปที่ 3.45 ตัวอย่างการกำหนดค่า Address, Scan Rate

ทำการกำหนดค่าส่วนรวบรวมข้อมูล (Tags) ที่ใช้ทั้งหมดตามรูปที่ 3.46 โดยกำหนดส่วนรวบรวมข้อมูล (Tags) ให้สอดคล้องกับการทำงานของ PLC เช่น ปุ่ม Start ใช้ Address ที่ M100 และ Data Type เป็น Bit

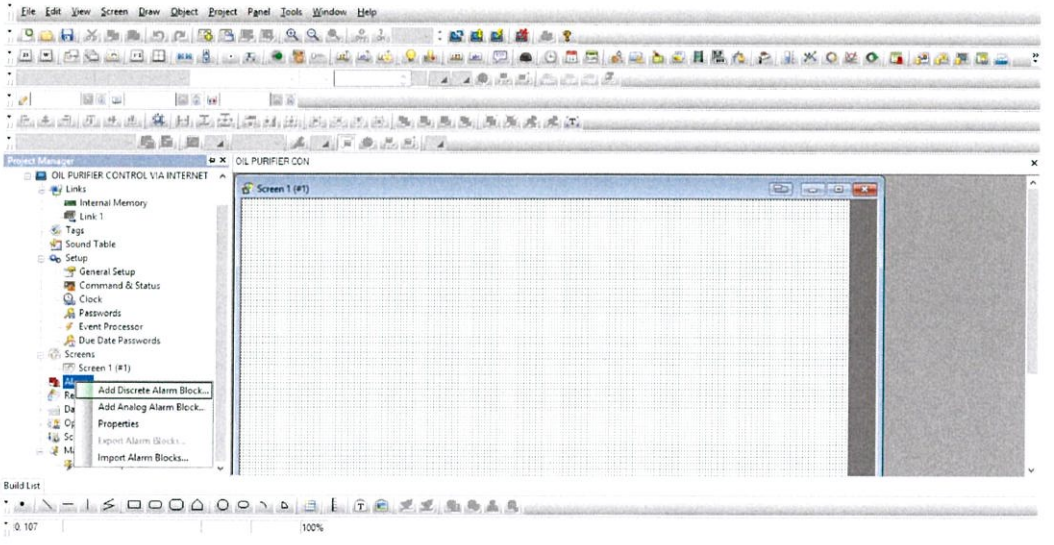


รูปที่ 3.46 ตัวอย่างการกำหนดค่า Tags

3.6.8.2 การสร้าง Alarm Block

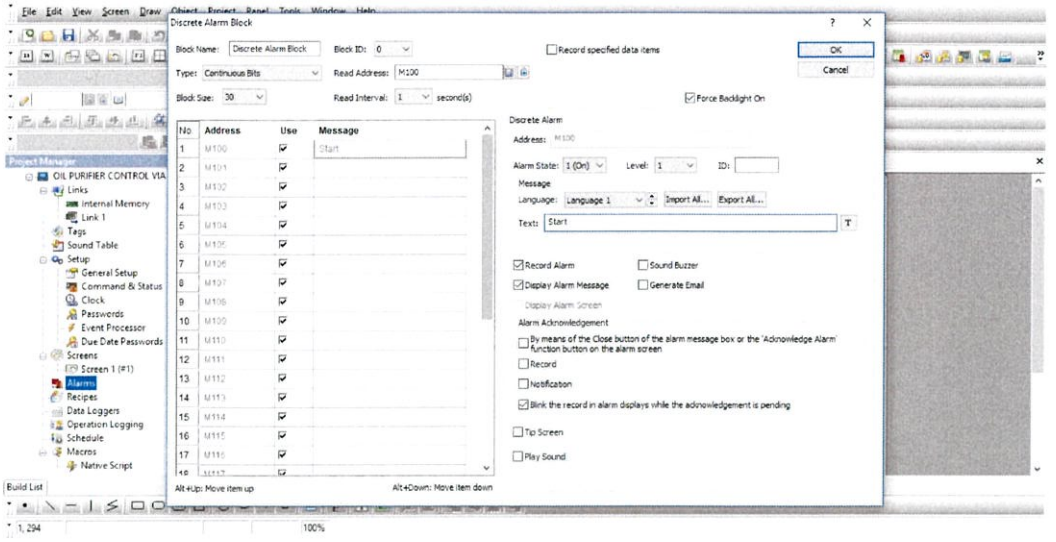
ในการสร้าง Alarm นั้นมีส่วนสำคัญมากโดยจะมีหน้าที่แจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานเห็นส่วนที่ผิดปกติของระบบที่กำลังดำเนินอยู่โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1) คลิกขวาที่ Alarm > Add Discrete Alarm Block ดังรูปที่ 3.47



รูปที่ 3.47 ตัวอย่างการสร้าง Alarm Block

2) กำหนด Block Name, Address และรายละเอียดในการแสดง Alarm แล้วคลิก OK ดังรูปที่ 3.48

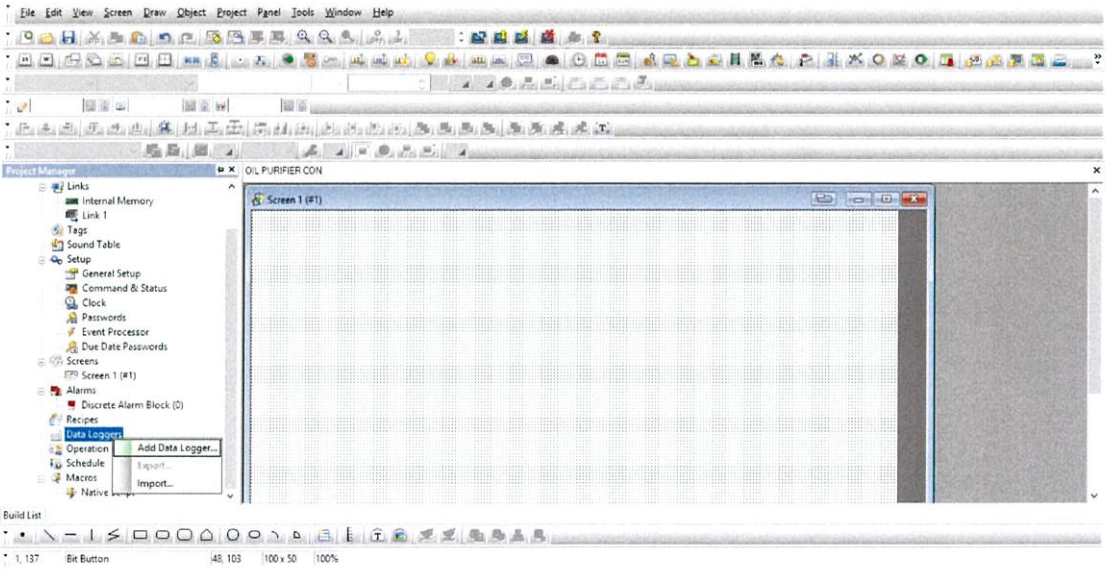


รูปที่ 3.48 ตัวอย่างการกำหนด Block Name, Address

3.6.8.3 การสร้าง Data Loggers

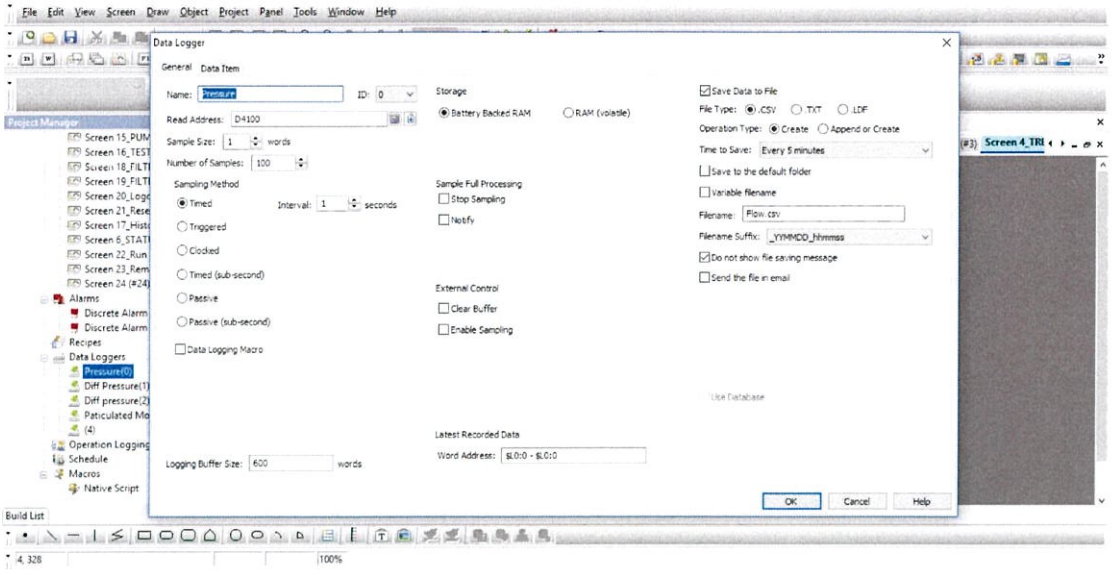
ในการสร้าง Data Loggers นั้นมีความจำเป็นมากเพราะจะเป็นส่วนที่บันทึกข้อมูลต่าง ๆ เช่น การเปิด-ปิดของ Valve, Pump จนกระทั่งค่า Pressure และค่าความสะอาดของน้ำมัน เป็นต้น โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

1) คลิกขวาที่ Data Loggers > Add Data Loggers ดังรูปที่ 3.49



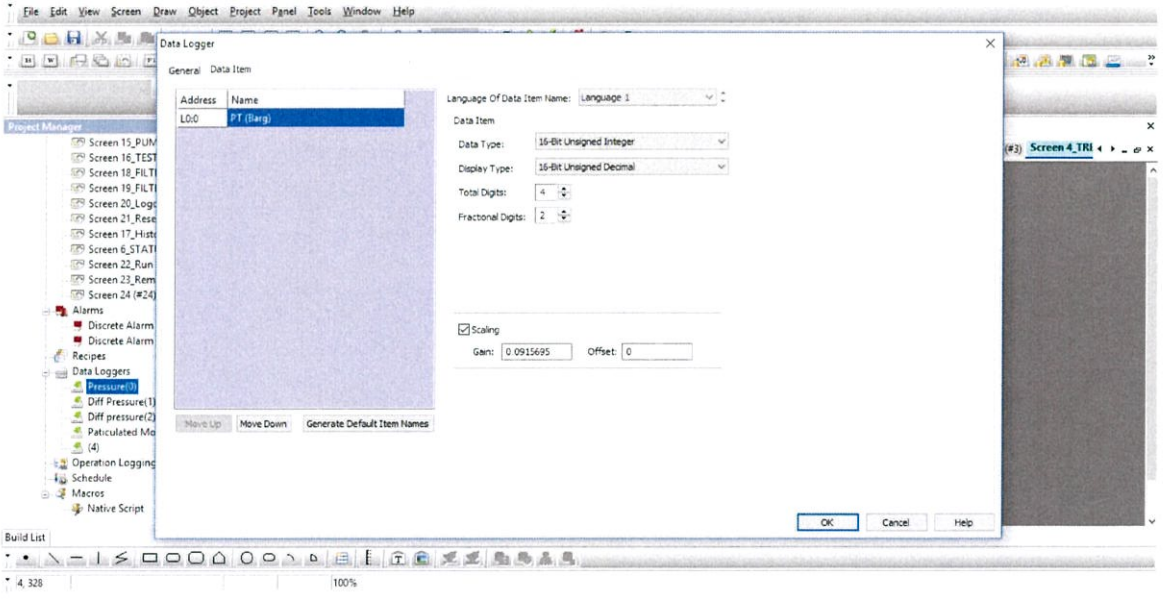
รูปที่ 3.49 ตัวอย่างการสร้าง Data Loggers

2) กำหนด Name, Read Address และ Simple Size ดังรูปที่ 3.50



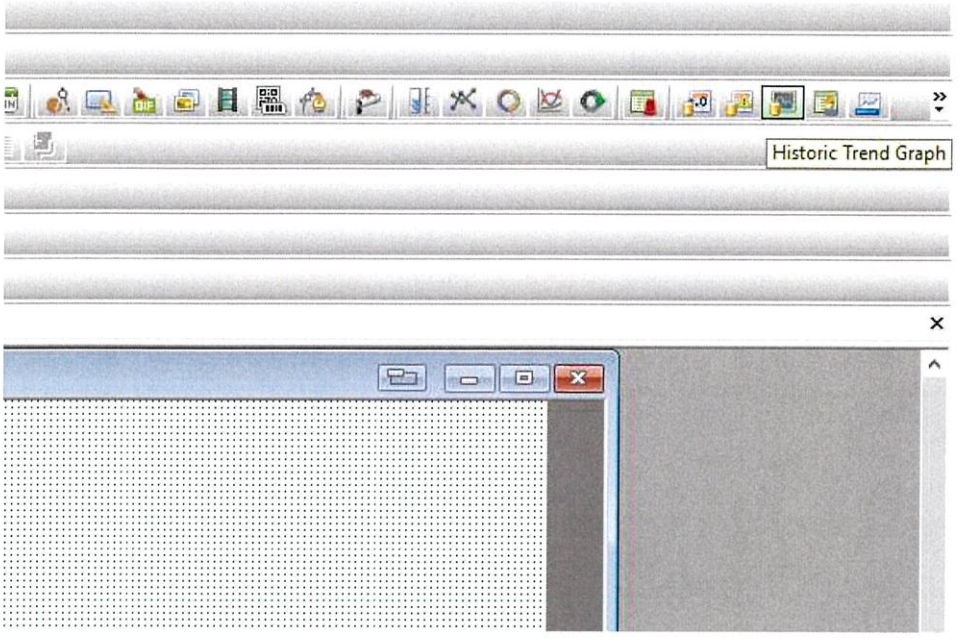
รูปที่ 3.50 ตัวอย่างการกำหนด Name, Read Address

3) คลิก Data Item ที่ด้านบนของหน้าต่างเพื่อกำหนดชื่อ และชนิดของข้อมูล ดังรูปที่ 3.51



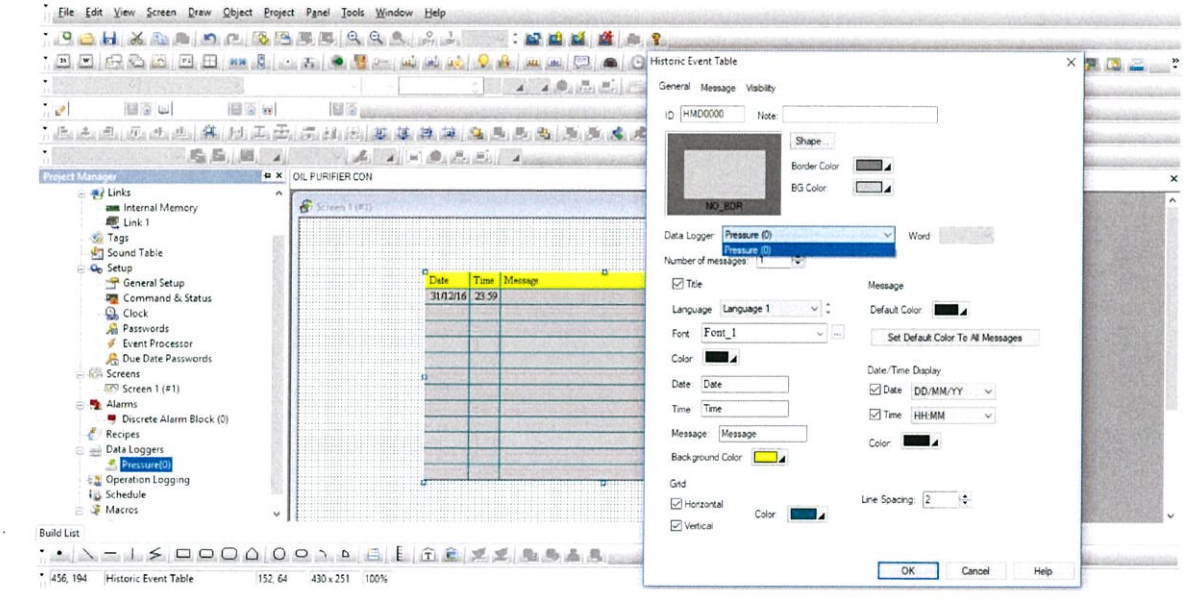
รูปที่ 3.51 ตัวอย่างการกำหนดชื่อ และชนิดของข้อมูลที่จะบันทึก

4) คลิกที่ Historic Trend Graph เพื่อเรียกใช้งานตาราง Data Loggers ดังรูปที่ 3.52



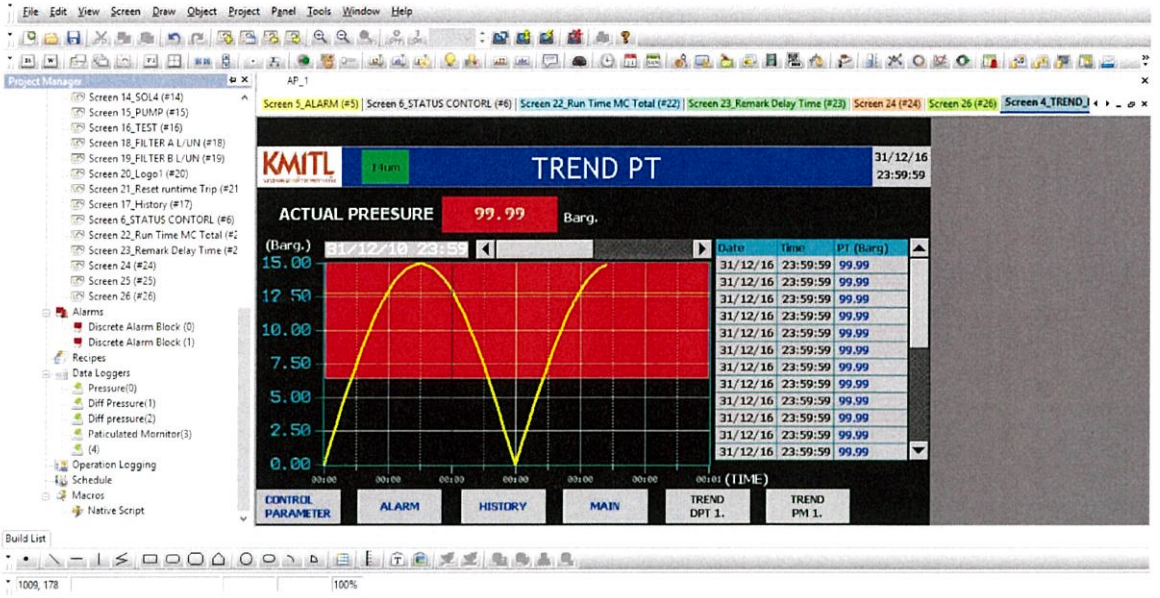
รูปที่ 3.52 ตัวอย่างการสร้างตาราง Data Loggers

5) เลือก Data Loggers ที่สร้างขึ้นมาใช้ในตาราง ดังรูปที่ 3.53



รูปที่ 3.53 ตัวอย่างการเรียกใช้งานข้อมูลที่สร้างขึ้นในตาราง

6) ตัวอย่างของตาราง Data Loggers เมื่อสร้างแล้วจะได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3.54

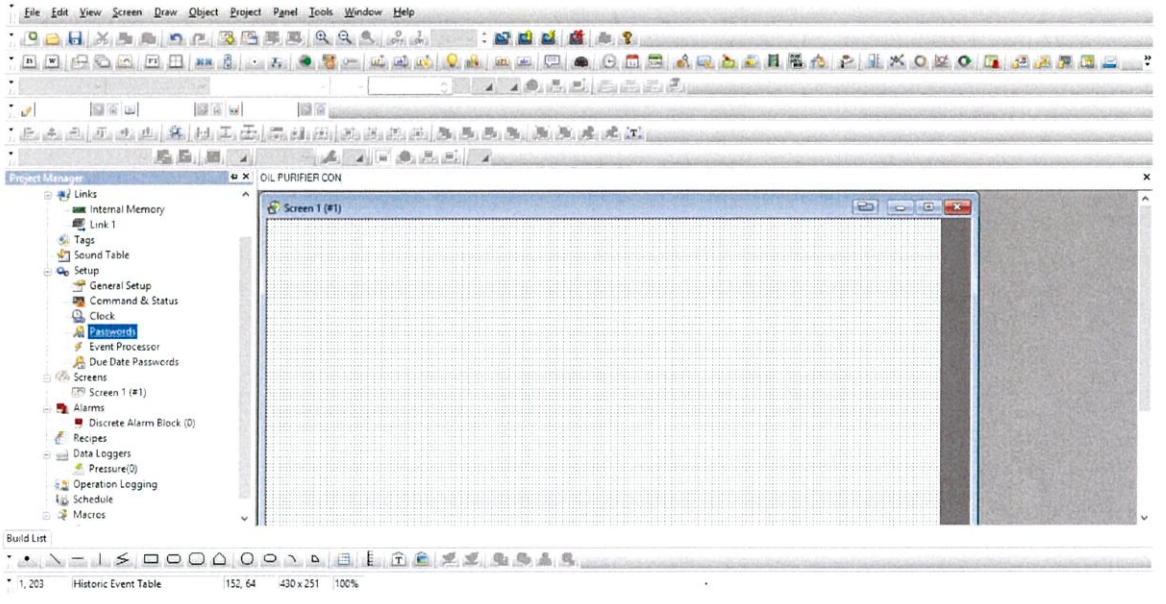


รูปที่ 3.54 ตัวอย่างตาราง Data Loggers

3.6.8.4 การสร้างส่วน Log In และการกำหนด User Level

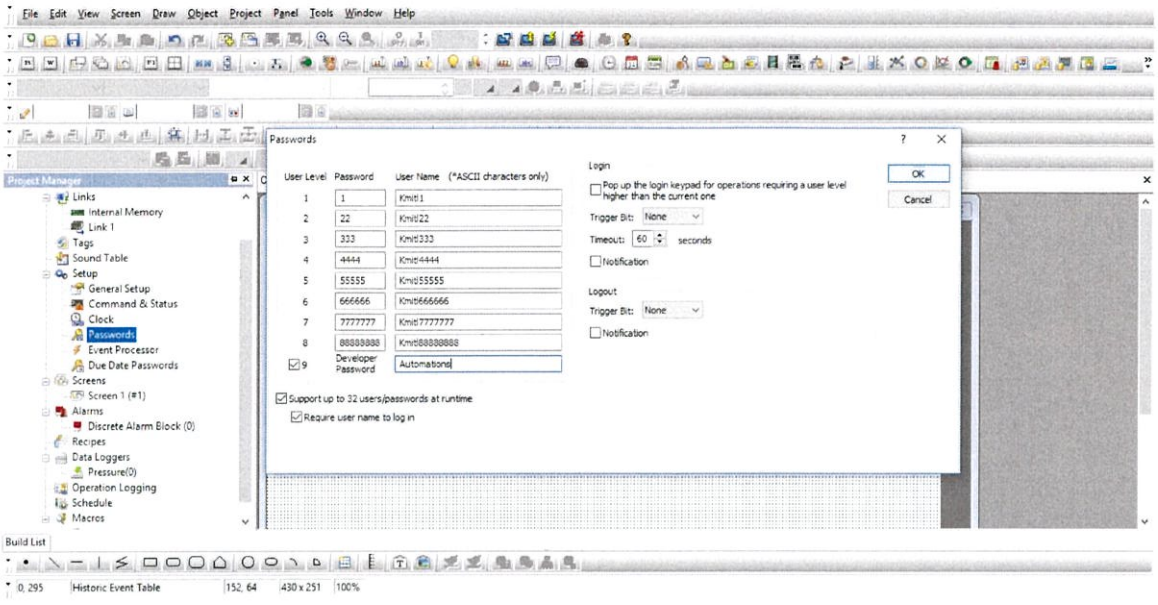
ในการสร้าง Log in นั้นมีความสำคัญมากในการรักษาความปลอดภัยเพื่อป้องกันไม่ให้ข้อมูลรั่วไหล หรือ เพื่อกำหนดการเข้าถึงของข้อมูลจาก User โดยการจำแนก User ออกเป็นแบบ User Level โดยจะมีการเข้าถึงข้อมูลที่ต่างกันออกไปในแต่ละ Level มีการสร้างดังต่อไปนี้

1) คลิก Password เพื่อทำการกำหนดรหัส ดังรูปที่ 3.55



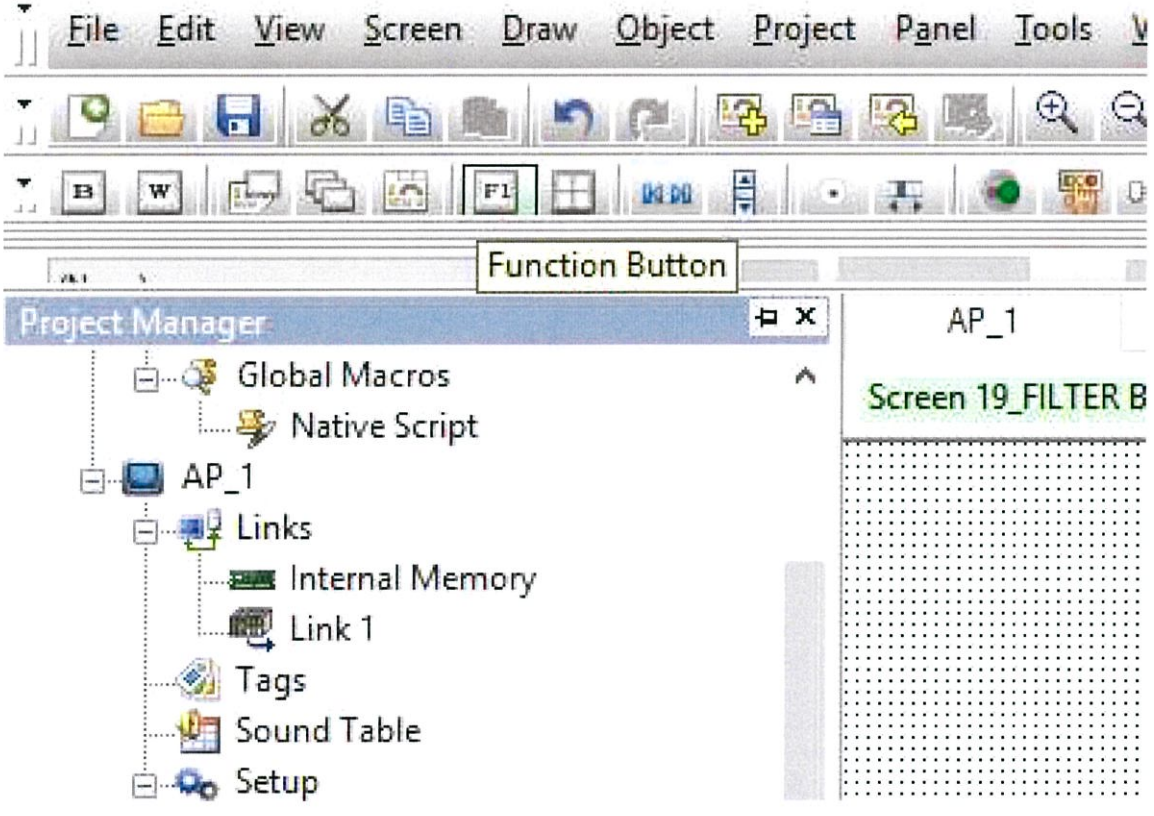
รูปที่ 3.55 ตัวอย่างการสร้าง Password

2) กำหนดรหัสตามลำดับของ User Level เพื่อให้สามารถจำแนกการเข้าถึง ดังรูปที่ 3.56



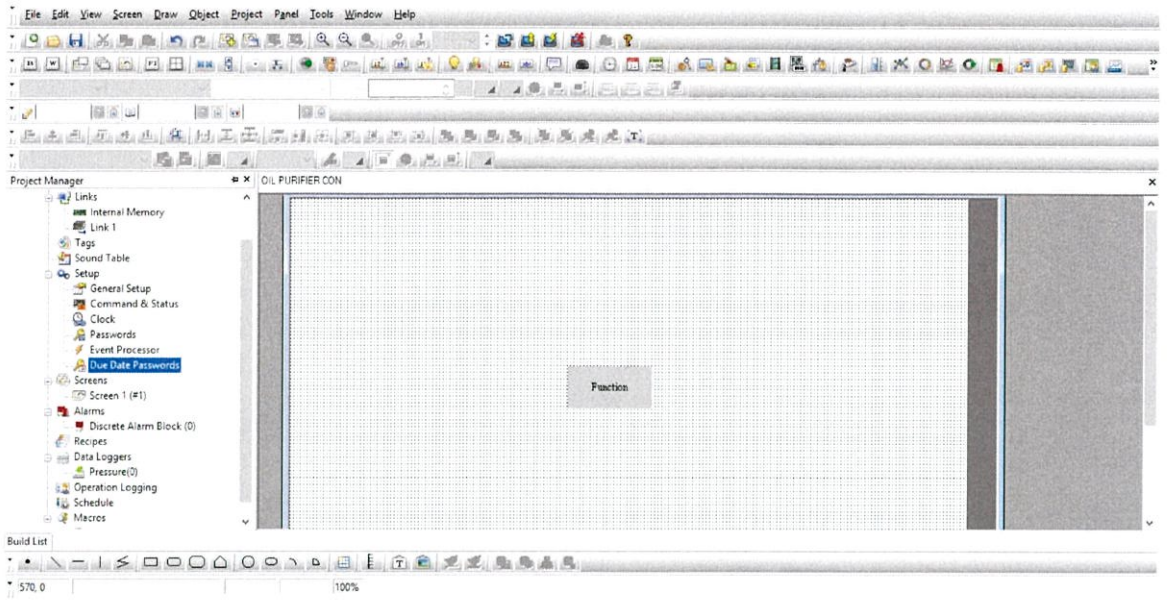
รูปที่ 3.56 ตัวอย่างตั้งรหัสผ่านตามลำดับของ User Level

3) การเรียกใช้งาน Username Password คลิกที่ Function Button ดังรูปที่ 3.57



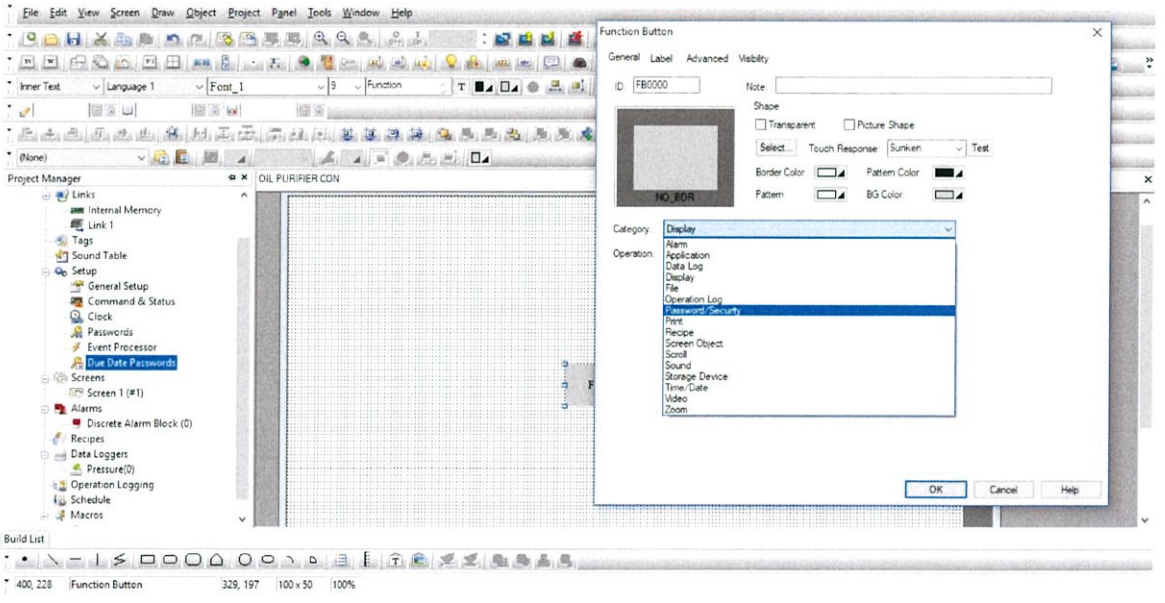
รูปที่ 3.57 การเรียกใช้งาน Username Password

4) จะมี Button ปรากฏขึ้นดังรูปที่ 3.58



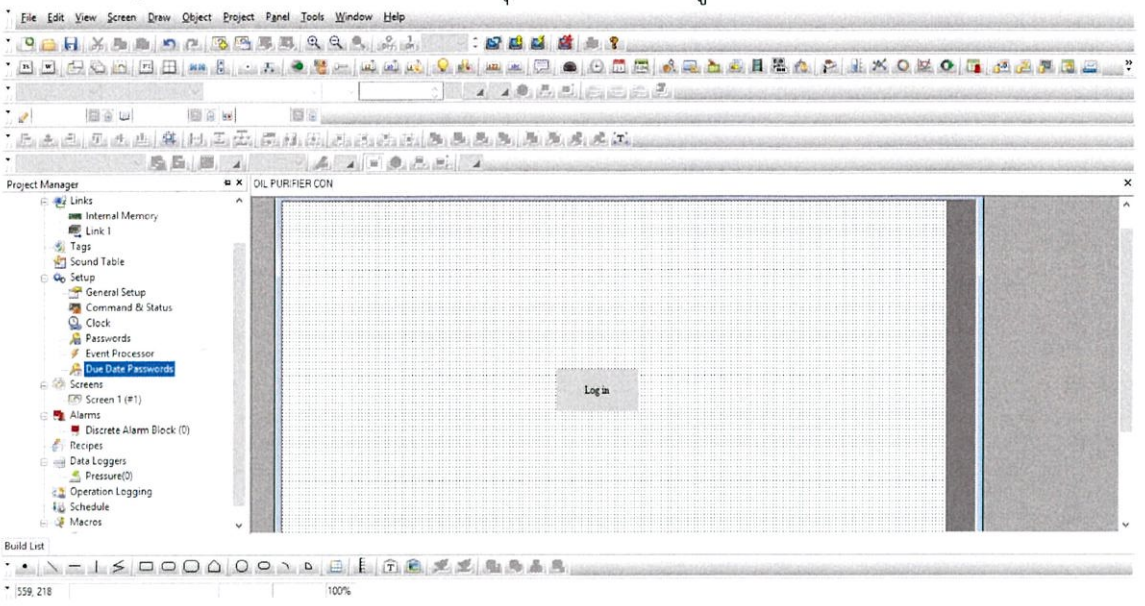
รูปที่ 3.58 ตัวอย่างปุ่ม Function Button

5) ทำการคลิกที่ปุ่ม Function Block > Password ดังรูปที่ 3.59



รูปที่ 3.59 การกำหนดค่าของปุ่ม Function Button

6) เมื่อกำหนดค่า และเปลี่ยนชื่อปุ่มแล้วจะแสดงดังรูปที่ 3.60



รูปที่ 3.60 ตัวอย่างปุ่ม Log In

7) ตัวอย่าง Log In เมื่อสร้างเสร็จแล้ว ดังรูปที่ 3.61

รูปที่ 3.61 ตัวอย่างการ Log In

3.7 การป้องกันการทำงานของระบบโลคอล (Local) และ รีโมท (Remote)

ในการทำงานของเครื่องกรองน้ำมันจะสามารถควบคุมได้ทั้งแบบ Local และ Remote ซึ่งอาจจะเกิดปัญหาการซ้อนทับกันของข้อมูลหรือคำสั่งได้ซึ่งจำเป็นต้องมีการป้องกันการทำงานของระบบ Local และ Remote โดยจะมีการป้องทั้งทาง Hardware และ Software

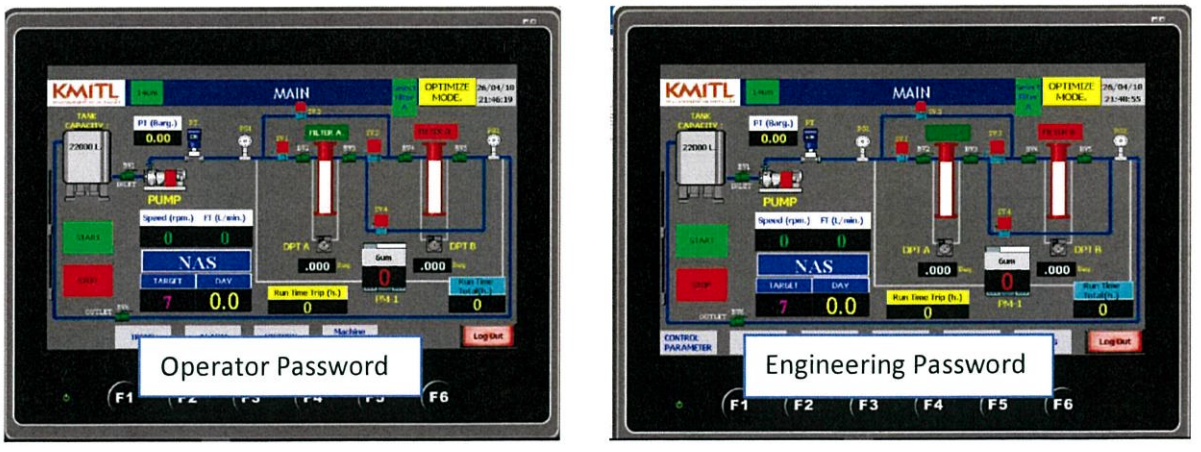
3.7.1 การป้องกันโดยซีเล็กเตอร์สวิตช์

การป้องกันทาง Software จะใช้ซีเล็กเตอร์สวิตช์ (Selector Switch) เพื่อเลือกระหว่าง Local กับ Remote โดยจะส่งสัญญาณเป็น 0 Vdc แจ้ง PLC เพื่อไม่ให้เกิดการสั่งงานที่ซ้อนทับกัน เช่น เมื่อผู้ปฏิบัติงานบิด Selector Switch ไปที่ Local ผู้ใช้ที่ควบคุมเครื่องกรองน้ำมันผ่านทางการ Remote Access จะสามารถทำได้แค่ Monitoring

รูปที่ 3.62 ตัวอย่าง Selector Switch

3.7.2 การป้องกันโดยการล็อกอิน

การป้องกันทาง Software จะทำโดยการกำหนดรหัสผ่านเพื่อใช้ในการ Log In ซึ่งจะแบ่งเป็น Operator User และ Engineer User เพื่อไม่ให้เกิดการสั่งงานที่ซ้อนทับกันโดยที่ Operator User จะมีการเข้าถึงข้อมูลที่น้อยกว่า Engineer User โดยจะไม่สามารถเข้าถึงหน้า Control Parameter และ Setting ได้เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น



รูปที่ 3.63 ตัวอย่างการเข้าถึงที่ต่างกันของผู้ใช้

บทที่ 4
ผลการทดสอบการควบคุมที่นำเสนอ

4.1 กล่าวนำ

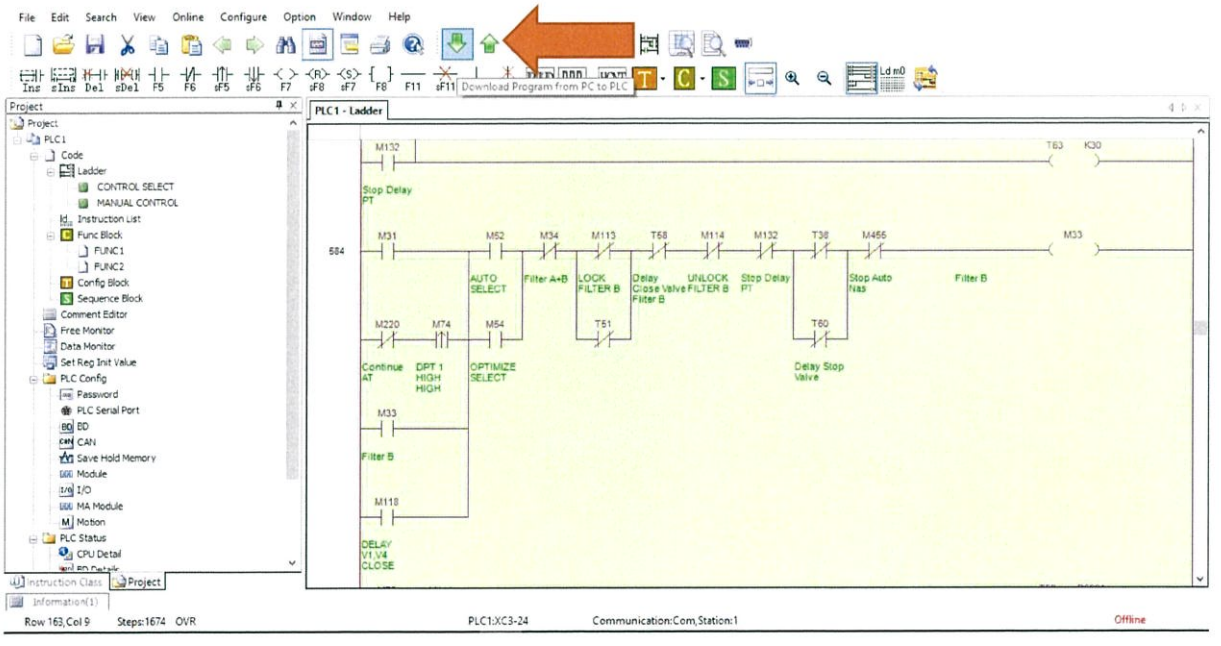
สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินงาน และผลการทดลองซึ่งถือเป็นความสำเร็จจากการศึกษาจากทฤษฎี และการลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน

4.2 ผลการทดสอบระบบ

เนื่องจากโครงการนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้าง และทดสอบจึงใช้โปรแกรม PM Designer V2.1 แทนI IMI ของจริงโดยเชื่อมต่อกับ PLC โดยในการทดสอบการเชื่อมต่อของส่วนแสดงผล และ PLC เพื่อให้สามารถแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์ และควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ได้โดยมีขั้นตอน ดังนี้

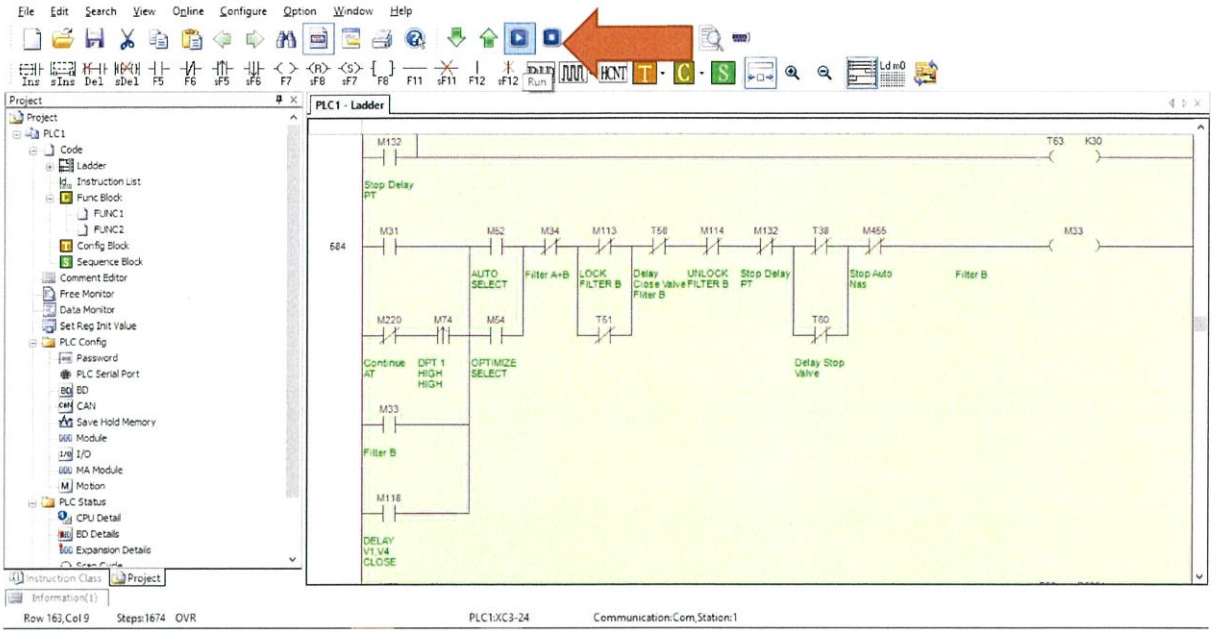
4.2.1 การทดสอบการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล และตัวควบคุม

1) เปิดซอฟต์แวร์ XCPPro V3.3 จากนั้นเปิดโปรเจคของโปรแกรมควบคุมที่สร้างขึ้นมา จากนั้นจึงคลิก Download เพื่อทำการดาวน์โหลดโปรแกรมควบคุมสู่ PLC ดังรูปที่ 4.1



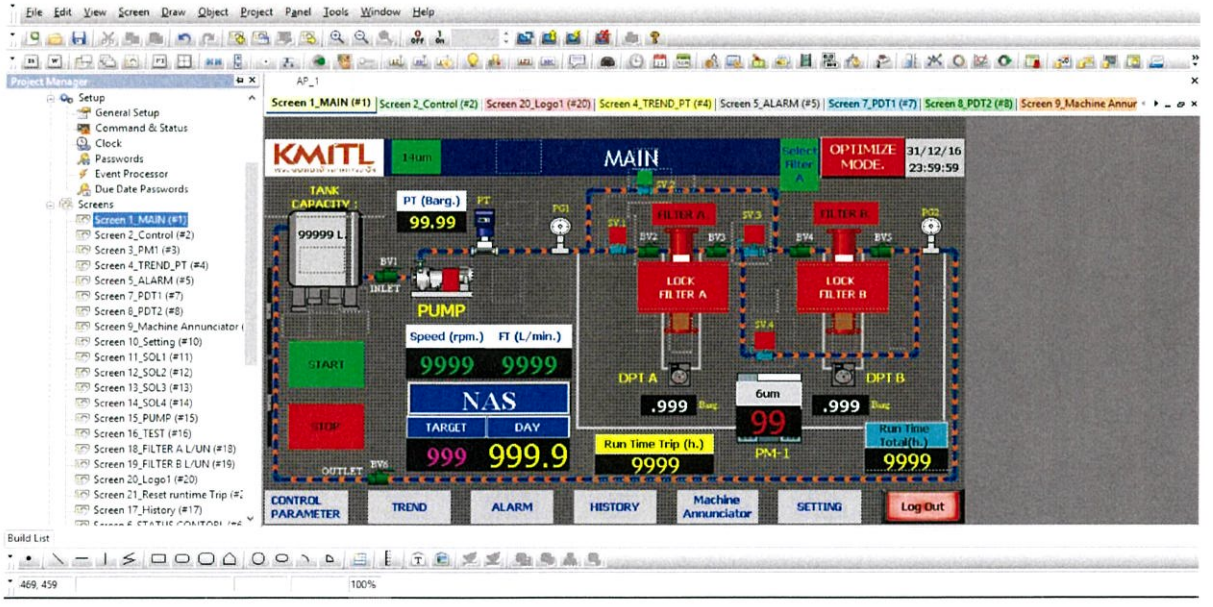
รูปที่ 4.1 การทดสอบ Download โปรแกรมลงใน PLC

2) คลิก Run เพื่อเปลี่ยนโหมดให้ตัวควบคุมทำงานตามโปรแกรม ดังรูปที่ 4.2



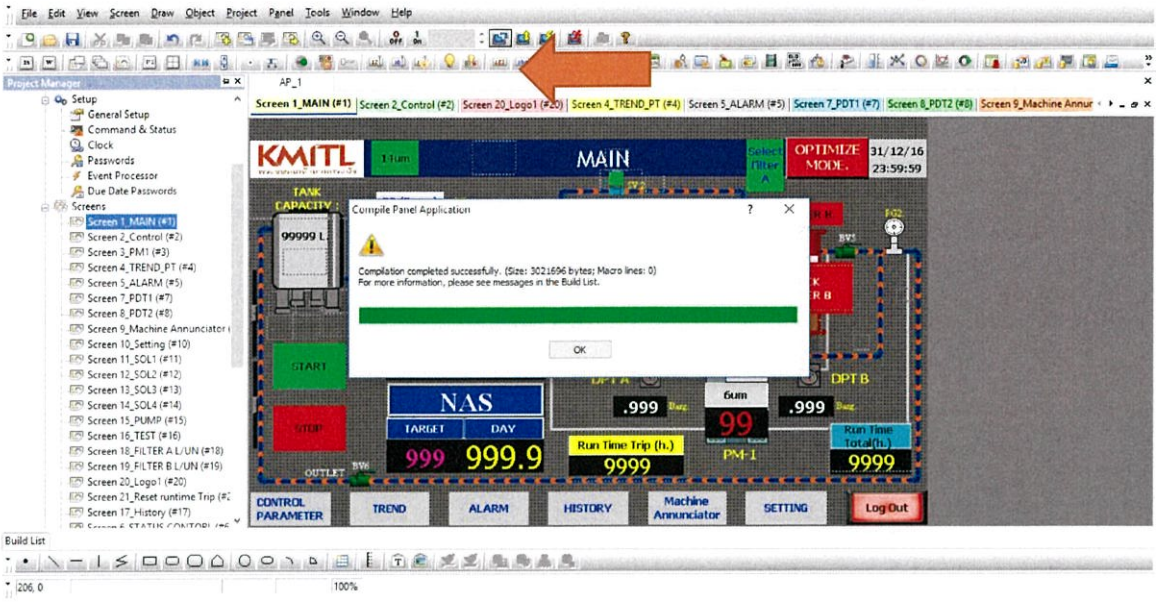
รูปที่ 4.2 การเปลี่ยนโหมด PLC

3) เปิดซอฟต์แวร์ PM Designer V2.1 จากนั้นเปิดโปรเจคของโปรแกรมแสดงผลที่สร้างขึ้นมา ดังรูปที่ 4.3



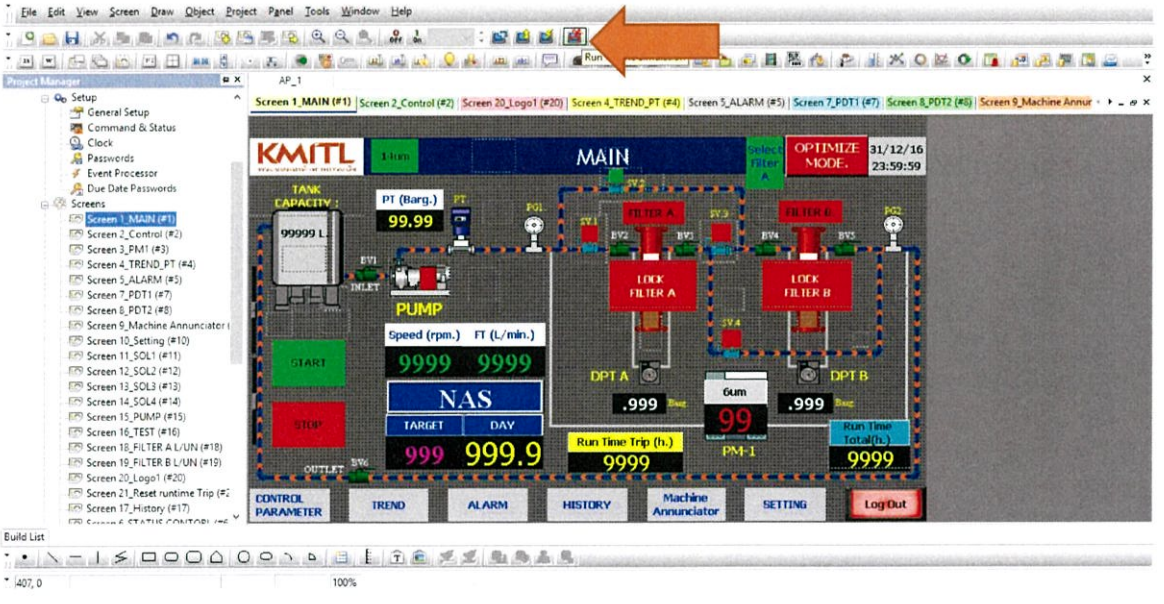
รูปที่ 4.3 การเปิดโปรแกรมส่วนแสดงผล

4) คลิกที่ Compile เพื่อทำการตรวจหาข้อผิดพลาดก่อนการดาวน์โหลดดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การทดสอบการ Compile

5) คลิกที่ Run Offline Simulation เพื่อทำการจำลองการทำงานของระบบดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การทดสอบการ Run Offline Simulation

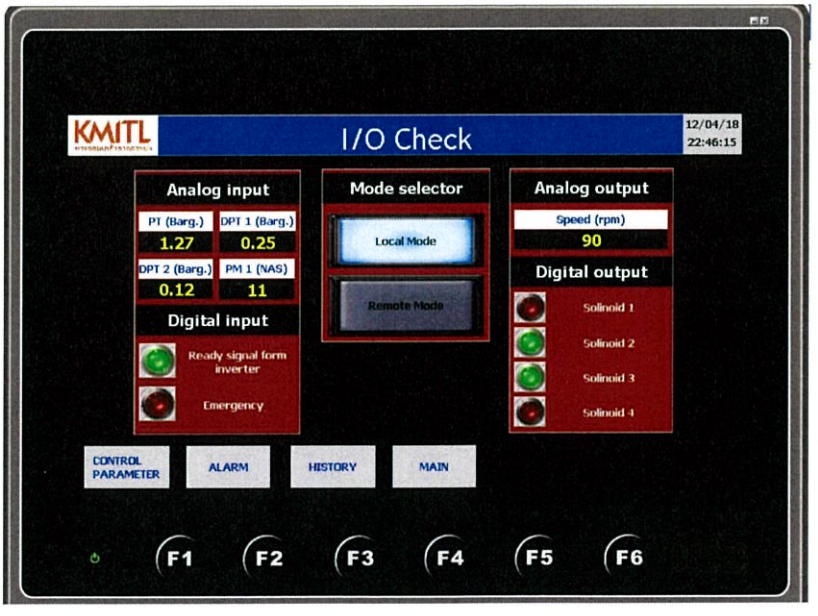
4.2.2 การทดสอบตัวแปรกระบวนการที่ใช้ในการควบคุมแสดงผลและเฝ้าระวัง (I/O test)

หลังจากการทดสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างส่วนแสดงผล และ PLC แล้วจึงทำการทดสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ดังนี้

1) ไปที่หน้า I/O Check โดยเลือกจากเมนูดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 การเข้าสู่หน้า I/O check

2) ดูสถานะการทำงานของอุปกรณ์ดังรูปที่ 4.7



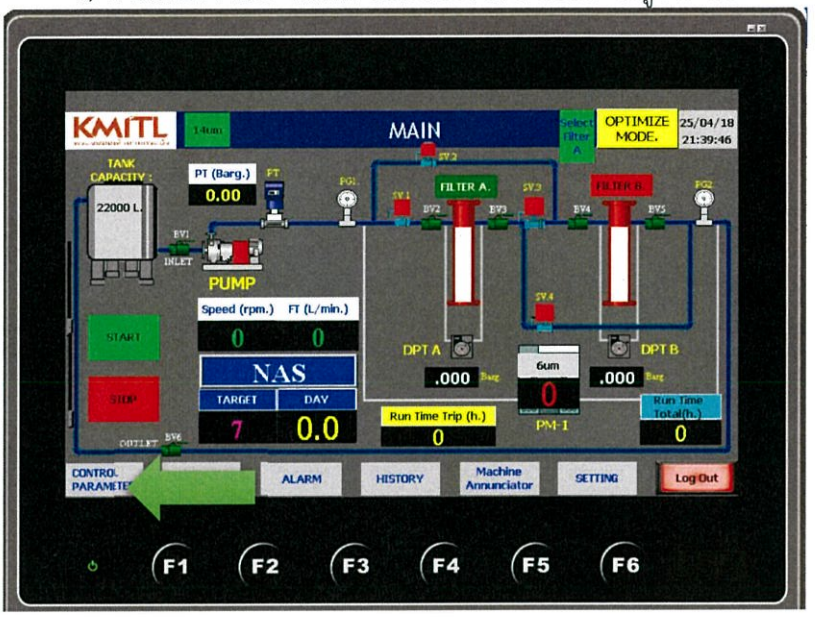
รูปที่ 4.7 การทดสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์

4.3 การทดสอบการควบคุมแบบลำดับโดยส่วนติดต่อผู้ใช้งานแบบสัมผัส

4.3.1 การทดสอบการควบคุมแบบลำดับ

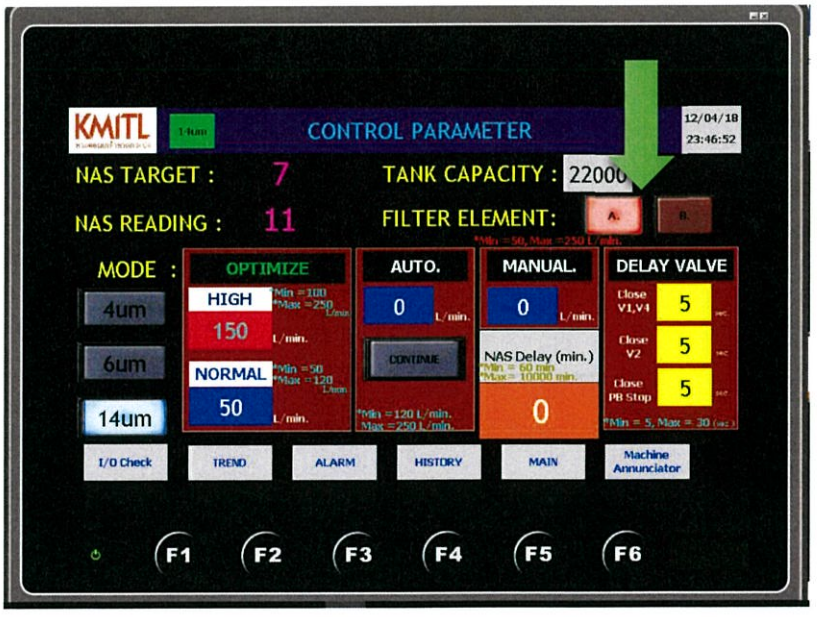
การควบคุมแบบลำดับขั้นจำเป็นที่ต้องทำการ I/O Check ก่อนเพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์ทุก ๆ ตัวมีการเชื่อมกันและทำงานได้อย่างถูกต้องแล้วโดยการทดสอบการควบคุมแบบลำดับขั้นนั้นจะต้องทำการกำหนดค่า Parameter และโหมดโดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การเลือก Filter คลิกที่ Control Parameter ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การกำหนด Filter

2) เลือก Filter ที่ Filter Element โดยที่ค่าเริ่มต้นจะกำหนดไว้เป็น Filter A ได้ ดังรูปที่ 4.9



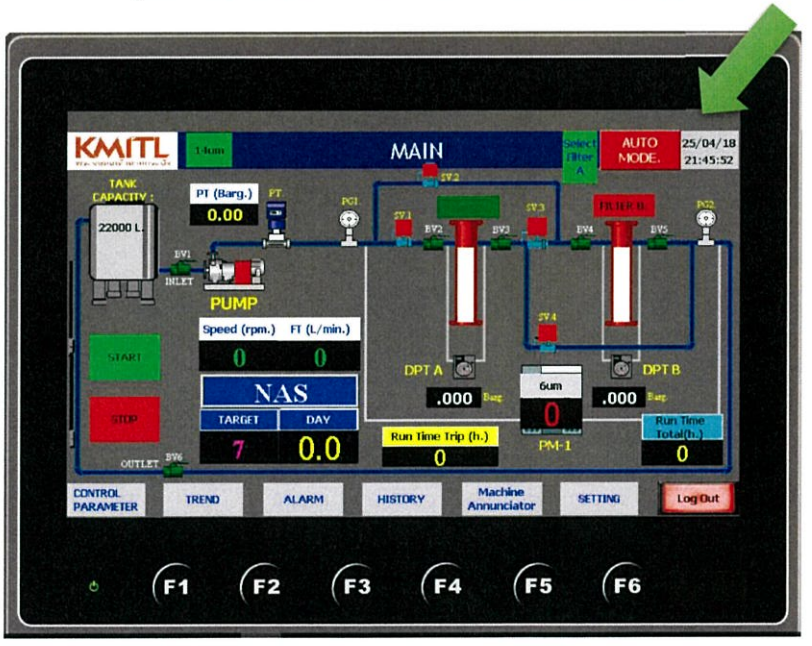
รูปที่ 4.9 การกำหนด Filter Element

4.3.2 การทดสอบโหมดการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น

หลังจากการทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการกรองน้ำมันแล้วจึงทดสอบโหมดการทำงานต่าง ๆ ของระบบที่สร้างขึ้นโดยจะมีโหมดการทำงานทั้งหมด 3 โหมด ดังต่อไปนี้

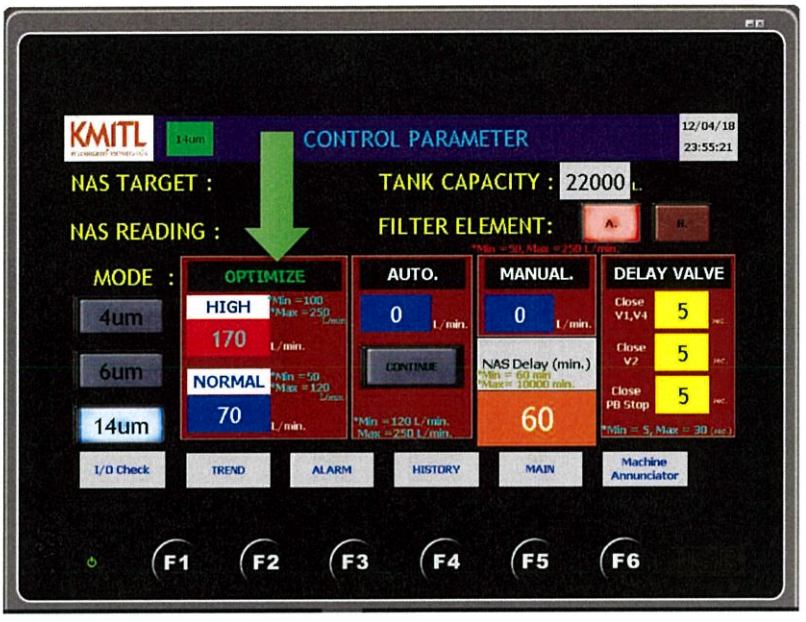
1. Auto Mode จะมีหลักการทำงานโดยที่ปั๊มจะทำงานด้วยความเร็วตามที่ User กำหนด และเมื่อค่าความสะอาดของน้ำมัน (NAS Target) ถึงค่าเป้าหมาย จะทำงานต่อจนครบตามระยะเวลาที่หน่วงไว้เพื่อยืนยันความสะอาด (NAS Delay) โดยมีการกำหนดค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

รูปที่ 4.10 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Auto Mode

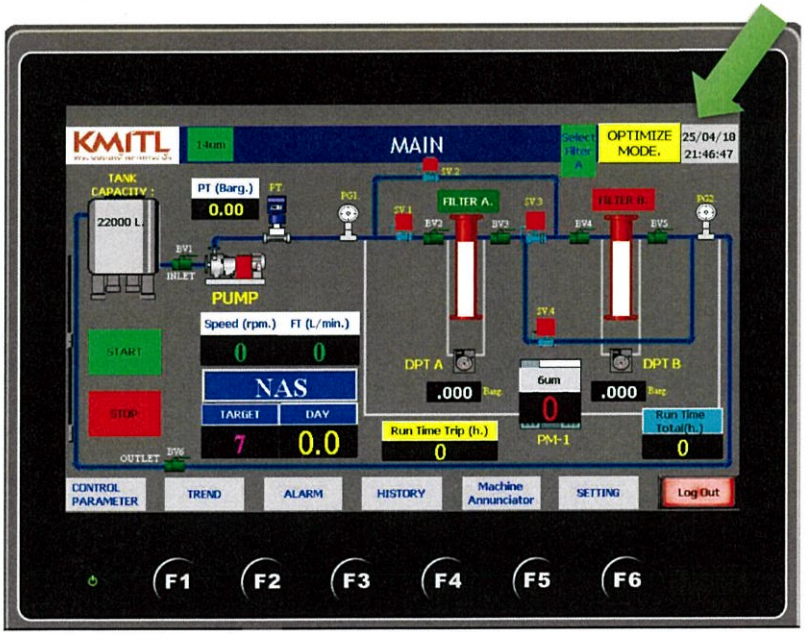


รูปที่ 4.11 ตัวอย่างการทำงานของ Auto Mode

2. Optimize Mode จะมีหลักการทำงานโดยที่ปั๊มจะทำงานด้วยความเร็วตามที่ User กำหนดโดยในโหมดนี้ User จะต้องกำหนดค่าความเร็วของปั๊ม 2 ค่า คือ High, Normal โดยปั๊มจะทำงานที่ความเร็ว High ไปตลอดจนกระทั่งน้ำมันมีค่าความสะอาดตามที่ตั้งไว้ (NAS Target) จากนั้นปั๊มจะลดความเร็วลงมาที่ค่า Normal และทำงานต่อจนครบระยะเวลาที่หน่วงไว้เพื่อยืนยันความสะอาด (NAS Delay) ดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



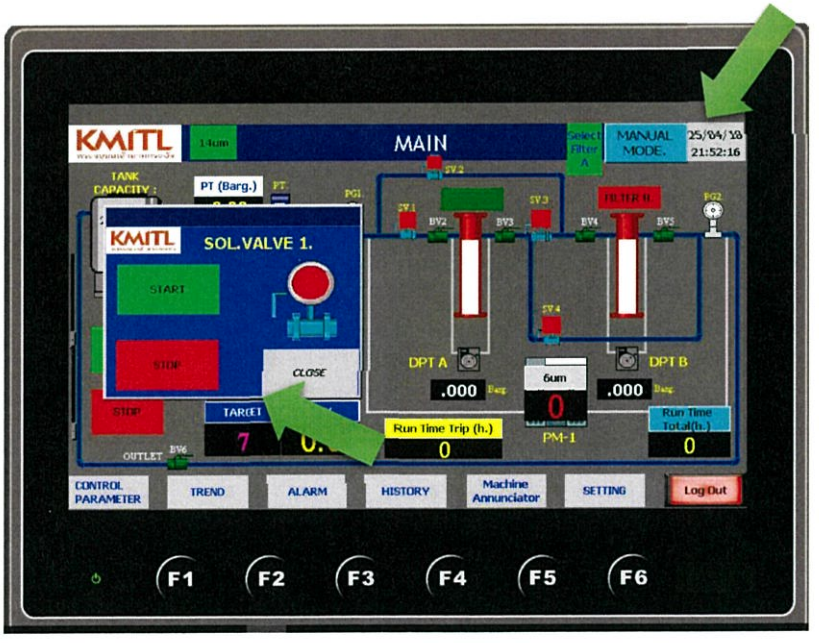
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Optimization Mode



รูปที่ 4.13 ตัวอย่างการทำงานของ Optimization Mode

3. Manual Mode จะมีหลักการทำงานโดยที่ปั๊มจะทำงานด้วยความเร็วตามที่ User กำหนด และวาล์วต่าง ๆ จะอนุญาตให้สั่งเปิด - ปิดได้ซึ่งสามารถทำได้แค่ในโหมด Manual เท่านั้นโดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 4.14 และ 4.15

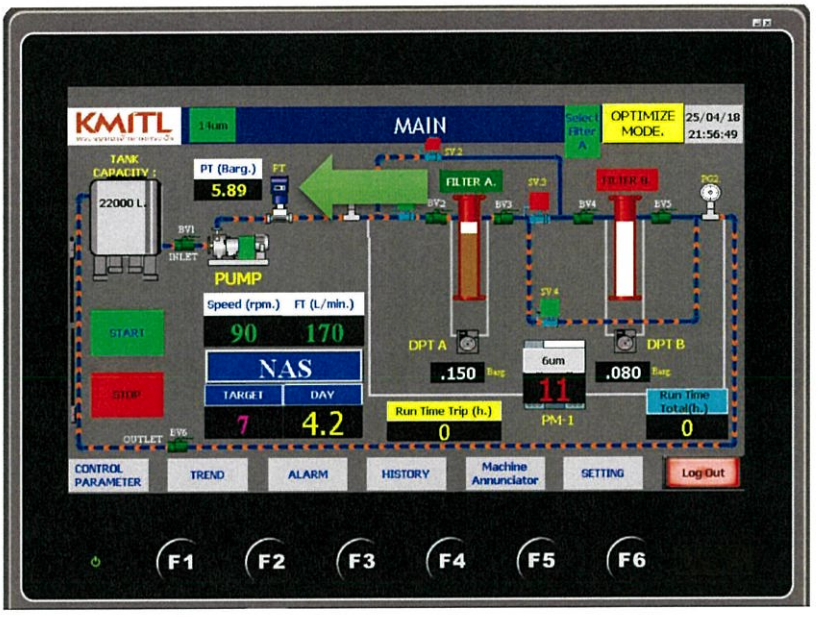
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างการกำหนดค่าใน Manual Mode



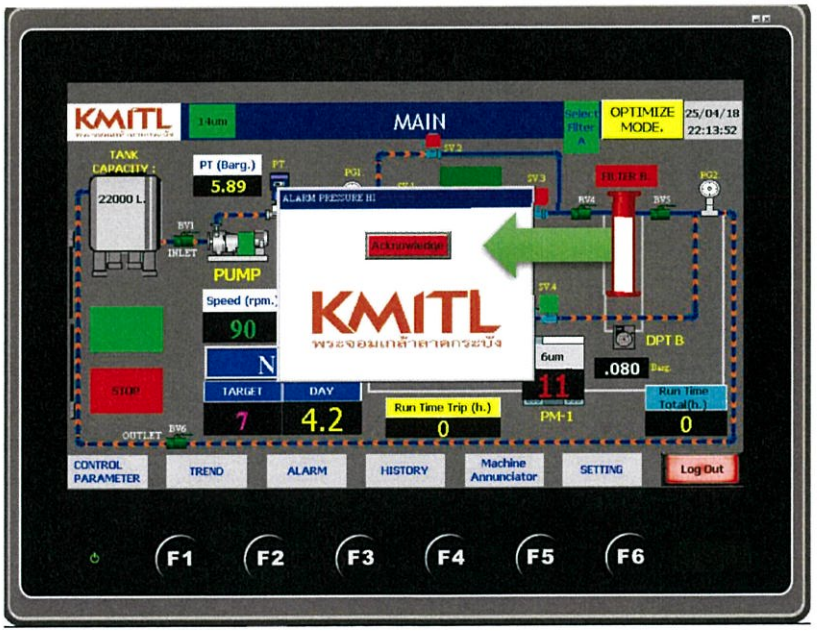
รูปที่ 4.15 ตัวอย่างการทำงานของ Manual Mode

4.3.3 การทดสอบการแจ้งเตือน

การทดสอบโหมด Alarm เป็นโหมดที่ใช้สำหรับแจ้งผู้ปฏิบัติงานเมื่อเกิดเหตุขัดข้องกับอุปกรณ์หรือกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น เมื่ออุปกรณ์วัดความดัน (Pressure Transmitter) วัดความดันเกินกว่าที่กำหนดไว้ในระดับ HI ซึ่งจะทดสอบโดยการใส่ค่าที่ผิดปกติดังรูปที่ 4.16 เมื่อมีความผิดปกติ Alarm จะทำการแจ้งเตือนดังรูปที่ 4.17 และจะหยุดการทำงานของเครื่อง



รูปที่ 4.16 ตัวอย่างการใส่ค่าที่ผิดปกติ

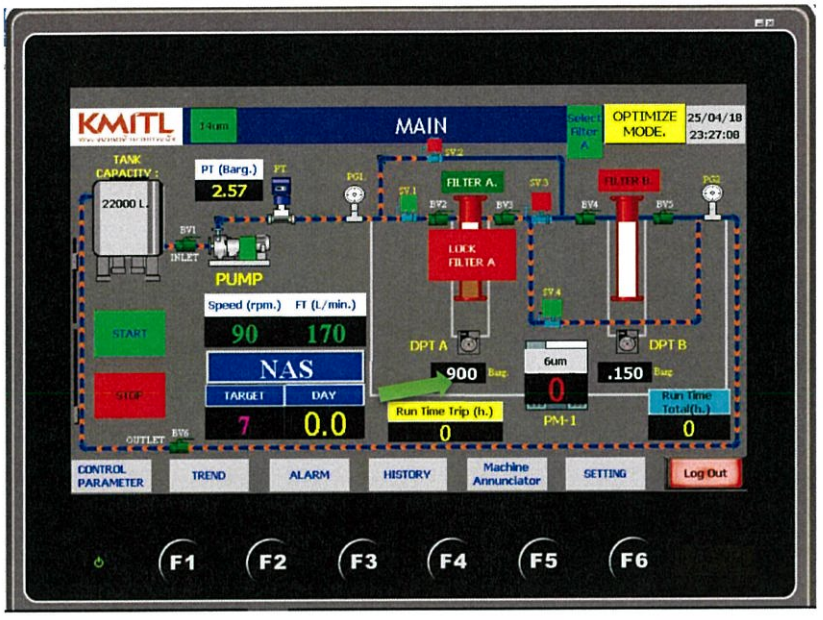


รูปที่ 4.17 ตัวอย่างการแจ้ง Alarm

4.3.4 การทดสอบระบบสำรอง

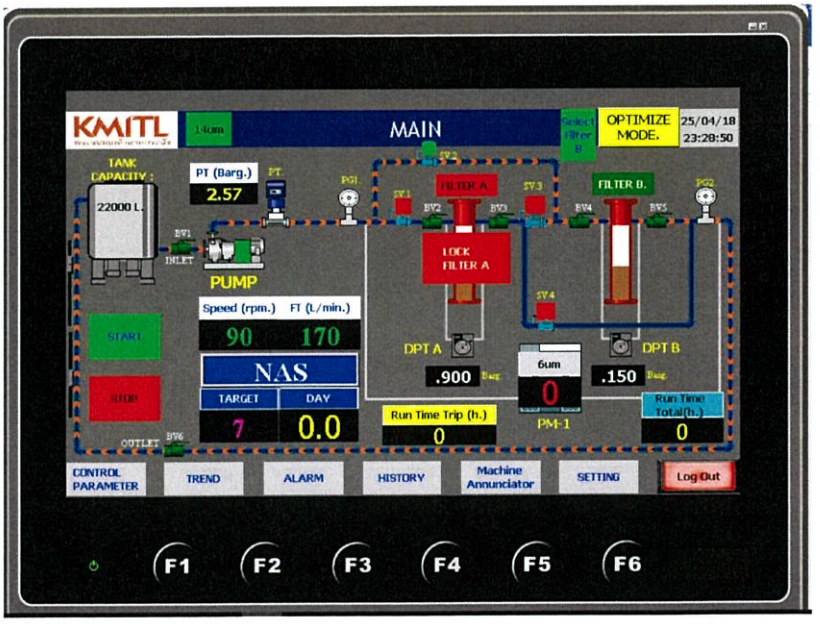
การทดสอบการทำงานของ Redundant Function โดยจะทดสอบโดยทำการกำหนดค่า DPT A ให้มากกว่าค่า Parameter ที่ตั้งไว้เพื่อทดสอบการสลับการทำงานจากไส้กรองหลักไปไส้กรองรอง

1) กำหนดค่าให้กับ DPT A ให้เกินกว่าค่า Alarm เพื่อจำลองการอุดตันของไส้กรอง ดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 การจำลองการอุดตันของไส้กรองหลัก

2) เมื่อไส้กรองหลักอุดตันระบบจะทำการเปลี่ยนทางไหลของน้ำมันโดยใช้วาล์ว ดังรูปที่ 4.19



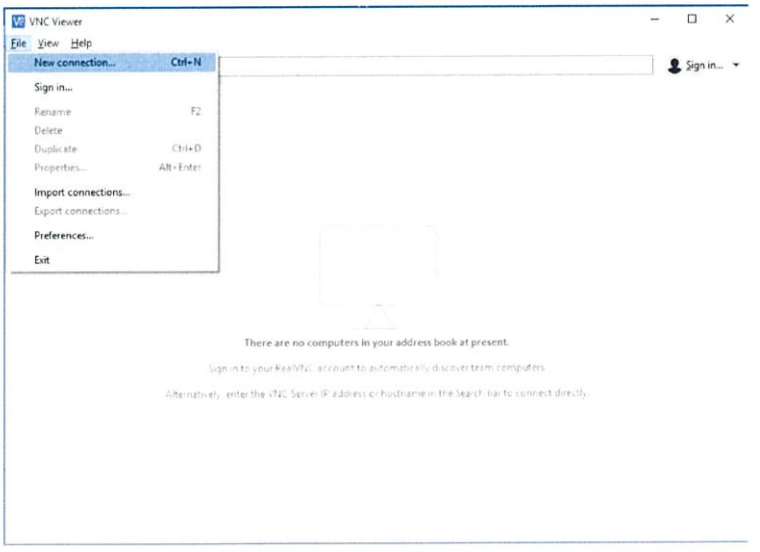
รูปที่ 4.19 ตัวอย่างการทำงานของ Redundant Function

4.3.5 การทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ในกระบวนการระยะไกล (Web HMI)

1) เปิดโปรแกรม VNC Viewer ดังรูปที่ 4.20

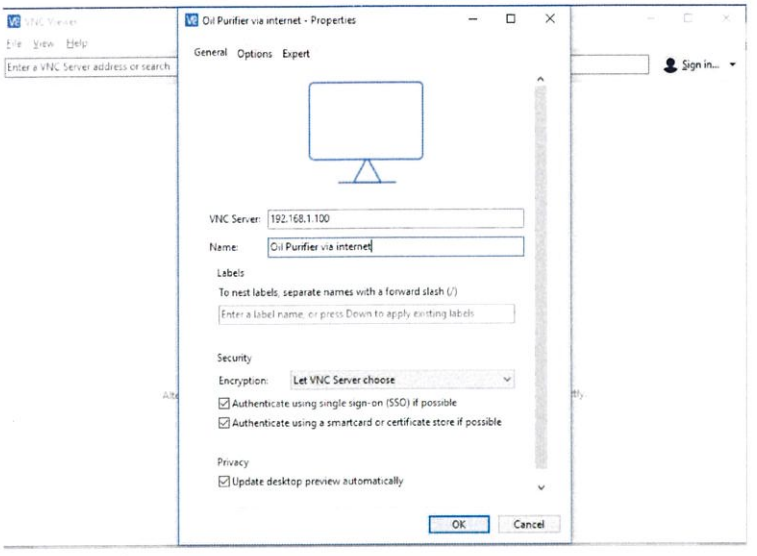
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการ Remote Access

2) คลิกที่ File> New Connection ดังรูปที่ 4.21



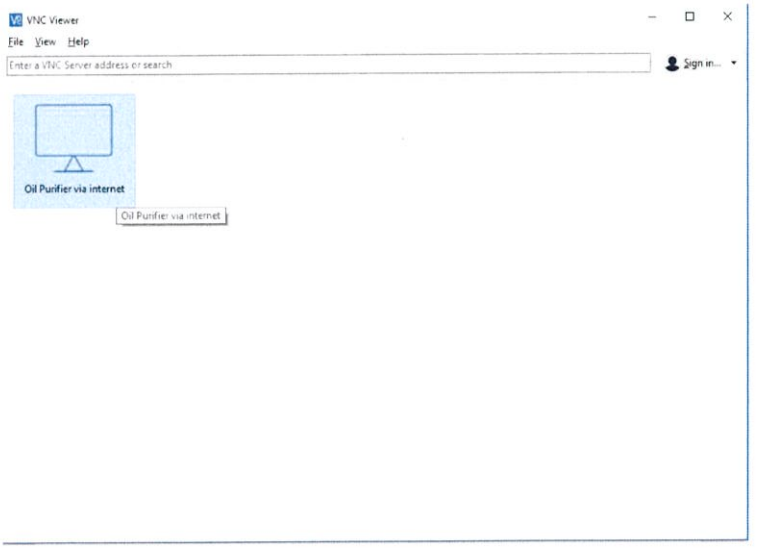
รูปที่ 4.21 ตัวอย่างการสร้าง New Connection

3) กำหนด IP Address ให้ตรงกับ Panel Touch Screen > OK ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างการกำหนดค่า New Connection

4) จะมี Link การเชื่อมต่อปรากฏขึ้น ดังรูปที่ 4.23

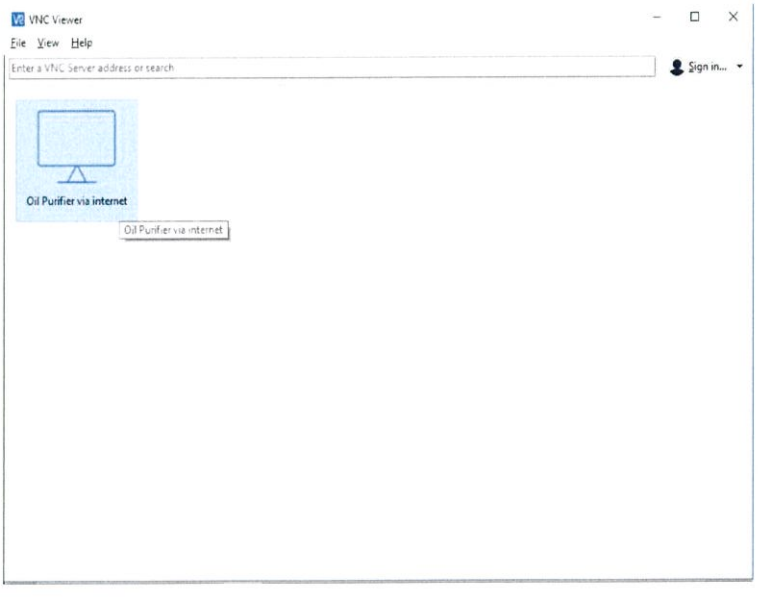


รูปที่ 4.23 ตัวอย่าง New Connection ที่สร้างขึ้น

5) คลิก Link ที่สร้างขึ้นเพื่อทำการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.24 ตัวอย่างเชื่อมต่อ New Connection

6) เมื่อเชื่อมต่อแล้วจึงสามารถใช้งานได้โดยมีการแสดงผลการทำงาน และการกำหนดคำสั่งการควบคุมที่เหมือนกันกับ Panel Touch Screen ดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 ตัวอย่างการเชื่อมต่อ Web HMI ที่สร้างขึ้น

4.3.6 การทดสอบการล็อกอินจากระยะไกล

4.3.6.1 การทดสอบการ Log In ในขณะที่ Selector Switch ที่ Field เลือกเป็น Remote

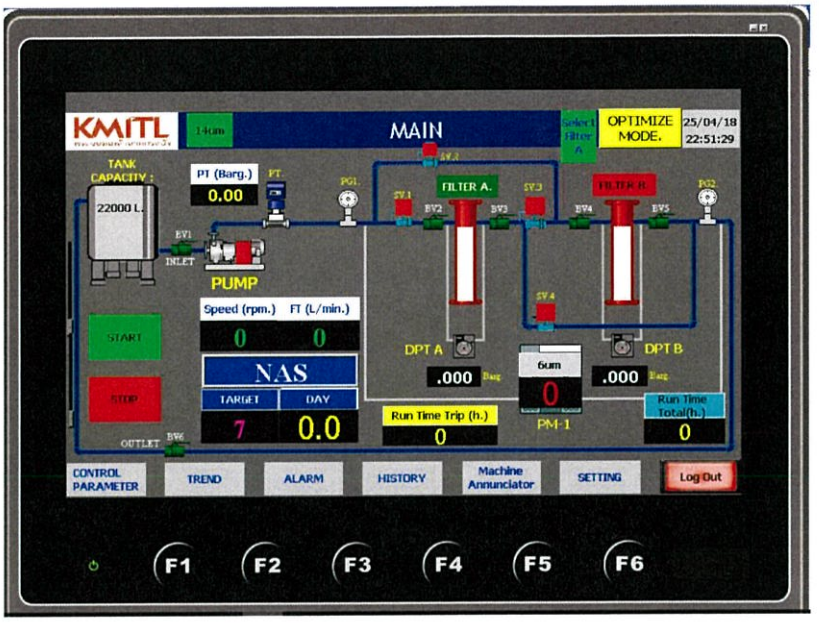
1) คลิก Log In ดังรูปที่ 4.26

รูปที่ 4.26 ตัวอย่างการ Log In

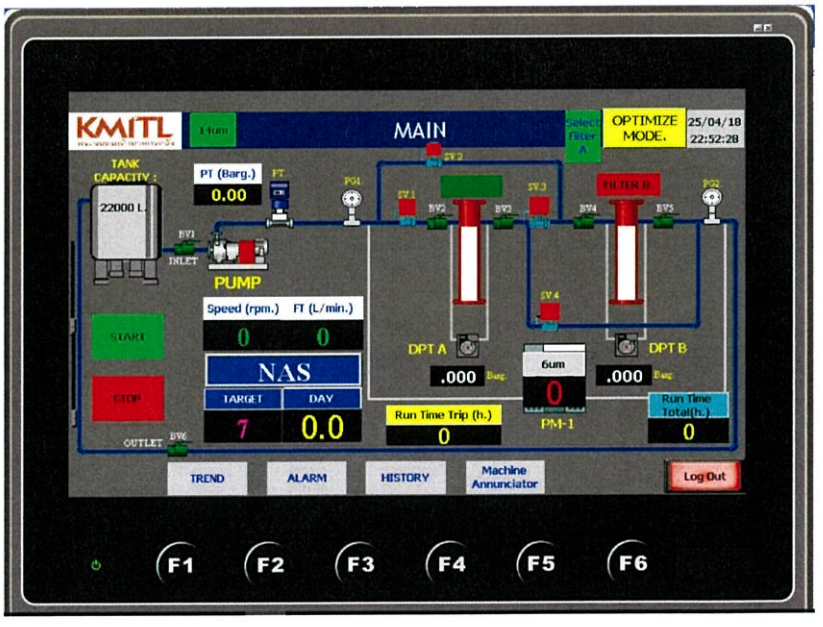
2) ใส่ Username และ Password ดังรูปที่ 4.27

รูปที่ 4.27 ตัวอย่างการใส่ Username และ Password

3) กำหนดให้มีการเข้าถึง 2 ระดับแบ่งเป็น Engineer และ Operator โดยจะมีการเข้าถึงข้อมูลที่ต่างกันโดยถ้าเป็น Engineer จะสามารถปรับ Parameter ต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.28 แต่ถ้าเป็น Operator จะไม่สามารถทำได้ ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.28 ตัวอย่างการแสดงผลของ Engineering Password



รูปที่ 4.29 ตัวอย่างการแสดงผลของ Operator Password

บทที่ 5

สรุปผลและปัญหาในการดำเนินงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในการสร้างระบบควบคุมเครื่องกรองน้ำมันเกียร์ที่ถูกติดตั้งในพื้นที่อันตรายระยะไกลผ่านอินเตอร์เน็ต ในระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีในการปรับปรุง และพัฒนาปริญญานิพนธ์หลายอย่าง เช่น การสร้างระบบการทำงานแบบสำรองให้เกิดประโยชน์ต่อกระบวนการมากที่สุด การพัฒนาฟังก์ชันการทำงาน และสีของภาพในหลาย ๆ ส่วน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานใช้โปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพไม่กระทบต่อสายตา หรือ การมองเห็น เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน ๆ สำหรับชิ้นงานที่ได้ทดลองและเก็บข้อมูลปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจโปรแกรมทำงานได้อย่างถูกต้องและการควบคุมกระบวนการเป็นไปตามทฤษฎี

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

5.2.1 ปัญหาที่พบ

เมื่อการทำงานของกระบวนการกรองน้ำมันเกียร์เสร็จสิ้นจะทำการหยุดปั๊มและปิดวาล์วทั้งหมดซึ่งในการทดลองเมื่อวาล์วปิดในขณะที่ปั๊มยังไม่หยุดนิ่งทำให้เกิดความดันอัดที่วาล์ว (Water Hammer)

5.2.2 วิธีการแก้ปัญหา

จากปัญหาการทำงานของกระบวนการกรองน้ำมันเกียร์ที่เกิด Water Hammer จึงมีแนวทางแก้ไขปัญหาโดยนำสัญญาณ Ready ของ Inverter ส่งไปที่ Input ของ PLC เพื่อแจ้งและรับรู้ว่าปั๊มหยุดสนิทแล้วจึงสั่งปิดวาล์วทั้งหมด

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบระบบโครงสร้างของทั้งส่วนแสดงผล และโปรแกรมควบคุมออกมาเป็นส่วน ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการจัดการเป็นสิ่งสำคัญอันดับแรกในการพัฒนาระบบควบคุม ซึ่งช่วยลดปัญหาในการปรับเปลี่ยนกราฟิกและ โปรแกรมควบคุมได้ในระดับนึง

เอกสารอ้างอิง

[1] Pall Corporation. **Filtration**. New York:2016

[2] Shawn Sheng. **Gearbox Typical Failure Mode Detection and Mitigation Methods**. National Renewable Energy Laboratory:2014

[3] Paul Hanlon. **COMPRESSOR HANDBOOK**. McGraw-Hill:2001

[4] OILSERVE.“**การวัดค่าความสะอาดของน้ำมันหล่อลื่นโดยการนับจำนวนอนุภาคที่ปะปนอยู่ในน้ำมัน**”

[5] รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์. **การควบคุมซีเควนซ์และ PLC**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)

[6] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. **คู่มือการตรวจสอบติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีไอระเหยของสารไวไฟ**. กรมโรงงานอุตสาหกรรม:2548

[7] รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์. **ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม**. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[8] เกร็ดความรู้.“ACCESS POINT”

[Online].Available: http://www.xn--12cg1cxchd0a2gzc1c5d5a.net/access-point/

[9] ABB machinery drive. **User’s manual ACS355 drives**.ABB:2018

[Online].Available: http://www.oilservethai.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539152366&Ntype=11

[10] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. **การออกแบบระบบไฟฟ้า**. กรุงเทพมหานคร: โชติอนันต์:2558

แบบทางไฟฟ้า [10]

ELECTRIC CIRCUIT DIAGRAM

ADVISOR

Assoc.Prof.Dr. Amphawan Julsereewong

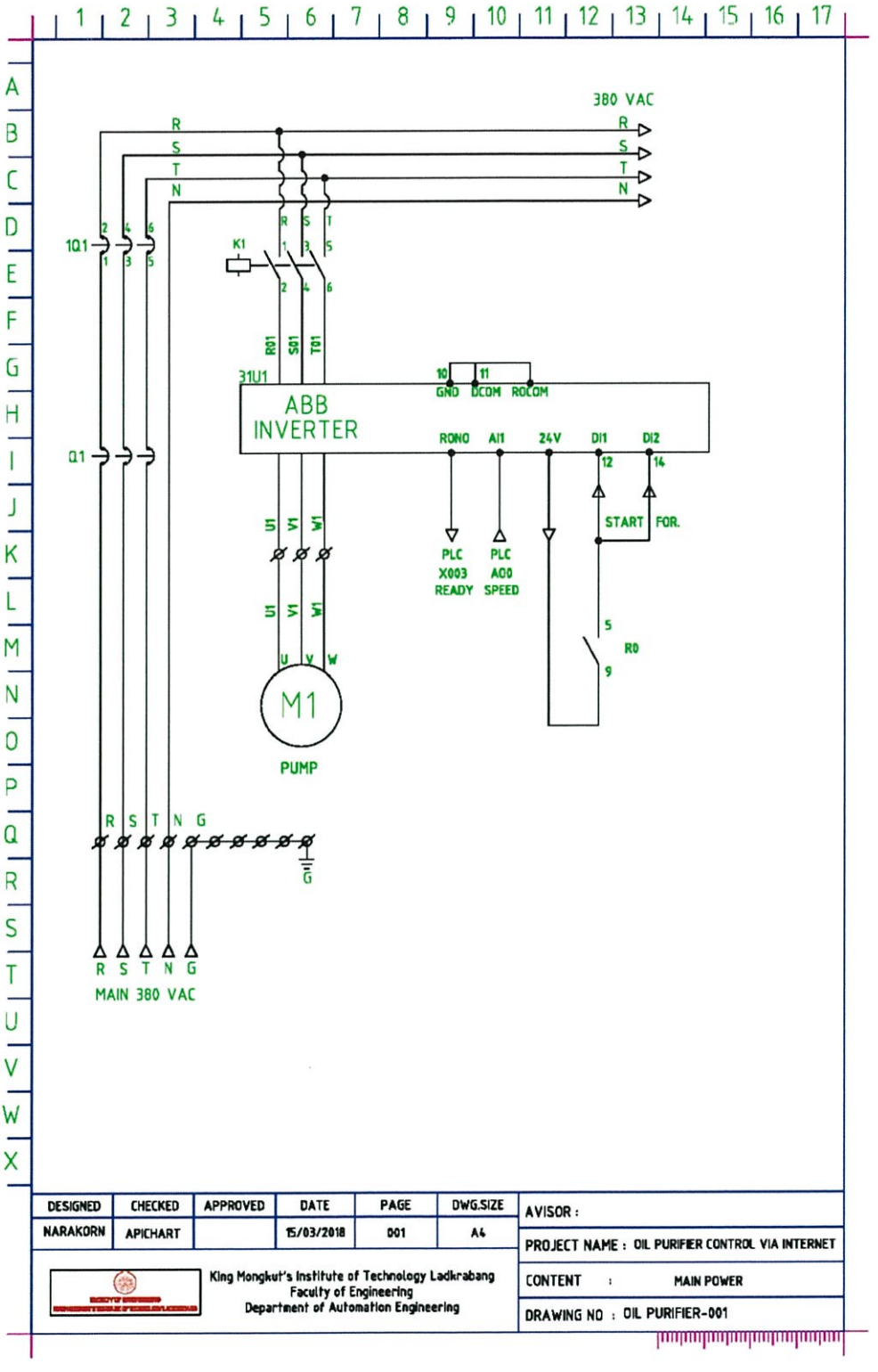
MACHINE NAME

OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET

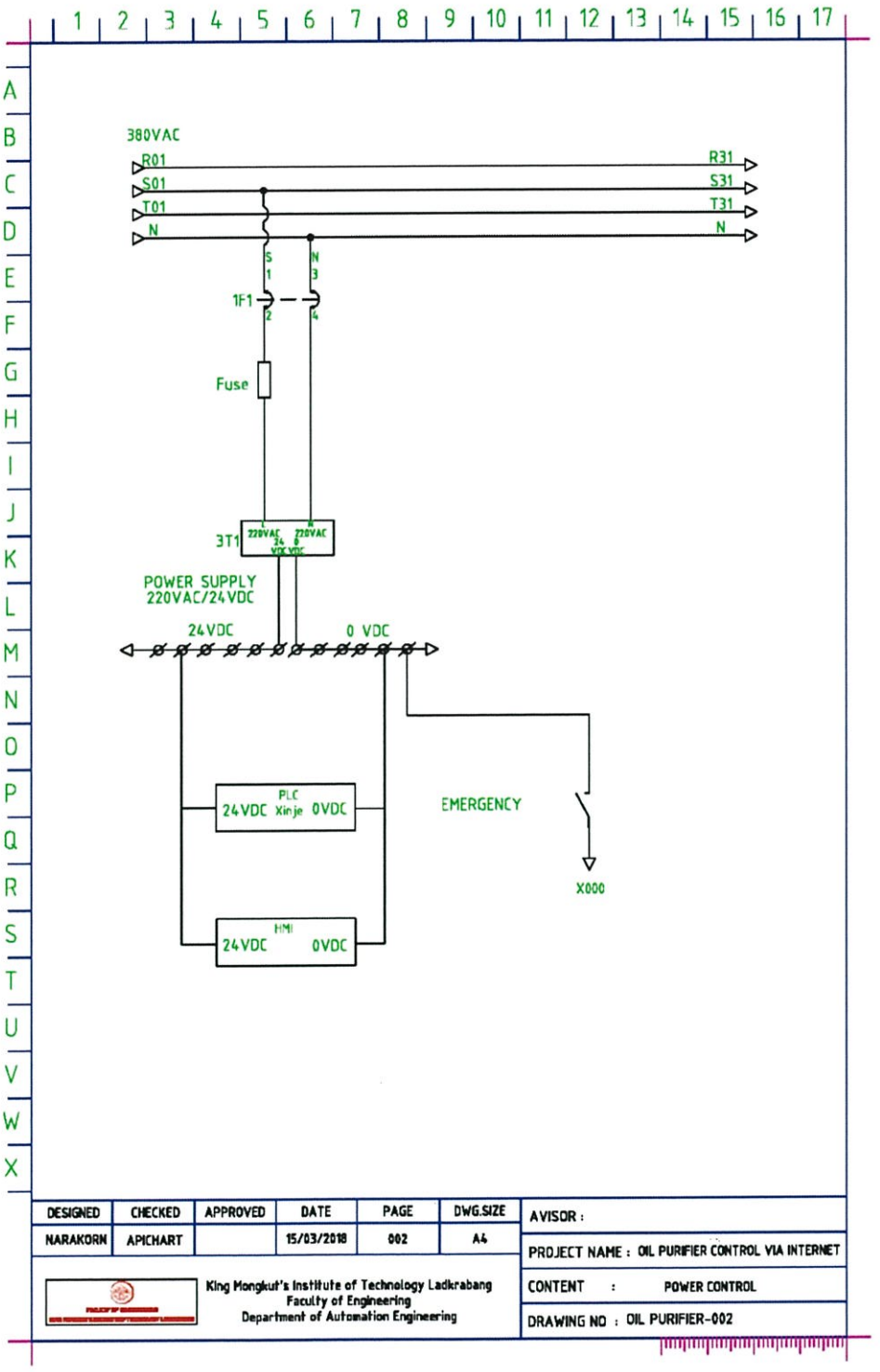
M/C NUMBER	DATE	APPROVAL	CHECK BY	DRAWN BY
	15/03/2018		APICAHRT	NARAKORN

DRAWING INDEX

CONTENTS	PAGE	DEVICE CODE
MAIN POWER	001	
POWER CONTROL	002	
CONTROL DIAGRAM	003	
LOCAL or REMOTE	004	
INPUT MODULE	005	
ANALOG INPUT MODULE	006	
OUTPUT MODULE	007	
ANALOG OUTPUT MODULE	008	
RELAY	009	
COMUNICATION	010	



DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	PAGE	DWG.SIZE	AVISOR :
NARAKORN	APICHART		15/03/2018	001	A4	PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Faculty of Engineering Department of Automation Engineering						CONTENT : MAIN POWER
						DRAWING NO : OIL PURIFIER-001



DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	PAGE	DWG.SIZE
NARAKORN	APICHART		15/03/2018	002	A4

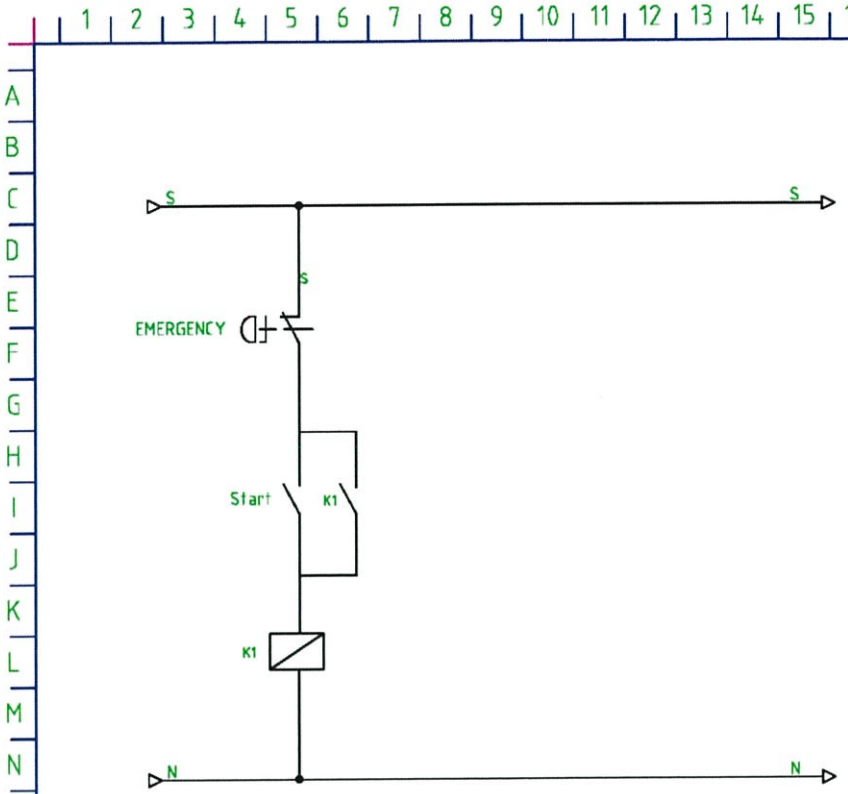
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering

AVISOR :

PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET

CONTENT : POWER CONTROL

DRAWING NO : OIL PURIFIER-002



DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	PAGE	DWG.SIZE
NARAKORN	APICHART		15/03/2018	003	A4

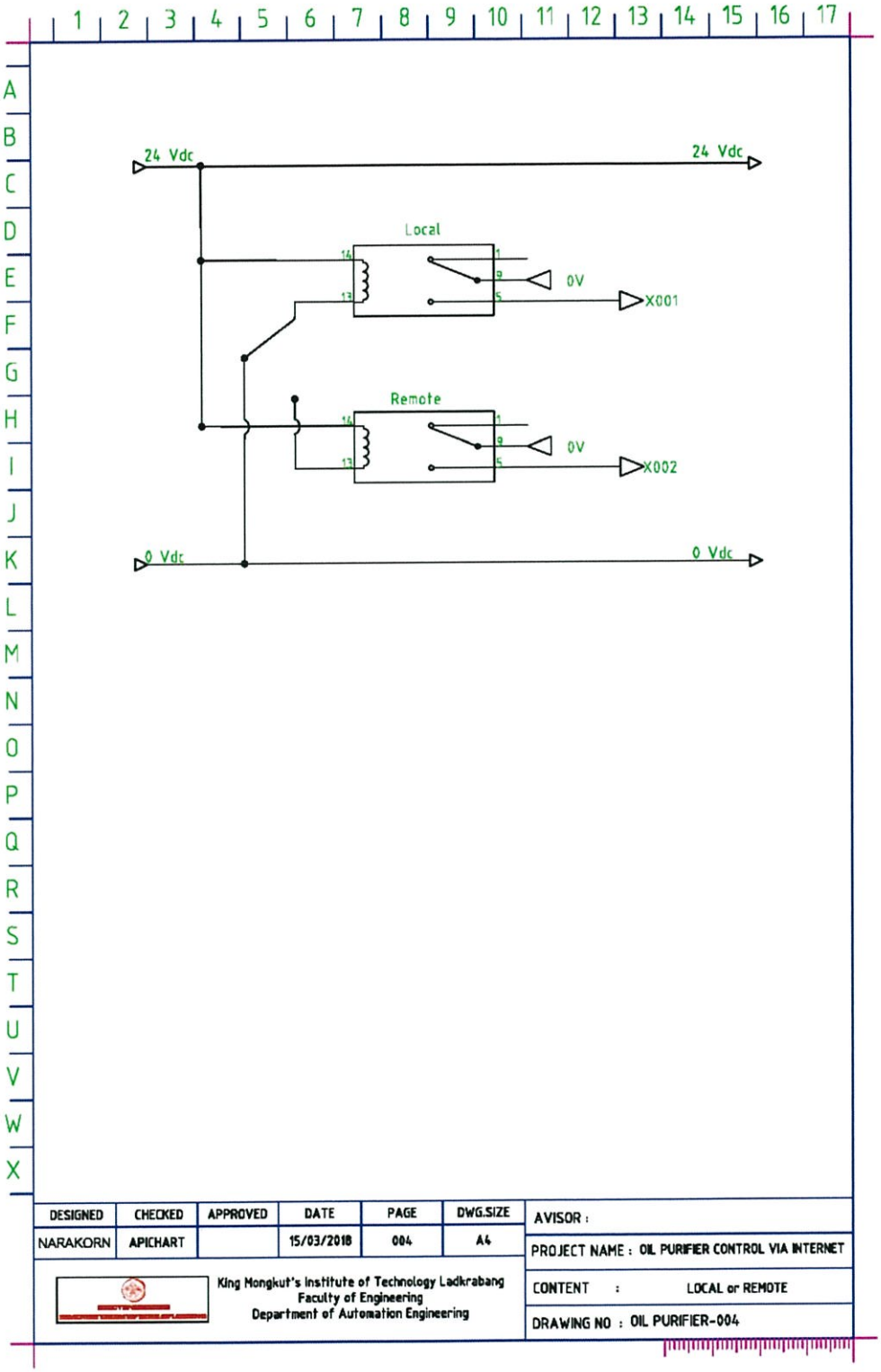
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering

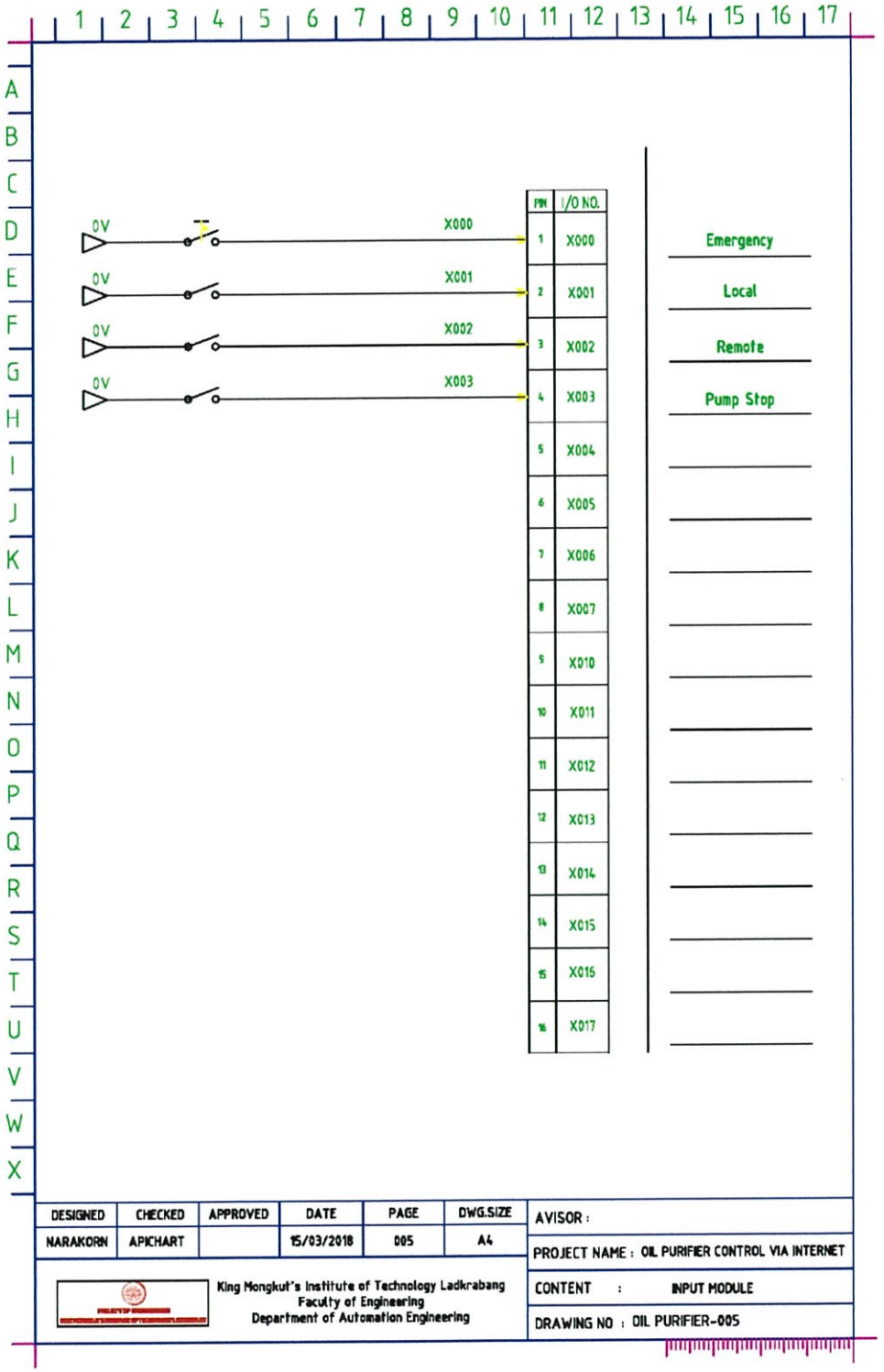
AVISOR :

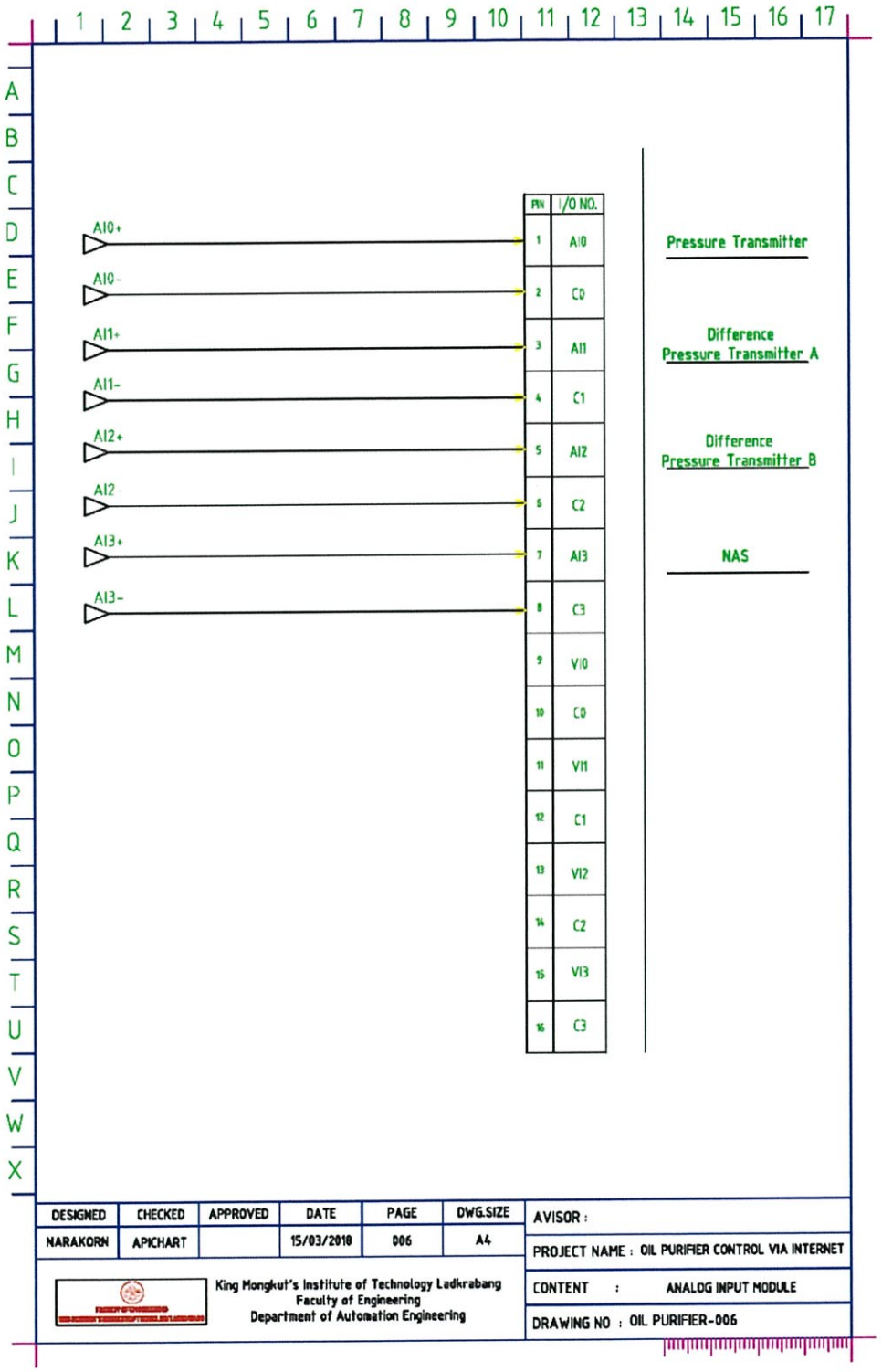
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET

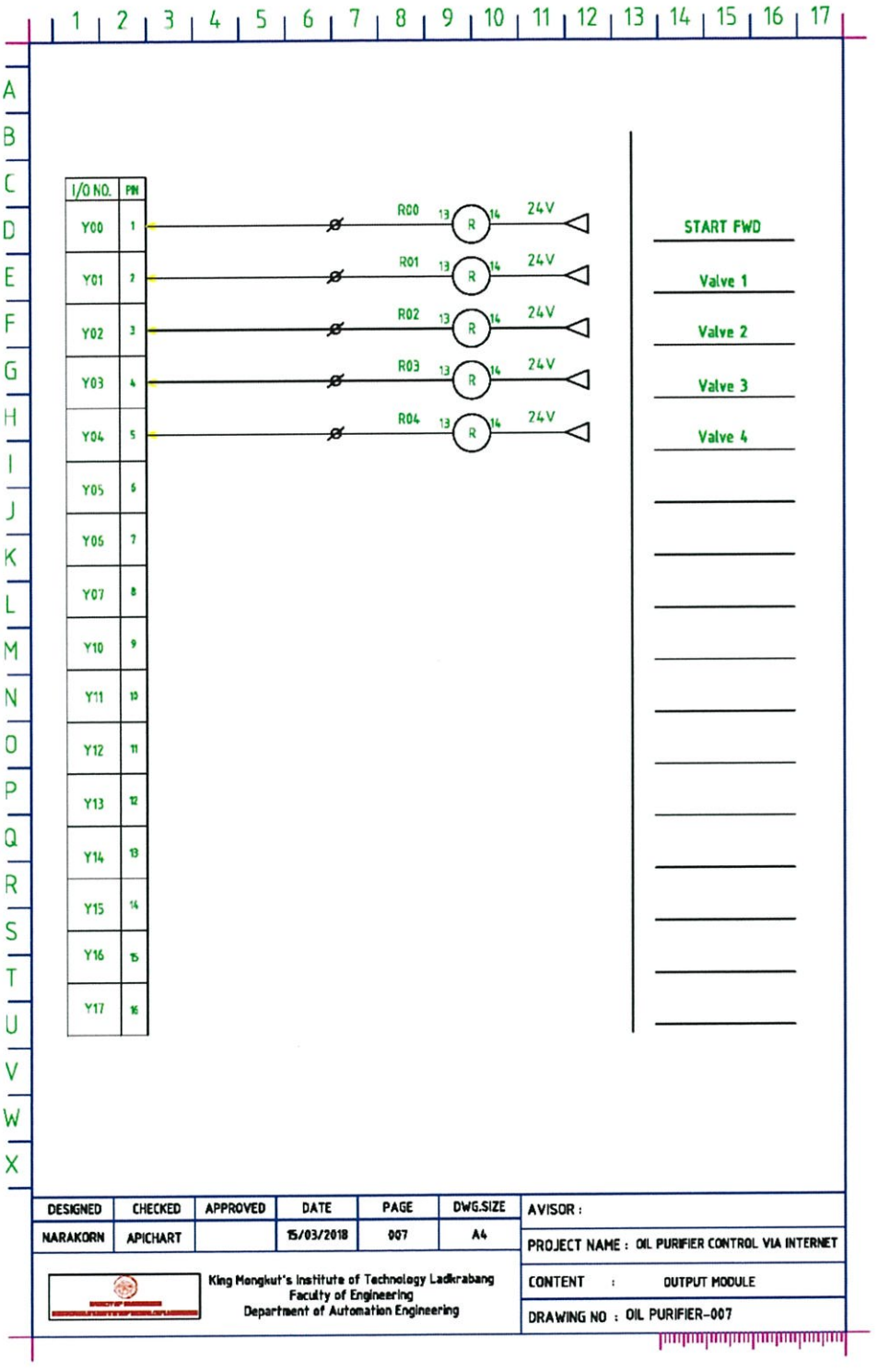
CONTENT : CONTROL DIAGRAM

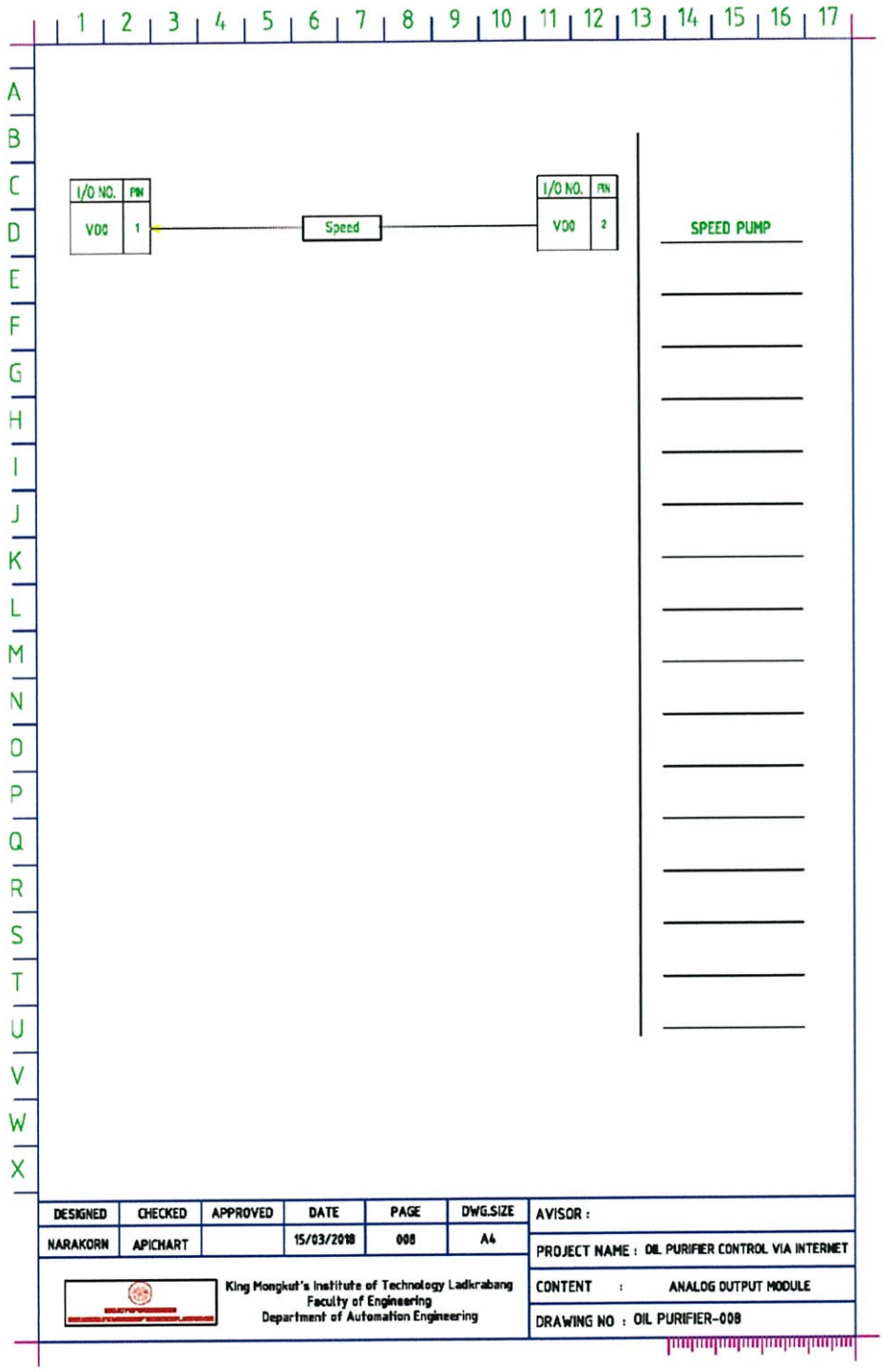
DRAWING NO : OIL PURIFIER-003


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X
24 Vdc
24 Vdc
Local
16
13
1
9
5
0V
X001
Remote
16
13
1
9
5
0V
X002
0 Vdc
0 Vdc
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DATE
PAGE
DWG.SIZE
NARAKORN
APICHART
15/03/2018
004
A4
AVISOR :
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
CONTENT : LOCAL or REMOTE
DRAWING NO : OIL PURIFIER-004
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering


0V
X000
0V
X001
0V
X002
0V
X003
PIN
I/O NO.
1 X000
2 X001
3 X002
4 X003
5 X004
6 X005
7 X006
8 X007
9 X010
10 X011
11 X012
12 X013
13 X014
14 X015
15 X016
16 X017
Emergency
Local
Remote
Pump Stop
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DATE
PAGE
DWG.SIZE
NARAKORN
APICHART
15/03/2018
005
A4
AVISOR :
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
CONTENT : INPUT MODULE
DRAWING NO : OIL PURIFIER-005
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering


AI0+
AI0-
AI1+
AI1-
AI2+
AI2-
AI3+
AI3-
PIN
I/O NO.
1 AI0
2 C0
3 AI1
4 C1
5 AI2
6 C2
7 AI3
8 C3
9 V0
10 C0
11 V11
12 C1
13 V12
14 C2
15 V13
16 C3
Pressure Transmitter
Difference Pressure Transmitter A
Difference Pressure Transmitter B
NAS
DESIGNED NARAKORN
CHECKED APICHART
APPROVED
DATE 15/03/2010
PAGE 006
DWG.SIZE A4
AVISOR :
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
CONTENT : ANALOG INPUT MODULE
DRAWING NO : OIL PURIFIER-006
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering


I/O NO.
PIN
Y00 1
Y01 2
Y02 3
Y03 4
Y04 5
Y05 6
Y06 7
Y07 8
Y10 9
Y11 10
Y12 11
Y13 12
Y14 13
Y15 14
Y16 15
Y17 16
R00
R01
R02
R03
R04
13
14
R
24V
START FWD
Valve 1
Valve 2
Valve 3
Valve 4
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DATE
PAGE
DWG.SIZE
NARAKORN
APICHART
15/03/2018
007
A4
AVISOR :
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
CONTENT : OUTPUT MODULE
DRAWING NO : OIL PURIFIER-007
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering



DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	PAGE	DWG.SIZE
NARAKORN	APICHART		15/03/2018	008	A4

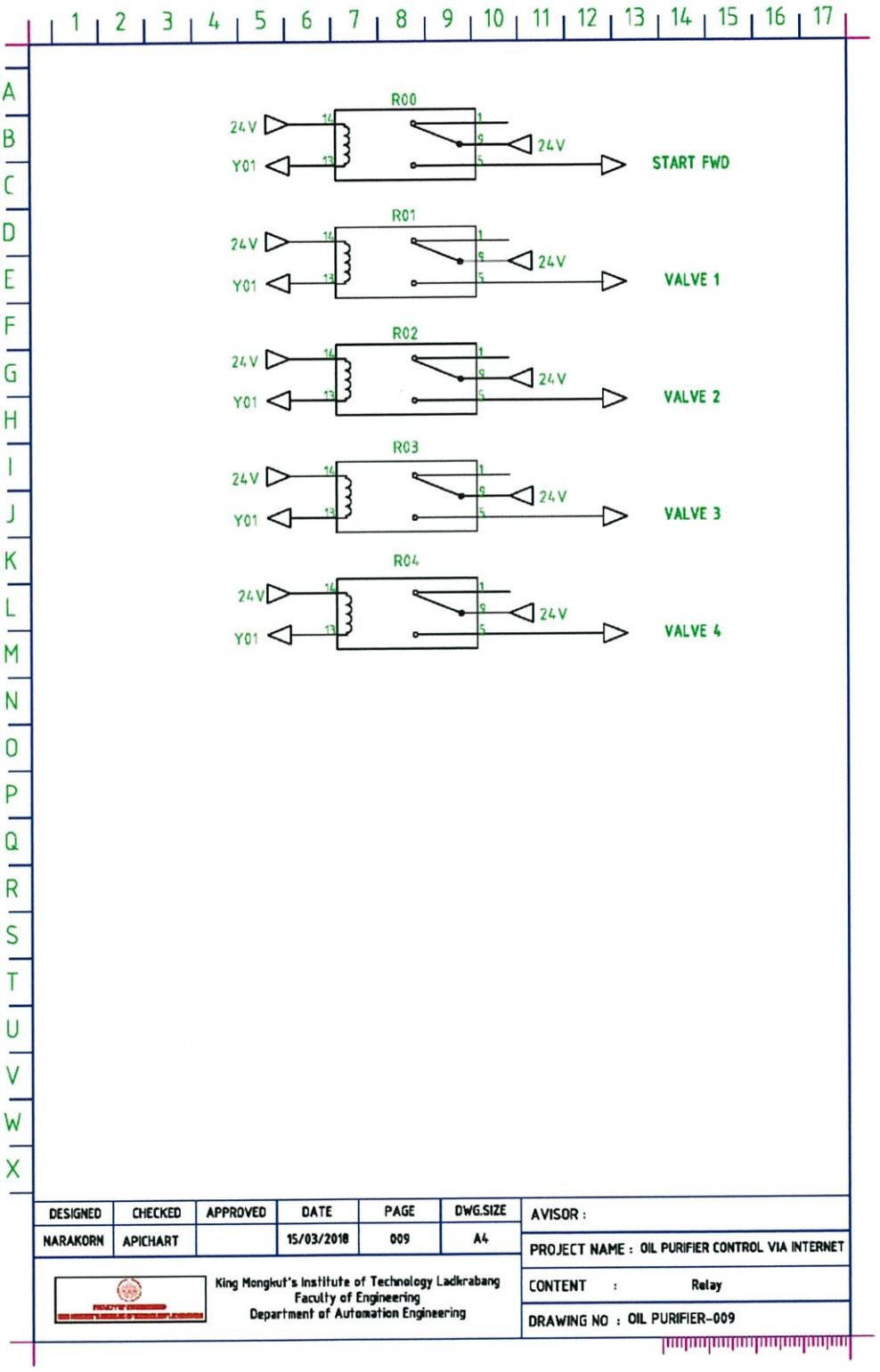
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering

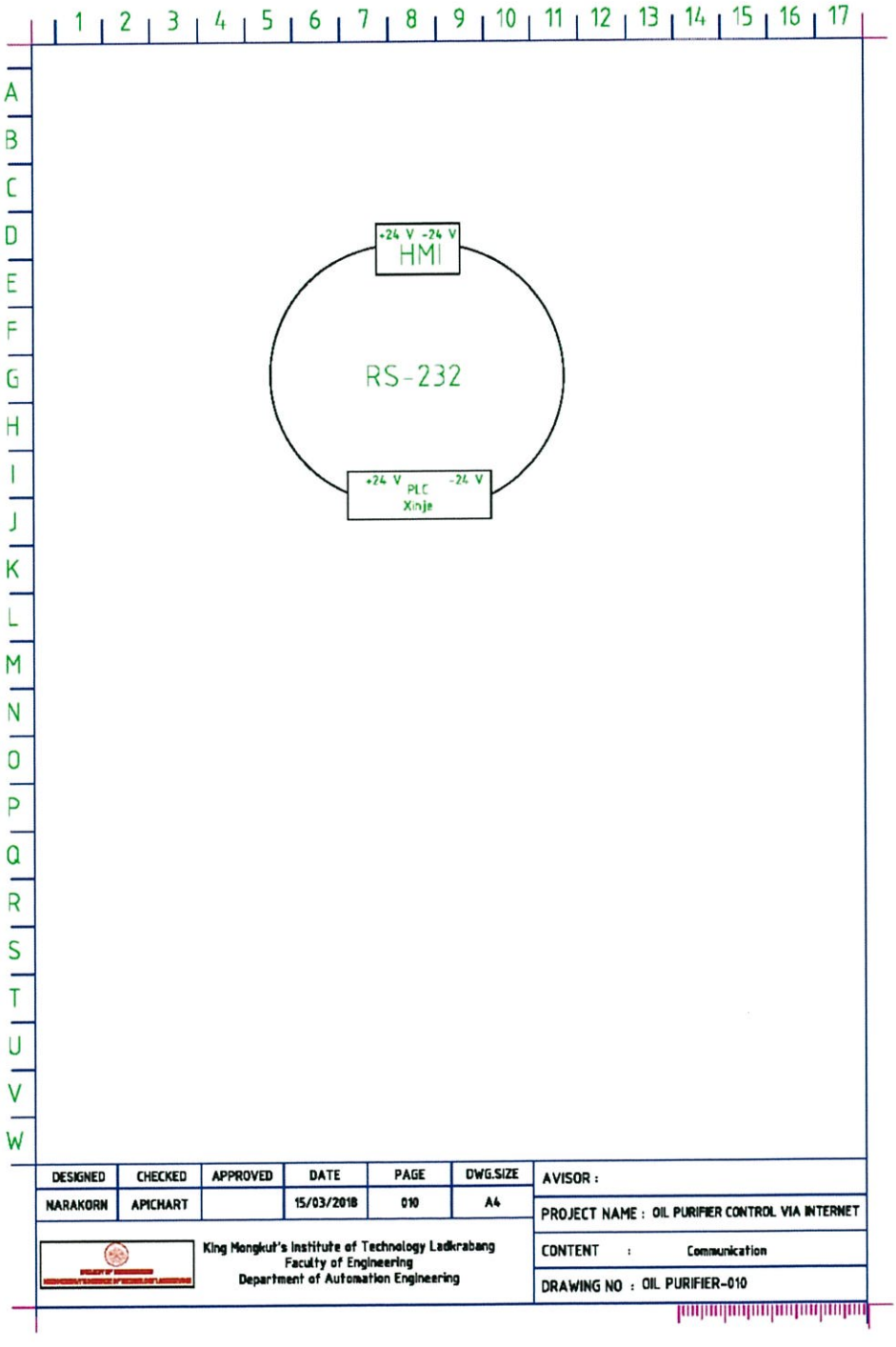
AVISOR :

PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET

CONTENT : ANALOG OUTPUT MODULE

DRAWING NO : OIL PURIFIER-008


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X
R00
24V
Y01
24V
START FWD
R01
24V
Y01
24V
VALVE 1
R02
24V
Y01
24V
VALVE 2
R03
24V
Y01
24V
VALVE 3
R04
24V
Y01
24V
VALVE 4
DESIGNED
CHECKED
APPROVED
DATE
PAGE
DWG.SIZE
NARAKORN
APICHART
15/03/2018
009
A4
AVISOR :
PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
CONTENT : Relay
DRAWING NO : OIL PURIFIER-009
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Faculty of Engineering
Department of Automation Engineering



DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	PAGE	DWG.SIZE	AVISOR :
NARAKORN	APICHART		15/03/2018	010	A4	PROJECT NAME : OIL PURIFIER CONTROL VIA INTERNET
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang Faculty of Engineering Department of Automation Engineering						CONTENT : Communication
						DRAWING NO : OIL PURIFIER-010