รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบระบบ พีแอลซี ระบบควบคุมระยะไกล และ เครื่องมือวัด
Hardware Design Systems (Design Methyl Ester Plant II Project)

นายเฉลิมวุฒิ ไผติ๊บ

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

ออกแบบระบบ พีแอลซี ระบบควบคุมระยะไกล และ เครื่องมือวัด
Hardware Design Systems (Design Methyl Ester Plant II Project)

นายเฉลิมวุฒิ ไฝติ๊บ

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา	ออกแบบระบบ พีแอลซี ระบบควบคุมระยะไกล และ เครื่องมือวัด
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายเฉลิมวุฒิ ไฝติ๊บ
รหัสนักศึกษา	57010230
หลักสูตร	วิศวกรรมการวัดคุม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศ	นายพณิชพล ทวิชากรพงศ์
	นายพรเทพ หนูทอง
ชื่อสถานประกอบการ	บริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด
ปีการศึกษา	2560

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ได้นำเสนอถึงการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบระบบตู้ควบคุมของกระบวนการการผลิตเมทิลเอสเทอร์หรือน้ำมันไบโอดีเซล ซึ่งได้ปฏิบัติงานที่บริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด โดยได้รับมอบหมายให้ออกแบบระบบตู้ควบคุม ซึ่งจะต้องทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวพีแอลซี อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ให้สอดคล้องกันและต้องป้องกันการเกิดประกายไฟและกระแสไฟฟ้าเกิน เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อตัวพีแอลซีและอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ เนื่องจากเป็นการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล อาจทำให้เกิดการระเบิดได้ จึงต้องมีการควบคุมความปลอดภัยเป็นหลักเพื่อลดความเสี่ยงจากอันตรายที่เกิดขึ้น

คำสำคัญ : พีแอลซี, อุปกรณ์เครื่องมือวัด

Title	Hardware Design Systems (Design Methyl Ester Plant II Project)
Student	Ms. Chalermwoot Faitip
ID Student	57010230
Program	Instrumentation Engineering
Faculty	Engineering
Advisor	Assoc.Prof.Songchai Weerathaweemas
Mentor	Mr.Panichapol Thawichakornpong
	Mr.Prontep Nuthong
Company	PS Engineering Consultant Co.,Ltd
Year	2017

ABSTRACT

This cooperative project presents on the design of a control cabinet system for the production of methyl ester or biodiesel. The company has been working at the PS Engineering Consultants Co., Ltd. It must be studied about the PLC. Measuring tools be consistent and prevent sparks. In order not to damage the PLC and instrumentation. Because it is biodiesel. May cause an explosion. Security must be strictly controlled. To reduce the risk of harm.

Keywords: PLC, Measuring Equipment

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ และได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด ทางบริษัทได้เปิดโอกาสให้ผู้จัดทำได้เข้าร่วมโครงงานสหกิจศึกษา เพื่อเป็นการศึกษาและเรียนรู้การทำงานในสถานประกอบการจริง ผู้จัดทำขอขอบพระคุณความช่วยเหลือต่างๆจาก คุณพณิชพล ทวิชากรพงศ์ และ คุณพรเทพ หนูทอง และบุคลากรภายในบริษัท ทั้งการให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษา รวมทั้งถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์ให้แก่ผู้จัดทำมาโดยตลอดระยะเวลาที่ได้ทำงานอยู่ในบริษัท ซึ่งเป็นสิ่งที่อยู่นอกเหนือจากการศึกษาในห้องเรียนหรือจากหนังสือเล่มใดๆ และเป็นการสร้างโอกาสที่ดีให้กับผู้จัดทำ

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่คอยให้คำปรึกษาในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตั้งแต่ต้นจนจบสหกิจศึกษา และตรวจทานโครงงานฉบับนี้ได้สมบูรณ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายเฉลิมวุฒิ ไฝติ๊บ
ผู้จัดทำ

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญรูป		VII
บทที่ 1	บทนำ	1
1.1	ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2	วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3	ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4	ขั้นตอนการศึกษา	2
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2	โครงสร้างระบบ อุปกรณ์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง	6
2.1	กล่าวนำ	6
2.2	โครงสร้างด้านการสื่อสาร (Communications)	6
2.2.1	Ethernet	6
2.2.2	PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals)	7
2.3	โครงสร้างโดยทั่วไปของพีแอลซี	8
2.4	อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	11
2.4.1	Remote I/O	11
2.4.2	I/O Modules	12
2.4.3	Surge Protection Device	14
2.4.4	Intrinsically Safe (IS)	17
2.4.5	Relay	19
2.5	มาตรฐานระดับการป้องกันตู้ควบคุม	20
2.6	การต่อสายสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือวัดเข้าตัวพีแอลซี	21
2.7	การกำหนดสีและขนาดของสายไฟ	23
2.8	ระบบ Interlock และ Control	24

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
2.9	Hazardous Zone	24
2.10	Grounding System	26
2.11	โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน	28
2.11.1	ZWcad	28
บทที่ 3	การออกแบบระบบตู้ควบคุมกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล	29
3.1	กล่าวนำ	29
3.2	ศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการการผลิตให้สอดคล้องกับตัวพีแอลซี	29
3.3	จัดทำเอกสารรายการอินพุต/เอาท์พุต และกำหนด Address ให้กับอุปกรณ์	31
3.4	การออกแบบด้วยโปรแกรม ZWcad	32
3.4.1	การใช้โปรแกรมและสัญลักษณ์ของโปรแกรม ZWcad	32
3.4.2	การออกแบบ Layout	34
3.4.3	การออกแบบ Wiring Diagram	45
บทที่ 4	การทดสอบตู้ควบคุมร่วมกับโปรแกรมและ SCADA	50
4.1	กล่าวนำ	50
4.2	การตรวจสอบ Wiring Diagram	50
4.3	การทดสอบ Process ร่วมกับ SCADA	51
บทที่ 5	สรุปผลและข้อเสนอแนะ	52
5.1	สรุปผล	52
5.2	ปัญหาและวิธีการแก้ไข	52
5.2.1	ปัญหาที่พบ	52
5.2.2	วิธีแก้ไขปัญหา	52
5.3	ข้อเสนอแนะ	52
เอกสารอ้างอิง		53

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	แผนการดำเนินงาน	3
ตารางที่ 1.1	แผนการดำเนินงาน (ต่อ)	4
ตารางที่ 2.1	ตารางเปรียบเทียบขนาดของสายไฟกับโหลดที่ใช้	23
ตารางที่ 3.1	ตัวอย่างแท็กของ Level Switch	29
ตารางที่ 3.2	ตัวอย่างแท็กของ Level Transmitter	30
ตารางที่ 3.3	ตัวอย่างแท็กของ Gas Detector	30
ตารางที่ 3.4	กำหนด IO Address	31
ตารางที่ 3.5	สัญลักษณ์และคำสั่งที่ใช้ออกแบบ	34
ตารางที่ 3.6	จำนวน I/O Module ที่แยกตาม Rack	37

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	การต่อระบบเครือข่าย Ethernet ผ่าน Switch Hub	6
รูปที่ 2.2	การต่อ PROFIBUS DP แบบ Master/Slave	7
รูปที่ 2.3	ลักษณะสายและการต่อสาย PROFIBUS DP	7
รูปที่ 2.4	โครงสร้างของพีแอลซี	8
รูปที่ 2.5	หน่วยอินพุต	10
รูปที่ 2.6	หน่วยเอาต์พุต	10
รูปที่ 2.7	การต่อ PLC เข้ากับ Remote I/O	11
รูปที่ 2.8	Digital Input Module และ Digital Output Module	12
รูปที่ 2.9	Analog Input Module และ Analog Output Module	13
รูปที่ 2.10	Motor Drive	13
รูปที่ 2.11	Surge Protection สำหรับ Circuit Breaker	14
รูปที่ 2.12	การต่ออุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก	15
รูปที่ 2.13	Surge Protection สำหรับ อุปกรณ์ 24Vdc	16
รูปที่ 2.14	วงจรภายในของ Surge Protection สำหรับ อุปกรณ์ 24Vdc	16
รูปที่ 2.15	วงจรพื้นฐานของ Intrinsically Safe Barrier	17
รูปที่ 2.16	การ Wiring ระหว่าง Instrument และ Barrier	18
รูปที่ 2.17	ตัวอย่าง Barrier ยี่ห้อ MTL	18
รูปที่ 2.18	Relay ยี่ห้อ Phoenix Contact (24Vdc)	19
รูปที่ 2.19	โครงสร้างของ Relay	19
รูปที่ 2.20	สภาวะการทำงานของ Relay	20
รูปที่ 2.21	ระดับการป้องกันของตู้ควบคุม	20
รูปที่ 2.22	ตัวอย่างการต่อแบบ 2-wire	21
รูปที่ 2.23	ตัวอย่างการต่อแบบ 3-wire	22
รูปที่ 2.24	ตัวอย่างการต่อแบบ 4-wire	22
รูปที่ 2.25	มาตรฐานการใช้สีของสายไฟ สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ	23
รูปที่ 2.26	การแบ่งโซน ตามมาตรฐาน IEC	25
รูปที่ 2.27	อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (ชั่วโมงต่อปี)	26

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 2.28	การต่อสายดิน	27
รูปที่ 2.29	ตัวอย่าง Busbar ของ Grounding System	27
รูปที่ 2.30	โปรแกรมเขียนแบบ ZWcad	28
รูปที่ 3.1	หน้าจอปกติของโปรแกรมเมื่อเปิดใช้งาน	32
รูปที่ 3.2	การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางขวา	32
รูปที่ 3.3	การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางซ้าย	33
รูปที่ 3.4	Popup เมื่อคลิกขวาของเมาส์	33
รูปที่ 3.5	การออกแบบตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP)	35
รูปที่ 3.6	Layout ตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP)	35
รูปที่ 3.7	Layout ด้านหน้าตู้พีแอลซี (PLC Cabinet)	36
รูปที่ 3.8	Layout ด้านหลังตู้พีแอลซี (PLC Cabinet)	37
รูปที่ 3.9	Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 1	38
รูปที่ 3.10	Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 1	39
รูปที่ 3.11	Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 2	40
รูปที่ 3.12	Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 2	40
รูปที่ 3.13	Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 3	41
รูปที่ 3.14	Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 3	42
รูปที่ 3.15	Layout ด้านหน้าตู้ IRP สำหรับรับ feedback จากมอเตอร์	43
รูปที่ 3.16	Layout ด้านหลังตู้ IRP สำหรับส่ง Signal ไป Start มอเตอร์	43
รูปที่ 3.17	Layout ด้านหน้าตู้ Server	44
รูปที่ 3.18	Layout ด้านหลังตู้ Server	45
รูปที่ 3.19	Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 220Vac ในตู้ PDP	46
รูปที่ 3.20	Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 24Vdc ที่จ่ายไปยังตู้ต่างๆ	46
รูปที่ 3.21	Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 220Vac ที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ภายในตู้ PLC	47
รูปที่ 3.22	การต่อแบบ Intrinsically Safe	47
รูปที่ 3.23	การต่อแบบ None Intrinsically Safe	47
รูปที่ 3.24	การต่อแบบ 2-wire สำหรับ Intrinsically Safe+Surge	48

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 3.25	การต่อแบบ 4-wire สำหรับ Intrinsically Safe+Surge	48
รูปที่ 3.26	การต่อแบบ 3-wire สำหรับอุปกรณ์ Gas Detector	48
รูปที่ 3.27	การส่ง Signal จาก PLC โดยผ่าน Relay เพื่อควบคุม Motor/Pump	48
รูปที่ 3.28	การส่ง Signal จาก PLC โดยผ่าน Relay เพื่อควบคุม Valve	48
รูปที่ 3.29	การต่อแบบ Intrinsically Safe+Surge	49
รูปที่ 3.30	การต่อรับ Feedback จากอุปกรณ์ต่างๆ โดยผ่าน Relay	49
รูปที่ 3.31	การต่อรับ Feedback จากอุปกรณ์ต่างๆ โดยไม่ผ่าน Relay	49
รูปที่ 4.1	การ Simulation แทนอุปกรณ์จากหน้างาน	51

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมได้มีการพัฒนาไปอย่างกว้างขวาง การควบคุมการผลิตโดยใช้ตัวควบคุม (Controller) นั้นเป็นที่นิยมและมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากกระบวนการในอุตสาหกรรมต้องการการควบคุมที่ถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการในท้องตลาด การพัฒนาเทคโนโลยีในการควบคุมและเครื่องมือวัดต่างๆจึงถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในภาคอุตสาหกรรมใหญ่ๆ จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีการควบคุมให้ทันสมัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มีความต่อเนื่อง มีความพร้อมต่อการใช้งาน และลดจำนวนชั่วโมงการหยุดทำงานของเครื่องจักร ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่าย คุณภาพ และปริมาณการผลิตในกระบวนการผลิต

บริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด เป็นบริษัทที่ให้คำปรึกษาในเรื่องการออกแบบตู้ควบคุม, การเขียนโปรแกรมพีแอลซี, การติดตั้งระบบต่างๆ เป็นต้น นอกจากนั้นยังดูแลเรื่องการปรับปรุงระบบ หรือ การรีแวมป์(Revamp) ระบบ ซึ่งเป็นการปรับปรุงให้ระบบดีขึ้น ใช้งานง่ายขึ้น มีความพร้อมในการทำงานสูงขึ้น อย่างบริษัท พีทีที เมนเทนแนนซ์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด ได้ทำการจ้างบริษัท พีเอส เอนจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด เพื่อให้ดำเนินงานออกแบบตู้ควบคุม และเขียนเขียนโปรแกรมพีแอลซี รวมถึงการออกแบบหน้าจอ SCADA เพื่อควบคุมการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล โดยในส่วนของฮาร์ดแวร์ จะใช้พีแอลซียี่ห้อ Siemens รุ่น S7-300 และ Connect กับ I/O ต่างๆทั้ง Analog และ Digital รวมถึงการ Wiring เข้ากับอุปกรณ์ต่างๆจากหน้างาน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและการใช้งานที่ง่ายและสะดวกมากขึ้น อีกทั้งเพื่อป้องกันการเกิดประกายไฟ เนื่องจากเป็นโครงงานที่ผลิตน้ำมันไบโอดีเซล จึงต้องมีความปลอดภัยสูง Safety Zone หรือ Hazardous

โครงงานฉบับนี้จึงได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาด้านฮาร์ดแวร์ และ Instrument เป็นหลัก เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ หลักการทำงาน การเชื่อมต่อของอุปกรณ์เครื่องมือวัดเข้ากับตัวพีแอลซี และอุปกรณ์ที่ป้องกันการเกิดประกายไฟ หรือกระแสไฟฟ้าเกิน เพื่อไม่ให้ตัวพีแอลซีนั้นเกิดความเสียหาย จึงต้องมีการศึกษาและทำความเข้าใจในหลักการทำงานของอุปกรณ์เครื่องมือวัด

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อทำการศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อนำมาออกแบบและประยุกต์ใช้ให้เข้ากับตัวพีแอลซี และระบบควบคุม
2. เพื่อให้ระบบควบคุมที่ใช้งานมีความทันสมัย สะดวก ง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา
3. เพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทำการศึกษาและเรียนรู้ต่างๆ
4. การฝึกนิสัยให้เป็นผู้มีความตั้งใจ มุ่งมั่น อดทน ตรงต่อเวลา ซึ่งตรงกับอัตลักษณ์ของสถาบัน “ซื่อสัตย์ ใฝ่รู้ สู้งาน”

1.3. ขอบเขตของโครงงาน

1. ศึกษาตัวอุปกรณ์อินพุต เอาท์พุต และลักษณะของอุปกรณ์เพื่อใช้ในการเขียนแบบทางไฟฟ้า
2. ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นระหว่างอุปกรณ์เครื่องมือวัดและสิ่งแวดล้อมต่างๆ เพื่อไม่ให้เกิดสัญญาณรบกวน กระแสไฟฟ้าเกิน และอื่นๆ
3. ศึกษาการใช้โปรแกรม ZWcad เพื่อนำมาออกแบบ Layout และเขียนแบบ Wiring Diagram

1.4. ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการการผลิต ให้สอดคคล้องกับอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม
2. จัดทำเอกสารรายการอินพุตและเอาท์พุต เพื่อตรวจสอบแอดเดรส (Address) ของอุปกรณ์ต่างๆที่เชื่อมต่อกับตัวพีแอล
3. ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม
4. ออกแบบการเดินสายไฟ (Wiring Diagram) ภายในตู้ควบคุม
5. จัดทำตู้ควบคุมตามที่ออกแบบ
6. ตรวจสอบทางเดินสายไฟฟ้า เพื่อป้องกันการช๊อตและอุปกรณ์เสียหาย
7. จ่ายไฟฟ้าให้กับตู้ควบคุม และตรวบสอบระบบไฟฟ้า
8. ตรวจสอบระบบควบคุม ร่วมกับ ซอฟต์แวร์
9. ทดสอบการทำงานของระบบ ร่วมกับ SCADA และ โปรแกรม
10. Factory Acceptance Test (FAT)
11. จัดส่งตู้และติดตั้งตู้ควบคุมที่ Site
12. ทดสอบการทำงานของระบบจริง (Commissioning) ร่วมกับ บริษัทผู้ว่าจ้าง

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
ติดตั้งโปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน																												
ศึกษาโปรแกรมที่ใช้ในโครงงาน																												
ศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการการผลิตให้สอดคล้องกับตัวพีแอลซี																												
จัดทำเอกสารอินพุต/เอาท์พุต และกำหนด Address อุปกรณ์																												
ออกแบบการจัดวางอุปกรณ์ภายในตู้ควบคุม																												
ออกแบบการเดินสายไฟ (Wiring Diagram) ภายในตู้ควบคุม																												

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน (ต่อ)

แผนการดำเนินงาน	มิถุนายน				กรกฎาคม				สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
จัดทำตู้ควบคุมตามที่ออกแบบ																												
ตรวจสอบทางเดินสายไฟฟ้าเพื่อป้องกันการช๊อตและอุปกรณ์เสียหาย																												
จ่ายไฟฟ้าให้กับตู้ควบคุมและตรวบสอบระบบไฟฟ้า																												
ตรวจสอบระบบควบคุมร่วมกับ โปรแกรม																												
ทดสอบการทำงานของระบบร่วมกับ SCADA																												
Factory Acceptance Test (FAT)																												
จัดส่งตู้และติดตั้งตู้ควบคุมที่ Site งาน																												

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อให้ได้มีประสบการณ์ในการทำงานจริง ตามสายงานที่ได้ศึกษามา
2. เพื่อเรียนรู้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำ Project และสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้
3. ได้รับความรู้และความเข้าใจในกระบวนการทำงานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ และพัฒนาทักษะในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น
4. ฝึกการทำงานกับผู้ร่วมงานได้ และมีมนุษย์สัมพันธ์ที่ดีร่วมกับผู้ร่วมงาน
5. การฝึกนิสัยให้เป็นผู้ที่มีความตั้งใจ มุ่งมั่น อดทน ตรงต่อเวลา ซึ่งตรงกับอัตลักษณ์ของสถาบัน “ซื่อสัตย์ ใฝ่รู้ สู้งาน”

บทที่ 2
โครงสร้างระบบ อุปกรณ์และโปรแกรมที่เกี่ยวข้อง

2.1. กล่าวนำ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงทฤษฎีของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมถึงระบบการเชื่อมต่อสื่อสาร (Communications) ระหว่างฮาร์ดแวร์และซอร์ฟแวร์เข้าด้วยกัน อธิบายลักษณะการทำงานและทฤษฎีของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้งานภายในตู้ควบคุม รวมไปถึงโปรแกรมที่ใช้ในการทำงานในโครงงานนี้

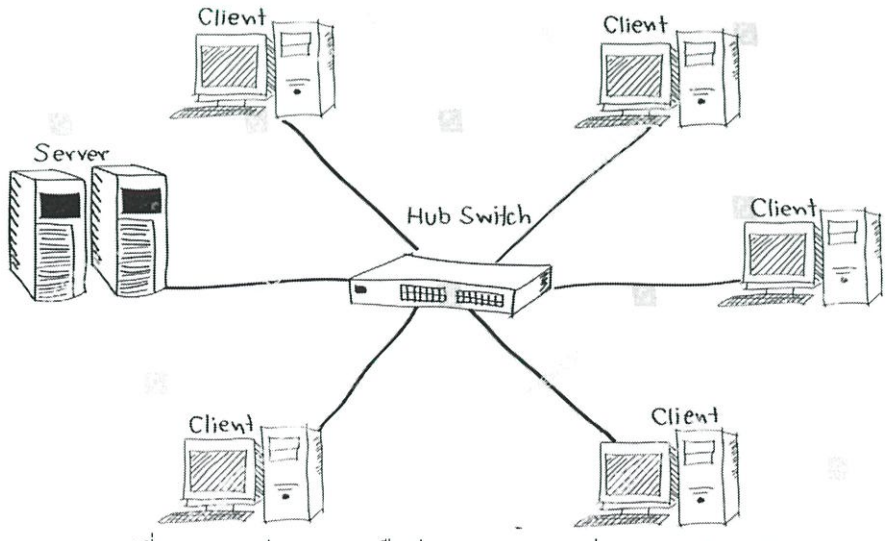
2.2. โครงสร้างด้านการสื่อสาร (Communications)

2.2.1. Ethernet

การสื่อสารระหว่าง Client และ Data Server จะสื่อสารผ่านโปรโตคอลทั่วไป ซึ่ง Client จะติดต่อกับพารามิเตอร์ภายใน Server โดยอาศัย IP Address เป็นหลัก

Ethernet แบ่งได้ 2 ระดับคือ Client และ Data Server หรือเรียกสั้นๆว่า Server โดยที่ Client คือ คอมพิวเตอร์ที่รับส่งข้อมูลไปยัง Data Server โดยฝั่ง Client นี้จะแสดงผลการทำงานของระบบควบคุม เช่น แสดงเป็นกราฟิก กราฟฟิกแบบต่อเนื่อง หรือระบบแจ้งเตือนเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือต้องการแจ้งเตือน (Alarm) เป็นต้น โดยฝั่ง Client สามารถสั่งงานควบคุมไปยัง Data Server เพื่อส่งสัญญาณไปยัง พีแอลซี, DCS หรือตัวควบคุมอีกทอดหนึ่ง ส่วน Data Server จะทำหน้าที่รับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยัง Client และรับการร้องขอจาก Client เพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกันด้วย Switch Hub

พีแอลซีและตัวควบคุมต่างๆ Client และ Data Server ส่วนใหญ่ติดต่อกันผ่านระบบเครือข่าย อีเธอร์เน็ต (Ethernet) ดังรูปที่ 2.1

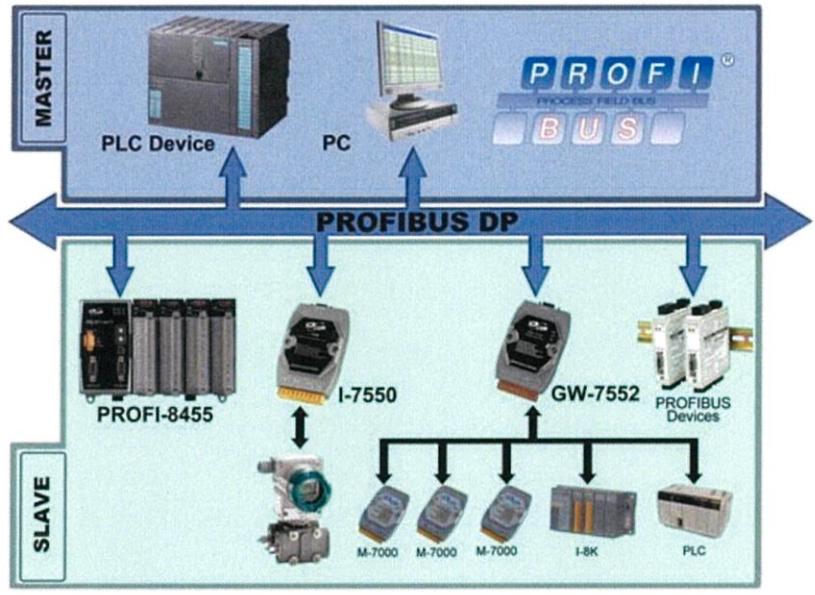


รูปที่ 2.1 การต่อระบบเครือข่าย Ethernet ผ่าน Switch Hub

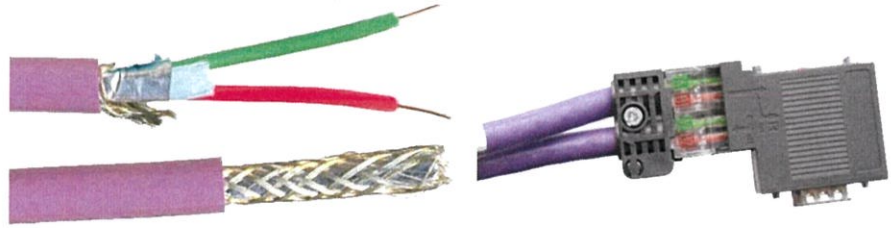
2.2.2. PROFIBUS DP (Decentralized Peripherals)

เป็นโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมค่อนข้างมากโดยเฉพาะในงานอุตสาหกรรม โดยใช้บัสเพียงเส้นเดียวในการเชื่อมต่อ ทำให้สามารถลดจำนวนสายลงแต่สามารถเพิ่มความเร็วในการติดต่อสื่อสารได้มากขึ้นและได้ค่าที่ถูกต้องและเที่ยงตรง

PROFIBUS เป็นบัสแบบ Master/Slave มีความเร็วรับส่งข้อมูลสูง อยู่ระหว่าง 6 Kb/s ถึง 12 Mb/s ใช้เชื่อมต่ออุปกรณ์ (Slave) ในเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิต (Process Automation) เช่น Sensor, Remote I/O และ Actuator เข้ากับส่วนควบคุมกลาง (Master) ซึ่งก็คือ PLC โดยมีรูปแบบการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การต่อ PROFIBUS DP แบบ Master/Slave



รูปที่ 2.3 ลักษณะสายและการต่อสาย PROFIBUS DP

2.3. โครงสร้างโดยทั่วไปของพีแอลซี [1][2]

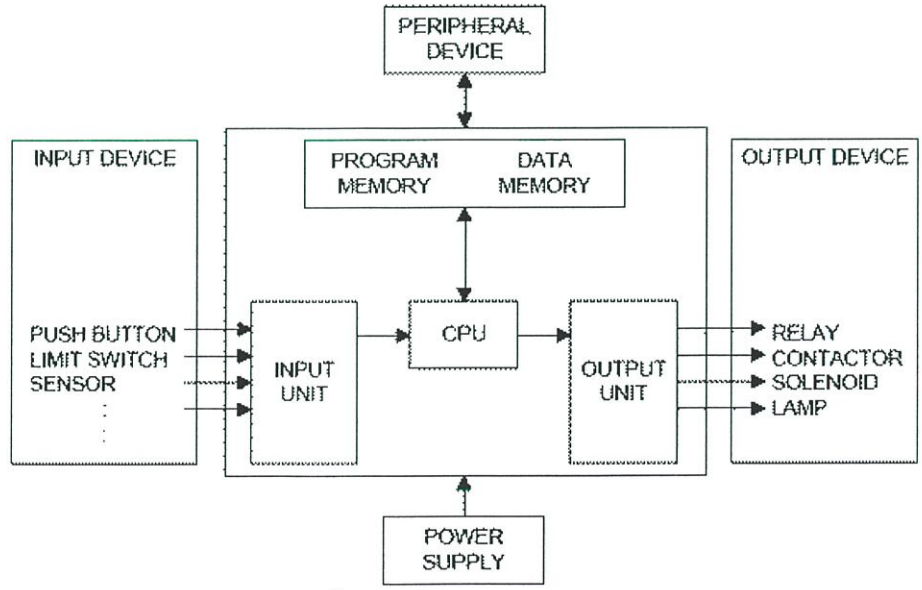
PLC ย่อมาจาก Programmable Logic Controller เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆโดยภายในมี Microprocessor เป็นตัวสั่งการการทำงานที่สำคัญ

พีแอลซีจะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที โดยเซนเซอร์หรือสวิทช์ต่างๆจะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ต้องการ ในส่วนของการควบคุมการทำงาน เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้ โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปในพีแอลซี นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องอ่านบาร์โค๊ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่องพีแอลซีจะใช้งานแบบเดี่ยว (Stand Alone) แล้วยังสามารถต่อพีแอลซีหลายๆตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วย จะเห็นได้ว่าการใช้งานพีแอลซีมีความยืดหยุ่นมาก ดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆจึงเปลี่ยนมาใช้พีแอลซีมากขึ้น

โครงสร้างโดยทั่วไปของพีแอลซีมีส่วนประกอบที่สำคัญ แบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ

1. ซีพียู (CPU; Central Processing Unit)
2. หน่วยความจำ (Memory Unit)
3. แหล่งจ่ายพลังงาน (Power Supply Unit)
4. หน่วยอินพุต/เอาท์พุต (Input Unit / Output Unit)
5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

ลักษณะโครงสร้างภายในของพีแอลซี ประกอบด้วย



รูปที่ 2.4 โครงสร้างของพีแอลซี

1. ตัวประมวลผล (CPU)

ทำหน้าที่คำนวณและควบคุม ซึ่งเปรียบเสมือนสมองของพีแอลซีที่ใช้ในการประมวลผล ภายในประกอบด้วยวงจรลอจิกหลายชนิดและมีการทำงานบนพื้นฐานไมโครโปรเซสเซอร์เบส (Micro Processor Based) ใช้แทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ เคาน์เตอร์-ไทม์เมอร์ และซีเควนเซอร์ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถออกแบบวงจรโดยใช้ Relay Ladder Diagram ได้

CPU จะยอมรับข้อมูลจากอุปกรณ์อินพุทต่างๆ จากนั้นจะทำการประมวลผลและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ หลังจากนั้นจะส่งข้อมูลที่เหมาะสมและถูกต้องออกไปยังอุปกรณ์เอาต์พุต

2. หน่วยความจำ (Memory Unit)

ทำหน้าที่เก็บรักษาโปรแกรมและข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน โดยขนาดของหน่วยความจำจะถูกแบ่งออกเป็นบิตข้อมูล (Data Bit) ภายในหน่วยความจำ 1 บิต ก็จะมีค่าสภาวะทางลอจิก 0 หรือ 1 แตกต่างกันแล้วแต่คำสั่ง ซึ่งพีแอลซีประกอบด้วยหน่วยความจำสองชนิดคือ ROM และ RAM

RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้ และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซี หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยน แปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ

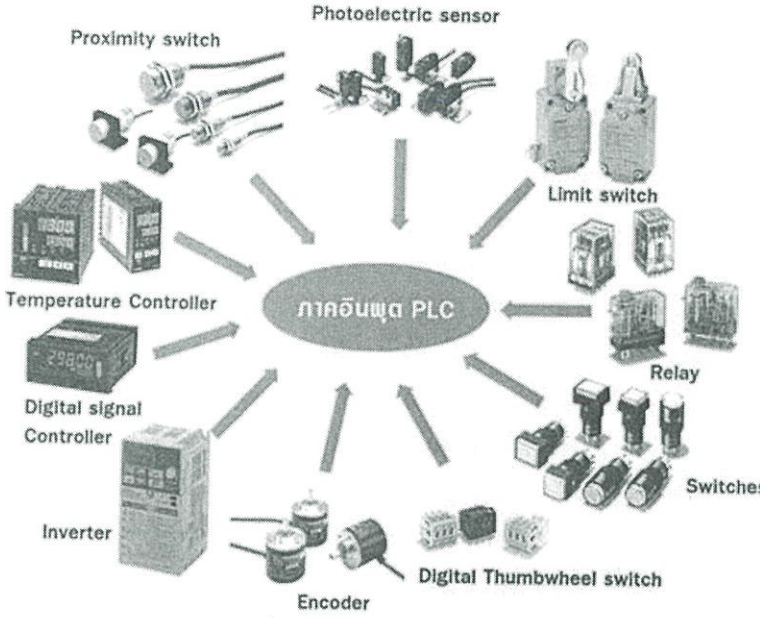
ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรม สำหรับใช้ในการปฏิบัติงานของพีแอลซีตามโปรแกรมของผู้ใช้หน่วยความจำ ซึ่ง ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม และอีกประเภทหนึ่ง คือ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง และราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

3. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

ทำหน้าที่จ่ายพลังงานและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (24Vdc) ให้กับ CPU Unit, หน่วยความจำและหน่วยอินพุต-เอาต์พุต

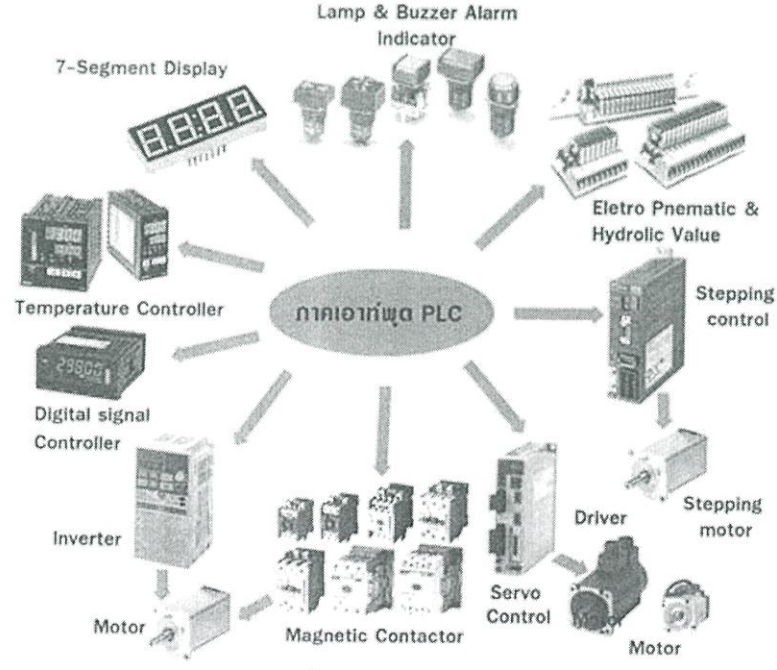
4. หน่วยอินพุต-เอาต์พุต (Input/Output Unit)

หน่วยอินพุตทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ภายนอกแล้วแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมส่งให้หน่วยประมวลผลต่อไป



รูปที่ 2.5 หน่วยอินพุต

หน่วยเอาต์พุตทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอกเช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และวาล์ว เป็นต้น



รูปที่ 2.6 หน่วยเอาต์พุต

5. อุปกรณ์ต่อร่วม (Peripheral Devices)

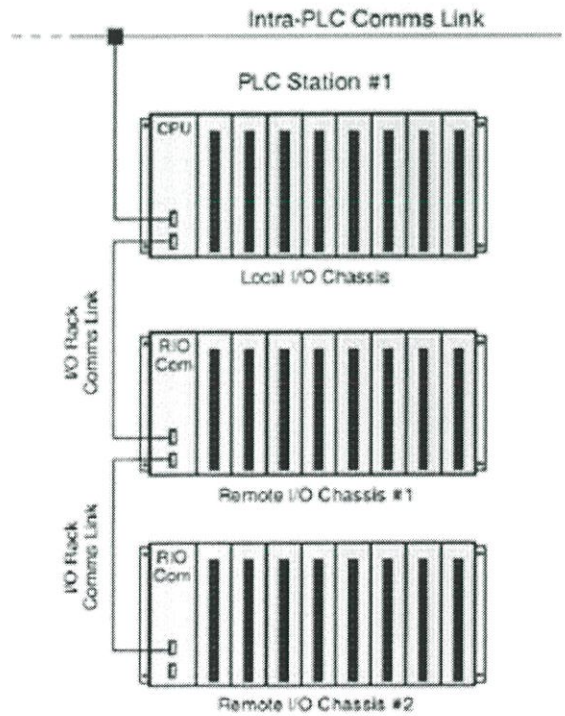
- Remote I/O
- I/O Modules
- Printer
- Graphic Programming
- SCADA Monitor
- etc.

2.4. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

2.4.1. Remote I/O

คือ ตัวรับส่งข้อมูลระหว่าง PLC และ I/O Modules มักใช้กันเมื่ออยู่คนละ Rack หรือ ถ้า I/O Modules มีจำนวนมากๆ (เกินความยาว Rack) มักจะเพิ่ม Rack ใหม่ขึ้นมา และใช้ Remote I/O เป็นตัวเชื่อมระหว่าง PLC และ I/O Modules

Remote I/O เป็นการสื่อสารแบบ Master/Slave โดยส่วนใหญ่แล้ว Master จะเป็น PLC และ Remote I/O เป็น Slave การเชื่อมต่อจะต่อสายเป็นแบบ PROFIBUS DP โดยที่สายจะมี Shield เพื่อลดสัญญาณรบกวน ดังรูปที่ 2.3 และต่อแบบขนานกับ PLC หากมี Remote I/O หลายตัว ก็สามารถต่อแบบขนานร่วมกับ Remote I/O ก่อนหน้าได้ ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การต่อ PLC เข้ากับ Remote I/O

2.4.2. I/O Modules

เป็น Module ที่รับและส่งคำสั่งจาก PLC ไปยังอุปกรณ์ต่างๆที่ต่อร่วมกับ I/O Modules เช่น ปุ่มกด, รีเลย์ (Relay), Flow Meter, Solenoid Valve เป็นต้น ซึ่งมีทั้ง Digital Input, Digital Output, Analog Input และ Analog Output ซึ่งจะทำงานแตกต่างกันออกไป

1. Digital Input

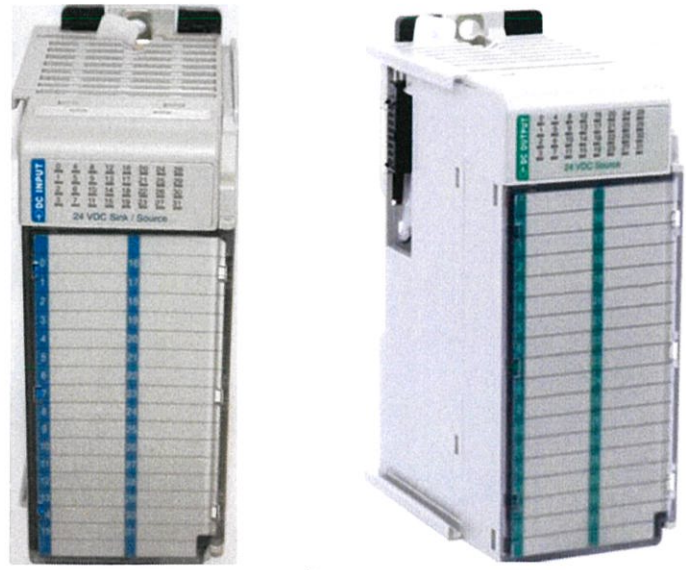
จะรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอก โดยอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยจะเป็นลอจิก 1 และ 0 ใช้สำหรับอ่านค่าสถานะของอุปกรณ์อินพุตแบบไม่ต่อเนื่อง (0/1) เช่น พล็อกซิมิตี้สวิตซ์, สถานะการเปิด/ปิด วาล์ว, ปุ่มกด หรือ ลิมิตสวิตซ์ แล้วส่งข้อมูลให้กับ PLC ประมวลผล

ซึ่ง Digital Input Module ก็มีหลายรุ่น แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เพราะฉะนั้นจึงต้องดูในเรื่องอุปกรณ์อินพุตเป็นหลัก หากอุปกรณ์อินพุตมีจำนวนค่อนข้างมาก ควรเลือกใช้ Digital Input Module ที่มีจำนวน Channel ค่อนข้างมากตาม ซึ่งราคาก็จะสูงตามไปด้วย

2. Digital Output

จะส่งค่าจาก PLC ไปยังอุปกรณ์ภายนอก โดย PLC นั้นจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้า โดยจะเป็นลอจิก 1 และ 0 ใช้สำหรับกำหนดสถานะ เช่น เปิด/ปิดหลอดไฟ, แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor), เสียงเตือน (Buzzer), รีเลย์ (Relay) เพื่อสั่งงานเปิด/ปิดอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ปั๊มน้ำ หรือ มอเตอร์ เป็นต้น

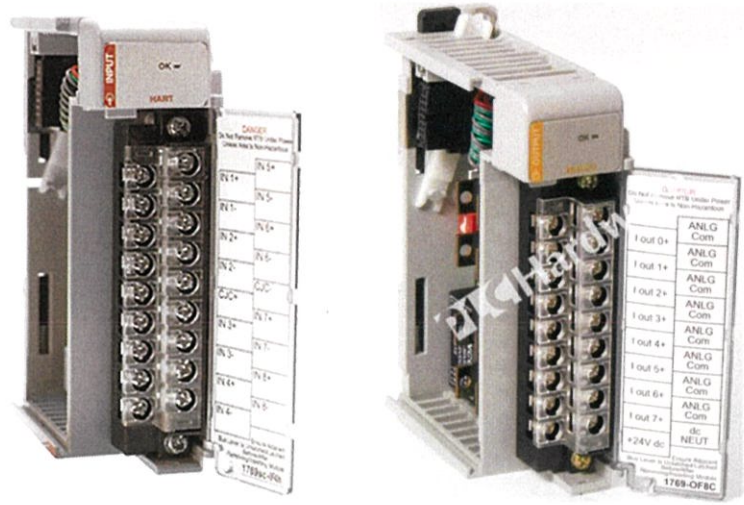
ซึ่ง Digital Output Module ก็มีหลายรุ่นเช่นเดียวกับ Digital Input Module โดยขึ้นอยู่กับการใช้งาน เพราะฉะนั้นจึงต้องดูในเรื่องอุปกรณ์เอาต์พุตเป็นหลัก และเลือกให้เหมาะสมกับงาน



รูปที่ 2.8 Digital Input Module (ซ้าย) และ Digital Output Module (ขวา)

3. Analog Input

จะรับค่าจากอุปกรณ์ภายนอก โดยอุปกรณ์ภายนอกนั้นจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าก็ได้ (ขึ้นอยู่กับการ Configuration และ รุ่นของ Analog Input Module) และให้สอดคล้องกับอุปกรณ์ภายนอกด้วย โดยใช้สำหรับอ่านค่าสถานะของอุปกรณ์อินพุตแบบต่อเนื่อง เช่น Flow Meter, Level Transmitter, Pressure Transmitter, หรือ Temperature Transmitter แล้วส่งข้อมูลให้กับ PLC ประมวลผล



รูปที่ 2.9 Analog Input Module (ซ้าย) และ Analog Output Module (ขวา)

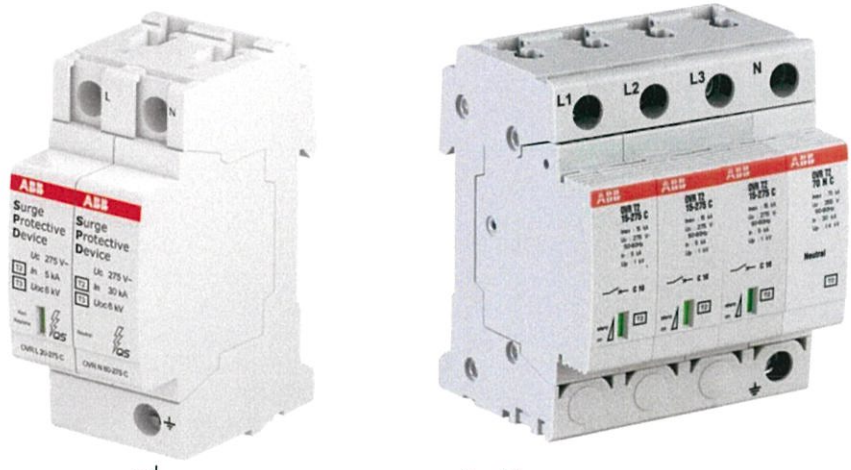
4. Analog Output

PLC จะส่งค่ามายัง Analog Output Module โดย PLC นั้นจะส่งสัญญาณเป็นแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าก็ได้ เพื่อนำมาแสดงผล (SCADA Monitor) หรือส่งค่าไปยัง Motor Drive เพื่อขับมอเตอร์ 3 เฟส เป็นต้น

รูปที่ 2.10 Motor Drive

2.4.3. Surge Protection Device [3]

เป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ ที่เกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น ฟ้าผ่า หรือปัญหาที่เกิดจากระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้า ทำให้เกิดไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะและทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ เกิดความเสียหายได้ เช่น PLC เป็นต้น



รูปที่ 2.11 Surge Protection สำหรับ Circuit Breaker

1. สาเหตุที่เกิดขึ้นกับตัวอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.1 ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า

คือปรากฏการณ์ที่เกิดฟ้าผ่าบริเวณสายส่งไฟฟ้าใกล้อาคารหรือเกิดลงที่หัวล่อฟ้า ทำให้ความต่างศักย์ระหว่างกราวด์กับสายส่งสูงมาก ซึ่งอาจมีค่าสูงถึง 20 เท่าของแรงดันปกติ และบางครั้งกระแสไฟฟ้าพลังงานมหาศาลที่พุ่งไปสู่ระบบไฟฟ้านี้ อาจทำให้ตู้ควบคุมและอุปกรณ์ในตู้ควบคุมอาจเสียหายถึงขั้นระเบิดได้

1.2. แรงดันที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Overvoltage)

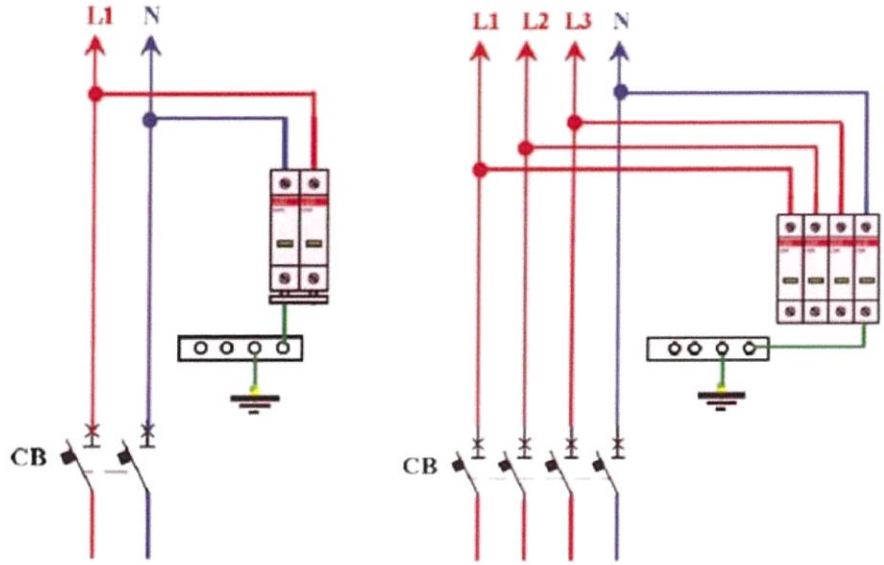
คือปรากฏการณ์ที่แรงดันเกินชั่วขณะจากการเปิด/ปิดอุปกรณ์ ที่มีองค์ประกอบพวก Inductive (ความเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า) หรือ Capacitive (ค่าความเก็บประจุ) แรงดันประเภทนี้อาจมีค่าสูง ประมาณ 3-5 เท่าของแรงดันใช้งานปกติและถึงแม้จะไม่สูงมากแต่มักทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานผิดปกติ หรือทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าสั้นลง

2. การนำไปใช้งาน

อุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะ เหมาะสำหรับนำไปใช้ในทุกงานที่ใช้พลังงานไฟฟ้า (ทั้งที่เชื่อมต่อกับสายส่งหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าใช้เองเฉพาะสถานที่นั้นๆ), สายโทรศัพท์ (เช่น โมเด็ม, แฟกซ์ และข้อมูล ฯลฯ), สายข้อมูลคอมพิวเตอร์และสายการสื่อสาร เป็นต้น การใช้งานเหล่านี้ล้วนต้องการอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากแรงดันสูงชั่วขณะที่มีประสิทธิภาพและมีความเชื่อถือได้ทั้งสิ้น เช่น ตัว PLC ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์หน้างานและอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด

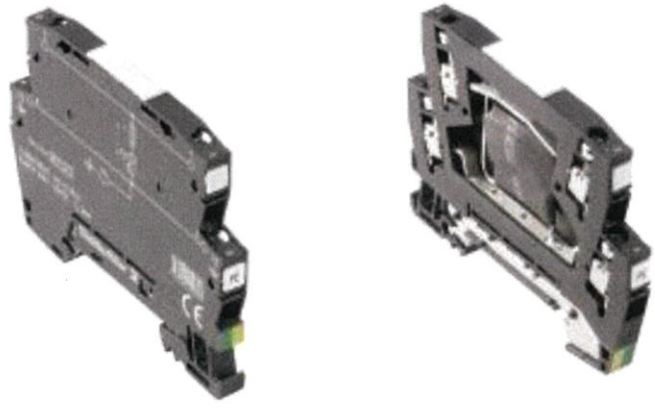
3. หลักการทำงาน

ความเสียหายอันเนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าสูงชั่วขณะสามารถป้องกันได้ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะจากฟ้าผ่า (Surge Protection Device; SPD) ซึ่งมีหน้าที่และหลักการคือลัดวงจรตัวเองในขณะที่เกิดแรงดันเกินจากฟ้าผ่า เพื่อทำให้กระแสภายใน SPD เปลี่ยนทิศทางวิ่งผ่านตัวเองลงกราวด์แทนที่จะเข้าไปทำอันตรายกับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในระบบ และในขณะเดียวกันแรงดันคร่อม SPD ก็จะถูกจำกัดไว้ที่ค่าระดับหนึ่งเพื่อไม่ให้สูงเกินไปจนเป็นอันตรายกับอุปกรณ์ไฟฟ้า จากนั้นเมื่อแรงดันภายใน SPD ผ่านลงกราวด์ไปแล้ว อุปกรณ์ SPD ก็จะทำการเปิดวงจรตัวเองกับมาสู่สถานะปกติเช่นเดิม

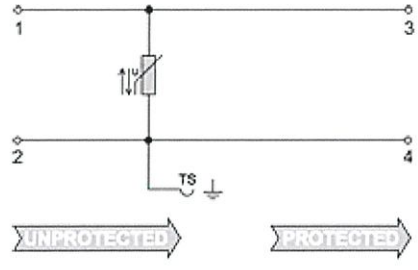


รูปที่ 2.12 การต่ออุปกรณ์ป้องกันไฟกระชาก

Surge Protection ยังมีอีกหลากหลายประเภท แล้วแต่ความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งในเนื้อหาที่ผ่านมาได้พูดถึง Surge Protection ของ Circuit Breaker ไปแล้ว และนี่ก็ยังเป็นอุปกรณ์ป้องกันไฟกระชากเหมือนกัน แต่ใช้กับอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ติดอยู่ภายนอกและเสี่ยงต่อปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ หรือ ฟ้าผ่า จึงต้องมีการใช้ Surge Protection ในการป้องกันไฟกระชากจากฟ้าผ่า ซึ่งหลักการทำงานจะเหมือนกัน ก็คือ ฟ้าผ่าที่ตัวอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์เกิดแรงดันสูง แรงดันไฟฟ้านั้นจะย้อนเข้าระบบจึงต้องมีการลัดวงจรตัวเองให้ลงกราวด์แทนที่จะเข้าระบบ



รูปที่ 2.13 Surge Protection สำหรับ อุปกรณ์ 24Vdc



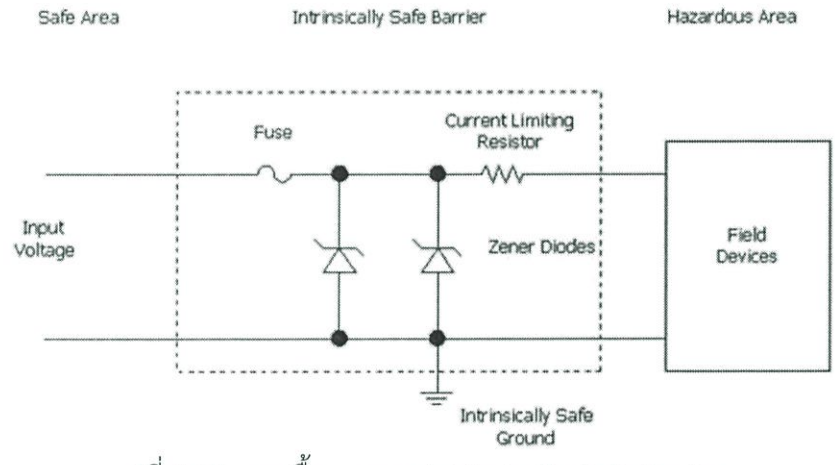
รูปที่ 2.14 วงจรภายในของ Surge Protection สำหรับ อุปกรณ์ 24Vdc

2.4.4. Intrinsically Safe (IS) [4]

คือ หลักการที่ใช้ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการระเบิดในสภาพแวดล้อมที่อันตราย ซึ่งสภาพแวดล้อมที่อันตรายนี้ หมายถึงพื้นที่ที่มีการปะปนของอยู่ของก๊าซหรือฝุ่นผงที่ไวไฟและมีโอกาสระเบิดได้โดยง่าย อุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปสามารถเกิดประกายไฟหรือเกิดความร้อนสูงจากการทำงาน จนเป็นเหตุจุดระเบิดส่วนผสมของก๊าซหรือฝุ่นผงไวไฟเหล่านั้นได้

การป้องกันอุปกรณ์ Intrinsically Safe ในพื้นที่อันตราย ต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์จำกัดพลังงาน โดยทั่วไปจะเรียกว่า อุปกรณ์ Intrinsically Safe นี้ว่า ***Barrier***

ภายใต้สภาวะการทำงานปกติ อุปกรณ์จำกัดพลังงาน (Barrier) จะอนุญาตให้ติดตั้งอยู่ในกระบวนการผลิตทำงานตามหน้าที่ปกติ เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะผิดปกติ มันจะทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันวงจรของอุปกรณ์ในพื้นที่ที่อันตราย โดยการป้องกันความดันและกระแสเกินกว่าอุปกรณ์ Intrinsically Safe จะทนได้



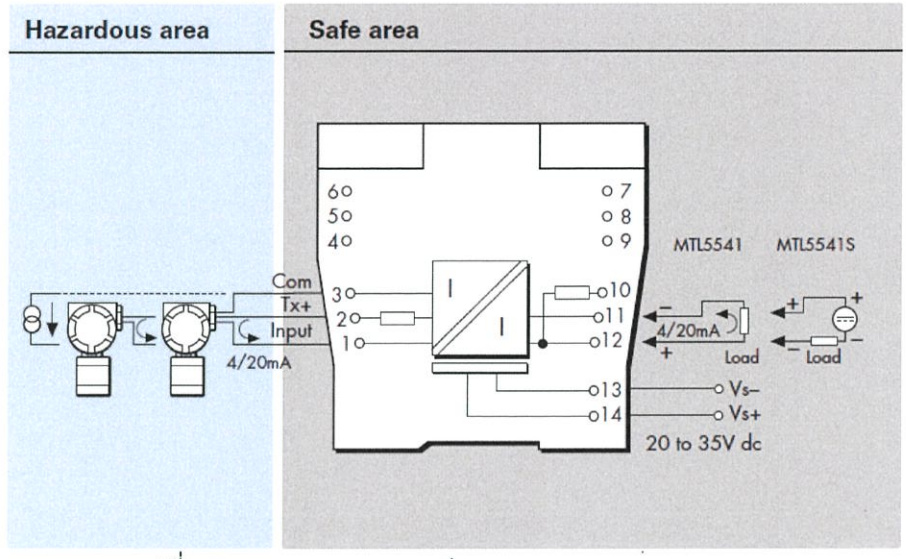
รูปที่ 2.15 วงจรพื้นฐานของ Intrinsically Safe Barrier

จากรูปที่ 2.15 วงจรพื้นฐานของ Intrinsically Safe Barrier จะมีชิ้นส่วนที่สำคัญอยู่ 3 ส่วนใน Barrier ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสและแรงดัน ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

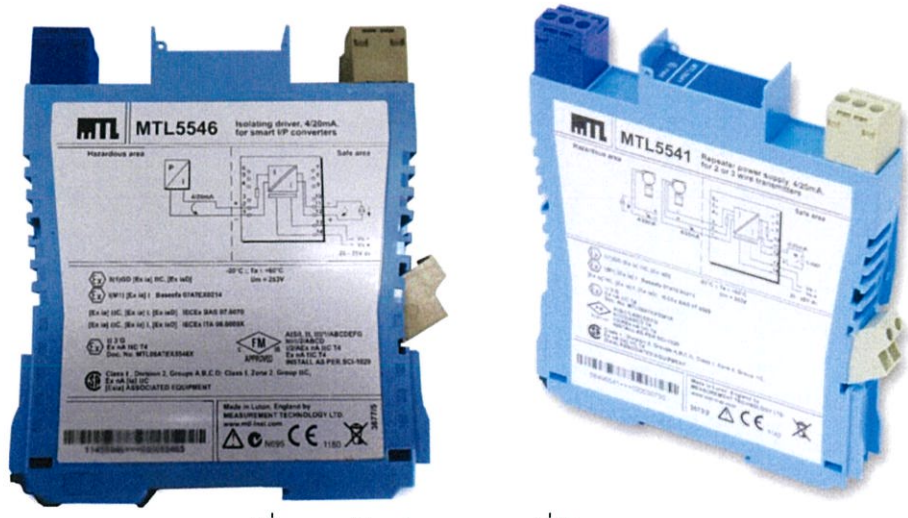
- ความต้านทาน
- ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diodes) อย่างน้อย 2 ตัว
- ฟิวส์

ความต้านทานทำหน้าที่เป็นตัวจำกัดกระแสที่ค่ากำหนด หรือที่รู้จักกันดีในค่ากระแสลัดวงจร (Isc) ซีเนอร์ไดโอดใช้ทำหน้าที่จำกัดแรงดันไฟฟ้า โดยถ้าแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าเปิดวงจร (Voc) ของตัวซีเนอร์ไดโอด จะทำให้ซีเนอร์ไดโอดนำกระแสและฟิวส์ละลายขาดออก ทำให้วงจรไฟฟ้าเปิดวงจร ซึ่งจะเป็นการป้องกันตัวซีเนอร์ไดโอดลุกไหม้และป้องกันค่าแรงดันไฟฟ้าออกไปยังอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ถูกติดตั้งอยู่ในพื้นที่อันตราย

โดยปกติแล้วจะมีการติดตั้งซีเนอร์ไดโอดอย่างน้อย 2 ตัวต่อกันแบบขนานกัน ในแต่ละ Intrinsically Safe Barrier สำหรับใช้เป็นตัวสำรองในการทำงาน ถ้าตัวใดตัวหนึ่งเกิดความผิดปกติขึ้น ตัวที่เหลืออยู่จะทำหน้าที่แทนได้



รูปที่ 2.16 การ Wiring ระหว่าง Instrument และ Barrier

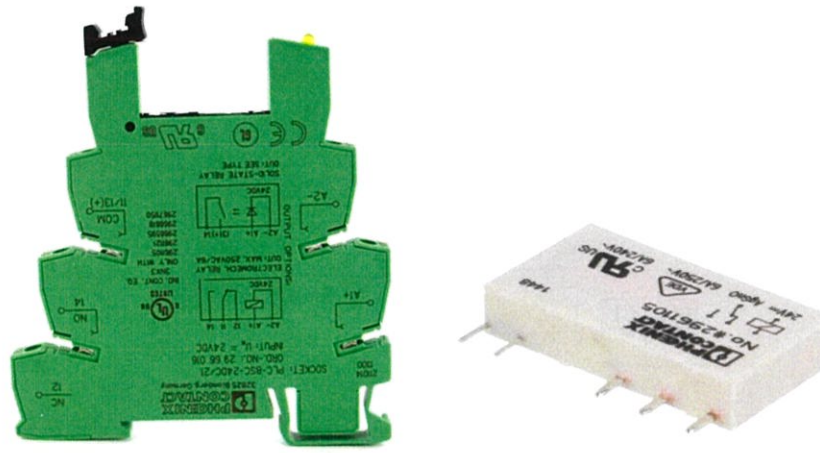


รูปที่ 2.17 ตัวอย่าง Barrier ยี่ห้อ MTL

2.4.5. Relay

Relay เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีใช้ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่เป็นสวิทช์ไฟ ตัด-ต่อวงจร โดยการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการดึงดูดหน้าสัมผัสของคอนแทคให้เปลี่ยนสภาวะ รีเลย์จะทำงานได้โดยการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวด เพื่อทำการปิดหรือเปิดหน้าสัมผัสคล้ายกับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเราสามารถนำรีเลย์ไปประยุกต์ใช้ ในการควบคุมวงจรต่างๆ ได้

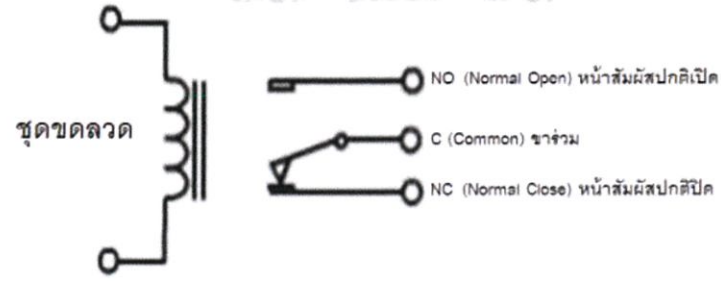
Relay นั้นมีหลากหลายประเภทมากมาย มีทั้ง Relay สำหรับกระแสสลับและกระแสตรง ขึ้นอยู่ที่ผู้ใช้งานจะเป็นออกแบบให้เหมาะสมกับงาน และในที่นี่จะพูดถึง Relay ที่ใช้ในโปรเจคนี้เป็นหลัก แต่หลักการการทำงานจะเหมือนกันกับ Relay ประเภทอื่นๆ



รูปที่ 2.18 Relay ยี่ห้อ Phoenix Contact (24Vdc)

โครงสร้างของ Relay จะประกอบไปด้วย

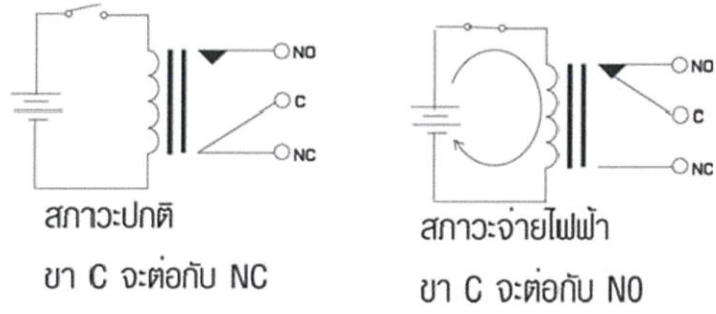
1. ชุดขดลวด
2. ขาร่วม (Common; C)
3. หน้าสัมผัสปกติแบบเปิด (Normal Open; NO)
4. หน้าสัมผัสปกติแบบปิด (Normal Close; NC)



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของ Relay

หลักการทำงานของ Relay

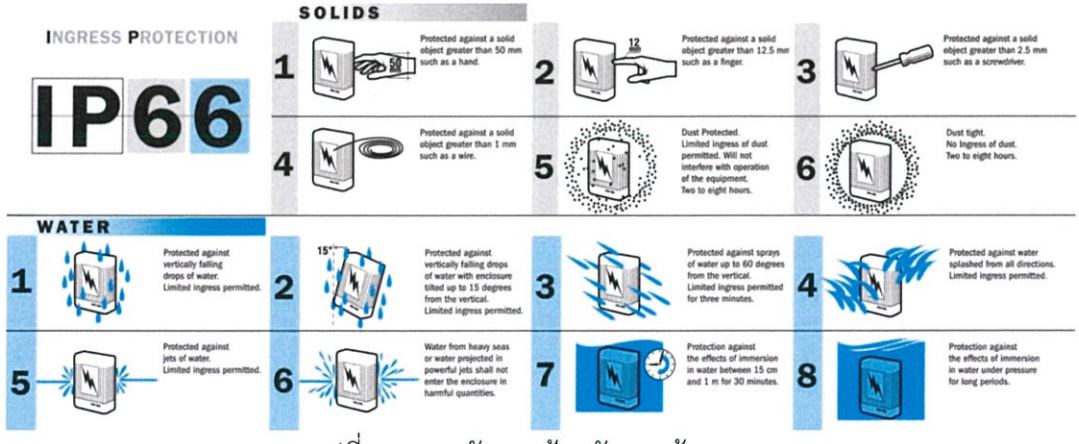
เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึง แผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา แตะหน้าสัมผัสอีกอันทาให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้



รูปที่ 2.20 สภาวะการทำงานของ Relay

2.5. มาตรฐานระดับการป้องกันตู้ควบคุม

ตู้ควบคุมเป็นตู้ที่ใช้สำหรับเก็บอุปกรณ์ที่ใช้งานภายในตู้ควบคุม ไม่ว่าจะเป็นตู้ไฟฟ้า ตู้ควบคุมหรือตู้ MCC (Motor Control Center) ต่างก็มีอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในตู้ เพราะฉะนั้นต้องคำนึงถึงการใช้งาน เช่น การติดตั้ง หากติดตั้งภายนอกอาคารอาจจะเสี่ยงถูกพายุหรือฝนฟ้า ทำให้อุปกรณ์ข้างในตู้ได้รับความเสียหาย จึงต้องมีระดับการป้องกันตู้ควบคุมขึ้น (Ingress Protection; IP) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ตู้ให้เหมาะกับงานได้



รูปที่ 2.21 ระดับการป้องกันของตู้ควบคุม

เลข IP นั้นจะมี 2 หลัก โดยหลักแรกจะหมายถึงการป้องกันจากของแข็ง และหลักหลังนั้นจะเป็นการป้องกันจากของเหลว

ยกตัวอย่างจากรูปที่ 2.21

IP 66 หมายถึง สามารถป้องกันฝุ่นได้และป้องกันแรงจากน้ำทะเลหรือน้ำฉีดรุนแรง

IP 20 หมายถึง สามารถป้องกันสิ่งแปลกปลอมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่12 มิลลิเมตร ขึ้นไปได้และไม่มีการป้องกันน้ำ

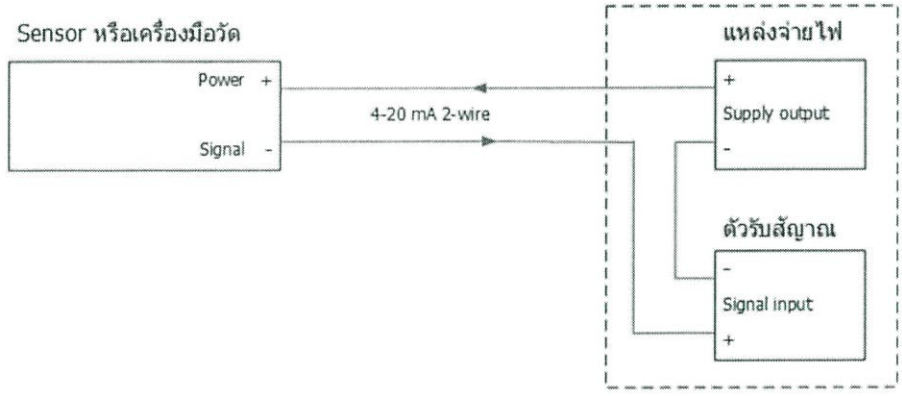
2.6. การต่อสายสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือวัดเข้าตัวพีแอลซี [5]

อุปกรณ์เครื่องมือวัดนั้นมีหลากหลายชนิดมากมาย ไม่ว่าจะเป็น Flow Meter, Level Switch, Solenoid Valve, Pressure Transmitter, Temperature Transmitter, Flow Indicator Gas Detector เป็นต้น ซึ่งการต่อสาย (Wiring) จากอุปกรณ์เหล่านี้ให้สอดคล้องกับพีแอลซีจึงต้องมีการศึกษาอุปกรณ์ต่างๆ

การต่อสาย (Wiring) จากอุปกรณ์เข้าพีแอลซีมีการต่ออยู่ 3 ประเภท ดังนี้

1. การต่อแบบ 2-wire

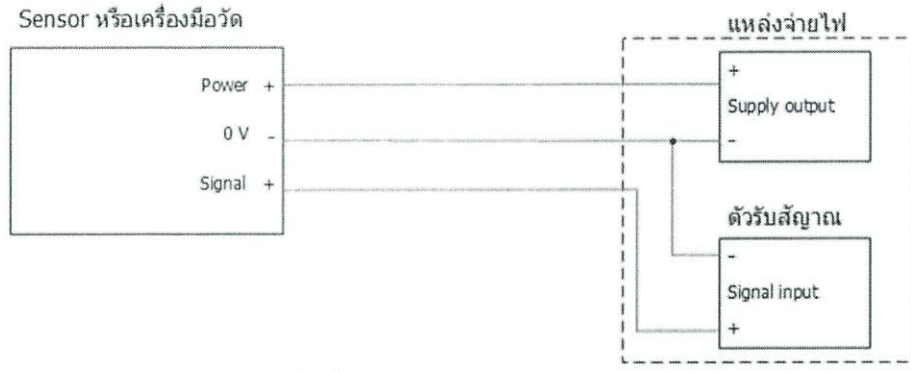
การต่อลักษณะนี้ถูกออกแบบมาเพื่อลดต้นทุนของการเดินสายไฟโดยสามารถส่งทั้งสัญญาณ Output และไฟเลี้ยงเครื่องมือวัดไปด้วยกันโดยใช้สายไฟเพียงแค่ 2 เส้น



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการต่อแบบ 2-wire

2. การต่อแบบ 3-wire

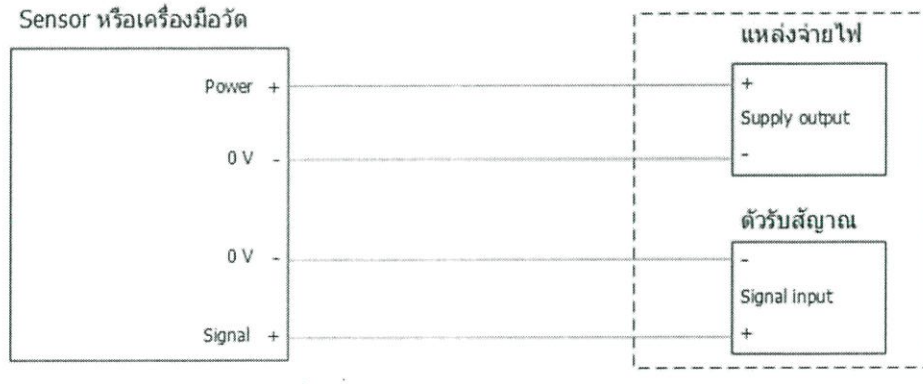
การต่อลักษณะนี้เป็นการต่อโดยใช้สาย Ground ร่วมกันระหว่างไฟเลี้ยงและตัวรับสัญญาณ โดยจะใช้สายไฟในการต่อ 3 เส้น



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการต่อแบบ 3-wire

3. การต่อแบบ 4-wire

การต่อลักษณะนี้จะเป็นการต่อที่ผู้ใช้ทั่วไปคุ้นชินและง่ายที่สุด เพราะสัญญาณ Output และไฟเลี้ยงจะถูกแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ถึงจะเป็นการต่อที่ง่ายก็จริงแต่ก็ทำให้เราต้องเพิ่มงบประมาณในการซื้อสายไฟมากขึ้นเพราะต้องใช้สายไฟถึง 4 เส้น แต่จะเกิดความผิดพลาดในการเชื่อมต่อได้น้อยที่สุด

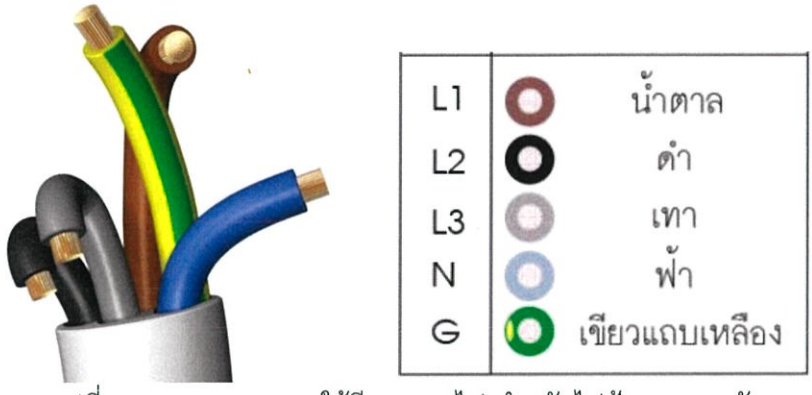


รูปที่ 2.24 ตัวอย่างการต่อแบบ 4-wire

2.7. การกำหนดสีและขนาดของสายไฟ

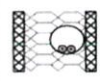
สายไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยกระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวนำพลังงานไฟฟ้าผ่านไปตามสายไฟจนถึงอุปกรณ์ไฟฟ้า สายไฟทำด้วยสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เรียกว่าตัวนำไฟฟ้า

การกำหนดสีของสายไฟถูกกำหนดโดย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) และเป็นมาตรฐานที่ใช้กันทั่วประเทศไทยโดยจะกำหนด ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 มาตรฐานการใช้สีของสายไฟ สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนการกำหนดขนาดของสายไฟนั้นต้องคำนึงถึงพิกัดการทนกระแสไฟฟ้าของสายไฟฟ้าเป็นสำคัญ ดังนั้นจึงต้องศึกษาโหลดที่ใช้งาน และเปรียบเทียบกับตาราง ดังตารางที่ 2.1

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1 กลุ่มสายเดี่ยวหรือสายหลายแกน หุ้มฉนวนมี/ไม่มีเปลือกนอก เดินในท่อโลหะหรือ อโลหะภายในผ้าเพดานที่เป็นฉนวนความร้อน หรือผนังกันไฟ			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3	
ลักษณะตัวนำไฟฟ้า	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง				
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60277 IEC 05, 60277 IEC 06, IEC 10, NYY, NYY-G, VCT, VCT-G, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่นสายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย เป็นต้น			
ขนาดสาย (ตร.มม)	ขนาดกระแส (Amp)			
1	10	10	9	9
1.5	13	12	12	11
2.5	17	16	16	15
4	23	22	21	20
6	30	28	27	25
10	40	37	37	34
16	53	50	49	45
25	70	65	64	59
35	86	80	77	72
50	104	96	94	86
70	131	121	118	109
95	158	145	143	131
120	183	167	164	150
150	209	191	188	171
185	238	216	213	194
240	279	253	249	227
300	319	219	285	259
400	-	-	-	-
500	-	-	-	-

ตารางที่ 2.1 ตารางเปรียบเทียบขนาดของสายไฟกับโหลดที่ใช้

2.8. ระบบ Interlock และ Control

ระบบ Interlock มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมอาหาร หรือ ปิโตรเลียมก็ตาม การควบคุมโดย Interlock เป็นการควบคุมความปลอดภัยอย่างหนึ่งที่สามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างการผลิต ซึ่งหลักการของระบบ Interlock จะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดอุบัติเหตุหรือความเสียหายของอุปกรณ์ เช่น หากมีการ Feed น้ำออกจากถัง แล้วน้ำเหลือในปริมาณที่น้อยมากๆ Interlock จะสั่งหยุดการทำงานของปั๊มทันที เพื่อป้องกันการ Run Dry ของปั๊ม ซึ่งอาจทำให้มอเตอร์ไหม้ได้ และจะไม่สามารถควบคุมการสั่งการได้จนกว่าจะมีการเพิ่มระดับน้ำในถัง เพื่อไม่ให้ผู้ใช้งานสั่งการทำงานของปั๊มได้จนกว่าจะมีระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งต่างกับระบบ Control ระบบนี้ก็จะทำงานคล้ายกัน และหากมีปริมาณน้ำเหลือในปริมาณที่น้อยมากๆ ระบบ Control ก็จะสั่งหยุดการทำงานของปั๊มทันที แต่ผู้ใช้งานยังสามารถควบคุมการทำงานของปั๊มได้ ซึ่งระบบ Interlock ถูกออกแบบมาเพื่อป้องกันความปลอยภัยจากผู้ใช้งานเป็นหลัก

2.9. Hazardous Zone [6]

คือ บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดอุบัติเหตุของการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาวะที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องครบองค์ประกอบร่วม 3 อย่างในระดับที่เหมาะสมได้แก่

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities) ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือละอองฝุ่นขนาด 0.1-0.001 มิลลิเมตร
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติ จะมีออกซิเจนประมาณ 21%)
3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งการจุดติดไฟนี้ สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เปลวไฟ, การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, มีความร้อนสูงสะสม และ การถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิต เป็นต้น

<u>การจำแนกเป็นโซน (Zone); ตามมาตรฐาน IEC</u>

การแบ่งพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน The International Electro technical Commission (IEC); IEC 60079-10 และ CEC Section 18 ซึ่งครอบคลุมสารไวไฟที่เป็นก๊าซ, ไอระเหยและหมอกฝุ่น (Gases, Vapors and Mists) แต่ไม่รวมฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) โดยให้ความตระหนักถึงโอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีการสะสมของสารไวไฟขึ้นได้ แบ่งโอกาสความเป็นไปได้ของการเกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) ออกเป็นโซน 0, โซน 1 และ โซน 2

1. Zone 0

คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น ถังเก็บน้ำมันใต้ดิน (ดูรูปที่ 2.26)

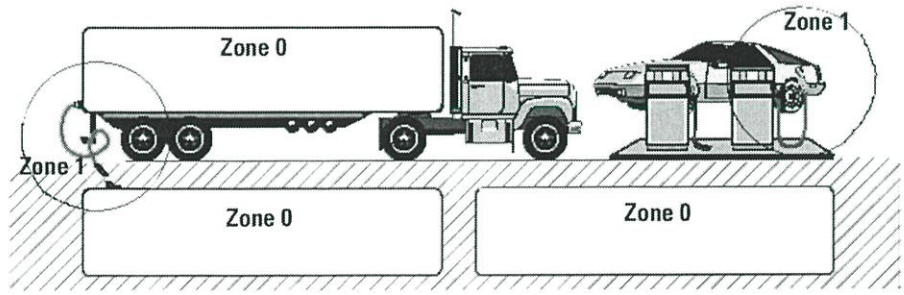
พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่ความเข้มข้นของสารนั้นในภาวะปกติมากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่างๆ เช่น เครื่องมือวัดระดับของเหลว และ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องวัดดังกล่าวจะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้น เพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมาก ทำให้เมื่อมีการเกิดลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊สหรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

2. Zone 1

คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ หรือเมื่อทำการซ่อมแซมเครื่องมืออุปกรณ์ในบริเวณดังกล่าว เช่น

- บริเวณที่มีการเติมน้ำมันเข้าถังน้ำมันรถยนต์ ดังในรูปที่ 2.26
- บริเวณรอบช่องเปิดของถังบรรจุ
- บริเวณรอบ Safety Valve และบริเวณใกล้กับ Seal ของ Pump หรือ Compressor
- จุดถ่ายเทสารไวไฟ
- บริเวณที่มีการถ่ายบรรจุแก๊ส

พื้นที่ใน Zone 1 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของสารนั้นในภาวะปกติ ระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมงต่อปี

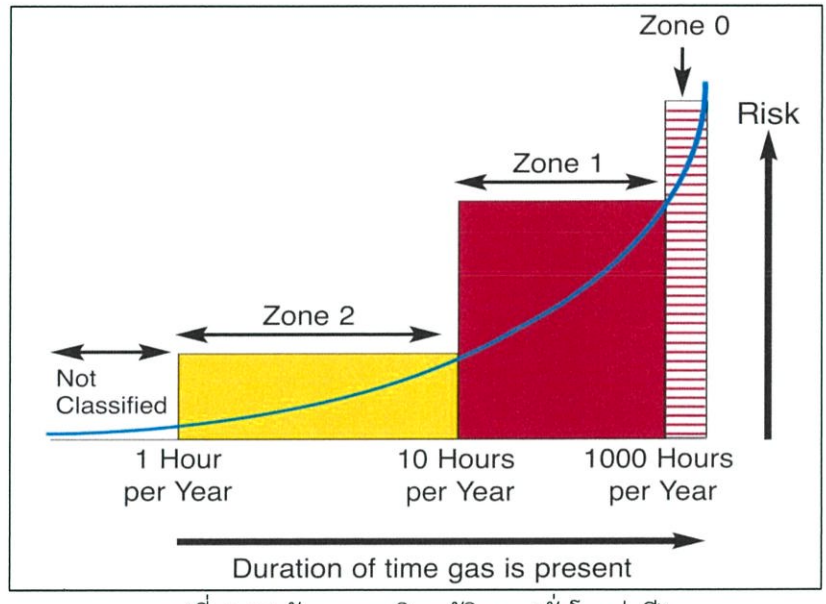


รูปที่ 2.26 การแบ่งโซน ตามมาตรฐาน IEC

3. Zone 2

คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟแทบไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ หรือโอกาสเกิดขึ้นได้นานๆครั้ง เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุในกระบวนการทำงานหรือการทำงานผิดปกติ หรือจะเกิดขึ้นเฉพาะภายในระยะเวลาสั้นๆ ไม่ปล่อยให้เกิดการรั่วไหลเป็นเวลานาน

พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของสารนั้นในภาวะปกติ น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.27 อัตราการเกิดอุบัติเหตุ (ชั่วโมงต่อปี)

2.10. Grounding System

สายดินที่ติดตั้งในระบบไฟฟ้า มีขึ้นเพื่อเสริมให้เกิดความปลอดภัยต่อการใช้ไฟฟ้า ในกรณีที่เกิดไฟรั่วลงบนโครงตู้ควบคุม กระแสไฟฟ้าส่วนที่รั่วออกมานี้ ก็จะใช้สายดินเป็นเส้นทางในการไหลลงดินแทนที่จะไหลผ่านร่างกายของมนุษย์ในกรณีที่เผลอไปสัมผัสนั่นเอง

ซึ่งสายดินจะทำงานได้โดยสมบูรณ์ ปลายสายด้านหนึ่งของสายดินต้องมีการต่อลงดินด้วยวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า ส่วนปลายสายอีกด้านหนึ่งต่อเข้ากับพื้นผิวหรือโครงของตู้ควบคุมและไม่เพียงแค่การป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ไฟฟ้าได้รับอันตรายจากการถูกไฟฟ้าดูดเท่านั้น แต่ในบางกรณี สายดินยังมีส่วนช่วยในการจัดการกับสัญญาณรบกวนอีกด้วย

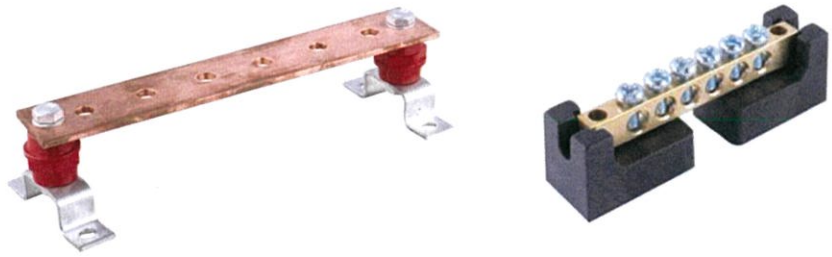
การทำงานของสายดิน

ธรรมชาติของไฟฟ้านั้น จะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีศักย์ทางไฟฟ้าสูงไปยังบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าน้อยกว่าหรือบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ ซึ่งพื้นโลกมีศักย์ทางไฟฟ้าเป็นศูนย์ และในระบบผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าส่วนหนึ่งนั้นก็ได้มีการต่อลงดิน เพื่อเทียบศักย์ไฟฟ้า

ถ้ามีการติดตั้งสายดินที่โครงของตู้ควบคุมเอาไว้ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วลงมาที่โครง กระแสไฟฟ้าที่รั่วออกมานั้น ก็จะเดินทางลงสู่ดินผ่านทางสายดิน ซึ่งเมื่อใดที่เราไปจับโครงที่มีการติดตั้งสายดิน ก็จะไม่ได้รับอันตรายจากกระแสไฟฟ้า เพราะไฟฟ้าเลือกที่จะไหลผ่านช่องทางที่สะดวกที่สุดซึ่งนั้นก็คือทางสายดิน แทนการไหลผ่านร่างกายมนุษย์ เนื่องจากเมื่อเทียบกันแล้วสายดินมีความต้านทานต่ำกว่าร่างกายมนุษย์หลายเท่า

รูปที่ 2.28 การต่อสายดิน

อุปกรณ์บางตัวที่อยู่ภายในตู้ควบคุมจะมีสัญลักษณ์สายดินติดอยู่ ซึ่งต้องการการต่อสายดิน เพราะฉะนั้นในตู้ควบคุมจึงต้อง Busbar สำหรับให้อุปกรณ์ภายในตู้ควบคุมที่ต้องการต่อสายดินมาต่อที่ Busbar นี้ โดยปกติแล้ว Busbar มักทำมาจากทองแดงเป็นหลัก เพื่อให้นำไฟฟ้าได้ดีนั่นเอง



รูปที่ 2.29 ตัวอย่าง Busbar ของ Grounding System

2.11. โปรแกรมที่ใช้ในการทำงาน

2.11.1. ZWcad

คำว่า CAD ย่อมาจากคำว่า Computer Aided Design หมายถึงโปรแกรมที่ช่วยในงานออกแบบและเขียนแบบ ซึ่งในอดีตคอมพิวเตอร์ยังไม่แพร่หลายมักนัก เนื่องจากราคาสูงและขีดความสามารถที่จำกัด เมื่อคอมพิวเตอร์ ได้พัฒนาขีดความสามารถให้สูงขึ้นและมีราคาลดลง ประกอบกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ที่สูงขึ้น ทำให้มีผู้ใช้งาน โปรแกรมออกแบบเขียนแบบมากขึ้นตามลำดับ

รูปที่ 2.30 โปรแกรมเขียนแบบ ZWcad

การใช้โปรแกรม CAD มาช่วยงานออกแบบเขียนแบบ นิยมใช้ในหลากหลายอุตสาหกรรมในปัจจุบัน เช่น อุตสาหกรรมการผลิต สถาปัตยกรรม ก่อสร้าง วิศวกรรมเครื่องจักร และเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น เนื่องจาก ทำงานได้หลากหลาย ในขณะที่การเขียนแบบด้วยมือ ไม่สามารถทำได้ในเรื่องของความแม่นยำในการทำงานสูง มีเครื่องมือช่วยในการแก้ไขงานหรือขั้นตอนการทำงานแบบเดียวกันซ้ำไปซ้ำมาทำได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น สามารถสรุปรวม ได้ดังนี้

1. ช่วยแก้ไขงานชิ้นเดิมให้เร็วขึ้น
2. มีความแม่นยำสูงและลดเวลาในการทำงาน
3. ลดเวลาในการค้นหาและเก็บรักษาได้สะดวก
4. นำเสนองานได้อย่างมืออาชีพและเข้าใจแบบง่ายกว่า
5. ใช้เป็นมาตราฐานในงานต่อไป

บทที่ 3
การออกแบบระบบตู้ควบคุมกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล

3.1. กล่าวนำ

สำหรับบทนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดของขอบเขตการดำเนินงาน และวิธีการดำเนินงานในขั้นตอนต่างๆ นอกจากนี้ยังต้องศึกษาอุปกรณ์ อินพุต-เอาต์พุต และความสัมพันธ์ต่างๆของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เพื่อให้การออกแบบระบบตู้ควบคุมสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความทันสมัย สะดวก ง่ายต่อการใช้งานและการบำรุงรักษา

3.2. ศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการการผลิตให้สอดคล้องกับตัวพีแอลซี

ในการทำงานจำเป็นต้องศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่บริเวณหน้างาน และศึกษาหลักการทำงานของ Instrument ชนิดนั้นๆ รวมทั้งการศึกษา Wiring Diagram และศึกษา Instrument แต่ละตัวมีอินพุตหรือเอาต์พุตเท่าไหร่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่จะต้องรู้ เพื่อที่จะนำมาออกแบบให้เข้ากับตัว PLC และเพื่อความเข้าใจขอยกตัวอย่างจากแท็กของ Level Switch ให้เห็นว่า Level Switch หนึ่งตัวต้องมี Wiring Diagram อย่างไรบ้าง

ตัวอย่างที่ 1

FIELD TAG NO.	PLC TAG NO.	INSTRUMENT DESCRIPTION	SERVICE	I/O TYPE	IS / NIS
LS-10011	LS_10011	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PFAD STORAGE TANK	DI	IS
LS-10017	LS_10017	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	RGL STORAGE TANK	DI	IS
LS-10020	LS_10020	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PHA STORAGE TANK	DI	IS
LS-10029	LS_10029	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PS STORAGE TANK	DI	IS
LS-10032	LS_10032	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	NM STORAGE TANK A	DI	IS
LS-10035	LS_10035	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	NM STORAGE TANK B	DI	IS
LS-10038	LS_10038	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	HCL STORAGE TANK	DI	IS
LS-10041	LS_10041	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK A	DI	IS
LS-10043	LS_10043	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK B	DI	IS
LS-10045	LS_10045	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK C	DI	IS
LS-10047	LS_10047	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK D	DI	IS
LS-10060	LS_10060	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	ME PITCH STORAGE TANK	DI	IS
LS-21002	LS_21002	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	FUEL OIL TANK (21T001)	DI	IS
LS-21004	LS_21004	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	FUEL OIL TANK (21T002)	DI	IS

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างแท็กของ Level Switch

Level Switch ในที่นี้จะเป็นการนำเอาสถานะ (Status) ของตัวอุปกรณ์ส่งให้กับตัว I/O Module หรือ Digital Input Module ก่อนเข้าสู้ตัว PLC และ Level Switch ยังถูกติดอยู่ในถังเก็บน้ำมันอาจทำให้เกิดการระเบิดได้ จึงต้องมีการป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการระเบิด (Intrinsically Safe) โดยการต่อเข้ากับ Barrier และมีลักษณะการต่อแบบ 2-wire

ตัวอย่างที่ 2

FIELD TAG NO.	PLC TAG NO.	INSTRUMENT DESCRIPTION	SERVICE	I/O TYPE	IS / NIS
LT-10001	LT_10001	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	CPO STORAGE TANK A	AI	IS
LT-10004	LT_10004	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	CPO STORAGE TANK B	AI	IS
LT-10007	LT_10007	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	CPO STORAGE TANK C	AI	IS
LT-10022	LT_10022	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	RPO STORAGE TANK A	AI	IS
LT-10025	LT_10025	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	RPO STORAGE TANK B	AI	IS
LT-10049	LT_10049	DP LEVEL TRANSMITTER	B100 STORAGE TANK A (10T010A)	AI	IS
LT-10050	LT_10050	DP LEVEL TRANSMITTER	B100 STORAGE TANK B (10T010B)	AI	IS
LT-10053	LT_10053	DP LEVEL TRANSMITTER	B100 STORAGE TANK A (10T011A)	AI	IS
LT-10056	LT_10056	DP LEVEL TRANSMITTER	B100 STORAGE TANK B (10T011B)	AI	IS
LT-10065	LT_10065	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	CGL STORAGE TANK A	AI	IS
LT-10068	LT_10068	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	CGL STORAGE TANK B	AI	IS
LT-10071	LT_10071	DP LEVEL TRANSMITTER WITH DIAPHRAGM SEAL	FATTY ACID STORAGE TANK	AI	IS

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างแท็กของ Level Transmitter

Level Transmitter ในที่นี้จะเป็นการนำเอาสถานะ (Status) ของตัวอุปกรณ์ส่งให้กับตัว Analog Input Module ก่อนเข้าสู้ตัว PLC และ Level Transmitter ยังถูกติดอยู่ในถังเก็บน้ำมัน อาจทำให้เกิดการระเบิดได้ จึงต้องมีการป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการระเบิด (Intrinsically Safe) โดยการต่อเข้ากับ Barrier และมีลักษณะการต่อแบบ 2-wire

ตัวอย่างที่ 3

FIELD TAG NO.	PLC TAG NO.	INSTRUMENT DESCRIPTION	SERVICE	I/O TYPE	IS / NIS
GDT-10001	GDT_10001	GAS DETECTOR	MEOH STORAGE TANK A	AI	NIS
GDT-10002	GDT_10002	GAS DETECTOR	MEOH STORAGE TANK B	AI	NIS
GDT-10003	GDT_10003	GAS DETECTOR	MEOH STORAGE TANK C	AI	NIS
GDT-10004	GDT_10004	GAS DETECTOR	MEOH STORAGE TANK D	AI	NIS
GDT-10005	GDT_10005	GAS DETECTOR	NM STORAGE TANK A	AI	NIS
GDT-10006	GDT_10006	GAS DETECTOR	NM STORAGE TANK B	AI	NIS
GDT-10007	GDT_10007	GAS DETECTOR	MEOH TRANSFER PUMP A-B	AI	NIS
GDT-10008	GDT_10008	GAS DETECTOR	MEOH UNLOADING PUMP A-B	AI	NIS
GDT-10009	GDT_10009	GAS DETECTOR	NM TRANSFER PUMP A-B	AI	NIS
GDT-10010	GDT_10010	GAS DETECTOR	NM UNLOADING PUMP	AI	NIS

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างแท็กของ Gas Detector

Gas Detector ในที่นี้จะเป็นการนำเอาสถานะ (Status) ของตัวอุปกรณ์ส่งให้กับตัว Analog Input Module ก่อนเข้าสู้ตัว PLC และ Gas Detector เป็นอุปกรณ์ตรวจจับแก๊สเมื่อแก๊สรั่ว จึงไม่จำเป็นต้องต่อเข้ากับ Barrier และมีลักษณะการต่อแบบ 3-wire

3.3. จัดทำเอกสารรายการอินพุต/เอาท์พุต และกำหนด Address ให้กับอุปกรณ์

เป็นการกำหนด Address ของอุปกรณ์หน้างาน ให้เข้ากับตัวพีแอลซี โดยกำหนดให้ IO Address ที่ขึ้นต้นด้วย “I” เป็น Digital Input, “Q” เป็น Digital Output, “PIW” เป็น Analog Input และ “PQW” เป็น Analog Output ดังตารางที่ 3.4

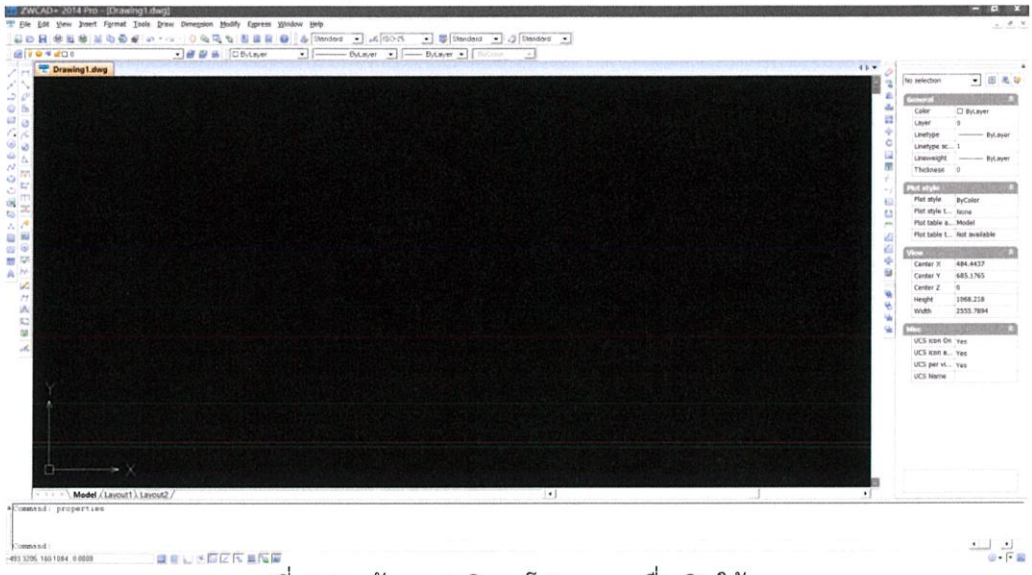
FIELD TAG NO.	PLC TAG NO.	INSTRUMENT DESCRIPTION	SERVICE	IO address	RACK	SLOT	CHANNAL	IO TYPE	IS / NIS
LS-10011	LS_10011	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PFAD STORAGE TANK	I0.0	1	1	0	DI	IS
LS-10017	LS_10017	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	RGL STORAGE TANK	I0.1	1	1	1	DI	IS
LS-10020	LS_10020	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PHA STORAGE TANK	I0.2	1	1	2	DI	IS
LS-10029	LS_10029	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	PS STORAGE TANK	I0.3	1	1	3	DI	IS
LS-10032	LS_10032	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	NM STORAGE TANK A	I0.4	1	1	4	DI	IS
LS-10035	LS_10035	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	NM STORAGE TANK B	I0.5	1	1	5	DI	IS
LS-10038	LS_10038	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	HCL STORAGE TANK	I0.6	1	1	6	DI	IS
LS-10041	LS_10041	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK A	I0.7	1	1	7	DI	IS
LS-10043	LS_10043	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK B	I1.0	1	1	8	DI	IS
LS-10045	LS_10045	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK C	I1.1	1	1	9	DI	IS
LS-10047	LS_10047	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	MEOH STORAGE TANK D	I1.2	1	1	10	DI	IS
LS-10060	LS_10060	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	ME PITCH STORAGE TANK	I1.3	1	1	11	DI	IS
LS-21002	LS_21002	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	FUEL OIL TANK (21T001)	I1.4	1	1	12	DI	IS
LS-21004	LS_21004	LEVEL SWITCH (VIBRATION TUNING FORK)	FUEL OIL TANK (21T002)	I1.5	1	1	13	DI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	I1.6	1	1	14	DI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	I1.7	1	1	15	DI	IS
YS-10001	YS_10001	GROUNDING MONITORING SYSTEM	NM UNLOADING PUMP	I2.0	1	1	16	DI	IS
YS-10002	YS_10002	GROUNDING MONITORING SYSTEM	MEOH UNLOADING PUMP A-B	I2.1	1	1	17	DI	IS
ZSC-10006	ZSC_10006	ON/OFF VALVE - POSITION SWITCH CLOSE	RGL STORAGE TANK	I2.2	1	1	18	DI	IS
ZSO-10006	ZSO_10006	ON/OFF VALVE - POSITION SWITCH OPEN	RGL STORAGE TANK	I2.3	1	1	19	DI	IS
XY-10001	XY_10001	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	CPO STORAGE TANK A	Q2.0	1	4	16	DO	NIS
XY-10002	XY_10002	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	CPO STORAGE TANK B	Q2.1	1	4	17	DO	NIS
XY-10003	XY_10003	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	CPO STORAGE TANK C	Q2.2	1	4	18	DO	NIS
XY-10008	XY_10008	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	RPO STORAGE TANK A	Q2.3	1	4	19	DO	NIS
XY-10009	XY_10009	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	RPO STORAGE TANK B	Q2.4	1	4	20	DO	NIS
XY-10018	XY_10018	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	B100 STORAGE TANK A (10T010A)	Q2.5	1	4	21	DO	NIS
XY-10019	XY_10019	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	B100 STORAGE TANK B (10T010B)	Q2.6	1	4	22	DO	NIS
XY-10020	XY_10020	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	B100 STORAGE TANK A (10T011A)	Q2.7	1	4	23	DO	NIS
XY-10021	XY_10021	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	B100 STORAGE TANK B (10T011B)	Q3.0	1	4	24	DO	NIS
XY-10024	XY_10024	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	CGL STORAGE TANK A	Q3.1	1	4	25	DO	NIS
XY-10025	XY_10025	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	CGL STORAGE TANK B	Q3.2	1	4	26	DO	NIS
XY-10026	XY_10026	ON/OFF VALVE - SOLENOID VALVE	FATTY ACID STORAGE TANK	Q3.3	1	4	27	DO	NIS
SPARE	SPARE		SPARE	Q3.4	1	4	28	DO	NIS
SPARE	SPARE		SPARE	Q3.5	1	4	29	DO	NIS
SPARE	SPARE		SPARE	Q3.6	1	4	30	DO	NIS
SPARE	SPARE		SPARE	Q3.7	1	4	31	DO	NIS
LT-13003	LT_13003	DP LEVEL TRANSMITTER	LP STEAM FLASH DRUM	PIW170	2	6	5	AI	IS
LT-13004	LT_13004	DP LEVEL TRANSMITTER	LLP STEAM FLASH DRUM	PIW172	2	6	6	AI	IS
PT-13001	PT_13001	PRESSURE TRANSMITTER	MP STEAM DESUPERHEATER	PIW174	2	6	7	AI	IS
PT-13002	PT_13002	PRESSURE TRANSMITTER	LP STEAM DESUPERHEATER	PIW176	2	7	0	AI	IS
PT-13003	PT_13003	PRESSURE TRANSMITTER	LP STEAM FLASH DRUM	PIW178	2	7	1	AI	IS
PT-13004	PT_13004	PRESSURE TRANSMITTER	LLP STEAM FLASH DRUM	PIW180	2	7	2	AI	IS
PT-13005	PT_13005	PRESSURE TRANSMITTER	LLP STEAM FLASH DRUM	PIW182	2	7	3	AI	IS
FT-10016	FT_10016	VARIABLE AREA FLOW TRANSMITTER	PFAD TO PRE-TREATMENT PROCESS	PIW184	2	7	4	AI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PIW186	2	7	5	AI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PIW188	2	7	6	AI	IS
TT-13002	TT_13002	TEMPERATURE TRANSMITTER WITH THERMOWELL	LP STEAM DESUPERHEATER	PIW190	2	7	7	AI	IS
TT-13003	TT_13003	TEMPERATURE TRANSMITTER WITH THERMOWELL	LP STEAM FLASH DRUM	PIW192	2	8	0	AI	IS
TT-13004	TT_13004	TEMPERATURE TRANSMITTER WITH THERMOWELL	LLP STEAM FLASH DRUM	PIW194	2	8	1	AI	IS
FT-15001	FT_15001	VARIABLE AREA FLOW TRANSMITTER	MAKE-UP WATER FROM 17T001	PIW196	2	8	2	AI	IS
FT-15002	FT_15002	ANNUBAR FLOWMETER	COOLING WATER SUPPLY TO HEADER DISTRIBUTION	PIW198	2	8	3	AI	IS
LT-15001	LT_15001	LEVEL TRANSMITTER (RADAR)	COOLING TOWER AND COOLING WATER BASIN PACKAGE	PIW200	2	8	4	AI	IS
PT-15006	PT_15006	PRESSURE TRANSMITTER	COOLING WATER SUPPLY TO HEADER DISTRIBUTION	PIW202	2	8	5	AI	IS
TT-15001	TT_15001	TEMPERATURE TRANSMITTER WITH THERMOWELL	CW RETURN FROM HEADER DISTRIBUTION	PIW204	2	8	6	AI	IS
TT-15002	TT_15002	TEMPERATURE TRANSMITTER WITH THERMOWELL	COOLING WATER SUPPLY TO HEADER DISTRIBUTION	PIW206	2	8	7	AI	IS
TT-803	TT_803	TEMPERATURE TRANSMITTER	WATER FEED TO PLATE HEAT EXCHANGER	PIW208	2	9	0	AI	IS
TT-804	TT_804	TEMPERATURE TRANSMITTER	WATER FEED FROM CHILLED WATER TANK PUMP TO CHILLING UNIT	PIW210	2	9	1	AI	IS
TT-805	TT_805	TEMPERATURE TRANSMITTER	WATER FEED FROM HOTWELL PUMP TO HEAT EXCHANGER	PIW212	2	9	2	AI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PIW214	2	9	3	AI	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PIW216	2	9	4	AI	IS
TCV-10004	TCV_10004	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN PFAD STORAGE TANK	PQW080	3	5	0	AO	IS
TCV-10006	TCV_10006	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN RGL STORAGE TANK	PQW082	3	5	1	AO	IS
TCV-10010	TCV_10010	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN PS STORAGE TANK	PQW084	3	5	2	AO	IS
TCV-10022	TCV_10022	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN ME PITCH STORAGE TAN	PQW086	3	5	3	AO	IS
TCV-21001	TCV_21001	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN FUEL OIL TANK (21T001)	PQW088	3	5	4	AO	IS
TCV-21003	TCV_21003	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN FUEL OIL TANK (21T002)	PQW090	3	5	5	AO	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PQW092	3	5	6	AO	IS
FCV-10007	FCV_10007	CONTROL VALVE	FATTY ACID FROM 10P015	PQW094	3	5	7	AO	IS
TCV-10008	TCV_10008	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN RPO STORAGE TANK A	PQW096	3	6	0	AO	IS
TCV-10009	TCV_10009	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN RPO STORAGE TANK B	PQW098	3	6	1	AO	IS
TCV-10024	TCV_10024	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN CGL STORAGE TANK A	PQW100	3	6	2	AO	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PQW102	3	6	3	AO	IS
TCV-10001	TCV_10001	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN CPO STORAGE TANK A	PQW104	3	6	4	AO	IS
TCV-10002	TCV_10002	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TO HEATING COIL IN CPO STORAGE TANK B	PQW106	3	6	5	AO	IS
TCV-10003	TCV_10003	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN CPO STORAGE TANK C	PQW108	3	6	6	AO	IS
TCV-10025	TCV_10025	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN CGL STORAGE TANK B	PQW110	3	6	7	AO	IS
TCV-10026	TCV_10026	CONTROL VALVE	LOW PRESSURE STEAM TOHEATING COIL IN FATTY ACID STORAGE TA	PQW032	3	7	0	AO	IS
SPARE	SPARE		SPARE	PQW034	3	7	1	AO	IS

ตารางที่ 3.4 กำหนด IO Address

3.4. การออกแบบด้วยโปรแกรม ZWcad

4.4.1 การใช้โปรแกรมและสัญลักษณ์ของโปรแกรม ZWcad

โปรแกรม ZWcad คือ โปรแกรมการเขียนแบบที่มีผู้ใช้งานหลากหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านอุตสาหกรรม สถาปนิก และอื่น ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติที่สามารถใช้งานได้ทั้งในงาน 2 มิติ และงาน 3 มิติ ในที่นี่จะพูดถึงการออกแบบในรูปแบบ 2 มิติ



รูปที่ 3.1 หน้าจอปกติของโปรแกรมเมื่อเปิดใช้งาน

1. การสั่งงานด้วยเมาส์ (Mouse)
   - คลิกซ้ายของเมาส์ จะเป็นการเลือกเมนูต่างๆหรือเลือกคำสั่งที่ใช้ออกแบบวัตถุที่กำลังวาดอยู่ได้
   - การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางขวา สามารถคลุมเพื่อเลือกวัตถุที่อยู่ในกรอบและไม่ต้องการส่วนที่อยู่นอกกรอกได้ ตัวอย่างดังรูปที่ 3.2 เมื่อคลุมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะได้วัตถุที่อยู่ในกรอบ คือ “MIT”

รูปที่ 3.2 การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางขวา

- การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางซ้าย สามารถคลุมเพื่อเลือกวัตถุที่อยู่ในกรอบและนอกกรอกได้ ดังรูปที่ 3.3 เมื่อคลุมเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะได้วัตถุที่อยู่ในกรอบ คือ “KMITL”

รูปที่ 3.3 การคลิกซ้ายของเมาส์เพื่อคลุมวัตถุไปทางซ้าย

- เมาส์แบบมีล้อ (Wheel mouse) จะมีปุ่มกลางเป็นล้อ เราสามารถหมุนล้อเดินหน้าหรือถอยหลังได้ เพื่อย่อขยายวัตถุและกดเมื่อต้องการขยับซ้าย/ขวา
- การคลิกขวาของเมาส์เป็นการเลือกคำสั่ง ดังรูปที่ 3.4

รูปที่ 3.4 Popup เมื่อคลิกขวาของเมาส์

2. สัญลักษณ์และคำสั่งที่สำคัญที่มักใช้ในการออกแบบ

รูป	การใช้งาน	รูป	การใช้งาน	รูป	การใช้งาน
	ใช้วัดระยะของวัตถุที่เป็นเส้นตรง		Erase		Line
			Copy		Construction Line
			Mirror		Polyline
			Offset		Polygon
	ใช้วัดรัศมีและเส้นผ่านศูนย์กลางของวัตถุที่เป็นวงกลม		Array		Rectangle
			Move		3 Points
			Rotate		Circle
			Scale		Revcloud
	ใช้วัดระยะของวัตถุที่เป็นเส้นตรง		Stratch		Spline
			Trim		Ellipse
			Extend		Ellipse Arc
			Break at Point		Insert Block
	ใช้วัดระยะหาจุดกึ่งกลางของวัตถุที่เป็นเส้นตรง		Break		Make Block
			Join		Point
			Chamfer		Hatch
			Fillet		Region
			Explode		Table
	แก้ไขเส้นและขนาดของตัวอักษรที่ใช้วัด		Purge		Text
	กำหนดความโค้ง				

ตารางที่ 3.5 สัญลักษณ์และคำสั่งที่ใช้ออกแบบ

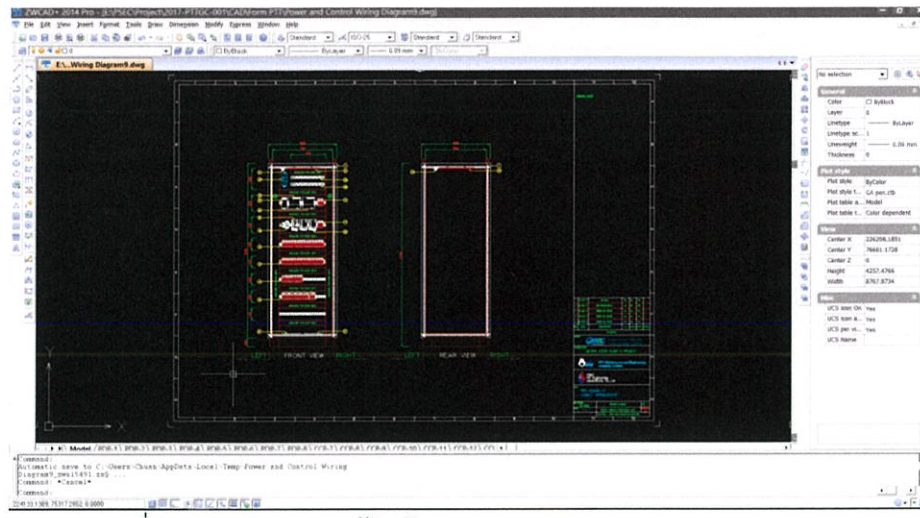
4.4.2 การออกแบบ Layout

เริ่มจากการแยกตู้ควบคุม โดยแบ่งเป็น 7 ตู้ ซึ่งประกอบด้วย ตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP), ตู้พีแอลซี, ตู้ Marshalling ซึ่งแบ่งออกเป็นตู้ป้องกันอุปกรณ์ระเบิด (Intrinsically Safe) จำนวน 2 ตู้ โดยแยกเป็น Analog และ Digital และตู้สำหรับอุปกรณ์ที่ไม่ใช่ (None Intrinsically Safe) จำนวน 1 ตู้, ตู้ควบคุมทำงานของมอเตอร์ (Interposing Relay Panel; IRP), และตู้ Server

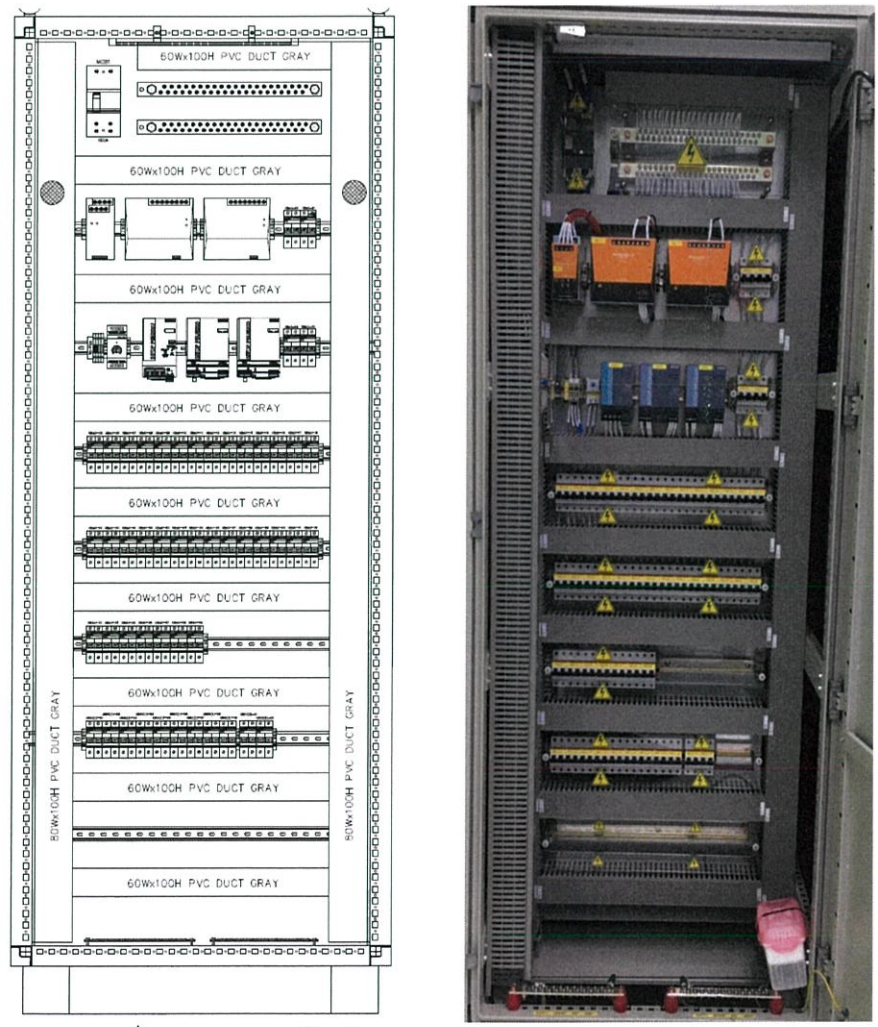
ซึ่งก่อนที่จะออกแบบ เราต้องทราบถึงขนาดตู้ที่ต้องการออกแบบ, แผ่น Plate ที่จะติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมด รวมถึงการเดินสายไฟ (Wiring)

1. ตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP)

เป็นตู้ที่รวม Circuit Breaker ไว้ในตู้นี้ ก่อนที่จะจ่ายไฟฟ้าไปยังตู้อื่นๆ โดยตู้นี้จะมี Main Circuit Breaker ขนาด 160A (คำนวณจากโหลดทั้งหมดอยู่ที่ 134A) ซึ่งรับไฟฟ้ามาจากภายนอกขนาด 1 เฟส 220V ก่อนจะจ่ายให้กับ Circuit Breaker ขนาด 10A และจ่ายให้กับ Power Supply เพื่อนำไฟ 24Vdc ไปใช้ให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น I/O Modules, Relay, Barrier เป็นต้น



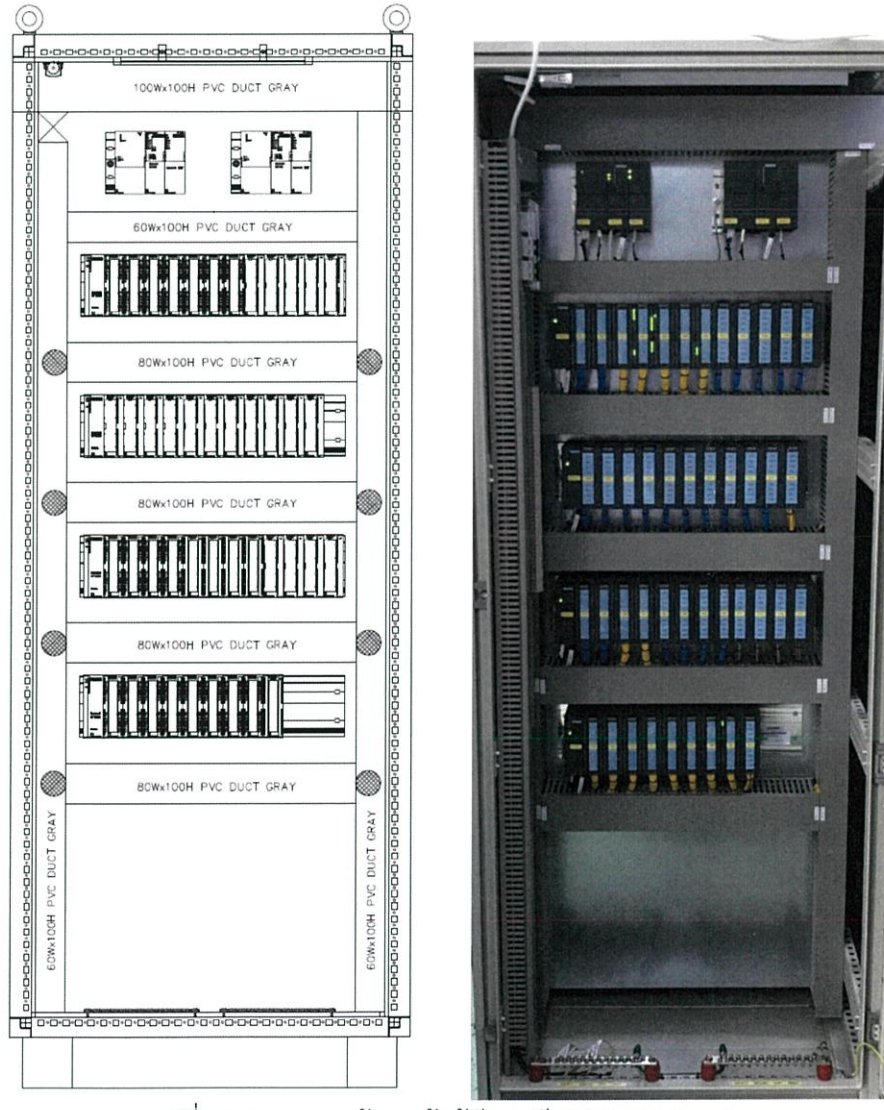
รูปที่ 3.5 การออกแบบตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP)



รูปที่ 3.6 Layout ตู้ไฟฟ้า (Power Distribution Panel; PDP)

2. ตู้พีแอลซี (PLC Cabinet)

การออกแบบและการจัดเรียงพีแอลซี จะแบ่งตาม Rack โดยจะมีทั้งหมด 4 Rack สำหรับ Remote I/O และ I/O Module และ 2 Rack สำหรับ ตัวพีแอลซี เหตุผลที่มีพีแอลซี 2 ตัว เพราะ ถ้าพีแอลซีตัวที่แรกเกิดพังหรือได้รับความเสียหาย จะทำการปิดพีแอลซีตัวแรก แล้วให้พีแอลซีตัวที่สองทำงานแทน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการทำงาน เนื่องจากเป็นการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล หากไล่การควบคุมจากพีแอลซีได้อาจเกิดการระเบิดและความเสียหายได้ เช่น อุณหภูมิสูงเกินไป หรือแรงดันสูงเกินพิกัด เป็นต้น



รูปที่ 3.7 Layout ด้านหน้าตู้พีแอลซี (PLC Cabinet)

โดยจะเห็นได้ว่า I/O Module จะมีทั้งหมด 44 Modules โดยแบ่งได้ตาม Rack ดังตารางที่ 3.6

	Digital Input	Digital Output	Analog Input	Analog Output
Rack 1	3	4	5	-
Rack 2	-	-	11	-
Rack 3	4	-	4	4
Rack 4	5	3	-	1

ตารางที่ 3.6 จำนวน I/O Module ที่แยกตาม Rack

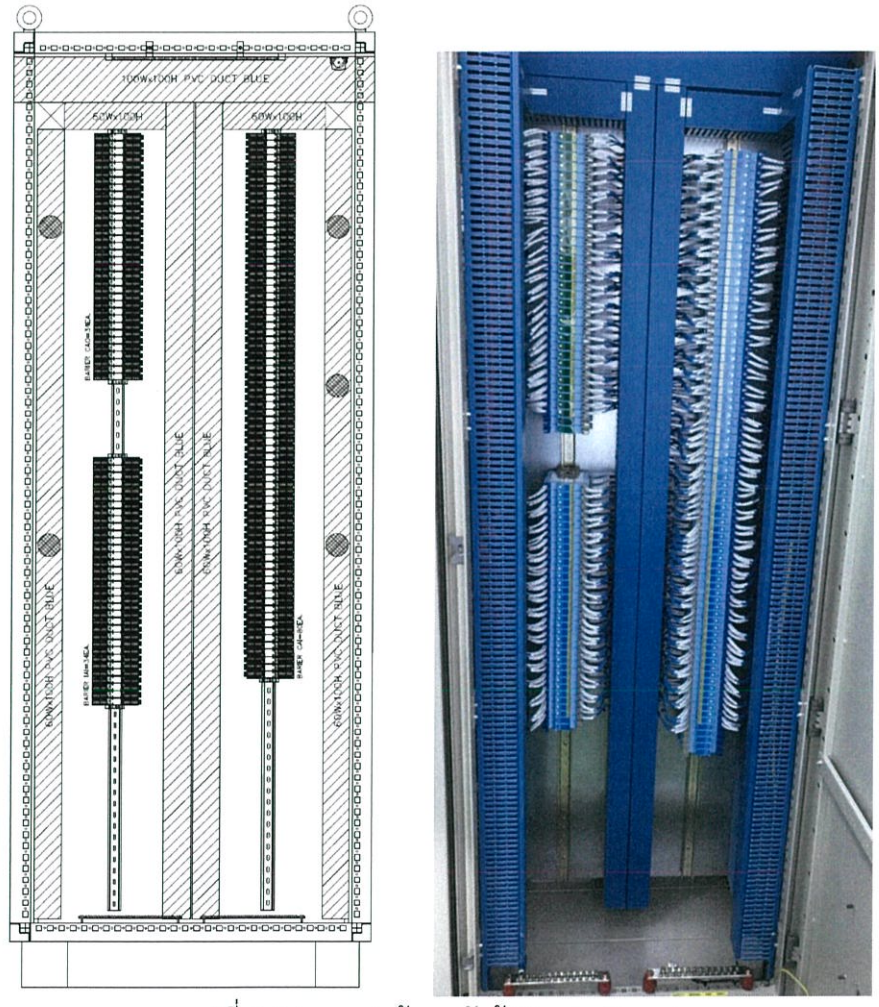
I/O Modules ที่เป็น Intrinsically Safe จะทำการเดินสาย (Wiring) จาก I/O Modules ไปยัง Terminal ที่อยู่ข้างหลังตู้ ก่อนจะไปยังตู้ Marshalling 1 และ Marshalling 2 ที่มี Barrier เพื่อป้องกันอุปกรณ์ระเบิด (Intrinsically Safe)

รูปที่ 3.8 Layout ด้านหลังตู้พีแอลซี (PLC Cabinet)

3. ตู้ Marshalling 1

ภายในตู้ Marshalling 1 นี้ จะเป็นตู้ที่มีการป้องกันอุปกรณ์ระเบิดจากอุปกรณ์หน้างานใน Hazardous Zone จึงต้องมี Barrier เพื่อป้องกันอุปกรณ์เกิดการระเบิด (Intrinsically Safe).

Wiring Diagram ตู้นี้จะถูกกำหนดด้วยสีของสายไฟ, ดักเก็บสาย และ Terminal ให้เห็นอย่างชัดเจน โดยจะใช้สีฟ้าในการ Wiring เพื่อเป็นการแยก Intrinsically Safe (IS) ออกจาก None Intrinsically Safe (NIS) และจะ Wiring โดยต่อจาก Terminal หลังตู้ PLC มายังตัว Barrier และ Barrier จะต่อไปยัง Terminal ซึ่งอยู่หน้าตู้ เพื่อให้อุปกรณ์จากหน้างานมาเชื่อมต่อยังจุดนี้



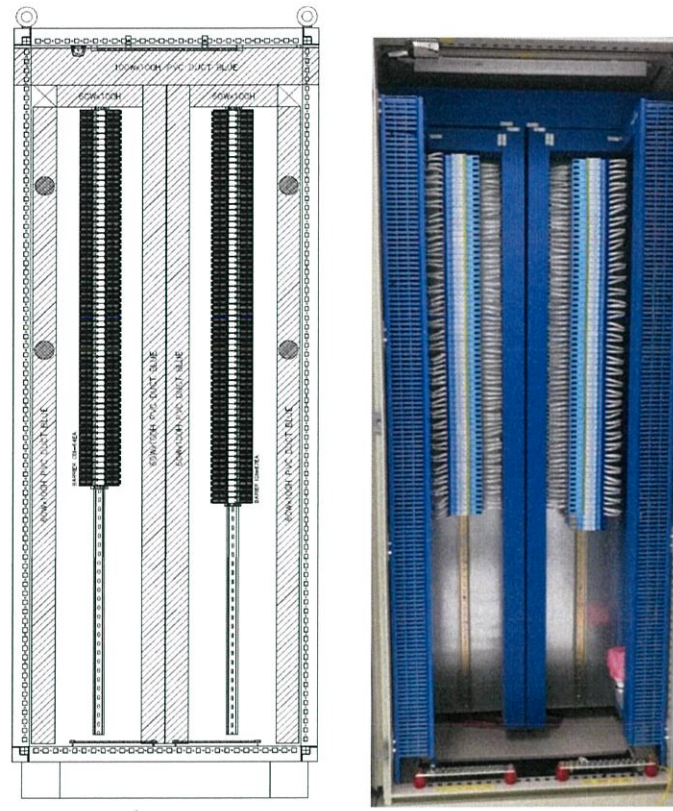
รูปที่ 3.9 Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 1

รูปที่ 3.10 Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 1

4. ตู้ Marshalling 2

เป็นตู้ที่มีการป้องกันอุปกรณ์เกิดการระเบิดจากอุปกรณ์หน้างาน (Intrinsically Safe) เช่นเดียวกับ ตู้ Marshalling 1 รวมถึงการ Wiring ตู้นี้จะถูกกำหนดสีของสายไฟ, ดักเก็บสาย และ Terminal ให้เป็นสีฟ้า

การ Wiring จะต่อจาก Terminal หลังตู้ PLC มายังตัว Barrier และ Barrier จะต่อไปยัง Terminal ซึ่งอยู่หน้าตู้ เพื่อให้อุปกรณ์จากหน้างานมาเชื่อมต่อยังจุดนี้เช่นกัน



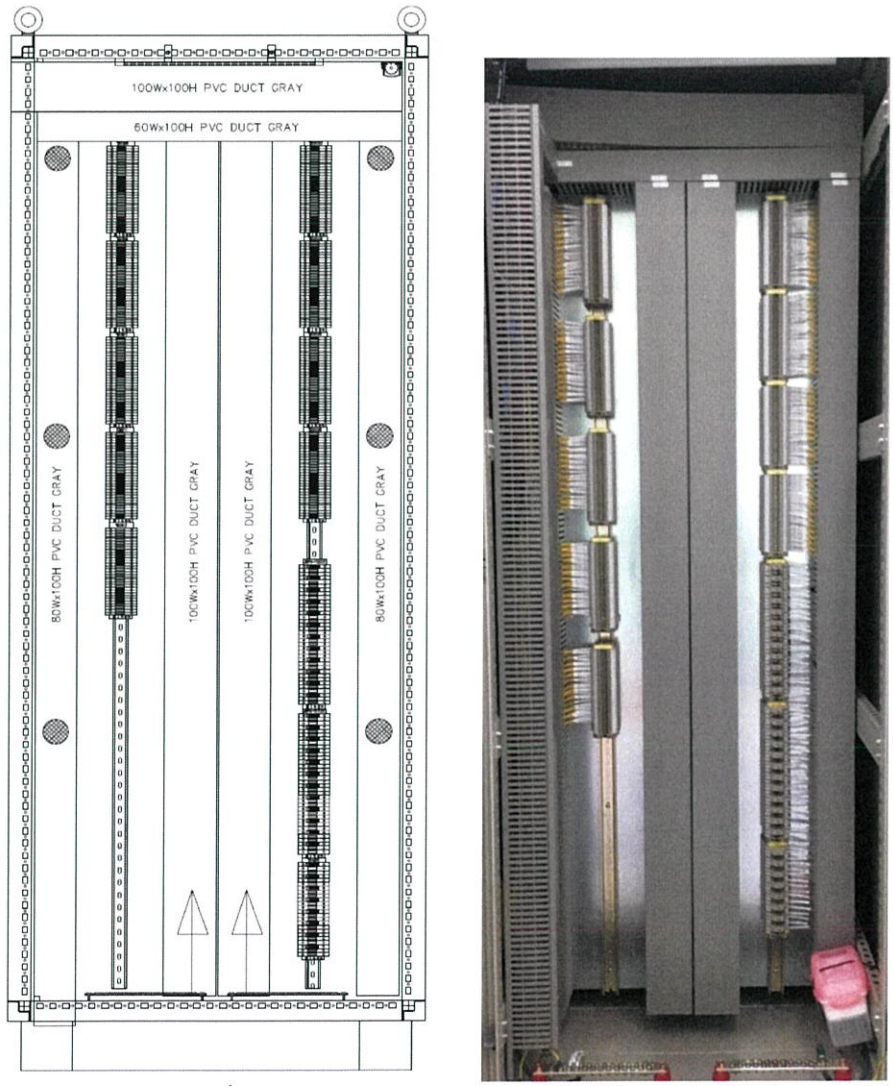
รูปที่ 3.11 Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 2

รูปที่ 3.12 Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 2

5. ตู้ Marshalling 3

ภายในตู้ Marshalling 3 จะเป็นตู้ None Intrinsically Safe (NIS) ซึ่ง Wiring Diagram ตู้นี้จะถูกกำหนดด้วยสี โดยสายไฟจะใช้สีเหลืองส่วนดักเก็บสาย และ Terminal จะใช้สีเทา เพื่อเป็นการแยก Intrinsically Safe (IS) ออกจาก None Intrinsically Safe (NIS)

ด้านหน้าตู้จะประกอบไปด้วย Terminal ที่ต่อตรงมาจาก I/O Modules ซึ่งด้านหน้าตู้นี่จะมี Terminal สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับแก๊ส (Gas Detector) มาเชื่อมต่อ โดยจะใช้สายไฟสีแดงและสีเทาแยกให้ชัดเจน



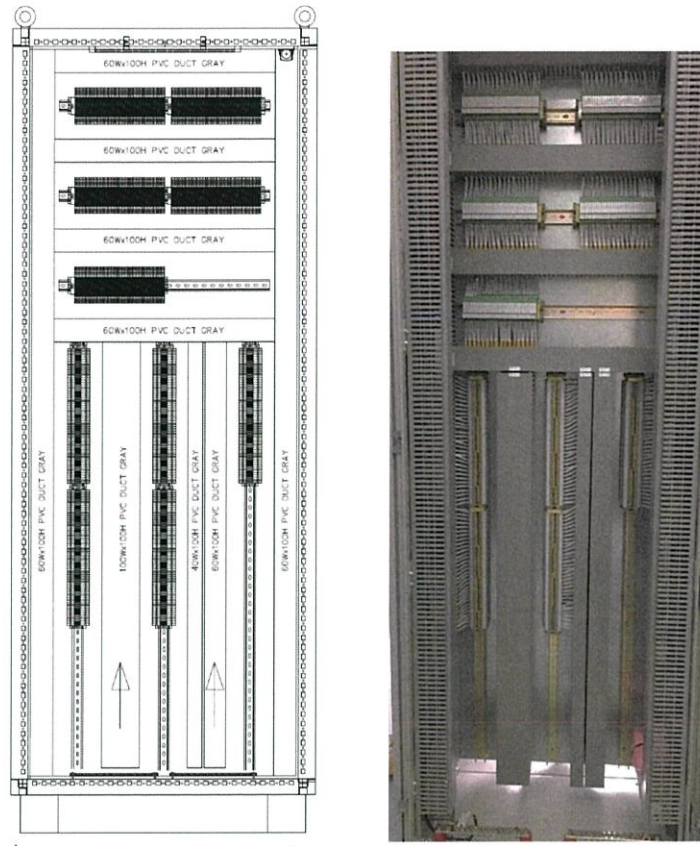
รูปที่ 3.13 Layout ด้านหน้าตู้ Marshalling 3

ด้านหลังตู้จะประกอบไปด้วย Terminal ที่ต่อตรงมาจาก I/O Modules ที่เป็น None Intrinsically Safe (NIS) และมี Relay สำหรับอุปกรณ์หน้างานที่เป็น Solenoid Valve

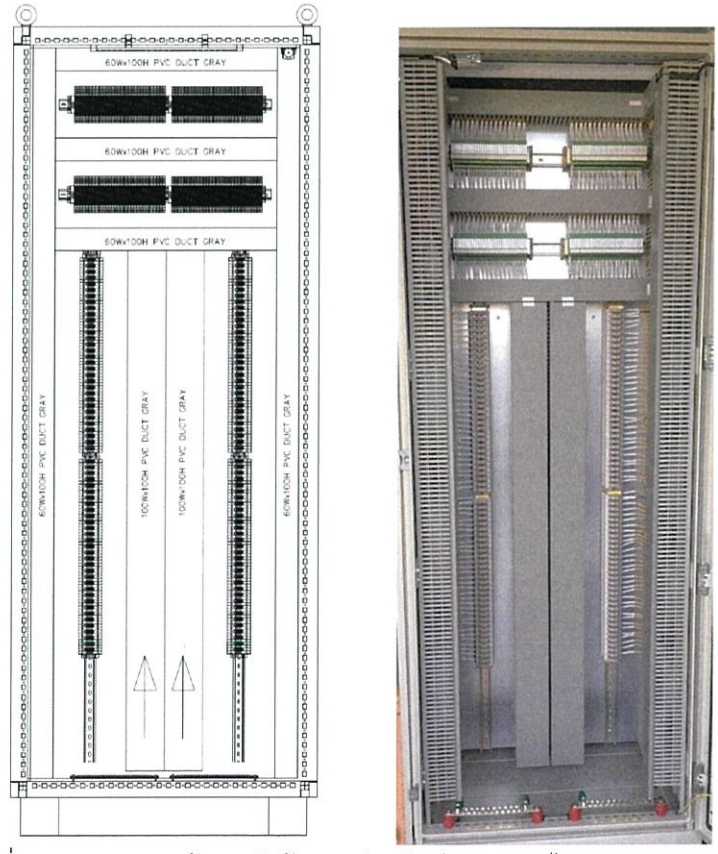
รูปที่ 3.14 Layout ด้านหลังตู้ Marshalling 3

6. ตู้ IRP (Interposing Relay Panel)

ภายในตู้ IRP จะประกอบไปด้วย Relay และ Terminal ทั้งด้านหน้าและด้านหลังของตู้ โดยเมื่อ Relay ทำงาน หน้า Contact ของ Relay ก็จะจ่ายไฟฟ้า 24Vdc เพื่อส่งไปสัญญาณไป Start ปั๊มหรือมอเตอร์ เช่นเดียวกับมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์ทำงานแล้วก็จะส่ง feedback กลับมาให้ Relay อีกตัว เพื่อให้ Relay อีกตัวนั้นส่ง feedback กลับมายังพีแอลซี



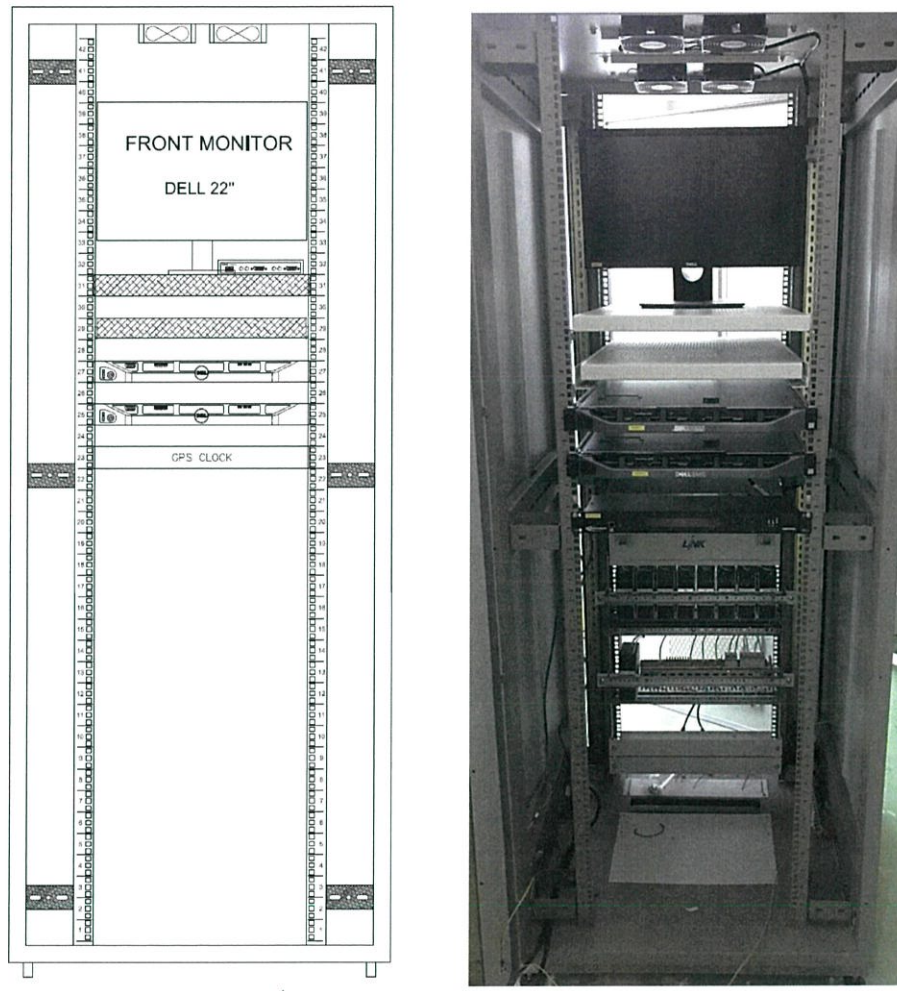
รูปที่ 3.15 Layout ด้านหน้าตู้ IRP สำหรับรับ feedback จากมอเตอร์



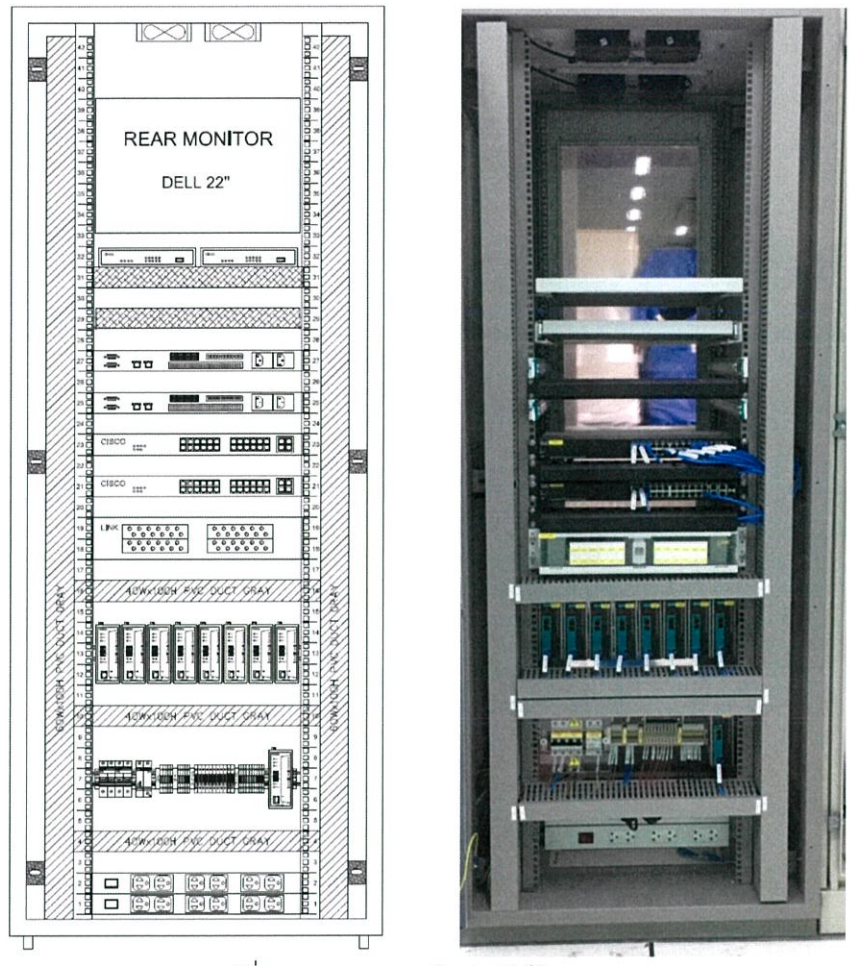
รูปที่ 3.16 Layout ด้านหลังตู้ IRP สำหรับส่ง Signal ไป Start มอเตอร์

7. ตู้ Server

เป็นตู้ที่ต้องระบายความร้อนค่อนข้างดี เพราะอุปกรณ์ภายในตู้ถูกเปิดใช้งานตลอดเวลา ทำให้อาจเกิดความร้อนขึ้นได้ ไม่ว่าจะเป็น ตัวServer, GPS Clock, Switch Hub และอื่นๆ อีกทั้งหากต้องการแก้โปรแกรมหรือกราฟฟิกของ SCADA ก็สามารถแก้ไขที่ตู้นี้ได้เลย



รูปที่ 3.17 Layout ด้านหน้าตู้ Server



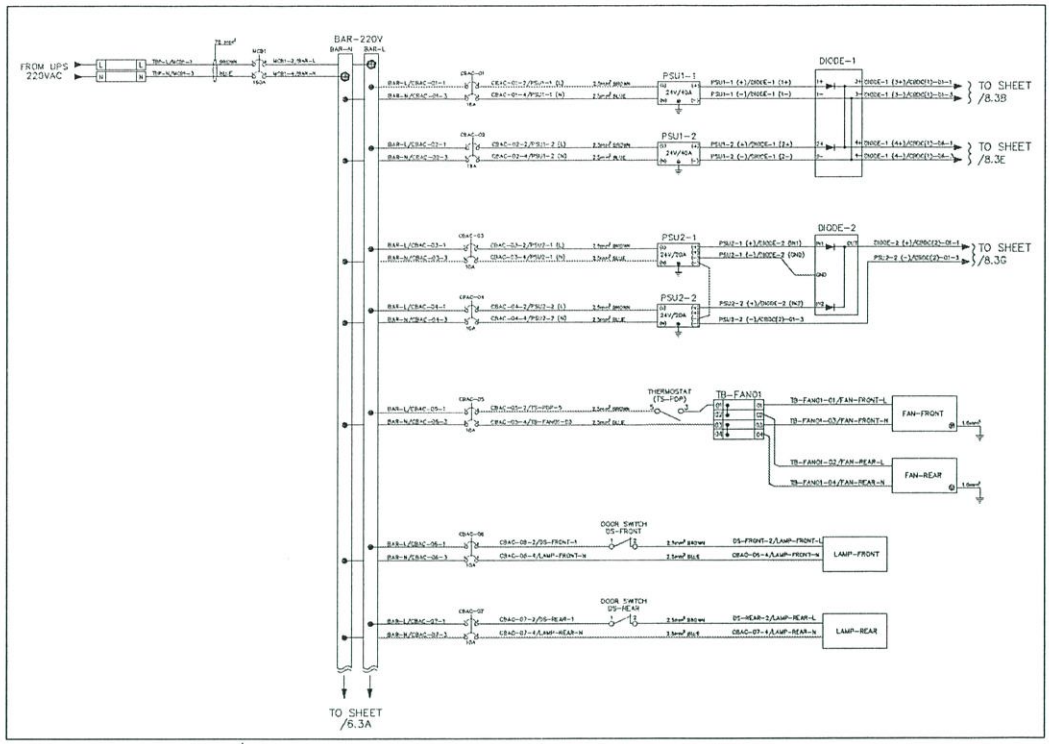
รูปที่ 3.18 Layout ด้านหลังตู้ Server

4.4.3 การออกแบบ Wiring Diagram

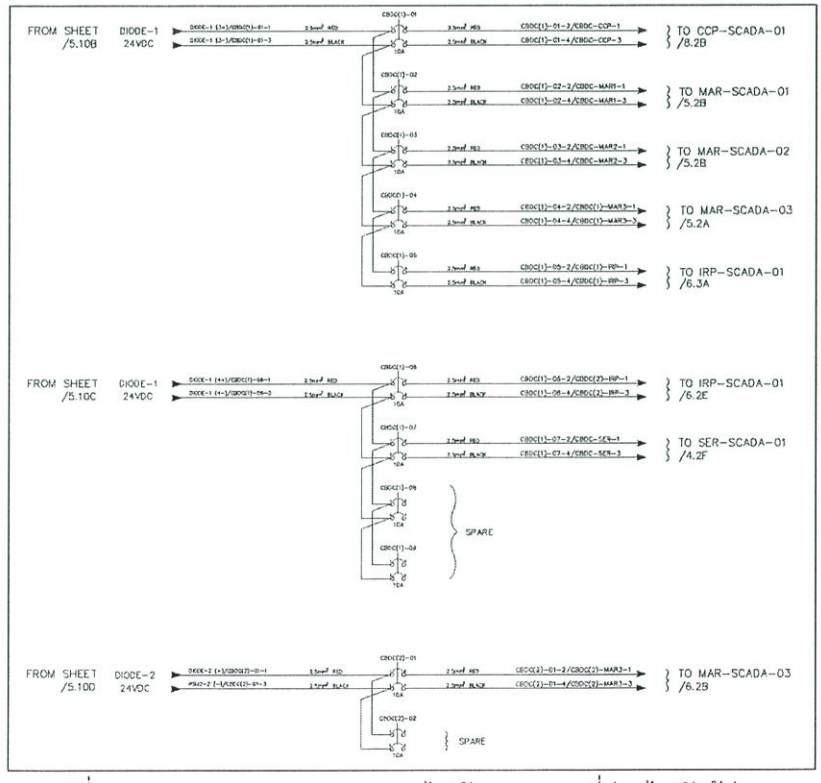
การออกแบบ Wiring Diagram แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การออกแบบเดินสายระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดต่างๆ ซึ่งต้องคำถึงนึกขนาดสายและสีของสายตามมาตรฐานและอีกประเภทหนึ่ง คือ การออกแบบเดินสายระบบควบคุม ก็ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์เครื่องมือวัดว่าอุกกรณ์ชนิดนั้นเป็นนการต่อประเภทไหน เช่น 2-wire, 3-wire หรือ 4-wire และเป็น Intrinsically Safe หรือไม่

1. การออกแบบเดินสายระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดต่างๆ

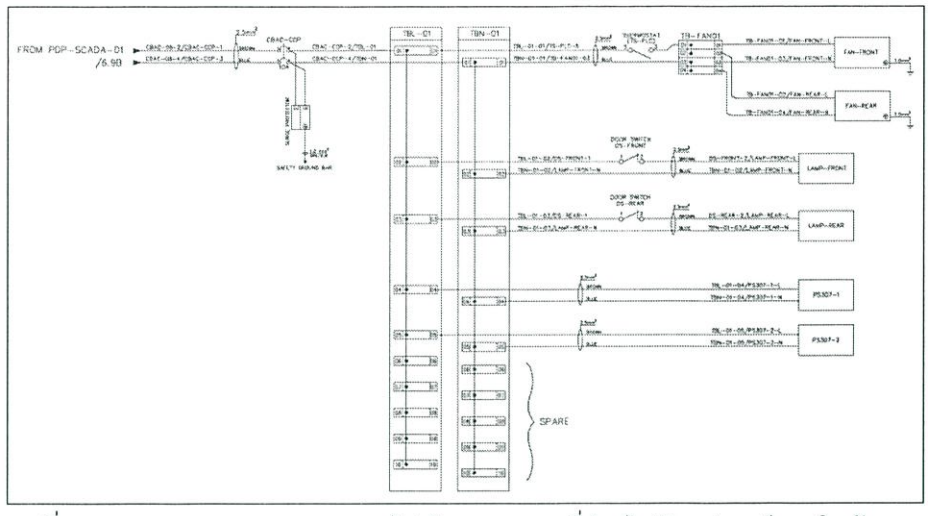
เป็นการศึกษาถึงการใช้สีและขนาดของสายให้เหมาะสมกับโหลดที่ใช้งาน เช่น หลอดไฟ, พัดลม, พีแอลซี, I/O Modules หรือ แม้กระทั้ง Relay ที่ต้องจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์หน้างาน



รูปที่ 3.19 Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 220Vac ในตู้ PDP



รูปที่ 3.20 Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 24Vdc ที่จ่ายไปยังตู้ต่างๆ

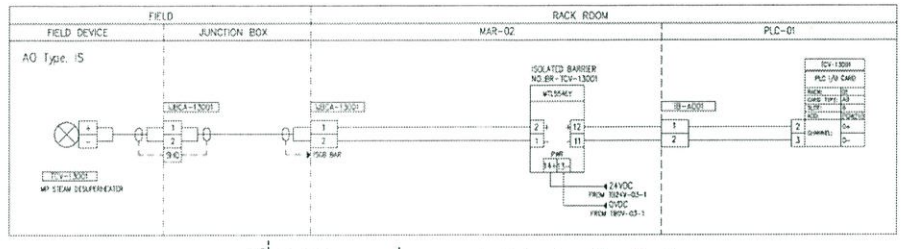


รูปที่ 3.21 Wiring Diagram ระบบไฟฟ้า 220Vac ที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ภายในตู้ PLC

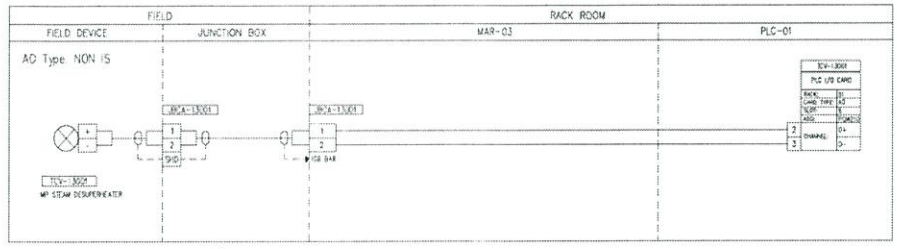
2. การออกแบบเดินสายระบบควบคุม

อุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ที่นำมาต่อกับตัวพีแอลซีนั้น มีหลากหลายชนิด เพราะฉะนั้นเราควรศึกษาการต่ออุปกรณ์ก่อน ว่าอุปกรณ์ชนิดนั้นเป็นการต่อประเภทไหน เช่น 2-wire, 3-wire หรือ 4-wire และเป็น Intrinsically Safe หรือไม่

2.1 สำหรับการต่อ Analog Output

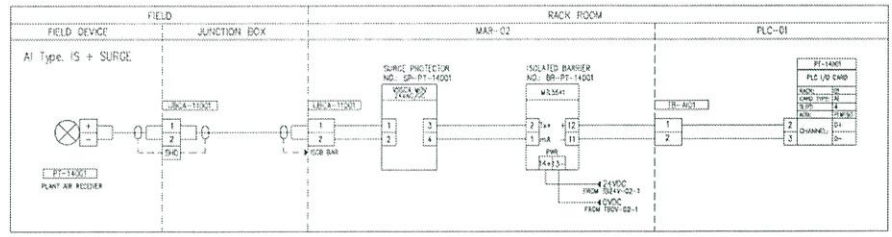


รูปที่ 3.22 การต่อแบบ Intrinsically Safe

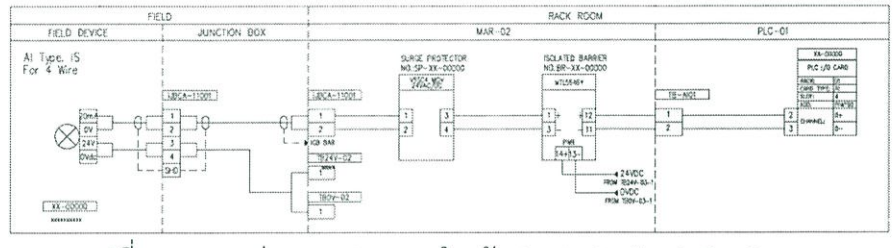


รูปที่ 3.23 การต่อแบบ None Intrinsically Safe

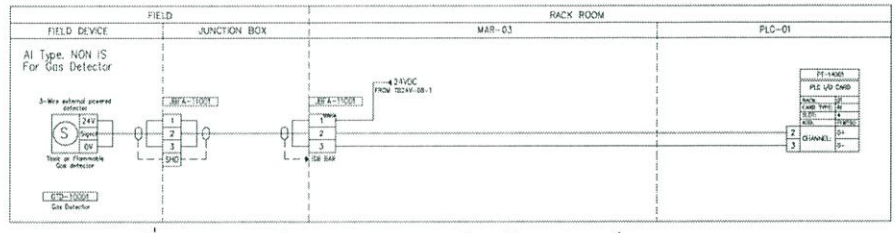
2.2 สำหรับการต่อ Analog Input



รูปที่ 3.24 การต่อแบบ 2-wire สำหรับ Intrinsically Safe+Surge

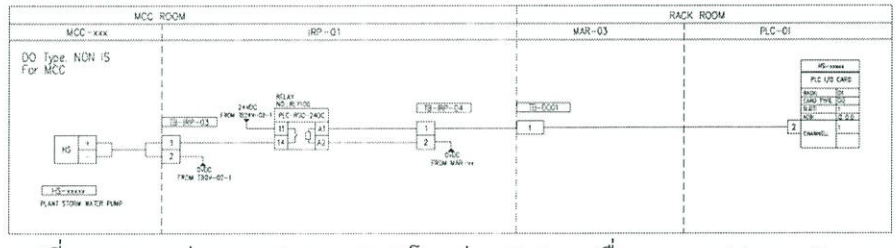


รูปที่ 3.25 การต่อแบบ 4-wire สำหรับ Intrinsically Safe+Surge

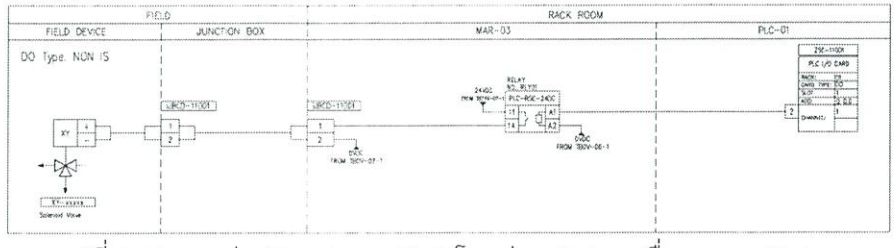


รูปที่ 3.26 การต่อแบบ 3-wire สำหรับอุปกรณ์ Gas Detector

2.3. สำหรับการต่อ Digital Output

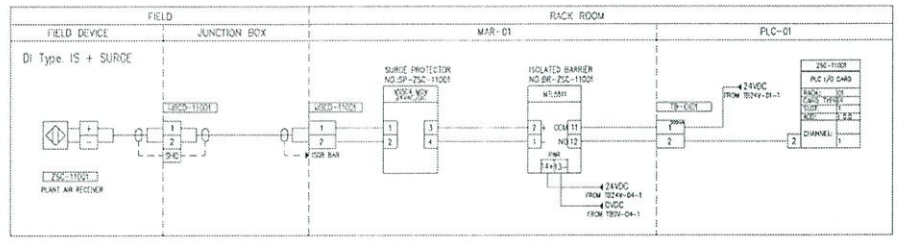


รูปที่ 3.27 การส่ง Signal จาก PLC โดยผ่าน Relay เพื่อควบคุม Motor/Pump

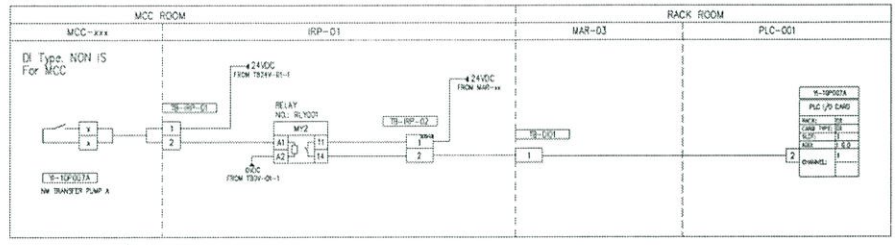


รูปที่ 3.28 การส่ง Signal จาก PLC โดยผ่าน Relay เพื่อควบคุม Valve

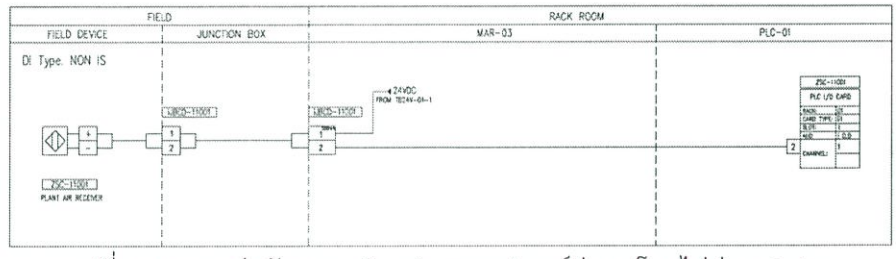
2.4. สำหรับการต่อ Digital Input



รูปที่ 3.29 การต่อแบบ Intrinsically Safe+Surge



รูปที่ 3.30 การต่อรับ Feedback จากอุปกรณ์ต่างๆ โดยผ่าน Relay



รูปที่ 3.31 การต่อรับ Feedback จากอุปกรณ์ต่างๆ โดยไม่ผ่าน Relay

บทที่ 4
การทดสอบตู้ควบคุมร่วมกับโปรแกรมและ SCADA

4.1 กล่าวนำ

สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบตู้ควบคุม หลังจากทำการ Wiring เสร็จเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการทดสอบร่วมกับโปรแกรม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการ Wiring หากมีการ Wiring ที่ผิดก็จะทำการดำเนินการแก้ไข และมีการทดสอบในหัวข้อถัดไป

4.2 การตรวจสอบ Wiring Diagram

เป็นการตรวจสอบ การเดินสายไฟ (Wiring) จาก PLC ไปยัง Terminal ที่มีการเดินสายไฟผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น Barrier, Surge Protection, Relay หรือ Fuse ก็ตาม เราจะทำการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบ Digital Input

   จะทำการจ่ายพลังงานไฟฟ้า 24Vdc ให้กับขา Signal ของ Digital Input Module เนื่องจาก Referent ของ Digital Input Module เป็น 0Vdc และดูค่าลอจิกได้ที่ตัว Module หรือโปรแกรมของ PLC

2. การตรวจสอบ Digital Output

   จะทำการตรวจสอบ โดยให้โปรแกรม Force ลอจิกให้ตัว PLC และจะทำการวัดแรงดันไฟฟ้า หากเป็นลอจิก 1 จะมีแรงดันไฟฟ้า 24Vdc และหากเป็นลอจิก 0 จะมีแรงดันไฟฟ้า 0Vdc

3. การตรวจสอบ Analog Input

   จะทำการตรวจสอบ โดยใช้มัลติมิเตอร์เป็นโหลด และจ่ายกระแส 4-20 mA ให้กับขา Signal ของตัว Analog Input Module แล้วทำการดูค่าในโปรแกรม ว่าถูกต้องหรือไม่

4. การตรวจสอบ Analog Output

   จะทำการตรวจสอบ โดยให้โปรแกรม PLC ทำการ Force ค่ากระแส 4-20 mA แล้วใช้มัลติมิเตอร์ทำการวัด Output ว่าการ Wiring และค่าที่ได้ถูกต้องหรือไม่

4.3 การทดสอบ Process ร่วมกับ SCADA

เป็นการทดสอบโดยจำลองการทำงานของกระบวนการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ที่ควบคุมด้วย SCADA และต้องมีการ Force ค่าแทนอุปกรณ์จากหน้างาน เพื่อให้กระบวนการทำงาน สามารถทำงานได้จริงหลังจากนำตู้ควบคุมไปติดตั้งที่ Site งาน

รูปที่ 4.1 การ Simulation แทนอุปกรณ์จากหน้างาน

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการดำเนินงานในการออกแบบระบบตู้ควบคุมให้กับกระบวนการการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล ผู้จัดทำได้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบที่เป็นไปได้แต่พอทำจริงๆ ไม่สามารถทำได้จึงต้องมีการแก้ไขแบบ Layout อยู่หลายครั้ง ส่วน Wiring Diagram ไม่มีปัญหาในการออกแบบ แต่มีปัญหาจากการ Wiring เชื่อมต่อผิดสาย จึงต้องมีการแก้ไขอยู่นานพอสมควร

หลังจากผ่านการ Test ตู้ควบคุมสามารถใช้งานได้ตามการทำงานของ Process และอุปกรณ์ทุกตัวสามารถใช้งานจริงได้ โดยไม่มีปัญหา หลังจากผ่านการ Test

5.2 ปัญหาและวิธีการแก้ไข

5.2.1. ปัญหาที่พบ

1. อุปกรณ์เครื่องมือวัดจากหน้างาน มีการเพิ่มและลดทำให้ I/O List มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา
2. มีการเปลี่ยนแปลง รูปแบบ Bar Ground ซึ่งเกิดจากความผิดพลาดในการออกแบบ

5.2.2. วิธีแก้ไขปัญหา

1. คอยตามข้อมูลจากทางลูกค้าและทำการยืนยันไปทางลูกค้าอีกรอบเพื่อความเข้าที่ตรงกัน
2. ทำการตรวจสอบก่อนติดตั้งและทำการแก้ไขตามแบบที่ลูกค้าต้องการ

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการออกแบบระบบตู้ควบคุมจำเป็นต้องรู้เงื่อนไขของการทำงานของอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ ในกระบวนการผลิต จึงต้องมีการศึกษาและทดลองกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดนั้นๆและต้องให้การออกแบบนั้นเหมาะสมกับการซ่อมบำรุงได้ง่ายและสะดวก ขณะนำไปติดตั้งในสถานที่จริง

เอกสารอ้างอิง

[1] โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC; แหล่งที่มา: http://www.star-circuit.com/article/PLC.html (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[2] ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ม.เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่อง PLC; แหล่งที่มา: http://www.tgcontrol.com/news/articles/ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกัe/ (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[3] รับเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้า ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า PM ตู้คอนโทรล; Surge Protection Device; https://www.facebook.com/Electric.Installation/posts/823109024428659 (สืบค้นวันที่ 2 พฤศจิกายน 2560)

[4] Intrinsically Safe (IS); http://www.thailandindustry.com/indust_newweb/articles_preview.php?cid=15845 (สืบค้นวันที่ 6 พฤศจิกายน 2560)

[5] Mega Measuring Instrument; การต่อสายสำหรับอุปกรณ์เครื่องมือวัดเข้าตัวพีแอลซี; https://www.omi.co.th/th/article/%E0%B8%AA%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B2%E0%B8%93-4-20ma (สืบค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2560)

[6] สำนักงานชั่งตวงวัด; Hazardous Zone; http://www.cbwmthai.org/test/Activity_Detail.aspx?id=14 (สืบค้นวันที่ 8 พฤศจิกายน 2560)