



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติใหม่ที่คลังน้ำมัน
FEED for Centralized Control Room at Oil Terminal

นางสาว จุฑามาศ มีพันธ์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่คลังน้ำมัน

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวจุฑามาศ มีพันแสน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.สุพรรณ กุลพานิชย์, รศ.วิริยะ กองรัตน์, ดร.นภศูล วงษ์วานิช

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายตนะ สุทธิวัฒน์กำจร

สถานประกอบการ บริษัท เทคนิป เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้กล่าวถึงการทำให้ FEED หรือ Front End Engineer Design ในส่วนของงานของแผนกเครื่องมือวัดของการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่คลังน้ำมันโดยรวบรวมระบบควบคุมจากคลังก๊าซ คลังน้ำมันและท่าเรือ ซึ่งมีการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติที่คลังก๊าซจากเดิมที่ใช้รีเลย์ควบคุม โดยมีการประเมินปัจจัยความอันตรายของกระบวนการ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้ เป็นไปตามมาตรฐานและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยมีการจัดทำข้อมูล ตรวจสอบและออกแบบสายสัญญาณและปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เป็นอุปกรณ์การวัดและควบคุมสำหรับกระบวนการให้ได้คุณภาพ โดยข้อมูลและเอกสารเหล่านี้ใช้เพื่อประเมินมูลค่าของโครงการเพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจของบริษัทเจ้าของกิจการต่อไป

คำสำคัญ: Front End Engineer Design, ความอันตราย, ประเมินมูลค่า

Cooperative Title: FEED for Centralized Control Room at Oil Terminal

Student Intern Name: Jutamas Meephansan

Faculty: Engineering

Department: Instrumentation and Control Engineering

Advisor Name: Asst. Prof. Dr.Supan Gulpanich, Asst. Prof. Viraya Kongkratana,

Dr.Nopasool Wongvanich

Mentor Name: Mr.Danu Suthiwathanakumjorn

Company: Technip Engineering (Thailand) LTD,.

ABSTRACT

This cooperation educational report describes the FEED or Front End Engineer Design in the instrumentation department of the design and improvement of new automatic control systems at the oil terminal by collecting control systems from the gas terminal, the oil terminal and the jetty which has improved the control system at the gas terminal from the original using the control relays. The evaluation indicators of hazard increase efficiency to be more standard and reliable. Especially, our main duty is listing the informations, examining, designing signal cables and improving equipment to measure and control for the quality processes. Theses informations and documents are used to cost estimate of the project to support the decision of the business owner in the future.

Keywords: Front End Engineer Design, hazard, cost estimate

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับการอนุเคราะห์จาก บริษัท บริษัท เทคนิป เอ็นจิเนียริ่ง (ประเทศไทย) จำกัด แผนก Instrument ที่ให้เข้าปฏิบัติงานสหกิจศึกษาโดยร่วมมือกับสถานประกอบการ ซึ่งทำให้ได้ประสบการณ์จริงจากการปฏิบัติงานจริงตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคการศึกษานั้น ทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจการปฏิบัติงาน มีปฏิสัมพันธ์ที่ดีระหว่างพนักงานในสถานประกอบ และที่สำคัญทำให้ข้าพเจ้าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางวิชาการ วิชาชีพเกี่ยวกับวิศวกรรมการวัดคุมทางด้านการออกแบบ และการพัฒนาตัวเองให้มีความพร้อมก่อนการทำงานในอนาคต โดยที่สำคัญขอขอบพระคุณผู้ให้ทุนการศึกษา คุณดนุ สุทธิวัฒน์กำจร และพนักงานแผนก Instrument ที่แนะนำเรื่องการปฏิบัติงานและประสบการณ์ต่าง ๆ ในชีวิต

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุพรรณ กุลพานิชย์, รศ. วิริยะ กองรัตน์, ดร. นภศุล วงษ์วานิช และอาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่านที่ให้คำแนะนำ พร้อมทั้งแก้ไขปัญหามาต่าง ๆ ระหว่างการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาตลอดจนช่วยเหลือทำให้โครงการสหกิจศึกษาเสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัว และเพื่อน ๆ ที่ให้คอยให้คำแนะนำและกำลังใจที่ดีเสมอมา

นางสาว จุฑามาศ มีพันแสน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	4
1.3 ขอบเขตของการดำเนินงาน.....	4
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2.....	6
2.1 แผนภาพกระบวนการผลิต (Piping & Instrument Diagram: P&ID).....	6
2.2 อุปกรณ์การวัด.....	17
2.3 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area Classification).....	21
2.4 ระดับของระบบรักษาความปลอดภัย Safety Integrity Level หรือ SIL.....	36
2.5 ชนิดของสัญญาณ (Signal Type).....	37
2.6 ระบบควบคุม (System).....	38
2.7 สายคอนโทรลและสายสัญญาณ Control and Instrument Cable.....	39
2.8 เคเบิลเกลนด์ (Cable Gland).....	42
บทที่ 3.....	45
3.1 ได้รับมอบหมายหัวข้อสหกิจศึกษา.....	45
3.2 ศึกษาเอกสาร P&ID.....	46
3.3 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และตรวจสอบผลการประเมินบ่งชี้อันตรายของกระบวนการ.....	49

3.4	ศึกษา Control System Architecture.....	51
3.5	ศึกษา Signal Connection List และ สัญญาณต่าง ๆ จากระบบควบคุมเก่า.....	54
3.6	สำรวจไซท์	55
3.7	จัดทำ Instrument I/O Schedule	56
3.8	จัดทำ Cable Block Diagram โดยใช้โปรแกรม excel.....	58
3.9	จัดทำ Instrument Cable Schedule.....	62
3.10	จัดทำ Instrument Material Take off	64
บทที่ 4	68
4.1	Instrument I/O Schedule	68
4.2	Cable Block Diagram	69
4.3	Cable Schedule	69
4.4	Material Take-Off (MTO).....	70
บทที่ 5	71
5.1	สรุปผล.....	71
5.2	ปัญหาและอุปสรรค.....	71
5.3	วิธีการแก้ไขปัญหา	71
เอกสารอ้างอิง.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอักษรหน้าที่การทำงานตามมาตรฐาน ISAS5.1.....	15
2.2 ชนิดของไหล.....	20
2.3 อักษรในการกำหนดชื่ออุปกรณ์อื่น ๆ.....	24
2.4 มาตรฐานด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละประเทศ.....	30
2.5 เกณฑ์พิจารณาหลักๆของการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE.....	35
2.6 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC ในเกณฑ์ของโอกาสการเกิดหรือปรากฏของสารไวไฟ.....	36
2.7 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC.....	37
2.8 มาตรฐานการใช้เทคนิคการป้องกันการระเบิดตามมาตรฐานของ IEC และ NEC.....	37
2.9 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานด้านพื้นที่อันตราย.....	37
2.10 การเลือกใช้งานชนิดของสาย Control Cable.....	47
2.11 การเลือกใช้งานชนิดของสาย Instrument Cable.....	49
2.12 การเลือกชนิด Cable Gland.....	51
2.13 การเลือกขนาดของ Cable Gland.....	52
3.1 แผนการทำงาน.....	53
3.2 รายละเอียดของ Instrument I/O Schedule.....	64
3.3 ตัวอย่างการทำ Instrument I/O Schedule.....	65
3.4 ตัวอย่างการจัดทำ Instrument Cable Schedule.....	71
3.5 ตัวอย่างที่ 2 การจัดทำ Instrument Cable Schedule.....	71
3.6 เป็นตัวอย่างการทำ MTO ในส่วนของ Instrument Cable.....	73
3.7 เป็นตัวอย่างการทำ MTO นำส่วน INSTRUMENT JUNCTION BOX.....	73
3.8 เป็นตัวอย่างการทำ JB Summary.....	73
4.1 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม PCS ที่คลังก๊าซ.....	76
4.2 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม PCS ที่ท่าเรือ.....	76
4.3 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม SIS&FGS ที่คลังก๊าซ.....	76
4.4 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม SIS&FGS ที่ท่าเรือ.....	77
4.5 สายและความยาวทั้งหมดที่ใช้งาน.....	77
4.6 Cable Gland ทั้งหมดที่ใช้งาน และจำนวนทั้งหมด.....	77
4.7 การจัดทำ MTO ในส่วนของกล่องพักสาย.....	78

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของวิศวกรรมแผนกเครื่องมือวัด.....	11
2.1 หมายเลขประจำเครื่องมือวัดบนแผนภาพกระบวนการผลิต.....	15
2.2 สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งเครื่องมือวัด.....	17
2.3 สัญลักษณ์เส้น.....	18
2.4 สัญลักษณ์เครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่กับท่อ.....	19
2.5 หมายเลขประจำท่อแบบที่ 1.....	19
2.6 หมายเลขประจำท่อแบบที่ 2.....	19
2.7 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมและ Actuator.....	21
2.8 ฟังก์ชันควบคุมพื้นฐาน.....	22
2.9 สัญลักษณ์อุปกรณ์อื่น ๆ ในกระบวนการ.....	23
2.10 สวิตช์บอกตำแหน่ง (Limit Switch)	25
2.11 วาล์วเปิด/ปิด.....	26
2.12 กล้องพักสาย.....	26
2.13 เครื่องวัดระดับของเหลวภายในถังแบบ Servo Operated Displacer Level Gauge.....	28
2.14 หลักการของเครื่องวัดระดับ แบบใช้คลื่นสะท้อน.....	28
2.15 เครื่องตรวจวัดแก๊ส (Gas Detector).....	29
2.16 สามเหลี่ยมการลุกไหม้.....	31
2.17 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี.....	33
2.18 แนวความคิดการแบ่งโซน ตาม IEC.....	34
2.19 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี.....	35
2.20 เปรียบเทียบการจัดประเภทพื้นที่อันตรายระหว่าง IEC (Zone) กับ NEC (Division)	36
2.21 Flameproof Type “d” Protection.....	37
2.22 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection.....	38
2.23 Pressurized Type “p” Protection.....	39
2.24 Increased Safety Type “e” Protection.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.25 Oil Immersion Type “o” Protection.....	39
2.26 Explosive Atmosphere.....	40
2.27 Encapsulation Type “m” Protection.....	40
2.28 Nonincendive Type “n” Protection.....	41
2.29 เปรียบเทียบการวิธีการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Protection Method) ที่ใช้ในพื้นที่อันตรายซึ่งแบ่งตามมาตรฐาน IEC (ZONE) กับมาตรฐาน NEC (Division)	41
2.30 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย.....	42
2.31 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ1)	42
2.32 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ 2)	43
2.33 ระดับการเกิดอันตรายของกระบวนการและการลดความเสี่ยงการเกิดอันตราย.....	45
2.34 สาย control cable.....	47
2.35 สายตีเกลียวคู่ 2 เส้น instrument cable.....	48
2.36 สาย pair P-OS(Multiple Non-Shielded Pairs/Triads - Overall Shield)	49
2.37 สาย pair SP-OS (Multiple Shielded Pairs/Triads - Overall Shield)	49
2.38 Cable Gland.....	52
3.1 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์วัดและควบคุมที่แสดงบน P&ID.....	54
3.2 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์วัดและควบคุมและตัวย่อที่แสดงบน P&ID.....	55
3.3 ตัวอย่าง P&ID ก่อนอัปเดต.....	55
3.4 P&ID ใหม่ที่ได้รับการอัปเดตเรียบร้อยแล้ว.....	56
3.5 ส่วนต่าง ๆ ของ	
คลัง.....	56
3.6 วาล์ว UZV type 1.....	57
3.7 SIL Classification Recommendations.....	57
3.8 Sil Classification Worksheet.....	57
3.9 มาตรฐานระดับเรดาร์ Rosemount 5900S.....	58
3.10 Control System Architecture ที่ได้ออกแบบใหม่.....	59
3.11 Control System Architecture ในส่วนของคลังก๊าซ.....	59
3.12 Control System Architecture จากคลังก๊าซเชื่อมต่อไปยัง Central Control Room (CCR)..	60
3.13 Control System Architecture.....	61
3.14 Instrument Wiring & Tubing Connection List.....	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.15 Layout of Instrument Wiring and Piping.....	63
3.16 แผงควบคุม (Control Panel)	63
3.17 การสำรวจไซต์.....	64
3.18 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram.....	66
3.19 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram (ต่อ)	67
3.20 การจัดสายของอุปกรณ์การวัดและควบคุม เข้า JB ต่าง ๆ.....	67
3.21 Hazardous Area Classification.....	68
3.22 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับพื้นที่ปลอดภัย.....	69
3.23 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับตัวตรวจจับก๊าซ.....	70
3.24 Layout Instrument Cable.....	72



บทที่ 1

บทนำ

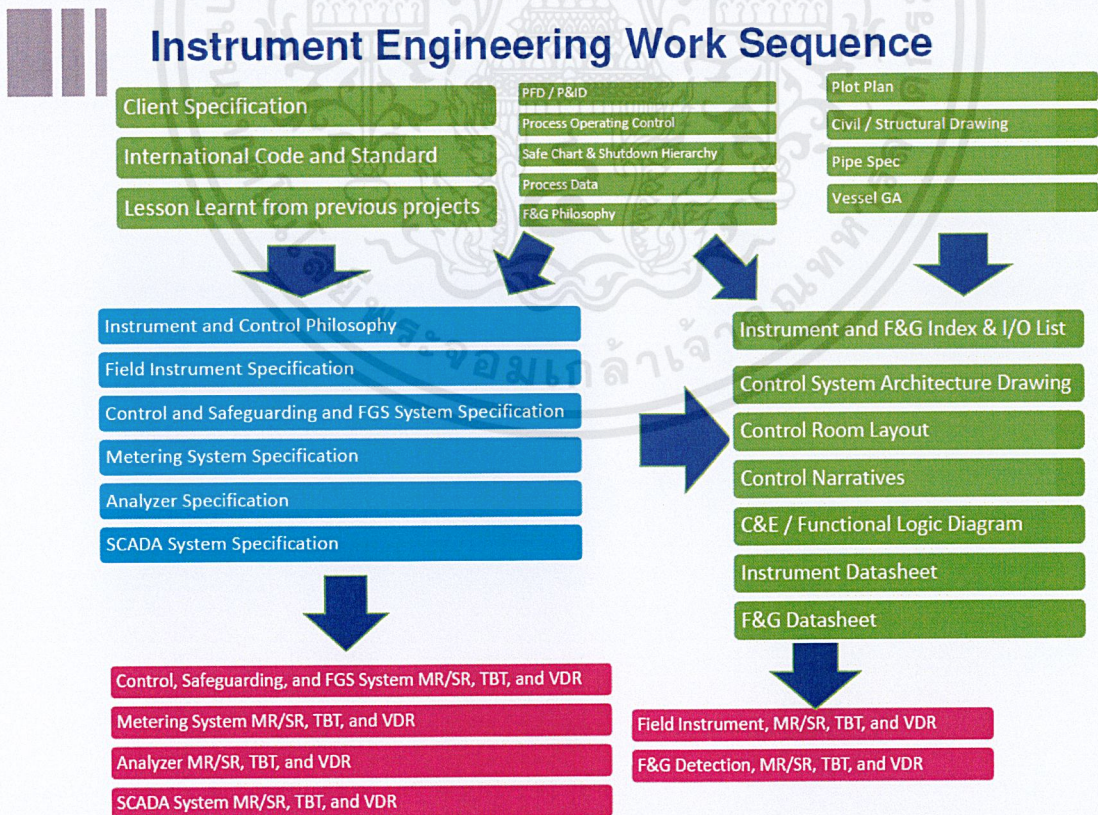
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องด้วยบริษัท เทคนิป เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด เป็นบริษัทชั้นนำที่ให้บริการด้านการออกแบบทางวิศวกรรมโดยเฉพาะการออกแบบทางวิศวกรรมสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซ โดยรวบรวมทักษะเสริมและนวัตกรรมเข้าด้วยกัน สามารถเพิ่มประสิทธิภาพเทคโนโลยี ลดต้นทุน โครงการและลดการใช้พลังงาน เพื่อวางรากฐานทางเศรษฐกิจเพื่อความเจริญที่ยั่งยืนของอุตสาหกรรมพลังงานของโลก

โดยแบ่งประเภทของการให้บริการเป็น 3 ประเภทได้แก่

1. Subsea ให้บริการด้านการออกแบบ การประกอบและติดตั้งท่อขนส่งรวมทั้งการเดินสายใต้ทะเล
2. Offshore ให้บริการด้านงานทางวิศวกรรม การจัดซื้อ การก่อสร้างและติดตั้งแท่นขุดเจาะ
3. Onshore ให้บริการด้านเทคโนโลยีของงานเฟส Downstream อาทิเช่น การกลั่นน้ำมัน การขนส่งและแจกจ่าย เป็นต้น

ซึ่งสำหรับบริษัท เทคนิป เอ็นจิเนียริง (ประเทศไทย) จำกัดนั้น ไม่มีงานบริการด้าน Subsea



รูปที่ 1.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของวิศวกรรมแผนกเครื่องมือวัด

สำหรับโครงการต่าง ๆ ที่ได้รับมอบหมาย การเริ่มต้นทำโครงการต่าง ๆ สิ่งสำคัญคือต้องทราบถึงความต้องการของลูกค้า International Code and Standard ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน บทเรียนที่ได้เรียนรู้จากโครงการที่ผ่านมา ซึ่งส่วนของแผนกเครื่องมือวัดนั้นใช้ข้อมูลที่ได้มาจากแผนกอื่น ๆ เช่น PFD (Process Flow Diagram), P&ID, Process Operating Control, Safe Chart & Shutdown Hierarchy, Process Data, F&G Philosophy, Plot Plan, Civil/Structural Drawing, Pipe Spec, Vessel GA เป็นต้น เพื่อให้ทำงานในส่วนของแผนกเครื่องมือวัดต่อไปซึ่งการทำงานทำส่วนของ Instrument and Control Philosophy หรือกรอทำงานอุปกรณ์วัดและระบบควบคุมและมีรายละเอียดของอุปกรณ์วัด รายละเอียดของระบบควบคุมต่าง ๆ รายละเอียดของระบบการวัดเพื่อการซื้อขายระบบวิเคราะห์และการควบคุมทางไกล โดยข้อมูล เอกสารต่าง ๆ เหล่านี้ต้องมีข้อมูลเอกสารดังนี้

1. Instrument and F&G Index & I/O List ซึ่งเป็นเอกสารที่มีข้อมูล Tag Number ซึ่งเป็นหมายเลขแท็กของอุปกรณ์การวัด, Service บริการให้กับส่วนใด, Instrument Type ชนิดของอุปกรณ์การวัด, Signal Type ข้อมูลรายการของเครื่องมือวัดทำหน้าที่เป็นอนาล็อกอินพุต อนาล็อกเอาต์พุต ดิจิตอลอินพุตหรือดิจิตอลเอาต์พุตของระบบควบคุม, System อุปกรณ์นั้น ๆ เข้าระบบควบคุมได้แก่ PCS SIS หรือ FGS เป็นต้น ซึ่ง Instrument and F&G Index & I/O List มีความสำคัญอย่างมาก เพราะต้องสามารถระบุอุปกรณ์ที่ใช้งานทุกตัวอย่างชัดเจน

2. Control System Architecture Drawing (สถาปัตยกรรมระบบควบคุม) ซึ่งแสดงระบบควบคุมโรงงาน และการเชื่อมต่อระหว่างระบบที่จำเป็น สำหรับการดำเนินงานโดยรวมของโรงงานผลิตโดยกำหนดที่ตั้งของระบบควบคุมต่าง ๆ อย่างชัดเจน ทั้งที่ตั้งหลัก ที่ตั้งของ Remote I/O ที่ตั้งภายในห้องควบคุม เป็นต้น พร้อมทั้งบอกสายในการเชื่อมต่ออีกด้วย

3. Control Room Layout เป็นแผนผังของห้องควบคุมซึ่งบอกตำแหน่งที่ตั้งของตู้ต่าง ๆ เช่น SIS Marshalling Cabinet, SIS System Cabinet, Fire Alarm Panel Cabinet เป็นต้น รวมถึงบอกความกว้างของตู้ และระยะจากผนังห้องอีกด้วย

4. Control Narratives เป็นเอกสารที่อธิบายเกี่ยวกับฟังก์ชันและระบบควบคุมในโรงงาน เช่น Control Loop, Duty/Standby Pump Operation และชนิดของระบบควบคุม เช่น PID, PI, P, Ratio Control ฯลฯ

5. C&E / Functional Logic Diagram เป็นการกำหนดระบบควบคุมเช่นกันแต่จะเห็นเป็นลอจิก เช่น มีสัญญาณเตือนระดับสูงไปปิดวาล์วนี้ เป็นต้น

6. Instrument Datasheet เป็นเอกสารระบุรายละเอียดและข้อมูลของอุปกรณ์การวัดโดยระบุ Tag Number, Line Number/Equipment Number, P&ID Number, Calibrated Range ช่วงของการสอบเทียบ, Material วัสดุของตัวอุปกรณ์การวัด, Hazardous Certification การรับรองอันตราย, Process Data ซึ่งระบุข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและสถานะของสารที่อยู่ภายในกระบวนการ ความดัน อุณหภูมิ อัตราไหล ความหนาแน่น ค่าความถ่วงขณะใช้งาน เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลของอุปกรณ์การวัดที่ระบุในแผ่นข้อมูลแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทของอุปกรณ์การวัด เมื่อเอกสารเสร็จเรียบร้อย ขั้นตอนต่อไปคือการแนบใบเสนอซื้อไปยังผู้ขายหลายราย ผู้ขายจะเสนอใบเสนอราคาพร้อมรูปแบบและผู้ผลิตที่หลากหลาย

หลังจากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้

1. MR/SR หรือ Material Requisition สรุปรายละเอียดและรายการอุปกรณ์ที่ต้องการเพื่อใช้ในการขออนุมัติเพื่อขอเสนอราคาหรือสั่งซื้อ

2. TBT หรือ Technical Bid Tabulation ประเมินอุปกรณ์วัดต่าง ๆ ทางเทคนิคเฉพาะอย่าง ตรวจสอบว่าผู้ขายเสนออุปกรณ์การวัดตรงตามที่ต้องการหรือไม่ตามที่ระบุไว้ใน Data Sheet และ Specification มีการรับประกัน มีการทดสอบอุปกรณ์อย่างไรบ้าง การขนส่งทางใด ใช้เวลากี่เดือน นำหลายผู้ขายเมื่อเทียบกันเพื่อประเมินให้ได้ตรงตามที่ต้องการสูงสุด

3. VDR หรือ Vendor Data Review การนำข้อมูลของผู้ขายเมื่อสั่งซื้อเรียบร้อยแล้วมาเพื่อตรวจสอบและรีวิวก่อร่างของผู้ขายว่าตรงตามที่เสนอมาหรือไม่

สำหรับโครงการนี้เป็นโครงการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติใหม่ ซึ่งทำการรวบรวมระบบควบคุมจากทั้งคลังก๊าซ คลังน้ำมันและท่าเรือโดยรวบรวมระบบควบคุมไว้ที่ห้องควบคุมเดี่ยวที่คลังน้ำมัน ที่อยู่ในขั้นตอนของการทำ Front End Engineering Design ซึ่งจุดประสงค์รวบรวมระบบควบคุมเพื่อให้ติดตาม ควบคุม สั่งการจากระยะไกล เพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยทำการรวบรวมข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และสามารถสั่งการได้จากผู้เชี่ยวชาญ โดยการวางแผนออกแบบระบบควบคุมนี้เพื่อประเมินถึงมูลค่าอย่างคร่าว ๆ ของโครงการประมาณงบประมาณในการลงทุนและระยะเวลา ออกแบบ การซื้อของและการก่อสร้าง ใช้เพื่อเป็นการประกอบการตัดสินใจของบริษัทเจ้าของกิจการเพราะในการทำโครงการต่าง ๆ ต้องใช้การลงทุนมหาศาลและต้องใช้ระยะเวลายาวนานเช่นกัน ซึ่งต้องดูความเป็นไปได้ทั้งเศรษฐกิจและความต้องการในอนาคต หากโครงการที่ทำนั้น ไม่วางแผนล่วงหน้า ไม่ทราบถึงต้นทุนในการลงทุน ทำให้โครงการใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นไม่เป็นไปตามแผนอาจเกิดจากเงินลงทุนไม่เพียงพอ ทำให้ต้องหยุดการนั้น ๆ โดยอาจส่งผลเสียต่อบริษัทเจ้าของกิจการเป็นอย่างมาก ดังนั้นควรที่จะการวางแผนและจัดการที่ดีก่อนที่จะเกิดโครงการใหม่ ๆ ก่อนที่จะมีการก่อสร้างจริงก็จะทำให้สามารถจะควบคุมระยะเวลา ในการก่อสร้างให้เป็นไปตามที่กำหนดได้ง่ายขึ้น สามารถทราบถึงต้นทุนและระยะเวลาของโครงการต่าง ๆ ถ้าหากทำการประเมินค่าใช้จ่ายทำให้สามารถตัดสินใจได้ว่า การลงทุนโครงการเหล่านี้คุ้มค่าหรือไม่ หรือสามารถจัดสรรงบประมาณต่าง ๆ ได้ดีและเป็นระบบยิ่งขึ้น โดยในรายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้จะเสนอรายละเอียดการทำงานต่าง ๆ ในส่วนของแผนกเครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมายตลอดช่วงของการดำเนินการออกแบบทางวิศวกรรมให้กับโครงการการออกแบบรวบรวมระบบควบคุมอัตโนมัติใหม่ที่คลังน้ำมัน

จากความสำคัญที่กล่าวมาข้างต้นทางบริษัทเจ้าของกิจการจึงต้องการให้ออกแบบและประเมินราคาของโครงการเพื่อสามารถประกอบการตัดสินใจต่อไป ซึ่งการรวบรวมห้องควบคุมที่คลังน้ำมันนั้นต้องทำการปรับปรุงระบบการควบคุมเดิมที่มีความล้าสมัย ยากต่อการแก้คำสั่งเป็นระบบควบคุมที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความทันสมัย สามารถออกแบบแก้ไขวงจรง่ายขึ้น ปรับปรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีคุณภาพและเป็นไปตามมาตรฐาน โดยเก็บข้อมูลจากระบบควบคุมเดิม การสำรวจสถานที่จริงและเอกสารต่าง ๆ ทำให้สามารถรวบรวมข้อมูลของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้งานกับระบบควบคุมใหม่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อให้ นักศึกษามีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบทางวิศวกรรม
2. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องวัดระดับอัตโนมัติ (Automatic Tank Gauging : ATG)
3. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโรงงานให้มีความน่าเชื่อถือและเป็นไปตามมาตรฐาน
4. เพื่อประเมินราคาของโครงการ

1.3 ขอบเขตของการดำเนินงาน

สำหรับโครงการนี้เป็นการศึกษาการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติใหม่ ซึ่งรวบรวมระบบควบคุมโดยมีระบบควบคุมจากหลายส่วน โดยการออกแบบนี้เป็นการออกแบบที่คลังสร้างเสร็จเรียบร้อยและใช้งานร่วมหลายปี ซึ่งระบบควบคุมที่มีอยู่นั้นล้าสมัย จึงต้องทำการออกแบบระบบควบคุมใหม่และจัดหาอุปกรณ์วัดใหม่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ได้รับมอบหมายหัวข้อโครงการสหกิจศึกษา
2. ศึกษาแผนภาพ P&ID เพื่อเก็บข้อมูลของอุปกรณ์การวัดและระบบควบคุมต่าง ๆ รวมทั้งศึกษาวิธีการทำงานของตัวอุปกรณ์วัด
3. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และตรวจสอบผลการประเมินบ่งชี้อันตรายของกระบวนการ
4. ศึกษา Control System Architecture
5. ศึกษาเอกสารเก่า ๆ ของโรงงาน เช่น ข้อมูลการเชื่อมต่อสัญญาณเก่า (Signal Connection List) และ สัญญาณต่าง ๆ จากควบคุมเก่า เป็นต้น
6. ออกไชด์งานเพื่อตรวจสอบข้อมูลเพิ่มเติม
7. จัดทำ Instrument I/O Schedule จากข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น เพื่อ List ตัวอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีสัญญาณและแสดงประเภท System, Signal Type ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อ Field Instrument เข้ากับระบบควบคุม
8. จัดทำ Cable Block Diagram เพื่อระบุสายสัญญาณการเชื่อมต่อของตัวอุปกรณ์ที่มีสัญญาณต่าง ๆ ทั้งประเภท สีและขนาด แสดงการเชื่อมต่อระหว่างส่วนของ Field Instrument, Remote I/O System และ ห้องควบคุมรวม (E&I Room)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและ 4 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. จัดทำ Cable Schedule เพื่อบอกรายละเอียดของสายสัญญาณ เช่น ความยาวสายสัญญาณที่เชื่อมต่อระหว่าง JB กับ อุปกรณ์วัด, ความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางทั้งด้านในและด้านนอก เป็นต้น พร้อมทั้งยังระบุชนิดของ Cable Gland อีกด้วย
10. จัดทำ Instrument Material Take Off เป็นเอกสารแสดงรายละเอียดในการซื้ออุปกรณ์ทั้งหมด
11. จัดทำเล่มรายงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเข้าใจและเรียนรู้ระบบการทำงานของบริษัทประเภท EPC โดยเฉพาะงานด้านการออกแบบ
2. สามารถอ่านและเข้าใจ P&ID: Piping & Instrument Diagram
3. มีความรู้ความเข้าใจอุปกรณ์วัดและควบคุมดียิ่งขึ้น
4. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและมีการทำงานและคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ
5. ได้รับประสบการณ์ทำงานในสถานที่ประกอบการจริง

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผนภาพกระบวนการผลิต (Piping & Instrument Diagram: P&ID)

2.1.1 สัญลักษณ์ระบบเครื่องมือวัดและควบคุม

สัญลักษณ์ของระบบเครื่องมือวัดและควบคุมบนแผนภาพกระบวนการผลิตตามมาตรฐานสากล ISA-S5.1 ได้แบ่งแยกสัญลักษณ์ออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้แสดงบนแผนภาพได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมได้ ดังนี้

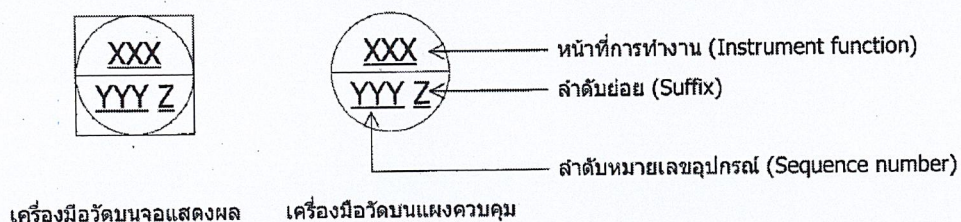
2.1.1.1 ตัวอักษรหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดทุกตัวที่แสดงอยู่บนแผนภาพกระบวนการผลิตจะมีหน้าที่การทำงานที่ชัดเจนเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ทราบเมื่อต้องการข้อมูลจากแผนภาพสากลมาตรฐาน ISA-S5.1 ได้จัดเตรียมตารางอักษรสำหรับใช้ แสดงหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดทุกชนิดๆ ดังนั้นบนแผนภาพกระบวนการผลิตโดยทั่วไป จึงมีการแสดงหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดด้วยตัวอักษรดังกล่าวไปบนหมายเลขประจำอุปกรณ์ (Tag Number) ซึ่งตัวอักษรเหล่านี้จะใช้บ่งบอกหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดสามารถแสดงรายละเอียด ตัวอักษรต่าง ๆที่ใช้ แสดงหน้าที่การทำงานได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอักษรหน้าที่การทำงานตามมาตรฐาน ISAS5.1

	FIRST-LETTER		SUCCEEDING-LETTERS		
	MEASURED	MODIFIER	PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis		Alarm		
B	Burner, combustion		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	User's Choice			Control	
D	User's Choice	Differential			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		
F	Flow Rate	Ratio			
G	User's Choice		Glass Viewing Device		
H	Hand				High
I	Current		Indicate		
J	Power	Scan			
K	Time	Time Rate of Change		Control Station	
L	Level		Light		Low
M	User's Choice	Momentary			Middle, Intermediate
N	User's Choice		User's Choice	User's Choice	User's Choice
O	User's Choice		Orifice, Restriction		
P	Pressure		Point		
Q	Quantity	Integrate, Totalize			
R	Radiation		Record		
S	Speed	Safety		Switch	
T	Temperature			Transmit	
U	Multivariable		Multifunction	Multifunction	Multifunction
V	Vibration			Valve	
W	Weight		Well		
X	Unclassified		Unclassified	Unclassified	Unclassified
Y	Event			Relay, Compute	
Z	Position			Driver, Actuator	

ในการแสดงรายละเอียดหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดจะถูกกำหนดไปบนหมายเลขประจำเครื่องมือ ซึ่งจะมีรูปแบบบนแผนภาพกระบวนการผลิต แสดงตัวอย่างบางส่วนในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 หมายเลขประจำเครื่องมือวัดบนแผนภาพกระบวนการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนแรก (xxx) จะใช้แสดงหน้าที่การทำงานและใช้เป็นตัวกำหนดหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัด ซึ่งจำนวนหลักที่ใช้จะขึ้นอยู่กับรายละเอียดข้อกำหนดในการกำหนดหน้าที่การทำงานของผู้นำไปใช้งาน ซึ่งจะต้องกำหนดจำนวนหลักให้เพียงพอกับจำนวนหลักที่จะใช้แสดงหน้าที่การทำงานของเครื่องมือวัดในฐานข้อมูล (Instrument Data Base) เนื่องจากอาจจะมีปัญหาในภายหลังถ้ามีการเปลี่ยนแปลง ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ห้าหรือหกหลัก อาทิเช่น เครื่องมือวัดที่อยู่บนระบบควบคุม FIC (Flow Indicator Controller), PDAH (Pressure Differential Alarm High High), TAH (Temperature Alarm High) ส่วนใหญ่เครื่องมือวัดที่อยู่ในบริเวณใช้งาน (Local Instrument) จะเป็น FT (Flow Transmitter), LT (Level Transmitter)
- ส่วนที่สอง (YYY) จะเป็นลำดับหมายเลขและจะใช้เป็นหมายเลขประจำเครื่องมือวัด (Instrument Tag Number) ส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้งานจะใส่หน่วยการผลิต หรือชื่อของอุปกรณ์หลัก (Main Equipment) ใน กระบวนการลงไปสามหลักแรก เพื่อไม่ให้หมายเลขประจำเครื่องมือวัดเกิดความซ้ำซ้อนกัน อาทิเช่น หน่วยการผลิตที่ 100 หรือลำดับหมายเลขของถังเป็น 111 ก็จะใช้สามหลักแรกเป็น 100 หรือ 111 และสองหลักต่อไปจะเป็นลำดับหมายเลขของอุปกรณ์ จะสังเกต เห็นได้ว่าถ้าใช้หลักต่อไปเป็นสองหลักจะทำให้จำนวนหมายเลขประจำเครื่องมือวัดที่สามารถกำหนดได้สูงสุดที่ 99 หรือเพียง 100 เท่านั้น ถ้ามีจำนวน เครื่องมือวัดเป็นจำนวนมาก ๆ อาจกำหนดให้เป็น 4 หลัก

ในบางครั้งผู้ใช้งานหรือผู้ออกแบบโรงงาน อาจกำหนดลำดับหมายเลขประจำเครื่องมือวัดตามกลุ่มระบบควบคุม เช่น เครื่องมือวัดสำหรับระบบควบคุมพื้นฐาน (Distributed Control System: DCS) อาจเริ่มจาก 1001 ถึง 2999, สำหรับระบบวัดคุมนิรภัย (Safety Instrumented System: SIS) อาจเริ่มจาก 3001 ถึง 4999, สำหรับระบบตรวจจับก๊าซรั่วและเพลิงไหม้ (Fire & Gas System: FGS) อาจเริ่มจาก 5001 ถึง 6999 และลำดับที่เหลืออาจสำรองไว้ใช้กับอุปกรณ์อื่น ๆ หรือสำรองไว้เพื่อการขยายระบบในอนาคต เป็นต้น การแบ่งลำดับเลขหมายเป็นหมวดหมู่ที่แน่นอนจะทำให้สะดวกและรวดเร็วในการค้นหาเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบควบคุมใดหรืออยู่บริเวณใดในกระบวนการผลิต

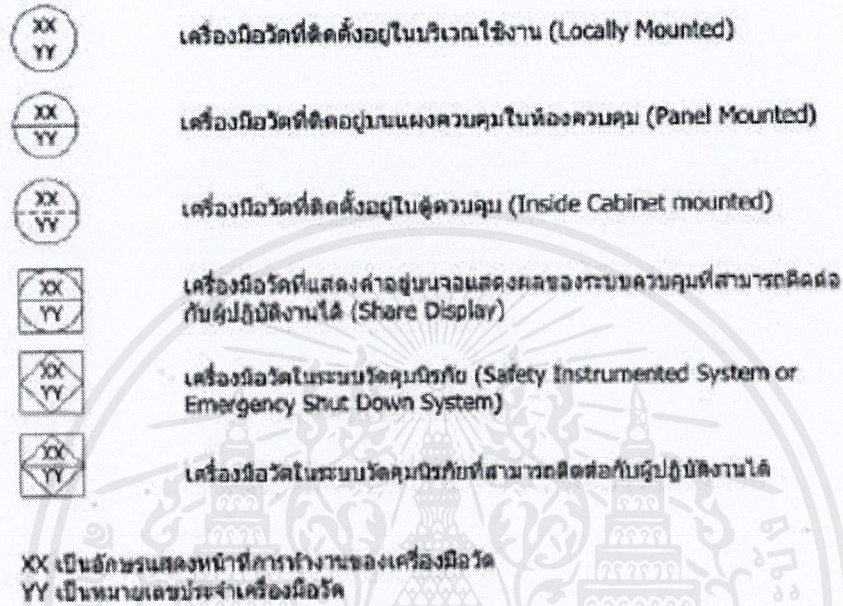
- ส่วนสุดท้าย (Z) จะเป็นลำดับย่อยที่ใช้แยกหมายเลขลำดับที่ซ้ำกัน จะใช้ในกรณีที่น่าไปใช้กับเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ เติร์มพร้อมทำงาน (Standby) ในกระบวนการ เช่น บั้มหรือถัง เป็นต้น โดยทั่วไปจะใช้เป็นอักษร หนึ่งหลักหรือสองหลักเช่น A ,B, AA, AB เป็นต้น ตัวอย่างเช่น ถ้ามีบั้ม 2 ตัวคือ P-101A และ P-101B มีการติดตั้งเกจวัดความดัน (Pressure Gauge) ที่ด้านขาออกของบั้มทั้งสอง หมายเลขประจำเกจวัดความดันจะเป็น PG-101A และ PG-101B

2.1.1.2 สัญลักษณ์ตำแหน่งและการเข้าถึงเครื่องมือวัด (Location/Accessibility)

เครื่องมือวัดบนแผนภาพกระบวนการผลิตจะต้องแสดงรายละเอียดความต้องการและตำแหน่งของเครื่องมือวัดอย่างชัดเจน เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทราบได้ว่าเครื่องมือวัดตัวนั้นติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งใดสำหรับใช้ในการควบคุมกระบวนการ และสามารถเข้าถึงเครื่องมือวัดนั้นได้อย่างไรในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของกระบวนการ นอกจากนั้นแล้วสัญลักษณ์ตำแหน่งยังเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับผู้ออกแบบในนำไปใช้จัดเตรียมระบบเครื่องมือวัดและควบคุมได้อย่างถูกต้อง และตรงกับความต้องการในการใช้งาน ดังนั้นจึงต้องมีสัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับแสดงการเข้าถึงและตำแหน่งของของเครื่องมือวัดที่ต้องการในกระบวนการผลิต สัญลักษณ์จะเป็นรูปแบบที่แตกต่างกันไปที่แสดงอยู่บนภาพขึ้นอยู่กับตำแหน่งและการเข้าถึง สามารถแสดงตัวอย่างสัญลักษณ์หลักได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สัญลักษณ์แสดงตำแหน่งเครื่องมือวัด

2.1.1.3 สัญลักษณ์เส้น (Line Symbol)

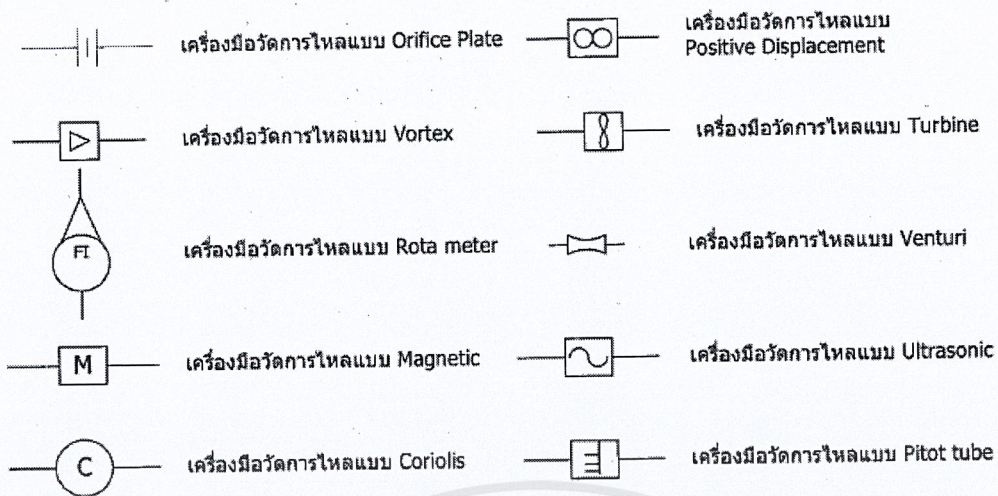
การทำงานของกระบวนการผลิตจะมีเครื่องมือวัดประเภทต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกันอยู่หลายชนิด และเครื่องมือวัดต่าง ๆ เหล่านี้ต้องมีการทำงานร่วมกันหรือเชื่อมต่อกันในลักษณะต่างๆ อาทิเช่น ฟังก์ชันควบคุม จะต้องมีการแสดงเครื่องมือวัดที่ต่อไปยังส่วนอินพุตของระบบควบคุมและแสดงส่วนเอาต์พุตต่อออกไปยังอุปกรณ์ควบคุมประเภทต่าง ๆ การเชื่อมต่อกันนี้จะถูกแสดงบนแผนภาพได้โดยใช้สัญลักษณ์เส้น ตัวอย่างรายละเอียดของสัญลักษณ์เส้นที่สำคัญๆจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.3 เป็นสัญลักษณ์เส้นสำหรับระบบเครื่องมือวัดและควบคุมที่จะนำไปแสดงบนแผนภาพกระบวนการ เพื่อใช้แสดงการเชื่อมต่อเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมต่างๆเข้าด้วยกันและใช้แสดงว่าเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ มีการเชื่อมต่อหรือส่งผ่านข้อมูลกันแบบใด

—————	ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการผลิต (Process Connection Line)
// // //	สัญญาณลม (Pneumatic Signal)
-----	สัญญาณไฟฟ้า (Electrical hard wired Signal)
└─┬─┬	สัญญาณไฮดรอลิก (Hydraulic Signal)
—×—×—	Capillary Tube
—○—○—	สัญญาณไฟฟ้าทางโปรแกรม (Software Link Signal)

รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์เส้น

2.1.1.4 สัญลักษณ์ Primary Element (Primary Element Symbol)

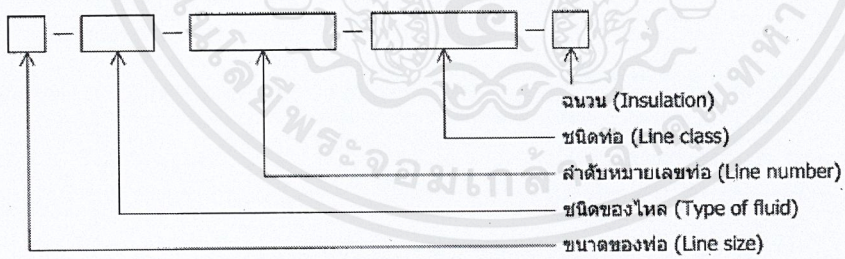
Primary Element หรือเครื่องมือวัดส่วนแรกเป็นเครื่องมือวัดที่จะถูกติดตั้งอยู่กับท่อกระบวนการผลิต เครื่องมือวัดส่วนแรกที่มีใช้งานในระบบเครื่องมือวัดและควบคุมจะมีหลายชนิดขึ้นอยู่กับตัวแปรที่ต้องการวัดและความเหมาะสมในการใช้งาน นอกจากนั้นแล้วยังมีเครื่องมือวัดบางชนิดที่ต้องติดตั้งร่วมกับเครื่องมือวัดภายนอกที่ไม่ถูกติดตั้งบนท่อ เช่น เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิส (Orifice Flow Meter) จะต้องมีการติดตั้งแผ่นออริฟิสไปในท่อของกระบวนการหรือจะถูกเรียกว่า In-line Instrument และจะต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) เพื่อทำการวัดค่าความดันแตกต่างระหว่างแผ่นออริฟิสที่เกิดขึ้นจากรateการไหลหรือถูกเรียกว่า Off-line Instrument เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการแสดงบนแผนภาพกระบวนการผลิตให้ชัดเจนว่าเป็นเครื่องมือวัดชนิดใด สัญลักษณ์นี้จะใช้แสดงว่าเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่กับท่อในกระบวนการผลิตเป็นแบบหรือชนิดใด แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์ต่าง ๆ ได้ ดังภาพที่ 2.4



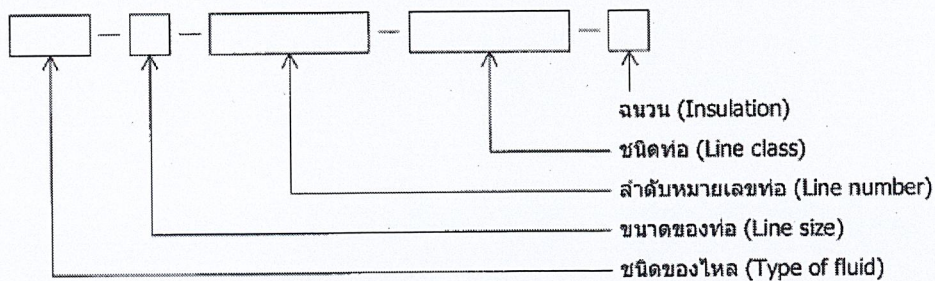
รูปที่ 2.4 สัญลักษณ์เครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่กับท่อ

2.1.1.5 หมายเลขประจำท่อ (Pipe Line Number)

นอกจากสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ได้แสดงรายละเอียดไปแล้วข้างต้น หมายเลขประจำท่อเป็นสัญลักษณ์อีกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญสำหรับแผนภาพกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับหมายเลขอุปกรณ์ หมายเลขประจำท่อจะไม่มีรูปแบบมาตรฐานกำหนดที่แน่นอนแต่จะขึ้นอยู่กับข้อกำหนดของผู้ใช้งานหรือผู้ออกแบบกระบวนการผลิต แต่ข้อมูลต่าง ๆ ที่แสดงบนหมายเลขประจำท่อจะเหมือนกัน ความแตกต่างอาจจะเป็นที่ลำดับและจำนวนหลักของข้อมูลที่ใช้ โดยจะแสดงตัวอย่างการจัดรูปแบบหมายเลขประจำท่อทั้ง 2 แบบได้ ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 หมายเลขประจำท่อแบบที่ 1



รูปที่ 2.6 หมายเลขประจำท่อแบบที่ 2

และ 2.6 สามารถแสดงรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของหมายเลขประจำท่อได้ ดังนี้

- ขนาดของท่อจะใช้แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะเป็นตัวเลขที่ใช้แสดงขนาดของท่อใน กระบวนการผลิต ส่วนใหญ่แล้วตัวเลขเหล่านี้จะมีหน่วยเป็นนิ้ว 2", 3", 4" เป็นต้น
- ชนิดของไหลจะเป็นตัวอักษรย่อเพื่อใช้สำหรับแสดงชนิดของไหล (Fluid Type) ที่ไหลอยู่ในท่อสามารถแสดงอักษรที่ใช้งานทั่ว ๆ ไปดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ชนิดของไหล

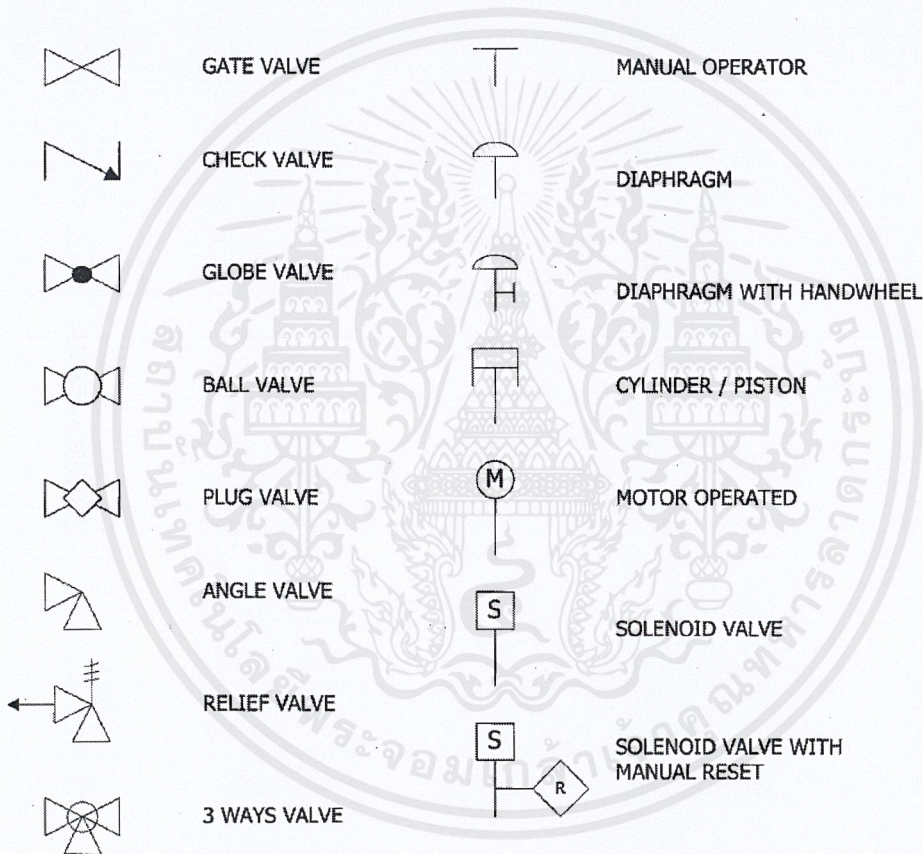
สัญลักษณ์	รายละเอียด	สัญลักษณ์	รายละเอียด
BFW	Boiler Feed Water	IA	Instrument Air
CWS	Cooling Water Supply	ME	Methanol
CWR	Cooling Water Return	N	Nitrogen
FG	Fuel Gas	PA	Plant Air
FO	Fuel Oil	WO	Wash Oil
FW	Fire Water	WW	Waste Water

- ลำดับหมายเลข (Sequence Number) จะใช้เป็นหมายเลขประจำท่อ ส่วนใหญ่แล้วผู้ใช้งานจะใส่หน่วยการผลิตลงในสามหลักแรก จะมีลักษณะคล้ายกับหมายเลขประจำเครื่องมือวัด อาทิเช่น หน่วยการผลิตที่ 100 ก็จะใช้สามหลักแรกเป็น 100 และหลักต่อไปจะเป็นลำดับหมายเลขอาจใช้สามหลักหรือสี่หลัก จาก 0000– 9999 เป็นต้น
- ชนิดของท่อจะเป็นตัวเลขหรือตัวอักษร (จะขึ้นอยู่กับผู้นำไปใช้งาน) ที่ใช้แสดงรายละเอียดซึ่งจะรวมไปถึงวัสดุที่ใช้ทำท่อ (Material), ขนาดความหนา (Thickness or Pipe Schedule), อัตราการทนต่อความดัน (Pressure Rating) และอัตราการทนต่ออุณหภูมิ (Temperature Rating) และจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับแสดงอัตราการทนต่อความดันและอุณหภูมิของจุดต่อแบบต่าง ๆ เช่น หน้าแปลน (Flange Connection) ตามมาตรฐาน ANSI B16.5 จะใช้แสดงเป็น Class 150, Class 300, แบบเกลียว (Screw) และแบบเชื่อม (Welded) เป็นต้น
- ฉนวนจะเป็นตัวอักษรบอกความต้องการหุ้มฉนวนแบบใด เช่น เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานหรือ ป้องกันอุณหภูมิจากภายในท่อ เป็นต้น

หมายเลขประจำท่อจะมีความสำคัญสำหรับนำไปใช้ ในการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่กับท่อ (In-line Instrument) เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อสำหรับ นำไปใช้ในการคำนวณแผ่นออริฟิส (Orifice Plate), อัตราทนต่อความดันและอุณหภูมิจะใช้ สำหรับการเชื่อมต่อกับเครื่องมือวัด (Process Connection), วัสดุของท่อจะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับกำหนดรายละเอียดวัสดุเครื่องมือวัดที่ต่ออยู่กับท่อและกำหนดชนิดของวาล์วควบคุม เป็นต้น

2.1.1.6 สัญลักษณ์วาล์วควบคุม (Control Valve Symbol)

วาล์วควบคุมจะมีสัญลักษณ์ สำหรับใช้แสดงบนแผนภาพตามชนิดของวาล์วควบคุมและ Actuator ซึ่งมีหลายชนิดจะต้องมีการเลือกแสดงให้ถูกต้องกับชนิดที่ต้องการ และต้องแสดงตำแหน่งของวาล์วเมื่อเกิดความผิดพลาด ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะมีอยู่ 3 แบบคือ FO (Failure Open), FC (Failure Close) และ FL (Failure Lock) วาล์วควบคุมจะมีความผิดพลาดที่แตกต่างกัน เช่น Instrument Air Failure และ Signal Failure ดังนั้นห้องมีการกำหนดให้ชัดเจนบนแผนภาพ นอกจากนั้นจะมีการแสดงรายละเอียดของการปิดสนิท (Tight Shutoff) ที่ต้องการ ANSI Class V หรือ VI จะถูกแสดงด้วยอักษร "TSO" รายละเอียดความต้องการเพิ่มเติมบนตัววาล์วควบคุมต้องแสดงอย่างชัดเจน รวมไปถึงขนาดของวาล์วควบคุม แสดงตัวอย่างสัญลักษณ์วาล์วควบคุมและ Actuator ได้ ดังรูปที่ 2.7

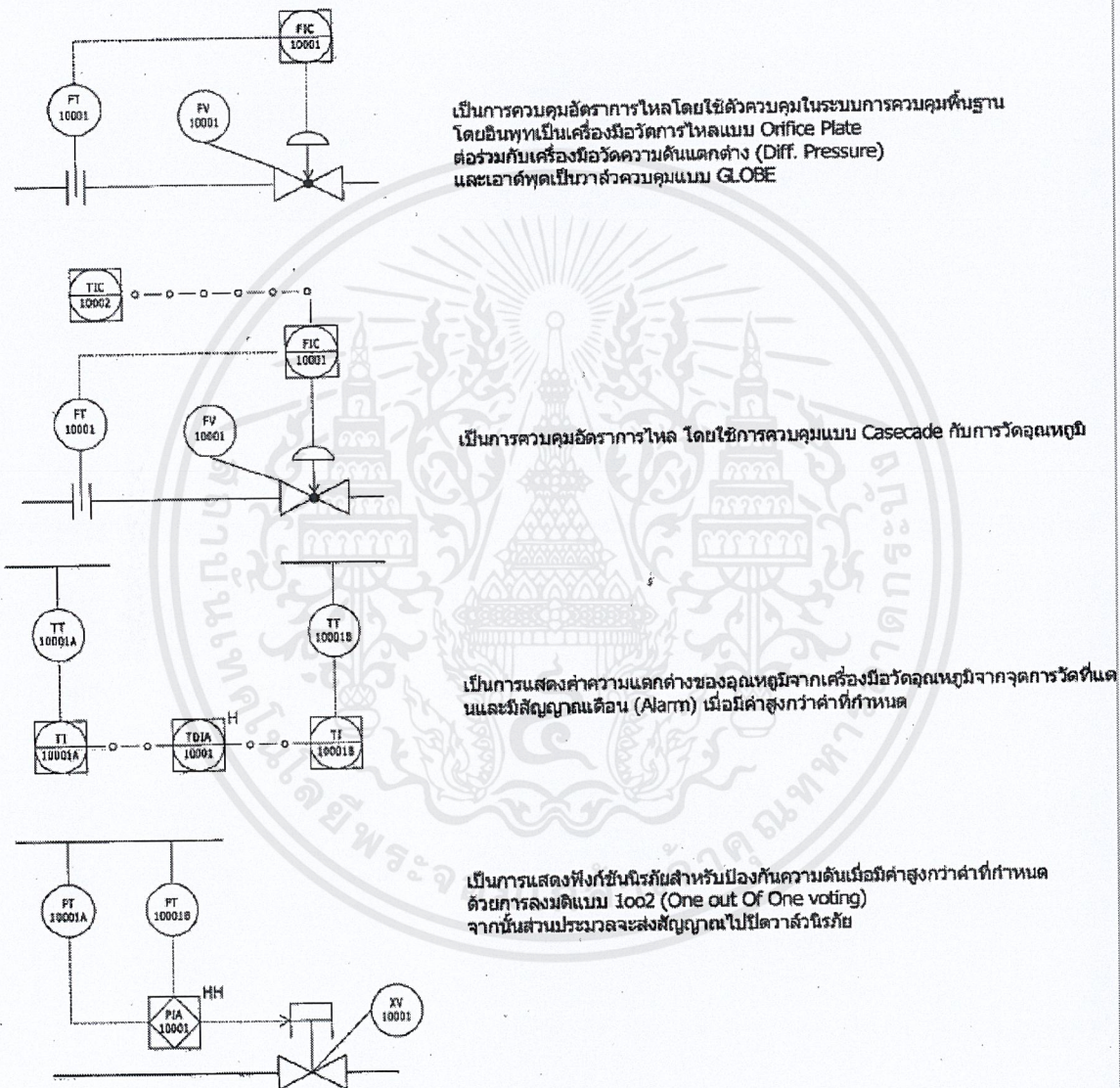


รูปที่ 2.7 สัญลักษณ์วาล์วควบคุมและ Actuator

สำหรับในโครงการก่อสร้างใหม่ๆ ในช่วงการพัฒนาแผนภาพกระบวนการผลิต ชนิดและขนาดของวาล์วควบคุมอาจจะยังไม่มีข้อมูลชัดเจน เนื่องจากยังไม่ได้มีการจัดซื้อวาล์วควบคุม แต่หลังจัดซื้อและมีข้อมูลที่ชัดเจนแล้ว จะต้องนำข้อมูลชนิดและขนาดของวาล์วควบคุมไปแก้ไขสัญลักษณ์ที่แสดงอยู่บนแผนภาพให้ถูกต้องก่อนที่จะนำแผนภาพกระบวนการผลิตไปใช้งาน

2.1.1.7 ฟังก์ชันควบคุม (Control Function)

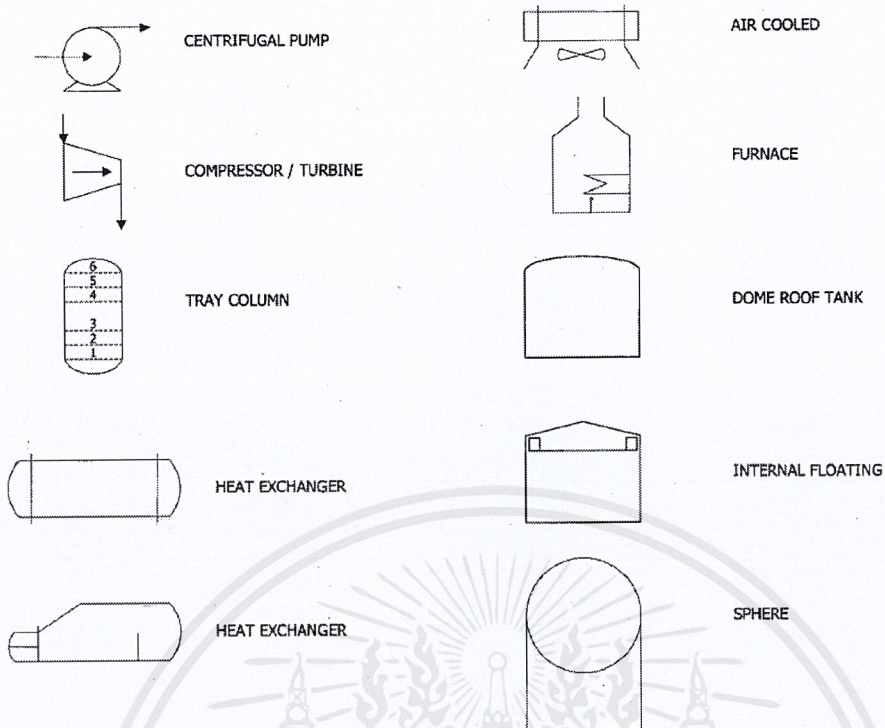
แผนภาพกระบวนการผลิตจะต้องมีการแสดงฟังก์ชันควบคุมของเครื่องมือวัดแต่ละชนิดที่แสดงบนแผนภาพ ฟังก์ชันควบคุมจะเป็นส่วนที่แสดงการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างระบบเครื่องมือวัดและควบคุม ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำโปรแกรมการทำงาน (Software Configuration) ของระบบควบคุม สามารถแสดงดังตัวอย่างฟังก์ชันควบคุมพื้นฐานได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ฟังก์ชันควบคุมพื้นฐาน

2.1.1.8 อุปกรณ์อื่น ๆ (Other Equipment)

นอกจากสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงระบบเครื่องมือวัดและควบคุมแล้ว ในกระบวนการผลิตยังมีอุปกรณ์หลักๆที่สำคัญอีกหลายชนิด โดยสัญลักษณ์ของอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถแสดงตัวอย่างได้ ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 สัญลักษณ์อุปกรณ์อื่น ๆ ในกระบวนการ

สำหรับอุปกรณ์หลักอื่น ๆ ในกระบวนการผลิตได้มีการแบ่งแยกหมวดหมู่อักษร ในการกำหนดชื่อให้กับอุปกรณ์เหล่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อักษรในการกำหนดชื่ออุปกรณ์อื่น ๆ

CLASS	SUBJECT	DESCRIPTION
A	Mixing Equipment	Agitators, Aerators, Mechanical mixers
B	Blowers	Centrifugal Blowers, Positive Displacement Blowers, Fans
C	Compressors	Centrifugal, Reciprocating, Screw, Vacuum
D	Mechanical Drivers	Electrical and Pneumatic Motors, Diesel Engines, Steam and Gas Turbines
E	Heat Exchangers	Unfired Heat Exchanges, Condensers, Coolers, Reboilers, Vaporizers and Heating Coils, Double Pipe, Spiral, Plate & Frame, Air Coolers
F	Furnaces	Fired Heaters, Furnaces, Boilers, Kilns
P	Pumps	Horizontal and Vertical Centrifugal, Positive Displacement, Vertical Canned, Screw, Gear, Sump
R	Reactors	
T	Tower / Columns	
TK	Tanks	API atmospheric and low pressure
U	Miscellaneous Equipment	Filters, Bins, Silos
V	Drums	Separators, Driers, Accumulators

นอกจากชื่ออุปกรณ์ (Equipment Tag Number) ที่ต้องแสดงอยู่บนแผนภาพกระบวนการผลิตแล้วยังต้องมีข้อมูลอุปกรณ์อื่นๆ ที่สำคัญของแต่ละชนิดของอุปกรณ์ซึ่งตัวอย่างข้อมูลทั่วไปที่แสดงอยู่บนแผนภาพจะเป็นดังนี้ หน้าที่การทำงาน (Title/Service), พลังงานที่ต้องการ (Power Requirement), วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์ (Materials of Construction), ความสามารถ (Capacity), พื้นที่ผิว (Surface Area), อุณหภูมิและความดันออกแบบ (Design Temperature and Pressure), ฉนวน (Insulation)

จากรายละเอียดของสัญลักษณ์ที่แสดงอยู่บนแผนภาพกระบวนการผลิต ที่ได้แสดงมาทั้งหมดเพียงตัวอย่างบางส่วนเท่านั้น สำหรับในการใช้งานจริงแล้วรายละเอียดเหล่านี้จะถูกแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ทั้งหมดที่มีใช้งานไว้ในส่วนแรกของแผนภาพกระบวนการผลิต

จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่อยู่บนแผนภาพกระบวนการ จะเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้ในการนำไปกำหนดรายละเอียดของระบบเครื่องมือวัดและควบคุม นอกจากนั้นแล้วแผนภาพกระบวนการผลิต หรือ P&ID จะเป็นเอกสารที่ต้องถูกจัดทำเป็นลำดับแรก สำหรับการออกแบบกระบวนการผลิตและยังใช้เอกสารที่ใช้อ้างอิงสำหรับหลายส่วนที่เกี่ยวข้อง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 16 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการจึงต้องมีการแก้ไขแผนภาพกระบวนการผลิตให้ถูกต้องด้วยเสมอ ดังนั้นก่อนจะทำการกำหนดรายละเอียดให้กับระบบเครื่องมือวัดและควบคุมที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตแล้ว จึงต้องมีการทำความเข้าใจกับสัญลักษณ์ และการทำงานของกระบวนการผลิตจากแผนภาพก่อน เพื่อความถูกต้องในการออกแบบรายละเอียดและการจัดหาเครื่องมือวัดเหล่านั้น

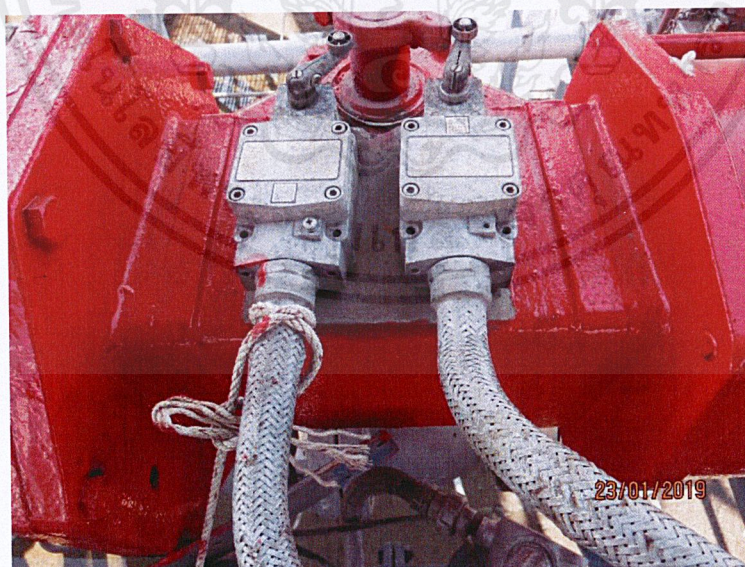
2.2 อุปกรณ์การวัด

2.2.1 Pressure Transmitter

Pressure Transmitter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดความดัน และแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณมาตรฐานเพื่อนำไปควบคุมกระบวนการต่างๆ Pressure Transmitter นั้นสามารถวัดได้ทั้งของของเหลว เช่น แก๊ส น้ำ น้ำมัน เป็นต้น และรวมไปถึงการวัดความดันของ Pneumatic หรือลม นั่นเอง เพราะฉะนั้นการเลือกใช้งานควรเลือกให้ถูกประเภท เพื่อการใช้งานที่ถูกต้อง

2.2.2 สวิตช์บอกตำแหน่ง (Limit Switch) / ตัวส่งสัญญาณตำแหน่ง (Position Transmitter)

สวิตช์บอกตำแหน่ง (Limit Switch) / ตัวส่งสัญญาณ ตำแหน่ง (Position Transmitter) จะถูกติดตั้งกับหัวขับของวาล์ว สวิตช์บอกตำแหน่ง/ตัวส่งสัญญาณ ตำแหน่ง จะส่งสัญญาณไฟฟ้า เพื่อบอกตำแหน่งหรือสถานะ การเปิดหรือปิดของวาล์วให้ห้องควบคุมทราบ โดยที่สวิตช์บอกตำแหน่งจะสามารถส่งได้เฉพาะสถานะ การเปิดหรือปิด (0 เปอร์เซ็นต์ หรือ 100 เปอร์เซ็นต์) ของวาล์วเท่านั้น ในขณะที่ตัวส่งสัญญาณ ตำแหน่ง สามารถส่งตำแหน่งที่ละเอียดกว่า เช่น เปิดกี่เปอร์เซ็นต์

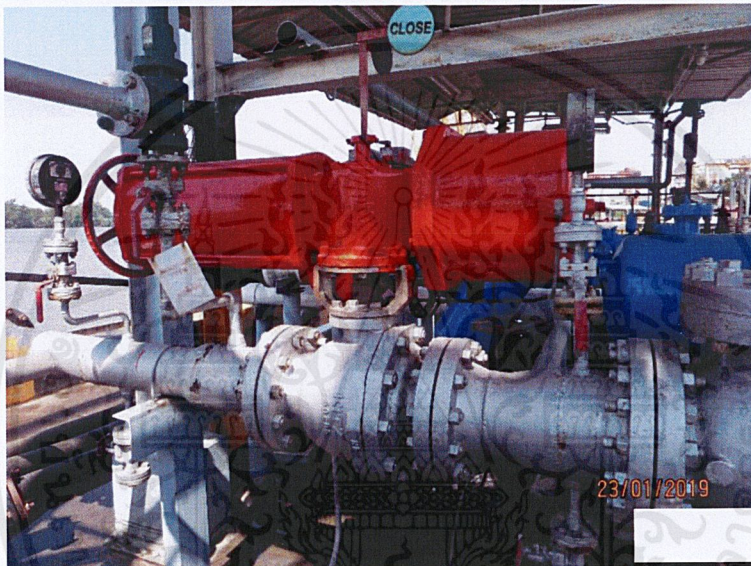


รูปที่ 2.10 สวิตช์บอกตำแหน่ง (Limit Switch)

2.2.3 วาล์วเปิด-ปิด (On-Off Valve)

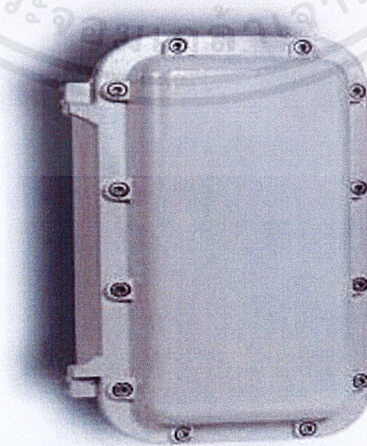
วาล์วเปิด-ปิด เป็นวาล์วควบคุมแบบสองทิศทาง ใช้ควบคุมการเปิด - ปิดการไหลของลมที่ช่วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาเอกสาร17 อย่างยิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้การไหลที่ไม่ถูกขัดขวางหรือทำหน้าที่ป้องกันการไหล วาล์วเหล่านี้มักจะใช้สำหรับการกำหนดเส้นทางของเหลวในกระบวนการผลิตไปยังสถานที่ต่างๆ การเริ่มและการหยุดกระบวนการและการทำงานของระบบความปลอดภัยอัตโนมัติ รูปแบบวาล์วที่ใช้กันโดยทั่วไปสำหรับเปิด/ปิด ประกอบด้วย Ball Valve, Butterfly Valve, Globe Valve ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน โดยวาล์วทำงานร่วมกับวาล์วลมไฟฟ้า (Solenoid Valve) ซึ่งประกอบไปด้วย ขดลวดไฟฟ้า (Solenoid) และตัววาล์ว (Valve Body) ซึ่งโดยทั่วไปชนิดที่ใช้กับวงจรขั้วลมนของวาล์วปฏิบัติงาน (Actuated Valve) มักเป็นชนิด 3 ทาง (Three-way Valve) ขดลวดไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกลหรือการเคลื่อนที่ ทำให้ก้านวาล์วขยับเปิด - ปิดได้



รูปที่ 2.11 วาล์วเปิด/ปิด

2.2.4 Junction Box หรือ กล่องพักสาย



รูปที่ 2.12 กล่องพักสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 18 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Junction Box หรือที่เราเรียกกันว่ากล่องพักสาย เป็นกล่องต่อสายที่ใช้สำหรับแยกวงจรไฟฟ้า หรือพักวงจรไฟฟ้า เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมแซมหรือขยายปรับปรุงเพิ่มวงจรในภายหลัง ทำให้สะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น นิยมใช้ติดตั้งทั้ง Outdoor และ Indoor ทั้งที่ใช้ติดตั้งกับเครื่องจักรและติดตั้งบนกำแพงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายตามบ้านเรือน อาคารจนถึงโรงงานอุตสาหกรรม สาเหตุที่ทำให้เกือบทุกภาคส่วนใช้ Junction Box คือ

1. สามารถใช้แยกวงจรไฟฟ้าหรือพักวงจรไฟฟ้าได้
2. ง่ายต่อการบำรุงรักษาหรือซ่อมแซม
3. ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ที่อยู่ภายในกล่องให้อยู่สภาพใช้งานได้เป็นปกติ
4. หากอุปกรณ์ภายในกล่องเกิดปัญหาช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใช้งานได้
5. ช่วยป้องกันความเสียหายจากการเกิดการกระแทกจากภายนอกได้

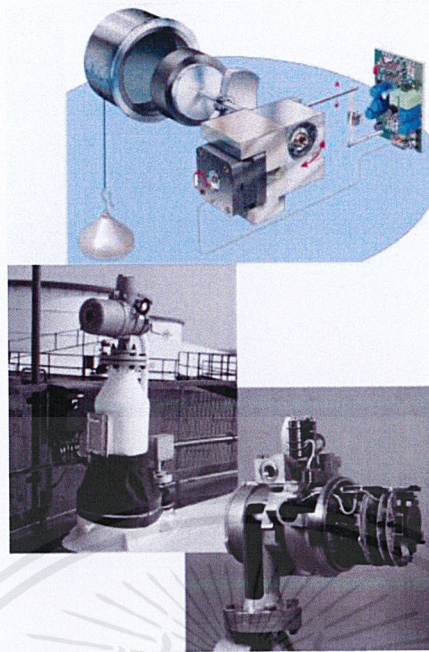
2.2.5 Automatic Tank Gauging หรือเครื่องวัดระดับอัตโนมัติ

ใช้สำหรับวัดระดับและอุณหภูมิของถังเก็บผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ เพื่ออ่านค่าระดับของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง เมื่อระดับผลิตภัณฑ์ของเหลวเพิ่มขึ้นหรือลดลง เครื่องวัดจะมีตัวตรวจระดับของเหลว และส่งสัญญาณเพื่อคำนวณและประมวลผล ต่อไป โดยสำหรับ ATG สำหรับงานเพื่อซื้อขายเป็นสำคัญ

เครื่องวัดระดับอัตโนมัติ ที่ใช้งานในปัจจุบัน 2 แบบ ได้แก่

- แบบลูกกลอย (Servo Gauge)

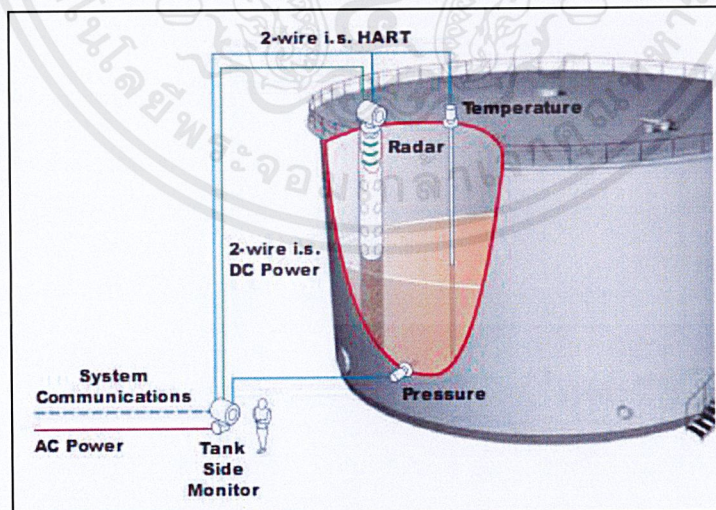
เป็นการตรวจวัดระดับใช้กันมานานที่เคลื่อนที่ขึ้นลง โดยมีสายแถบโลหะที่ม้วนเข้าหรือคลายออกได้อย่างอัตโนมัติ แต่ในการทำงานจำเป็นต้องพึ่งพาระบบกลไก และการปรับสมดุลชดเชยแรงที่เหมาะสม โดยมีปัจจัยหลายปัจจัยที่มีผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องวัดซึ่งต่อมาภายหลังมีการพัฒนาจากระบบกลไกให้เหลือน้อยลงแล้วเพิ่มระบบไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปเสริมทดแทนเป็นระบบไฟฟ้าที่เรียกว่า “Servo Operated Displacer Level Gauge” ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เครื่องวัดระดับของเหลวภายในถังแบบ Servo Operated Displacer Level Gauge

- แบบใช้คลื่นสะท้อน (Radar Gauge)

จะใช้หลักการคำนวณระยะเวลาที่คลื่นเสียงสะท้อนกับผลิตภัณฑ์ในถังเก็บผลิตภัณฑ์ และส่งกลับมายังเครื่องส่งสัญญาณ เพื่อคำนวณความสูงของผลิตภัณฑ์ (เป็นที่นิยมเนื่องจากมีค่าความแม่นยำ ติดตั้งง่าย ค่าบำรุงรักษาต่ำและง่ายต่อการใช้งาน รูปที่ 2.14 แสดงหลักการของเครื่องวัดระดับแบบใช้คลื่นสะท้อน



รูปที่ 2.14 หลักการของเครื่องวัดระดับ แบบใช้คลื่นสะท้อน

2.2.6 เครื่องตรวจวัดแก๊ส (Gas Detector)

Gas Detector คือ อุปกรณ์ทางด้านความปลอดภัย ใช้สำหรับตรวจสอบพื้นที่ และบริเวณที่ปฏิบัติงานว่ามีปริมาณสารพิษ สารไวไฟ ตลอดจนก๊าซออกซิเจนอยู่ในระดับที่มีความปลอดภัย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแะ20 ่ออย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงพอหรือไม่ โดยการใช้ Gas Detector จะต้องใช้เซนเซอร์ให้ตรงกับชนิดของก๊าซที่จะตรวจวัด โดย Gas Detector สามารถเชื่อมต่อกับระบบควบคุมเพื่อให้เกิดการควบคุมอัตโนมัติที่ทำให้เกิดความปลอดภัยสำหรับพื้นที่นั้น เครื่องตรวจวัดก๊าซสามารถส่งสัญญาณเตือนไปยังผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ที่เกิดการรั่วไหลทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานสามารถป้องกันตนเองทันเวลา อุปกรณ์ประเภทนี้มีความสำคัญเนื่องจากมีก๊าซหลายชนิดที่อาจเป็นอันตรายต่อชีวิตอินทรีย์ เช่น มนุษย์หรือสัตว์



รูปที่ 2.15 เครื่องตรวจวัดแก๊ส (Gas Detector)

2.3 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area Classification)

ในต้นศตวรรษ 1900 เป็นยุคที่อุตสาหกรรมขยายตัวอย่างมากและเริ่มมีการใช้มาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้าของ North American Codes โดยที่มาตรฐาน NEC (National Electric Code) ใช้สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและมาตรฐาน CEC (Canadian Electric Code) ใช้สำหรับประเทศแคนาดา ในช่วงเวลาเดียวกันสถาบันมาตรฐานของยุโรปคือ International Electrotechnical Commission (IEC) ก็ถูกก่อตั้งขึ้นที่ประเทศสวิตเซอร์แลนด์เพื่อเป็นสถาบันด้านมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับใช้ในประเศภูมิภาคยุโรป นอกจากนี้ประเทศในภูมิภาคยุโรปยังร่วมกันสร้างมาตรฐานเพื่อใช้ในกลุ่มประเทศยุโรปโดยเฉพาะคือ CENELEC (European Electrotechnical Committee for Standardization) ซึ่งเนื้อหาโดยรวมแล้วเหมือนกับมาตรฐานของ IEC ของกลุ่มประเทศทวีปอเมริกาเหนือ นอกจากนี้ยังมีมาตรฐานต่าง ๆ ของแต่ละประเทศเองในยุโรปก็เกิดขึ้น เช่น British Standards Institution (BSI) ของประเทศอังกฤษ, Deutsches Institut für Normung (DIN) ของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี, Association Française de Normalisation (AFNOR) ของประเทศฝรั่งเศส เป็นต้น ประกอบกับการกำเนิดรถยนต์และเครื่องบินในต้นทศวรรษที่ 1920 สร้างความต้องการใช้เชื้อเพลิงคุณภาพดีอย่างมาก ไอระเหยงจากแก๊สโซลีนมีคุณสมบัติที่จุดติดไฟได้ง่ายจึงเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีในการทำงานของรถยนต์และเครื่องบินทำให้อุตสาหกรรมรถยนต์ และเครื่องบินจำเป็นต้องป้องกันการสปาร์กจากระบบไฟฟ้าไม่ให้อยู่ในบริเวณที่มีไอระเหยงดังกล่าว พื้นที่ซึ่งปรากฏเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 21 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอระเหยดังกล่าวจึงถูกกำหนดเป็น “Extra Hazardous Location” ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นใหม่จึงจำเป็นต้องออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นประเภท Explosion Proof ในพื้นที่ที่มีไอระเหยของสารไวไฟ

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละประเทศ

	European Union	USA	Canada	Russia	Ukraine	Australia
Directive / Standard / Approval Body	ATEX - PTB - EXAM BBG - KEMA - TÜV Nord - ZELM - IBEU ...	FM Ex-Approval UL Ex-Approval	CSA-Certificate	GOST Russia	GOST Ukraine	IECEX
Validity	No restrictions	No restrictions	No restrictions	3 years	3 years	No restrictions
Production Supervision Auditing	yes	yes	yes	no	no	yes

ในปี ค.ศ. 1913 (พ.ศ. 2456) มีอุบัติเหตุครั้งรุนแรงภายในเหมืองถ่านหินประเทศอังกฤษซึ่งมีสาเหตุการระเบิดอันเนื่องมาจากไฟอาณัติสัญญาณแรงดันไฟฟ้าต่ำ เพื่อป้องกันภัยพิบัติดังกล่าวได้มีมติให้ติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทนไฟได้ ซึ่งจากใต้ดินเกือบถึงผิวดิน โดยไฟอาณัติสัญญาณแรงดันไฟฟ้าต่ำเกิดสปาร์กกับละอองฝุ่นของถ่านหิน เหตุการณ์ดังกล่าวสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินมากมาย ตั้งแต่นั้นมาจึงได้เริ่มมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยถึงความปลอดภัยของวงจรไฟฟ้า ถึงปัจจัยของการสะสมพลังงานในวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้า ตั้งแต่บัดนั้นจึงถือกำเนิด Intrinsic Safety (IS) ซึ่งมีหลักการที่ว่า การจำกัดพลังงานที่มีขีดความสามารถทำให้จุดติดไฟจะต้องมีค่าต่ำกว่าจุดติดไฟของสารที่ทำงานด้วยหรืออยู่ในสภาวะแวดล้อมเดียวกัน

ในปี ค.ศ.1931 (พ.ศ. 2474) มาตรฐาน NEC กำหนดให้แบ่งพื้นที่อันตรายออกเป็น Class I สำหรับแก๊สและไอระเหย, Class II สำหรับฝุ่นที่จุดติดไฟ และ Class III สำหรับเส้นใยที่จุดติดไฟได้ และต่อมาในปี ค.ศ.1935 (พ.ศ. 2478) ก็มีการแบ่งกลุ่มแก๊สและไอระเหยใน Class I ออกเป็นกลุ่ม A, B, C และ D ตามคุณสมบัติ 3 ประการ คือ (1) ความดันจากการระเบิด (Explosive Pressure) (2) การขยายตัวของเปลวไฟ (Flame Transmission) และ (3) อุณหภูมิการจุดระเบิด (Ignition Temperature)

ในปี ค.ศ.1956 (พ.ศ. 2499) แนวคิดเรื่อง Intrinsic Safety (IS) เริ่มเห็นผลชัดเจนขึ้นและถูกกำหนดเป็นมาตรฐานของทวีปอเมริกาเหนือ (North American Codes) และในเวลาเดียวกัน อุตสาหกรรมของอเมริกาเหนือขยายตัวเพิ่มมากขึ้นการติดตั้งระบบไฟฟ้าแบบ Explosion Proof ทั้งหมดในพื้นที่ที่มีสารอันตรายจะทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงมาก มาตรฐานของ NEC จึงได้เพิ่มวิธีการกำหนดพื้นที่อันตรายจากที่มี Division เดียวเพิ่มเป็น “Division 2” ซึ่งหมายถึงพื้นที่อันตรายที่ยอมให้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานการป้องกันการระเบิดที่มีมาตรฐานต่ำกว่า “Division 1” ได้โดยมีเงื่อนไขคือเป็นบริเวณที่มีการจัดเก็บหรือใช้สารไวไฟซึ่งจะมีโอกาสรั่วไหลของสารไวไฟสู่บรรยากาศในสภาวะไม่ปกติเท่านั้น เช่น การเกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำงาน หรือการเกิดรอยแตกรั่วของถังบรรจุ เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา 22 ข้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้น แต่ในทอมของความเสี่ยงและค่าไ้จ่ายสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีราคาถูกลงผู้บริหารอุตสาหกรรม ก็ต้องตัดสินใจเองด้วยเช่นกัน ตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาการจัดการพื้นที่อันตรายด้วยระบบ Zone System หรือ Area Classification จึงเกิดขึ้น ซึ่งจะมีวิธีการหรือตัดสินว่าพื้นที่บริเวณใดจะเป็น Class, Zone หรือ Group ซึ่งเป็นเรื่องที่ต้องใช้ผู้มีความรู้ความชำนาญในการพิจารณาตัดสิน

2.3.1 พื้นฐานการเกิดระเบิด

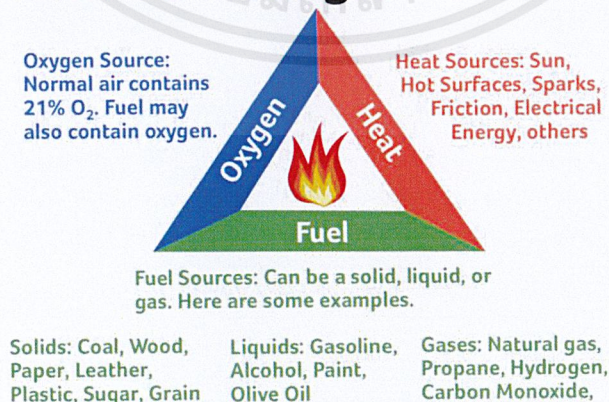
พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) หมายถึง บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดอุบัติเหตุของการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาวะที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องครบองค์ประกอบร่วม 3 อย่างในระดับที่เหมาะสมได้แก่

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities) ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือละอองฝุ่นขนาด 0.1 -0.001 มิลลิเมตร
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติ จะมีออกซิเจนประมาณ 21%)
3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศซึ่งการจุดติดไฟนี้ สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เปลวไฟ, พื้นผิวร้อน, แก๊สร้อน, อนุภาคร้อนการสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, มีความร้อนสูงสะสม, กระแสที่รั่วไหล, การป้องกันการกักความร้อนแบบแคโทดิก การถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิต, พัดผ่า, คลื่นความถี่วิทยุ ≤ 300 GHz, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า > 300 GHz, รั้งสีไออินฟราเรด, คลื่นเสียงอัลตราโซนิคส์, กระบวนการอะเดียบาติกเมื่อก๊าซถูกกดจะทำให้อุณหภูมิของก๊าซเพิ่มสูงขึ้น และคลื่นกระแทก, ปฏิกริยาคายความร้อน รวมถึงการจุดระเบิดตัวเองของฝุ่น เป็นต้น

เมื่อมีองค์ประกอบทั้ง 3 ครบแล้วไฟจะเกิดลุกไหม้ขึ้นและเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่

การใช้สามเหลี่ยมของไฟ (The Use of the Fire Triangle)

The Fire Triangle



รูปที่ 2.16 สามเหลี่ยมการลุกไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแ่ 23 ้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามเหลี่ยมของไฟ แสดงให้เห็นว่าไฟจะเกิดขึ้นได้ต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ เชื้อเพลิง (ในรูปแบบของไอระเหย) อากาศ(ออกซิเจน) และ ความร้อน (ถึงอุณหภูมิติดไฟ) และการที่จะดับไฟนั้น ก็ต้องเอาองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งออกไป

2.3.2 การจำแนกพื้นที่อันตราย

มีวิธีการจำแนก 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ

- การจำแนกเป็นประเภท (Class) และแบบ (Division) เป็นไปตามมาตรฐานของ NEC
- การจำแนกเป็นโซน (Zone) เป็นไปตามมาตรฐานของ IEC (IEC 60079)

แต่เมื่อเรานำการจำแนกพื้นที่อันตรายมาใช้งาน เราต้องไม่นำวิธีการในการจำแนกบริเวณอันตรายที่แตกต่างกันมาใช้ผสมปนเปกันในการจำแนกบริเวณอันตรายบริเวณเดียวกันอย่างเด็ดขาด เพราะนั้นเป็นการใช้มาตรฐานที่สับสนและจะขาดความเข้าใจอย่างแท้จริง

2.3.2.1 การจำแนกเป็นประเภท (Class) และแบบ (Division); ตามมาตรฐาน NEC

มาตรฐานของ The National Electrical Code Committee (NEC) และ The National Fire Protection Association (NFPA) Publication 70 กำหนดพื้นที่อันตรายออกได้ดังนี้

1. บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 (Class 1) คือ บริเวณที่ซึ่งมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable vapors and gases) ผสมอยู่ในอากาศปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิดได้

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class 1, Division 1) คือ บริเวณที่มีการใช้ก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ ซึ่งสามารถรั่วไหลจากกระบวนการทำงานตามปกติ การซ่อมบำรุง รวมทั้งการรั่วไหลจากเหตุหรืออุปกรณ์ หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติ และยังสามารถทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนที่ทำให้สารไวไฟรั่วไหลจุดติดไฟได้

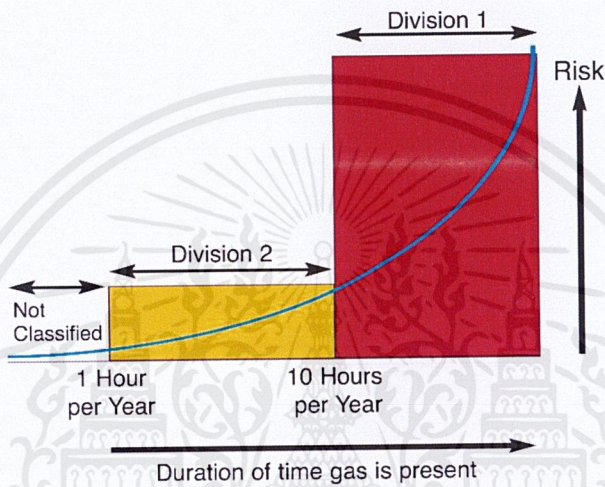
– บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (Class 1, Division 2) คือ บริเวณที่มีการใช้ก๊าซหรือของเหลวไวไฟในระบบปิดซึ่งไม่มีการรั่วไหลนอกจากเกิดความเสียหายของภาชนะบรรจุหรือการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องมืออุปกรณ์ และยังรวมถึงบริเวณที่อยู่ใกล้กับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟอาจถ่ายเทถึงกันได้ นอกจากนี้พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งเมื่อได้ติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อช่วยลดปริมาณสารไวไฟที่ผสมในอากาศอย่างเหมาะสม แต่อาจเกิดสภาพอันตรายได้เมื่อระบบระบายอากาศขัดข้อง ก็จัดเป็นพื้นที่อันตราย แบบที่ 2 ด้วย

2. บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 (Class 2) คือ บริเวณที่ซึ่งมีฝุ่นที่เผาไหม้ได้ (Combustible dust) ในปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิด

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 (Class 2, Division 1) คือ บริเวณที่มีฝุ่นเผาไหม้ได้ อยู่ในอากาศในปริมาณมากพอให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ และบริเวณที่มีฝุ่นที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีในปริมาณที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิด รวมทั้งกรณีนี้

ฝุ่นที่เผาไหม้ได้เกิดการรั่วไหลจากเหตุที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติและอาจทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนซึ่งทำให้ฝุ่นที่รั่วไหลออกมาเกิดการจุดระเบิดได้

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2 (Class 2, Division 2) คือบริเวณที่มีฝุ่นที่เผาไหม้ได้อยู่ในอากาศในปริมาณไม่มากพอทำให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ รวมถึงบริเวณที่มีฝุ่นซึ่งอาจสะสมอยู่บนอุปกรณ์ไฟฟ้า และอาจขัดขวางการระบายความร้อนของอุปกรณ์นั้น แต่ประกายไฟจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือจากการลัดวงจรไฟฟ้าอาจทำให้ฝุ่นเหล่านี้เกิดการจุดระเบิดได้



รูปที่ 2.17 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี

3. บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 (Class 1) คือ บริเวณที่มีเส้นใยที่จุดติดไฟได้ง่าย (Easily Ignitable Fibers or Flyings) มีปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดอันตรายจากการจุดระเบิดได้

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 แบบที่ 1(Class 3, Division 1) คือ บริเวณที่มีการผลิต การใช้ หรือการขนถ่ายเส้นใยที่จุดติดไฟได้ง่ายในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการจุดระเบิดได้

- บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 แบบที่ 2 (Class 3, Division 2) คือ บริเวณที่มีการจัดเก็บ หรือ ขนถ่ายเส้นใยที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่ายในปริมาณมาก

2.3.2.2 การจำแนกเป็นโซน (Zone); ตามมาตรฐาน IEC

การแบ่งพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน The International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 60079-10 และ CEC Section 18 ซึ่งครอบคลุมสารไวไฟที่เป็นก๊าซ, ไอระเหยและหมอกฝุ่น (Gases, Vapors and Mists) แต่ไม่รวมฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) โดยให้ความตระหนักถึงโอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีการสะสมของสารไวไฟขึ้นได้ แบ่งโอกาสความ

เป็นไปได้อย่างรวดเร็วของการเกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) ออกเป็นโซน 0, โซน 1 และ โซน 2

1. โซน 0 (Zone 0) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น ถังเก็บน้ำมันใต้ดิน

พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่ความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติมากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดระดับของเหลว และ เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องวัดดังกล่าวจะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้นเพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมากทำให้เมื่อมีการเกิดลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊สหรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

2. โซน 1 (Zone 1) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (flammable gases or vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ หรือเมื่อทำการซ่อมแซมเครื่องมืออุปกรณ์ในบริเวณดังกล่าว เช่น

- บริเวณที่มีการเติมน้ำมันเข้าถังน้ำมันรถยนต์ ดังในรูปที่ 3 ซึ่งรถยนต์จะเข้ามาและวิ่งออกไปเมื่อเติมแล้วเสร็จ

- บริเวณรอบช่องเปิดของถังบรรจุ

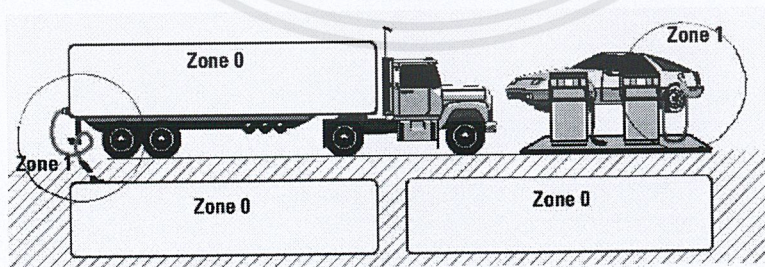
- บริเวณรอบ Safety Valve และบริเวณใกล้กับ Seal ของ Pump หรือ Compressor

- จุดถ่ายเทสารไวไฟ

- บริเวณที่มีการถ่ายบรรจุแก๊ส

- บริเวณที่มีการใช้สารตัวทำละลาย (Solvent)

พื้นที่ใน Zone 1 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ ระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมงต่อปี



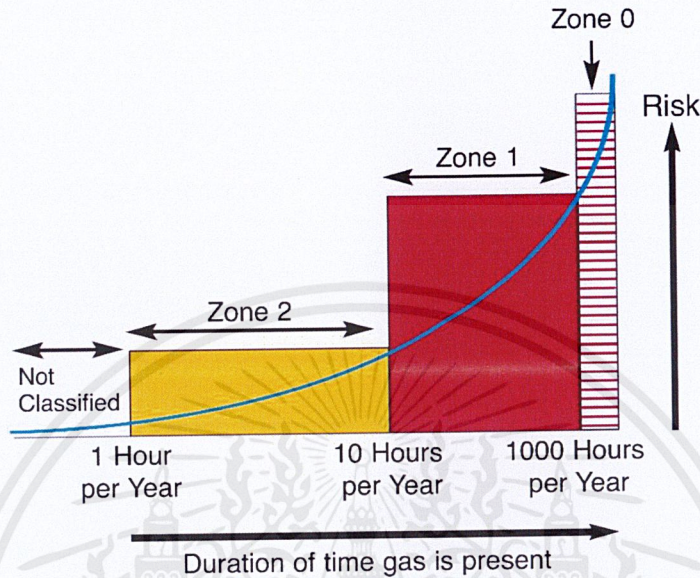
รูปที่ 2.18 แนวความคิดการแบ่งโซน ตาม IEC

3. โซน 2 (Zone 2) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟแทบไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ หรือโอกาสเกิดขึ้นได้นาน ๆ ครั้ง เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานหรือการทำงานผิดปกติ หรือจะเกิดขึ้นเฉพาะภายในระยะเวลาสั้นๆ ไม่ปล่อยให้เกิดการรั่วไหลเป็นเวลานาน

พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติ น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี



รูปที่ 2.19 การจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์พิจารณาหลักๆของการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IEC เป็น ZONE

Grade of Release	Zone	Flammable Mixture Present
Continuous	0	1000 hours per year or more (10%)
Primary	1	Between 10 and 1000 hours per year or more (0.1% to 10%)
Secondary	2	Less than 10 hours per year (0.01% to 0.1%)
Unclassified	-	Less than 1 hour per year (Less than 0.01%) ^①

This is a combination of Tables 2 and 3 from API RP505

① The 1-hour per year used in API RP505 is considered to be high by some industry experts. Conservative estimates of this figure should be 0.01 hours per year.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล27ของอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Comparing IEC, NEC, and CEC Zone Standards with NEC/CEC Class/Division Standards

Table I. Class I Area Classification Comparison

Zone 0	Zone 1	Zone 2
Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids are present continuously or for long periods of time under normal operating conditions.	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> • Are likely to exist under normal operating conditions • May exist frequently because of repair, maintenance operations, or leakage 	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> • Are not likely to exist under normal operating conditions • Occur for only a short period of time • Become hazardous only in case of an accident or some unusual operating condition
Division 1		Division 2
Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> • Are likely to exist under normal operating conditions • Exist frequently because of maintenance/repair work or frequent equipment failure 	Where ignitable concentrations of flammable gases, vapors, or liquids: <ul style="list-style-type: none"> • Are not likely to exist under normal operating conditions • Are normally in closed containers where the hazard can only escape through accidental rupture or breakdown of such containers or in case of abnormal operation of equipment 	

Note: Per NEC Article 505-10(b)(1), a Division classified product may be installed in a Zone classified location but the reverse is not true. Typically, Zone classified product provides protection utilizing a protection method not available in the Class/Division scheme.

รูปที่ 2.20 เปรียบเทียบการจัดประเภทพื้นที่อันตรายระหว่าง IEC (Zone) กับ NEC (Division)

ตารางที่ 2.6 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC ในเกณฑ์ของโอกาสการเกิดหรือปรากฏของสารไวไฟ

Frequency of Occurrence	Division System	Zone System
Continuous	Class I, Division 1	Zone 0
Intermittent Periodically		Zone 1
Abnormal Condition	Class I, Division 2	Zone 2

การจำแนกเป็นโซน (Zone); 2 ตามมาตรฐาน IEC

การแบ่งบริเวณอันตรายตามมาตรฐาน IEC สำหรับฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) แบ่งจำแนกบริเวณเทียบเคียงกับ Zone 0, 1 และ 2 สำหรับก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) แต่เพิ่มเลข 2 เข้าข้างหน้าเป็น

1. Zone 20
2. Zone 21
3. Zone 22

ตารางที่ 2.7 เปรียบเทียบการจำแนกพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน NEC กับ IEC

Hazardous Materials	Class/Division System	Zone System ①
Gasses or Vapors ①	Class I, Division 1 Class I, Division 2	Zone 0 Zone 1 Zone 2
Combustible Dusts ②	Class II, Division 1 Class II, Division 2	Zone 20 Zone 21 Zone 22
Fibers or Flyings	Class III, Division 1 Class III, Division 2	No Equivalent

① The United States and Canada have adopted Zones for Gasses and Vapors

② Zones for Dust are not yet developed for North America

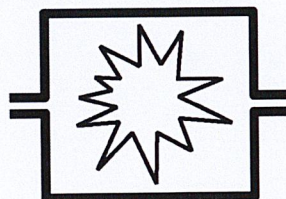
2.3.6 วิธีการป้องกันการระเบิด (methods of explosion protection)

วิธีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าและสว่นประกอบในการติดตั้งระบบไฟฟ้าที่สามารถป้องกันการระเบิดเกิดจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่า การเกิดเพลิงไหม้จะต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือสารไวไฟปริมาณมากพอ ออกซิเจน และแหล่งจุดติดไฟ ดังนั้นวิธีการป้องกันการระเบิดจึงใช้แนวคิดพื้นฐานในการป้องกันไม่ให้เกิดความรอนสูงที่ผิวเครื่องห่อหุ้มหรือเกิดประกายไฟได้ แต่ถ้าเกิดมีประกายไฟขึ้นภายในเครื่องห่อหุ้มก็จะไม่ทำให้เกิดไฟไหม้ลุกลามออกนอกสุภาภายนอกได้

ตารางที่ 2.8 มาตรฐานการใช้เทคนิคการป้องกันการระเบิดตามมาตรฐานของ IEC และ NE

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

2.3.6.1 Flameproof Type “d” Protection

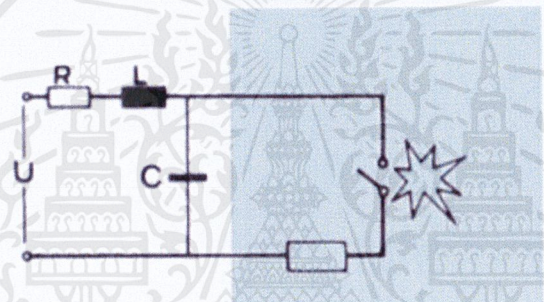


รูปที่ 2.21 Flameproof Type “d” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้สามารถเกิดการจุดระเบิดภายในส่วนเปลือกของอุปกรณ์ได้ หากมีแก๊สหรือไอระเหยแทรกเข้าไปภายในและมีประกายไฟเกิดขึ้น แต่ความดันที่เกิดขึ้นจากการระเบิดจะไม่สามารถทำความเสียหายกับเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าจนทำให้เปลวไฟขยายออกสู่อากาศได้ เทคนิคการป้องกันแบบนี้มักใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มักทำให้เกิดอาร์กหรือสปาร์ก รวมทั้งเกิดความร้อนสูงขณะที่มีการใช้งานตามปกติเช่น มอเตอร์, โคมไฟ, สวิตช์ควบคุม, เต้ารับ และ เต้าเสียบ เป็นต้น

2.3.6.2 Intrinsic Safety Type “ia” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้ จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวถึง 2 จุดในเวลาเดียวกันแล้วจะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้



รูปที่ 2.22 Intrinsic Safety Type “ib” Protection

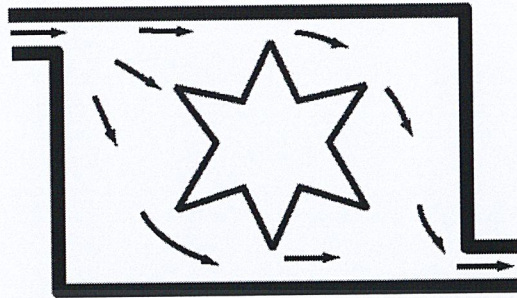
อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้ จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวเพียง 1 จุดก็จะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้แก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้

เทคนิคการป้องกันแบบ Intrinsic Safety มักใช้กับ Thermocouple, Transducer, Transmitter, Proximity Switch, Flow Detector, และ Level Sensor เป็นต้น วงจรไฟฟ้าที่แบบ Intrinsic Safe มักจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- (1) อุปกรณ์ตรวจวัด (Sensor หรือ Instrument)
- (2) อุปกรณ์จำกัดพลังงาน (Energy-limiting Device) บางครั้งเรียกว่า “Barrier”
- (3) สายไฟฟ้าที่มีการป้องกันความเสียหายจากการกระแทกทางกล

เครื่องมือที่ใช้เป็น Barrier นี้จะทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟหรือแรงดันไฟฟ้า ที่นิยมใช้กันทั่วไป คือ ใช้ Resistor ช่วยลดกระแสลัดวงจร, ใช้ Zener Diode ช่วยจำกัดแรงดันไฟฟ้าเกินและใช้ Fuse ช่วยตัดวงจรที่เกิดกระแสลัดวงจรไฟฟ้า

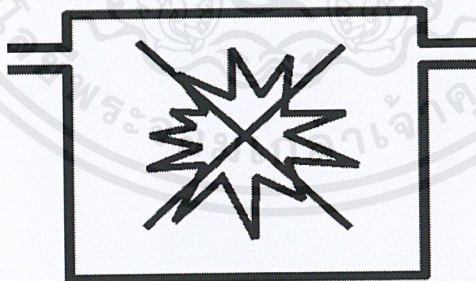
2.3.6.3 Pressurized Type “p” Protection



รูปที่ 2.23 Pressurized Type “p” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการอัดอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในเครื่องห่อหุ้ม เพื่อไล่อิระเหยของสารไวไฟออกนอกเครื่องห่อหุ้ม พร้อมกับรักษาระดับความดันอากาศภายในนั้นให้สูงกว่าภายนอกเล็กน้อยเพื่อป้องกันอิระเหยของสารอันตรายจากภายนอกแพร่เข้ามาในเครื่องห่อหุ้มที่มีสวนประกอบวงจรไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดการสปาร์กได้โดยปกติจะออกแบบให้มีความดันอากาศแตกต่างประมาณกัน 0.5 mbar หรือ 50 Pa ในบางกรณีอาจจะใช้แก๊สเฉื่อยอัดเข้าไปในเปลือกห่อหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าแทนที่จะใช้อากาศซึ่งมีออกซิเจนผสมอยู่ประมาณ 21% เพื่อป้องกันการระเบิดได้ดีมากขึ้น แก๊สเฉื่อยที่ใช้ เช่น แก๊สไนโตรเจน เพราะไม่เป้นอันตรายและมีอยู่ในอากาศทั่วไป

2.3.6.4 Increased Safety Type “e” Protection

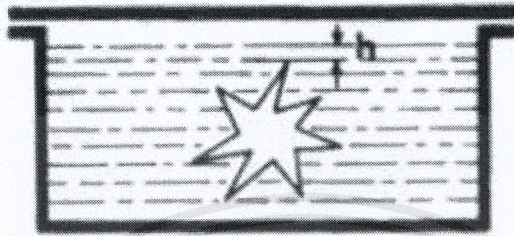


รูปที่ 2.24 Increased Safety Type “e” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งตามปกติจะไม่มีการเกิดอาร์กหรือสปาร์กขึ้นได้นอกจากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ดังนั้นการเพิ่มระบบป้องกันเหตุไม่ปกติที่อาจเกิดขึ้นได้จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งจะไม่ปลอดภัยให้มีความร้อนสูงเกิดขึ้นที่อุปกรณ์นั้น ๆ เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์การต่อสายไฟ, ระบบแสงสว่าง, มอเตอร์, และเครื่องมือวัด เป็นต้น ในกรณีของกล่องต่อสายไฟ แนวคิดของการป้องกันสามารถทำได้โดย ไม่ออกแบบให้มีการต่อสายหนาแน่นเกินไปภายในกล่องต่อสายเดียว,

เลือกใช้อุปกรณ์ต่อสายที่มั่นคงไม่หลุดง่าย, ไขควงนวนไฟฟ้าที่ทนความร้อนสูงได้, และหลีกเลี่ยงการต่อสายไฟที่นำกระแสไฟฟ้ามาก ๆ มาไว้ในกล่องต่อสายเดียวกัน

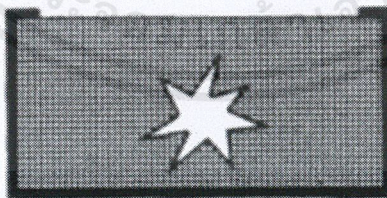
2.3.6.5 Oil Immersion Type “o” Protection



รูปที่ 2.25 Oil Immersion Type “o” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีจุ่มแฉอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่มีการอาร์ก หรือสปาร์ก บอยครั้งและอาจจะรุนแรงด้วย ลงไปใน Mineral Oil เพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับเชื้อเพลิงโดยตรง นอกจากนี้ น้ำมันที่ใสซึ่งมีการหมุนเวียนยังช่วยทำหน้าที่ระบายความร้อนในบริเวณที่เกิดอาร์คด้วย อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการอาร์กจะทำให้มีน้ำมันบางส่วนเกิดปฏิกิริยาเคมีและได้แก๊ส Hydrogen และ Acetylene ออกมา นอกจากนี้หากเกิดการลัดวงจรอย่างรุนแรงน้ำมันนี้ก็จากติดไฟและทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้วิธีการป้องกันแบบนี้ จึงไม่นิยมใช้ในพื้นที่อันตรายเพราะมีความเสี่ยงสูง เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับ สวิตช์ เกียร์และหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ เป็นต้น

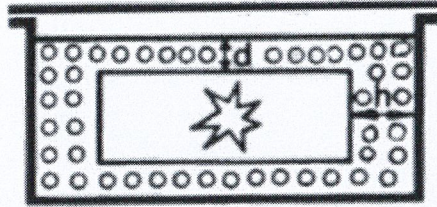
2.3.6.6 Powder Filled Type “q” Protection



รูปที่ 2.26 Explosive Atmosphere

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีเติมผงแฉกลงไปในเปลือกหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่มีการอาร์กหรือสปาร์ก เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับไอระเหยของสารไวไฟได้โดยตรง เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น คาปาซิเตอร์และหม้อแปลงขนาดเล็ก เป็นต้น

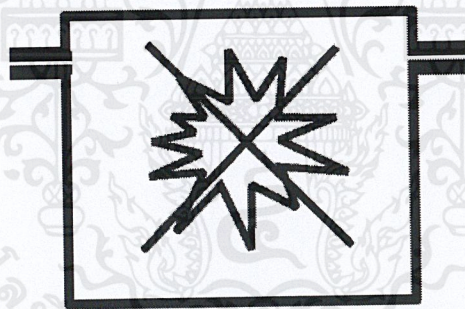
2.3.6.7 Encapsulation Type “m” Protection



รูปที่ 2.27 Encapsulation Type “m” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการเคลือบปดสวนที่อาจมีการอาร์ก หรือสปาร์กไวดวยฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันมิให้มีไอระเหยของสารไวไฟแทรกเข้าไป สัมผัสกับความร้อนที่เกิดขึ้นได้โดยตรง ฉนวนปดกันการอาร์กที่นิยมใช้คือ Epoxy Resin, Thermoplastic, Thermosetting และ Elastrometic Material เป็นต้น เทคนิคการป้องกันแบบนี้ มักใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น Solenoid Valve, Rapid Starter, Resistor, Capacitor, Optoisolator และ Diode เป็นต้น

2.3.6.8 Encapsulation Type “m” Protection



รูปที่ 2.28 Nonincendive Type “n” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งตามปกติจะไม่มีเกิดการอาร์กหรือสปาร์กที่รุนแรง รวมทั้งจะไม่เกิดความร้อนที่เปลือกหุ้มอุปกรณ์สูงจนสามารถทำให้เกิดการจุดติดไฟได้โดยใช่เครื่องห่อหุ้มที่ปดสนิทจนฝุ่น น้ำและแก๊สไม่สามารถผานเขาออกได้ตามเกณฑ์การทดสอบ เทคนิคการป้องกันแบบนี้ยังอาจถูกแบ่งเป็นวิธีการป้องกันได้อีก 3 ชนิด ดังนี้

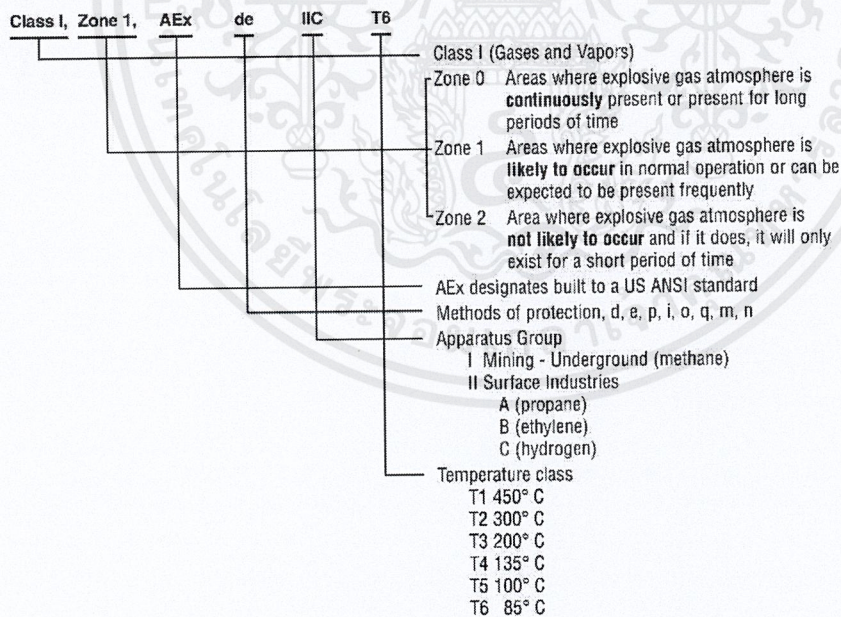
- Non-Sparking “nA” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้านิดที่จะไม่มีการสปาร์กเกิดขึ้น
- Hermetically Sealed “nC” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้านิดที่มีเปลือกหุ้มปดสนิทจนไม่มีอากาศเขาได้เลย
- Restricted Breathing “nR” คือ อุปกรณ์ไฟฟ้านิดที่จะจำกัดอากาศไม่เขาหรือออกจากเปลือกหุ้มใด ทำให้ภายในเปลือกหุ้มสวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อาจเกิดสปาร์กไม่มีไอระเหยมากพอที่จะเกิดติดไฟได้

Table K. Class 1 Protection Method Comparison

Zone 0	Zone 1	Zone 2
<ul style="list-style-type: none"> Intrinsically safe (2 fault) Intrinsically safe, "ia" (2 fault) Class I, Division 1 (U.S. only) 	<ul style="list-style-type: none"> Encapsulation, "m" Flame-proof, "d" Increased safety, "e" Intrinsically safe, "ib" (1 fault) Oil Immersion, "o" Powder-filled, "q" Purged/Pressurized, "p" Any Class I, Zone 0 method Any Class I, Division 1 method (U.S. only) 	<ul style="list-style-type: none"> Energy limited, "nC" Hermetically sealed, "nC" Nonincendive, "nC" Non-sparking, "nA" Restricted breathing, "nR" Sealed device, "nC" Any Class I, Zone 0 or 1 method Any Class I, Division 1 or 2 method (U.S. only)
Division 1		Division 2
<ul style="list-style-type: none"> Explosion-proof Intrinsically safe (2 fault) Purged/Pressurized (Type X or Y) 		<ul style="list-style-type: none"> Hermetically sealed Nonincendive Non-sparking Oil immersion Sealed device Purged/Pressurized (Type Z) Any Class I, Zone 1 or 2 method (U.S. only) Any Class I, Division 1 method

รูปที่ 2.29 เปรียบเทียบการวิธีการป้องกันการระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Protection Method) ที่ใช้ในพื้นที่อันตรายซึ่งแบ่งตามมาตรฐาน IEC (ZONE) กับมาตรฐาน NEC (Division)

Typical North American Marking to NEC 505



รูปที่ 2.30 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย



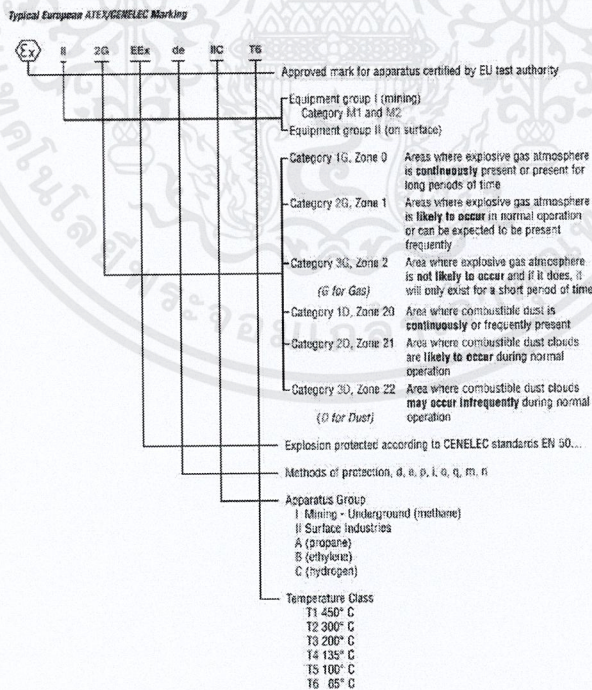
i.e., CE 0032  II2G EEx d IIC T6, PTB 01 ATEX 1040, Allen-Bradley, Milwaukee, WI

Table H.

Symbol	Description
CE	CE marking
0032	Notified body identifier/TUV Nord
 II2G	Epsilon-x is a designation for electrical certified by an EC testing station followed by: <ul style="list-style-type: none"> • Equipment group (I = underground mines, II = surface) • Zone (1 = Zone 0, 2 = Zone 1, 3 = Zone 2) • Category (G = gas, D = dust)
EEx d IIC T6	Symbol for electrical apparatus built to: <ul style="list-style-type: none"> • EEx = European standard • AEx = American standards • Ex = IEC and Canada standards Followed by: <ul style="list-style-type: none"> • Protection method • Gas group • Temperature class
PTB 01 ATEX 1040	Test house, certificate number, year of publication, reference to EC directive, continuous number
Allen-Bradley	Manufacturer name
Milwaukee, WI	Manufacturer address

รูปที่ 2.31 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ 1)



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างและความหมายอักษรย่อบนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่อันตราย (ต่อ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานด้านพื้นที่อันตราย

Comparison Table of Explosion-proof Standard

	TIS-1979 (Japan)	IEC & CENELEC (Europe)	USA & Canada
Based Standard	VDE 0170/0171 NFPA 1978 IEC 79-0 - 12	IEC 79 0 - 14 EN 50020/50039	NFPA 70-1987 ANSI/UL 913-1988 FM 3610 CSA C22-1085
Hazardous Locations and Applicable Type of Explosion-proof	Class 0: I only Class 1: I, d and f Class 2: I, d, f, e and o Dust under Consideration	Zone 0: ia only Zone 1: ia, ib, d and f Zone 2: ia, ib, d, f, e and o Dust under Consideration	Class I, Div 1, equivalent as Class 0 & 1. Zone 0 & 1 Class I, Div 2, equivalent as Class 2, Zone 2 Class II, Dust
Type of Explosion-proof	Flameproof : d Pressurized : f Increased safety : e Intrinsic safety : i Oil-immersed : o Special : s	Flameproof : d Pressurized : p Increased safety : e Intrinsic safety : ia/ib Oil-immersed : o Encapsulation : m Special : s	Not categorized by Types
Gas and Dust Classification	1: Propane 2: Ethylene 3a: Hydrogen 3b: Carbon disulphide 3c: Acetylene 3n: All vapors in class 3 Dust under Consideration	II A: Propane II B: Ethylene II C: Hydrogen II C: Acetylene Dust under Consideration	Class I Group D: Propane Class I Group C: Ethylene Class I Group B: Hydrogen Class I Group A: Acetylene Class II Group G: Flour, Grain Class II Group F: Carbon dust Class II Group E: Metal Dust
Temperature Classification (ignition temperature of Applicable gas or vapor)	G1: over 450 C G2: over 300 to 450 C G3: over 200 to 300 C G4: over 135 to 200 C G5: over 100 to 135 C G6: over 85 to 100 C	T1: over 450 C T2: over 300 C T3: over 200 C T4: over 135 C T5: over 100 C T6: over 85 C	T1: over 450 C T2: over 300 C T3: over 200 C T4: over 135 C T5: over 100 C T6: over 85 C
Code Example	d2G4 i3aG5	Ex d II BT4 Ex ia II CT5	Class I, Div 2, Group C D, T4 Class I, Div 1, Group B C D, T5

(NOTE: TIS means Technology Institute of Industrial Safety, Ministry of Labor, Japan)

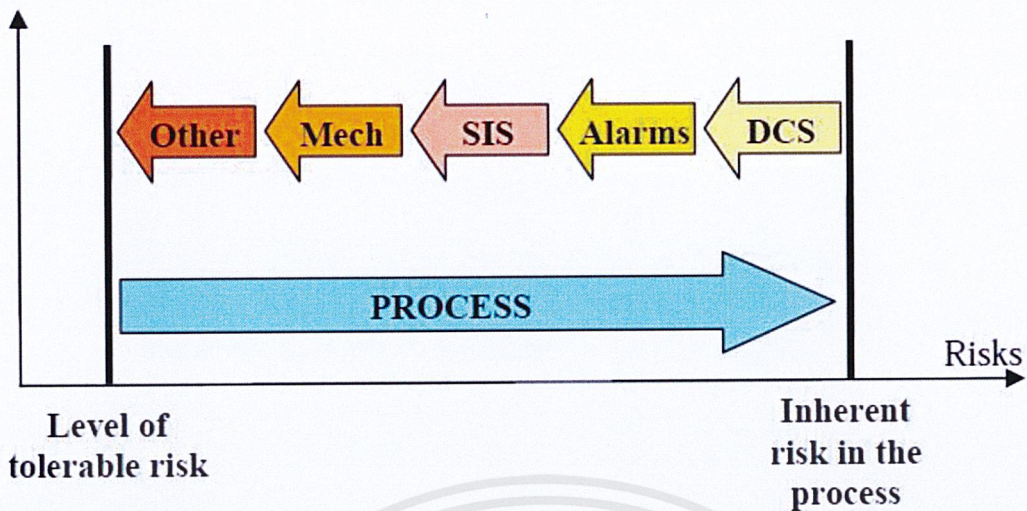
- eg. d2G4
- Shall be used at Class 1 and 2 locations Equivalent as Zone 1 and 2, Class I Div. 2, and Div 1 with special conditions
 - Can be used for both 1: propane and 2: Ethylene Equivalent as T4 (=T6, T5 and T4)
 - Process temperature is less than G4 (=G6, G5 and G4) Equivalent as T4 (=T6, T5 and T4)

2.4 ระดับของระบบรักษาความปลอดภัย Safety Integrity Level หรือ SIL

Safety Integrity Level หรือ SIL คือเลขโดยมีค่าตั้งแต่เลข 1 ถึง 4 โดยเป็นเลขที่บอกถึงระดับความสามารถของระบบรักษาความปลอดภัย ที่ใช้ป้องกันการดำเนินงานผิดพลาดของกระบวนการ หรือความน่าเชื่อถือของระบบความปลอดภัย โดย SIL 1 เป็นระดับความปลอดภัยที่ต่ำที่สุด ส่วน SIL 4 เป็นระดับที่สูงที่สุด

2.4.1 ความสำคัญของ Safety Integrity Level

Safety Integrity Level หรือ SIL ซึ่งเป็นตัวเลขที่บอกถึงระดับความสามารถของระบบรักษาความปลอดภัยนั้นจะใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเครื่องมือวัด Safety Instrumented System หรือ SIS ซึ่งก็เป็นเครื่องมือลดความอันตรายหรือจำกัดความอันตรายประเภทหนึ่งคล้ายๆกับ ระบบควบคุมทั่วไป Basic Process Control System ระบบป้องกันอันตรายเชิงกล เช่น วาล์วระบายความดัน Pressure Safety Valve หรืออื่น ๆ เช่นดังรูปข้างล่าง ที่เห็นได้ว่า ระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเครื่องมือวัด Safety Instrumented System หรือ SIS เป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงอันตราย จากในระดับที่ยอมรับไม่ได้ Inherent Risk ลดลงจนถึงระดับที่ยอมรับได้ Level of Tolerable Risk



รูปที่ 2.33 ระดับการเกิดอันตรายของกระบวนการและการลดความเสี่ยงการเกิดอันตราย

โดยถ้าระบบควบคุมทั่วไป Basic Process Control System นั้นเกิดทำงานผิดปกติหรือไม่สามารถควบคุมระบบได้อีกต่อไป หรือการทำงานที่ผิดพลาดของผู้ปฏิบัติงาน ระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเครื่องมือวัด Safety Instrumented System หรือ SIS ก็จะเริ่มการทำงานอย่างอัตโนมัติ ที่เป็นเช่นนั้นได้ เพราะโดยปกติแล้วระบบรักษาความปลอดภัยด้วยเครื่องมือวัด Safety Instrumented System หรือ SIS จะเป็นระบบที่ทำงานอย่างอิสระจากกันกับระบบควบคุมทั่วไป Basic Process Control System

2.4.2 ประโยชน์ของ Safety Integrity Level หรือ SIL

- ช่วยให้ระบบหรือกระบวนการผลิตนั้นสามารถหยุดหรือคงอยู่ในสถานะที่ปลอดภัยได้
- ช่วยลดความอันตรายหรือผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

2.5 ชนิดของสัญญาณ (Signal Type)

สัญญาณที่ใช้ในระบบสื่อสารแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ สัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิทัล

- สัญญาณอนาล็อก (Analog Signal) หมายถึงสัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไป มีลักษณะเป็นเส้นโค้งต่อเนื่องกันไป โดยการส่งสัญญาณแบบอนาล็อกจะถูกรบกวนให้มีการแปลความหมายผิดพลาดได้ง่าย โดยมีการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้
 1. Analog Input หรือ AI โดยจะเป็นการรับค่าสัญญาณไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่ต้องการทราบค่า เช่น เซนเซอร์วัดแรงดัน (Pressure Sensor), เซนเซอร์ระดับ (Level Sensor), RTD, เซนเซอร์วัดอัตราการไหล Flow Sensor

2. Analog Output หรือ AO โดยจะเป็นตัวส่งสัญญาณไฟฟ้าไปให้อุปกรณ์โดยจะส่งค่าสัญญาณ 4-20 mA หรือ 0-10 VDC เช่น วาล์วควบคุม

- สัญญาณดิจิทัล(Digital Signal) หมายถึง สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) ค่า คือสัญญาณระดับสูงสุดและสัญญาณระดับต่ำสุด ดังนั้นจะมีประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือสูงกว่าแบบ Analog เนื่องจากมีการใช้งานเพียง 2 ค่าเพื่อนำมาตีความหมายเป็น On/Off

โดยมีการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้โดยใช้

1. Digital Input หรือ DI จะเป็นตัวรับค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้กับที่ต้องการทราบสถานะการทำงาน หรือเป็นค่า Alarm เช่น Limit Switch
2. Digital Output หรือ DO จะเป็นตัวส่งค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น โดยส่วนใหญ่จะใช้เมื่อต้องการจะใช้ควบคุมอุปกรณ์เช่น วาล์วOn/Off เป็นต้น

2.6 ระบบควบคุม (System)

ระบบควบคุมที่ใช้ในการควบคุมแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ 1) PCS System, 2) SIS System, 3) FGS System

1. Process Control System (PCS) ทำหน้าที่เป็นระบบควบคุมกระบวนการโดยการควบคุมของอุปกรณ์ตามสายการผลิตในระหว่างการผลิตที่ประมวลผลกระบวนการและส่งข้อมูล สำหรับการตรวจสอบและแก้ไขปัญหา มีระบบควบคุมกระบวนการหลายประเภท ได้แก่ ระบบควบคุมดูแลและเก็บข้อมูล (SCADA), Programmable Logic Controllers (PLC), Distributed Control Systems (DCS) โดยอาจร่วมกันทำงานเพื่อรวบรวมและส่งข้อมูลที่ได้รับในระหว่างกระบวนการผลิต

2. Safety Instrument System (SIS) เป็นระบบที่รับผิดชอบในความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและทำให้มั่นใจได้ถึงการหยุดฉุกเฉินภายในขอบเขตที่ถือว่าปลอดภัย เมื่อใดก็ตามที่การดำเนินการเกินขีดจำกัด วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อหลีกเลี่ยงอุบัติเหตุภายในและภายนอกโรงงาน เช่น ไฟไหม้ การระเบิดความเสียหายของอุปกรณ์การป้องกันการผลิตและทรัพย์สิน และยังไปกว่านั้นการหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อชีวิตหรือความเสียหายต่อสุขภาพส่วนบุคคลและผลกระทบต่อชุมชน การทำงานของ SIS ประกอบด้วย Sensor, Logic Programmer, Processor, Final Element ที่ออกแบบมาโดยมีจุดประสงค์เพื่อหยุดเมื่อใดก็ตามที่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย เช่น ความดันและอุณหภูมิสูงเกินขีดจำกัด สัญญาณเตือนภัยสูง หรือเหตุการณ์ป้องกันการดำเนินการภายใต้สภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยต่อสภาพการทำงานที่ปลอดภัย

3. Fire Gas System (FGS) ระบบความปลอดภัยจากอัคคีภัยและก๊าซ เพื่อรับรู้ถึงอันตราย ทำให้มั่นใจในความปลอดภัยของบุคลากรและอุปกรณ์โรงงาน โดยมีระบบดับเพลิงและก๊าซเป็นระบบป้องกันของโรงงาน โดยระบบนี้จะตรวจจับอันตรายที่คุกคามและตอบสนองด้วยการเปิดใช้งานองค์ประกอบควบคุมขั้นสุดท้าย ระบบไฟและก๊าซขึ้นอยู่กับเครื่องตรวจจับประเภทต่าง ๆ เพื่อรับรู้ถึง

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นก่อนที่จะออกจากการควบคุม ระบบไฟและก๊าซจะต้องตรวจสอบการทำงานเป็นประจำ

2.7 สายคอนโทรลและสายสัญญาณ Control and Instrument Cable

2.7.1 การแบ่งประเภทของสายที่ใช้ในโครงการ

- สาย Control Cable จะเป็นสายที่ใช้กับระดับแรงดัน 600 V หรือ 0.6/1 kV

สาย Control หรือสาย Signal ส่วนมากจะใช้ในวงจรควบคุมเพื่อการป้องกันทางกล ใช้ในอุปกรณ์ที่มีระบบตัดวงจรทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าในการเหนี่ยวนำสูง ใช้ในวงจรแสดงข้อมูล เช่น สาย Pilot หรือ ใช้ในการควบคุมที่ติดตั้งขนานกับระบบร่วมกับสายไฟฟ้าแรงดันสูงที่อาจเกิด Fault ได้ ได้แก่ สาย Core



รูปที่ 2.34 สาย Control Cable

ซึ่งการใช้งานสำหรับโครงการนี้แบ่งเป็น 2 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) Class I, Division 1 และ พื้นที่ปลอดภัย (Non-hazardous Area) Class I, Division 2 โดยสามารถเลือกใช้งานชนิดของสายตามตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การเลือกใช้งานชนิดของสาย Control Cable

	Class I, Division 1	Class I, Division 2
core	MC-HL	MC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 39 อ่างอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สาย Instrument Cable จะเป็นสายที่ใช้กับระดับแรงดัน 300V, 300/500 V หรือ 500 V

สาย Instrument ส่วนมากจะใช้ในวงจรสำหรับการแสดงข้อมูล (Monitoring) การบันทึกข้อมูล (Data Recording) การรับส่งข่าวสาร (Conveyance of Information) เช่น การสื่อสาร การส่งข้อมูล และการส่งสัญญาณระยะไกล (Telemetry) การวัดอุณหภูมิ (Temperature) ความดัน (Pressure) การไหล (Flow)

โดยสามารถแบ่งประเภทจากการนำจำนวนสายมาเพื่อตีเกลียว

1. สายตีเกลียวคู่ 2 เส้น (Multi Pair) ส่งสัญญาณในปัจจุบันส่วนมากจะมีลักษณะเป็นสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนหนึ่งชั้นแล้วนำมาเกลียวเข้าด้วยกันเป็นคู่ 2 เส้น (Pair)
2. สายตีเกลียวคู่ 3 เส้น (Multi Triad) ส่งสัญญาณในปัจจุบันส่วนมากจะมีลักษณะเป็นสายตัวนำทองแดงหุ้มฉนวนหนึ่งชั้นแล้วนำมาเกลียวเข้าด้วยกันเป็นคู่ 3 เส้น (Triad)



รูปที่ 2.35 สายตีเกลียวคู่ 2 เส้น Instrument Cable

ซึ่งจากการตีเกลียวเข้าด้วยกันของตัวนำ ทำให้เกิดความสมดุลของสนามไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำให้มีค่าสม่ำเสมอจนมีค่าน้อยจนเป็นศูนย์ ซึ่งจะช่วยลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานให้น้อยลงโดยการใช้งานสำหรับโครงการนี้แบ่งเป็น 2 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) Class I, Division 1 และ พื้นที่ปลอดภัย (Non-hazardous Area) Class I, Division 2 โดยสามารถเลือกใช้งานชนิดของสายตามตารางที่ 2.11

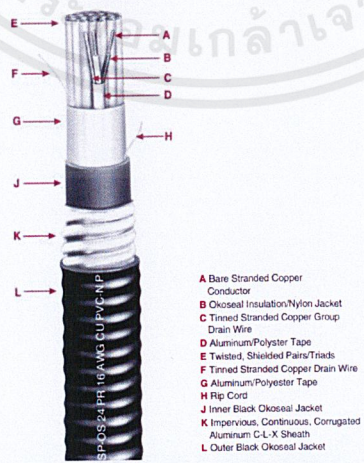
ตารางที่ 2.11 การเลือกใช้งานชนิดของสาย Instrument Cable

	Class I, Division 1	Class I, Division 2
ส่งสัญญาณ Analog	SP-OS MC-HL	SP-OS ITC/PLTC or MC
ส่งสัญญาณ Digital	P-OS MC-HL	P-OS ITC/PLTC or MC

สำหรับอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณเป็น Digital ใช้สาย P-OS (Multiple Non-Shielded Pairs/Triads - Overall Shield) ซึ่ง Shield ที่รวมสายอย่างเดียว ส่วน Analog ต้องใช้สาย SP-OS (Multiple Shielded Pairs/Triads - Overall Shield) ทั้งในพื้นที่อันตรายและปลอดภัยเพราะว่าสาย SP-OS เป็นสายที่มี Shield ที่สาย Pair และ Shield ที่รวมสาย Pair ทั้งหมดเพราะสำหรับสัญญาณ Analog นั้นได้รับการรบกวนได้ง่ายกว่าสัญญาณ Digital



รูปที่ 2.36 สาย Pair P-OS (Multiple Non-Shielded Pairs/Triads - Overall Shield)



รูปที่ 2.37 สาย Pair SP-OS (Multiple Shielded Pairs/Triads - Overall Shield)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 41 อย่างไม่ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เคเบิลแกรนด์ (Cable Gland)

เคเบิลแกรนด์ คืออุปกรณ์ที่ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่ยึดสายไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสายไฟฟ้กำลัง (Power Cables), สายไฟควบคุม (Control Cables), สายสัญญาณสำหรับเครื่องมือวัด (Instrumentation Cables), สายสัญญาณ (Data Cables) และสายระบบสื่อสาร (Telecommunication Cables) เข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทต่าง ๆ โดยจะต้องป้องกัน แรงดึงรั้งสายไฟฟ้าไม่ให้หลุดหรือขยับได้ ช่วยยึด สายไฟฟ้าให้มีความมั่นคงและแข็งแรง

Cable Gland ยังมีคุณสมบัติเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- มีความทนทานต่อเปลวไฟที่อาจลุกลามขึ้นได้ (Firestop) มีความทนทานต่อการป้องกันการระเบิดที่อาจเกิดขึ้นในบางระดับได้ (Explosion Proof)
- เป็นอุปกรณ์เชื่อมโยงระบบสายดิน เพื่อลดระดับหรือกำจัดสัญญาณรบกวนและคลื่นความถี่วิทยุได้ (EMI and RFI Shielding)
- ช่วยลดแรงดึงของสายไฟฟ้าที่ยึดเข้าหากัน (Wire Mesh)
- ช่วยป้องกันมิให้น้ำ น้ำมัน หรือของเหลวเข้าไป ภายในอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อรวมกันได้ (Liquid Tight) ช่วยกันและแยกพื้นที่เป็น 2 ส่วนออกจากกัน เพื่อป้องกันมิให้ไอระเหยของแก๊สสามารถผ่านไป (Sealing)

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้ เคเบิลแกรนด์ให้เหมาะสมกับประเภทและขนาดของ สายไฟฟ้า และสภาพแวดล้อมที่จะนำไปใช้งาน ทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้เคเบิลแกรนด์ได้รับความเสียหาย ซึ่งส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะได้รับความเสียหายและอันตรายอันอาจจะเกิดขึ้นแก่บุคคลผู้ปฏิบัติงานตามมาได้

วิธีการเลือกใช้เคเบิลแกรนด์

เราสามารถพิจารณาเลือกใช้งานเคเบิลแกรนด์ โดยคำนึงถึงปัจจัยสำคัญที่นำมาพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ชนิดของสายไฟฟ้า เช่น สายไฟฟ้าเป็นแบบ Armored หรือเป็นแบบ Unarmored ซึ่งหากสายไฟฟ้าที่ใช้เป็นแบบ Armoured Cable ก็อาจจะเป็นได้ตั้งแต่ Steel Wire Armored Cable (SWA), Aluminium Wire Armored Cable (AWA), Steel Wire Braid Cable (SWB) และ Steel Tape Armored Cable (STA) ทั้งนี้หากไม่ได้ระบุถึงประเภทย่อยของสายไฟฟ้าแบบ Armored โดยทั่วไปก็จะเข้าใจว่าเป็นสายไฟฟ้าประเภท SWA เป็นหลัก
2. ขนาดของสายไฟฟ้าโดยเฉพาะขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของสายไฟ (D1) และเส้นผ่าศูนย์กลางด้านในที่ไม่รวมชั้นเปลือกฉนวนภายนอก และชั้น Armored (D) ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร
3. ประเภทของเกลียวที่ต้องการ เช่น เกลียวแบบเมตริก (มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร) หรือเกลียว NPT (มีหน่วยเป็นนิ้ว)

4. ระดับการป้องกันที่ต้องการ (IP) จะคำนึงถึงเรื่องมาตรฐานการป้องกันน้ำและฝุ่นไม่ให้เข้าไปภายในอุปกรณ์ไฟฟ้า ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่จะนำไปติดตั้งว่ามีความเสี่ยงจากฝุ่นหรือน้ำว่าอยู่ในระดับใดเป็นสำคัญ

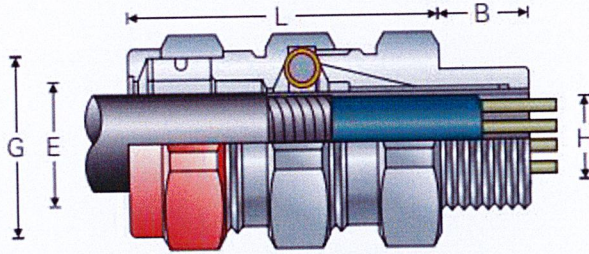
5. วัสดุที่ใช้ทำเคเบิลแกรนด์อาจจะเป็นได้ทั้งโลหะ เช่น ทองเหลือง (Brass) ทองเหลืองเคลือบผิว ด้วยนิเกิล (Nickel Brass Plated) อะลูมิเนียม (Aluminium) หรือสแตนเลสสตีล (Stainless Steel) หรืออลูโลหะ เช่น ไนลอน (Nylon) ได้ ซึ่งหลักเกณฑ์ในการเลือกคือเรื่องความแข็งแรงทนทานของวัสดุเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายหรือการสึกกร่อนจากสภาพแวดล้อมและการเสียดสีในการเลือกวัสดุที่ใช้ทำเคเบิลแกรนด์ให้มีความสอดคล้องกับวัสดุที่ใช้ทำตัวนำไฟฟ้าเพื่อป้องกันมิให้เกิดการกัดกร่อนจากการสัมผัสระหว่างโลหะต่างชนิดกัน

6. มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด ซึ่งการเลือกใช้งานเคเบิลแกรนด์ในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี น้ำมันและแก๊สจะต้องมีการคำนึงว่าเคเบิลแกรนด์นั้นได้รับมาตรฐานป้องกันการระเบิดและสามารถใช้งานในพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน IECEx หรือ UL/CSA ได้หรือไม่ด้วย โดยต้องคำนึงถึงมาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion Proof Protection) เช่น โซน หรือ Class/Division ที่ใช้งาน ได้, กลุ่มแก๊สที่ใช้งานได้ (Gas Group), เทคนิคการป้องกัน (Protection Method), อุณหภูมิสูงสุด ที่อาจเกิดขึ้นบนพื้นผิวของสิ่งห่อหุ้ม (Enclosure) และอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะใช้งาน (Temperature Classification) ควบคู่กันไว้

สำหรับ ตารางที่ 2.12 แสดงการเลือกใช้ Cable Gland ตามชนิดของสายตาม NEC โดยเลือกใช้ของ COOPER Crouse-Hinds โดยเมื่อเลือกชนิดของ Cable Gland เรียบร้อยแล้วสามารถเลือกขนาดของ Cable Gland ได้ โดยต้องให้ขนาดสายภายนอกอยู่ระหว่าง Outer Sheath (E) และส่วนที่เป็น C.L.X Sheath อยู่ระหว่าง Armour Range (H) ดังรูปที่ 2.38

ตารางที่ 2.12 การเลือกชนิด Cable Gland

Cable Type/Application	Cooper Crouse-Hinds
Non-Armoured, EExe/EEExd	ADE 1F
Armoured (SWA, SWB, STA), EExe/EEExd	ADE 4F
Armoured, EExe/EEExd - Deluge, cold flow protection	ADE 6F
Armoured, EExe/EEExd - Compound, deluge protection	ADE 6FC*
Conduit connection EExe/EEExd - Compound	TCCF
Non-Armoured, EExe/EEExd - Compound	ADE 1FC
MC cable - Wet location - aluminum	TMC
MC cable - Wet location - nickel-plated brass	TMC-BR-NP
MC-HL cable - Explosionproof - aluminum	TMCX
MC-HL cable - Explosionproof - nickel-plated brass	TMCX-BR-NP
Non-Armoured - explosionproof (Class I, Div 2)	TULU
Armoured & sheathed marine shipboard - CI I, Div 1	ADE 6FC*
Armoured & sheathed marine shipboard - Wet location	ADE 4F



รูปที่ 2.38 Cable Gland

ตารางที่ 2.13 การเลือกขนาดของ Cable Gland

NPT thread size	Cat. #	Armor range (H)		Outer sheath (E)		Across flats	Across corners (G)	Length (L)	Thread length (B)
		Min.	Max.	Min.	Max.				
1/2"	TMCX165	0.44	0.65	0.49	0.78	1.25	1.38	2.63	0.75
3/4"	TMCX285	0.60	0.85	0.65	1.00	1.50	1.63	2.88	0.78
1"	TMCX3112	0.80	1.12	0.85	1.31	1.88	2.00	3.13	0.94
1 1/4"	TMCX4140	1.10	1.40	1.15	1.62	2.25	2.44	3.13	0.97
1 1/2"	TMCX5161	1.33	1.61	1.38	1.78	2.50	2.75	3.38	0.97
2"	TMCX6206	1.57	2.06	1.63	2.31	3.25	3.50	5.31	1.00
2 1/2"	TMCX7247	1.93	2.47	1.99	2.72	3.75	4.00	6.06	1.44
3"	TMCX8302	2.45	3.02	2.52	3.28	4.50	4.88	6.06	1.44
3 1/2"	TMCX9352	2.95	3.52	3.02	3.78	5.00	5.38	7.75	1.63
4"	TMCX10402	3.50	4.02	3.58	4.28	5.50	5.88	8.31	1.63

All dimensions in inches.

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการทำงานของโครงการนี้นั้น ดำเนินการตามตารางที่ 3.1 ซึ่งมีขั้นตอนตามลำดับดังต่อไปนี้

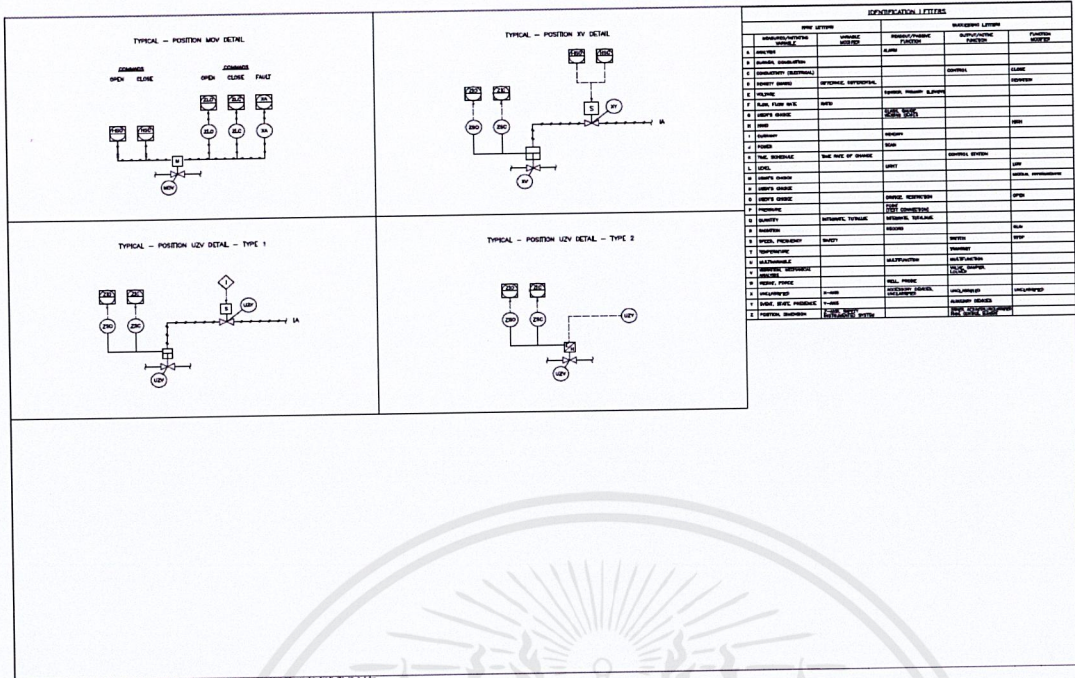
ตารางที่ 3.1 แผนการทำงาน

หัวข้อ	เดือน-สัปดาห์				ส.ค.				ก.ย.				ต.ค.				พ.ย.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1.ได้รับมอบหมายหัวข้อสหกิจศึกษา																				
2.ศึกษาเอกสาร P& ID																				
3.ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และตรวจสอบผลการประเมินเบื้องต้นรายของกระบวนการ																				
4.ศึกษา Control System Architecture																				
5.ศึกษา Signal Connection List และสัญญาณต่าง ๆ จากระบบควบคุมเก่า																				
6.สำรวจไซต์																				
7.จัดทำ Instrument I/O Schedule																				
8. จัดทำ Cable Block Diagram																				
9.จัดทำ Cable Schedule																				
10.จัดทำ Instrument Material Take Off																				
11.จัดทำเล่มรายงาน																				

3.1 ได้รับมอบหมายหัวข้อสหกิจศึกษา

ระยะเวลาดำเนินการสหกิจศึกษานั้นระหว่างวันที่ 5 สิงหาคม 2562 ถึง 29 พฤศจิกายน 2562 เป็นเวลาทั้งสิ้น 4 เดือน โดยขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญเพราะหัวข้อโครงการนั้น ๆ ต้องมีปริมาณงานที่สามารถปฏิบัติสำเร็จตามหน้าที่ หรือตามที่ได้รับมอบหมายภายในระยะเวลาสหกิจศึกษาที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งนักศึกษามีความทักษะมากพอในการศึกษาและสามารถปฏิบัติงานที่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์ มีคุณภาพสามารถนำไปใช้งานได้

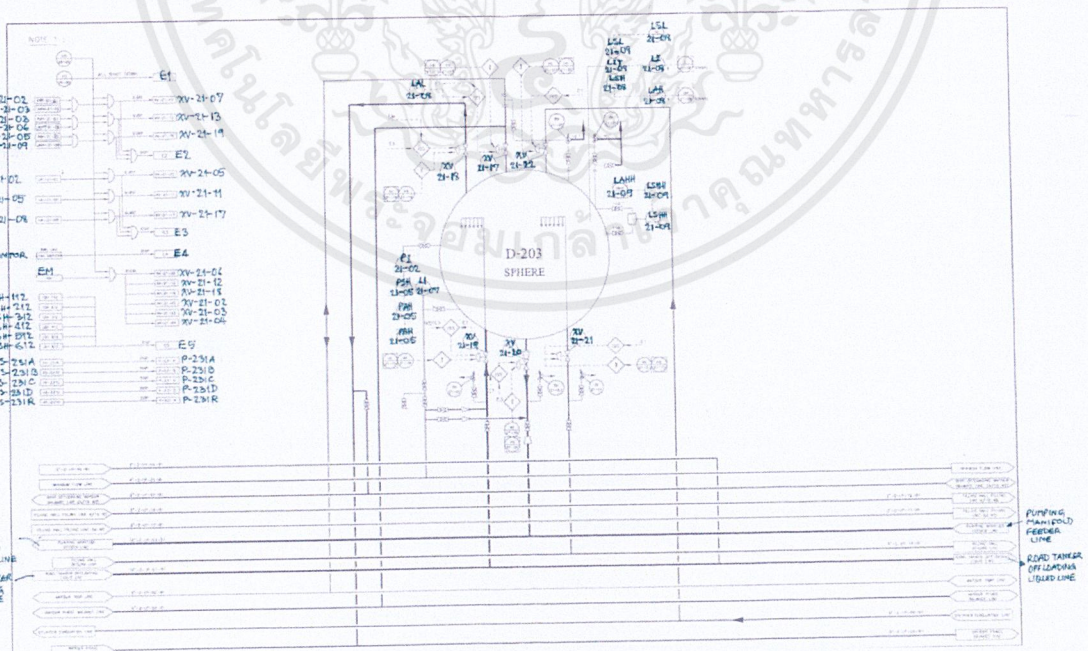
ไม่várกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาแฉ่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DEFINITION LETTERS				
DEFINITION LETTER	SYMBOL	DEFINITION LETTER	DEFINITION LETTER	DEFINITION LETTER
A	ACTUATOR	AL	ALARM	ALARM
B	BLOCK	ALM	ALARM	ALARM
C	CONTROL	ALM	ALARM	ALARM
D	DIAGNOSTIC	ALM	ALARM	ALARM
E	EMERGENCY STOP	ALM	ALARM	ALARM
F	FEEDBACK	ALM	ALARM	ALARM
G	GENERATOR	ALM	ALARM	ALARM
H	HOLD	ALM	ALARM	ALARM
I	INTERLOCK	ALM	ALARM	ALARM
J	JOG	ALM	ALARM	ALARM
K	KEY	ALM	ALARM	ALARM
L	LOCK	ALM	ALARM	ALARM
M	MANUAL	ALM	ALARM	ALARM
N	NOISE	ALM	ALARM	ALARM
O	OFF	ALM	ALARM	ALARM
P	PROTECT	ALM	ALARM	ALARM
Q	QUICK	ALM	ALARM	ALARM
R	RESET	ALM	ALARM	ALARM
S	STOP	ALM	ALARM	ALARM
T	TEST	ALM	ALARM	ALARM
U	UNLOCK	ALM	ALARM	ALARM
V	VALVE	ALM	ALARM	ALARM
W	WARNING	ALM	ALARM	ALARM
X	EXHAUST	ALM	ALARM	ALARM
Y	YIELD	ALM	ALARM	ALARM
Z	ZONE	ALM	ALARM	ALARM

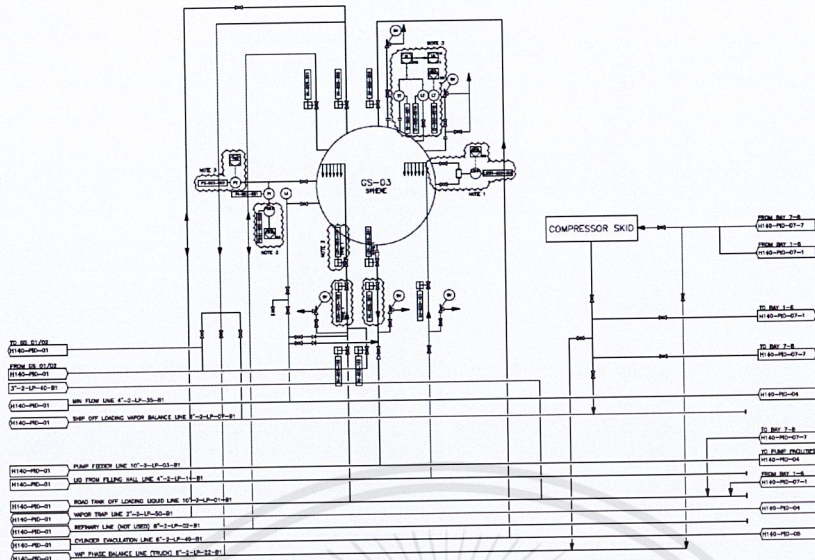
รูปที่ 3.2 สัญลักษณ์ของอุปกรณ์วัดและควบคุมและตัวย่อที่แสดงบน P&ID

โดยเป็น P&ID รูปที่ 3.3 นี้เป็น P&ID เก่าที่ได้ตีพิมพ์ตั้งแต่ปี 2544 ซึ่งทางคลังต้องการปรับปรุง P&ID ให้เป็นตัวใหม่หลังจากได้รับการปรับปรุงและแก้ไขอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในคลังดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 ตัวอย่าง P&ID ก่อนอัปเดต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล47องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 P&ID ใหม่ที่ได้รับการอัปเดตเรียบร้อยแล้ว

ส่วนงานการปรับปรุงให้ P&ID เป็นตัวอัปเดตเป็นงานในส่วนของแผนก Process ซึ่งในปรับปรุงนั้นต้องทำงานร่วมกับแผนก Instrument เพราะมีอุปกรณ์วัดและควบคุมใหม่ในกระบวนการ โดยสิ่งที่คลั่งต้องการปรับปรุง เช่น การติดตั้งระบบควบคุมใหม่ ติดตั้ง Shutdown Valve, ติดตั้ง MOV ให้กับวาล์วเก่าที่ใช้งานแบบ Manual, ติดตั้งตัว Limit Switch ให้กับวาล์ว และติดตั้ง ATG ตัวใหม่เพื่อความน่าเชื่อถือ เป็นไปตามมาตรฐานและได้ SIL ที่ได้รับการคำนวณเพื่อความปลอดภัยของคลั่งซึ่งจะอธิบายต่อไป

โดยจากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าคลั่งแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ 1) คลั่งน้ำมัน 2) คลั่งก๊าซ 3) ทำเรือ



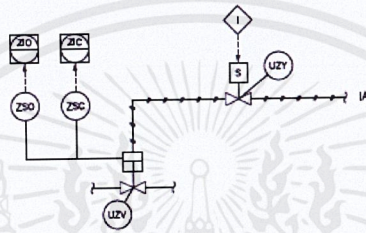
รูปที่ 3.5 ส่วนต่าง ๆ ของคลั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 48 อังอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับเครื่องมือวัด และตรวจสอบผลการประเมินเบื้องต้นรายของกระบวนการ

เมื่อมีสัญลักษณ์ของอุปกรณ์การวัดและควบคุมที่แสดงบน P&ID จึงทำการศึกษาอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ เช่น จากรูปที่ 3.6 จะเห็นวาล์ว UZV type 1 ซึ่งเป็น On/Off Valve ใน 1 ชุดจะมีองค์ประกอบคือ Solenoid Valve (UZV), Limit Switch Open (ZSO) และ Limit Switch Close (ZSC) ซึ่งบ่งบอกตำแหน่งของวาล์วว่าเปิดหรือปิดอยู่ , การวัดระดับและอุณหภูมิโดยใช้ Automatic Tank Gauge (ATG) สำหรับถังเก็บน้ำมันหรือก๊าซ ซึ่งมีการประเมินเบื้องต้นรายของกระบวนการ

TYPICAL - POSITION UZV DETAIL - TYPE 1



รูปที่ 3.6 วาล์ว UZV type 1

SIL CLASSIFICATION PROCEDURE AND REPORT

SIF tag no.	Function Name	Final SIL Rating	Modified SIL Rating	Recommendations
SIF-10	High-High Pressure discharge P-23	No SIL require	No SIL require	[6] HAZOP action no [107]. To ensure this 240-PSV-P-23-XX design cover block discharge case
SIF-11	Low-Low Level TA-14, TA-15	No SIL require	No SIL require	
SIF-12	High-High Level TA-04, TA-07, TA-11	SIL 1	SIL 1	[7] Consider to change manual valve to automatic valve in order to make sure operator can close valve within 10 minutes [8] Consider to provide SDV with interlocking to close from Level switch high high alarm (SIF)
SIF-13	High-High Level TA-03, TA-05	SIL 1	SIL 1	[9] Consider to change manual valve to automatic valve in order to make sure operator can close valve within 10 minutes [10] Consider to provide SDV with interlocking to close from Level switch high
SIF-14	High Pressure GS-01	SIL 1	SIL 1	[11] Consider to provide pressure transmitter with high alarm at GS-01
SIF-15	High-High Level GS-01	SIL 3	SIL 2	[12] Consider to change existing ATG to 2-in-1 type (independent level monitoring and independent level alarm high in one device)

รูปที่ 3.7 SIL Classification Recommendations

Project Name :		Project Name :	
Project No. :		Project No. :	
Date :		Date :	
SIF Tag no. :	SIF-14	SIF Tag no. :	SIF-15
Function Name:	High Pressure GS-01	Function Name:	High-High Level GS-01
Service :	GS-01; LPG	Service :	GS-01; LPG
Initiator :	PAH-21-02	Initiator :	LAHH-21-03
Primary Final Element:	XV-21-07 ; Close	Primary Final Element:	XV-21-07 ; Close
P&ID:	201-LPG-03-0	P&ID:	201-LPG-03-0
Final SIL Rating (Residue SIL Level) :	SIL 1	Final SIL Rating (Residue SIL Level) :	SIL 3
Modified SIL Rating after included Recoms:	SIL 1	Modified SIL Rating after included Recoms:	SIL 2

รูปที่ 3.8 SIL CLASSIFICATION WORKSHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 49 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

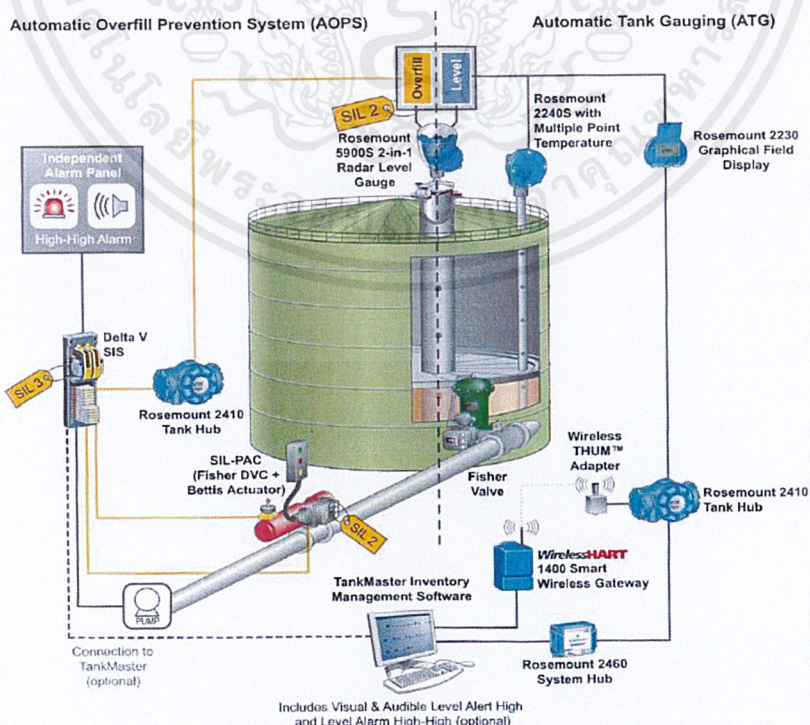
โดยการประเมินแบ่งชั้นอันตรายของกระบวนการจะเห็นว่า SIL Classification จากแผนก Process Safety โดยบอกอันดับของ SIL สำหรับ SIF ต่าง ๆ ซึ่ง SIF เป็น loop หนึ่ง ๆ ในกระบวนการซึ่งใน SIF นั้นประกอบไปด้วย

- เซนเซอร์
- ระบบควบคุม
- Final element

ยกตัวอย่างเช่น

จากรูปที่ 3.8 SIF-14 จะเห็นว่ามี Loop หนึ่งที่ควบคุม โดยอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดความดันที่แทงค์ GS-01 ซึ่งการทำงานคือ เมื่อความดันสูงขึ้นจนถึงค่าที่สูงที่ได้ตั้งไว้ (PAH-21-02) จะสั่งการไปยังตัว Final Element (XV-21-07) ให้ปิดวาล์ว โดยจะเห็นว่าจากรูปที่ 3.7 ตามคำแนะนำของ SIL Classification ต้องมั่นใจว่าระบบควบคุมสามารถแจ้งเตือนที่ความดันสูงได้ ดังนั้นเมื่อทำการปรับปรุงระบบควบคุมนั้น จึงต้องพิจารณาตามคำแนะนำของ SIL Classification ด้วย

จากรูปที่ 3.8 SIF-15 จะเห็นว่ามี Loop หนึ่งที่ควบคุม โดยอุปกรณ์เซนเซอร์สำหรับวัดระดับที่แทงค์ GS-01 ซึ่งการทำงานคือ เมื่อระดับสูงขึ้นจนถึงค่าที่สูงที่ได้ตั้งไว้ (LAHH-21-03) จะสั่งการไปยังตัว Final Element (XV-21-07) ให้ปิดวาล์ว โดยจะเห็นว่าจากรูปที่ 3.7 ตามคำแนะนำของ SIL Classification ต้องพิจารณาเปลี่ยน ATG ที่มีอยู่เดิมเป็นชนิด 2 in 1 ซึ่ง เพื่อใช้เป็นเกจวัดระดับของถัง โดยเลือกใช้มาตรวัดระดับเรดาร์ Rosemount 5900S ของบริษัท EMERSON ดังรูปที่ 3.9 เป็นเทคโนโลยีให้ข้อมูลระดับสองส่วนโดยอาศัยอยู่ในหัวเดียวเท่านั้น โดยสามารถนำสัญญาณเข้าทั้งในระบบควบคุม PCS และ SIS System



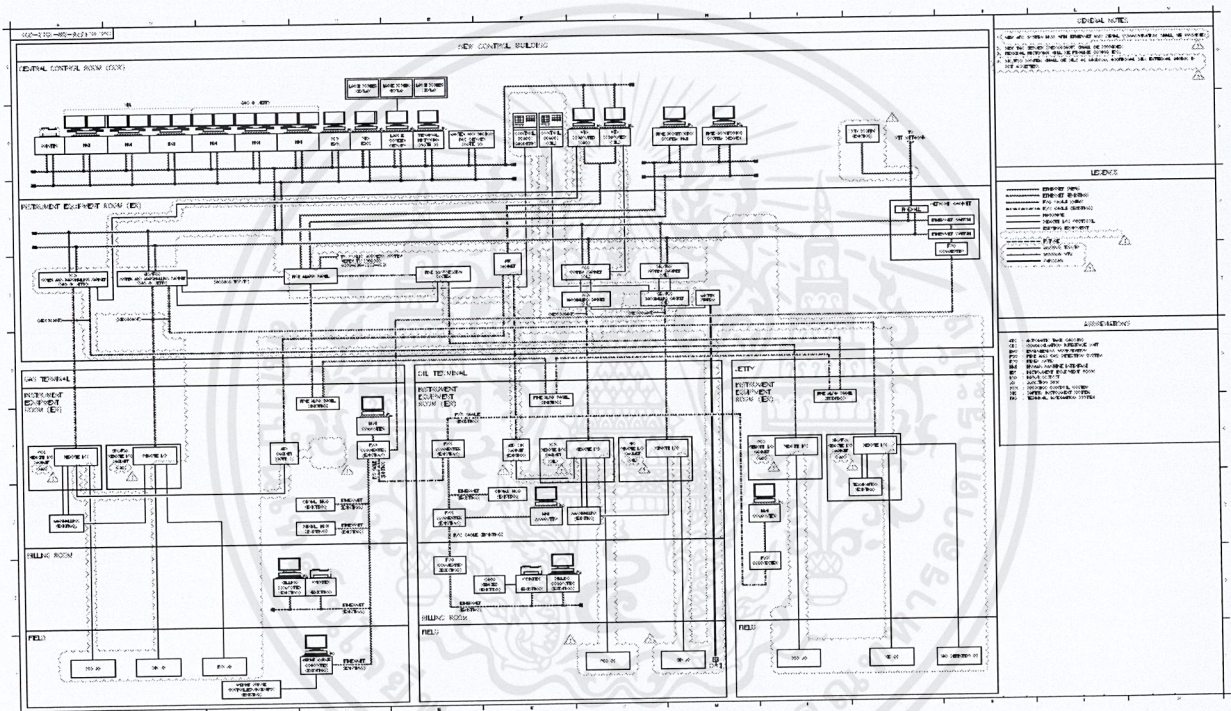
รูปที่ 3.9 มาตรวัดระดับเรดาร์ Rosemount 5900S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 50 อ่างอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลข SIL นั้นบ่งบอกระดับความสามารถของระบบรักษา โดยเลขที่บอกถึงระดับความสามารถของระบบรักษาความปลอดภัยที่ใช้ป้องกันการดำเนินงานผิดพลาดของกระบวนการ หรือความน่าเชื่อถือของระบบความปลอดภัย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

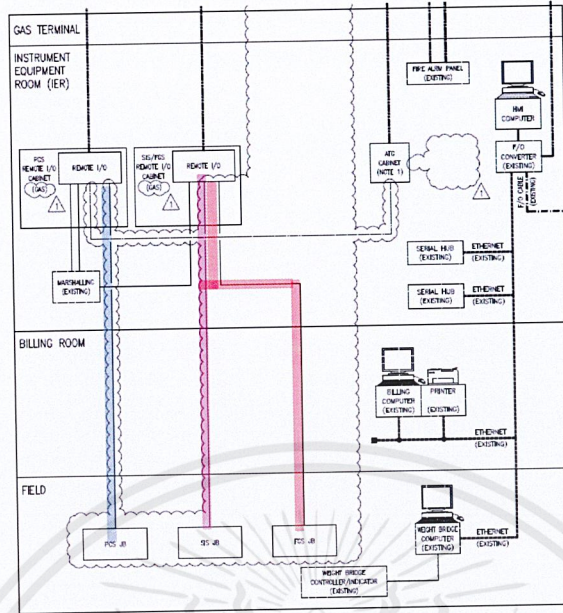
3.4 ศึกษา Control System Architecture

Control System Architecture เป็นส่วนที่แสดงระบบควบคุมของคลังน้ำมันโดยจากรูปที่ 3.10 จะเห็นว่าแสดงบริเวณที่ตั้ง ตั้งแต่หน้างานจนถึงห้องควบคุมในส่วนคลังน้ำมันและคลังก๊าซ



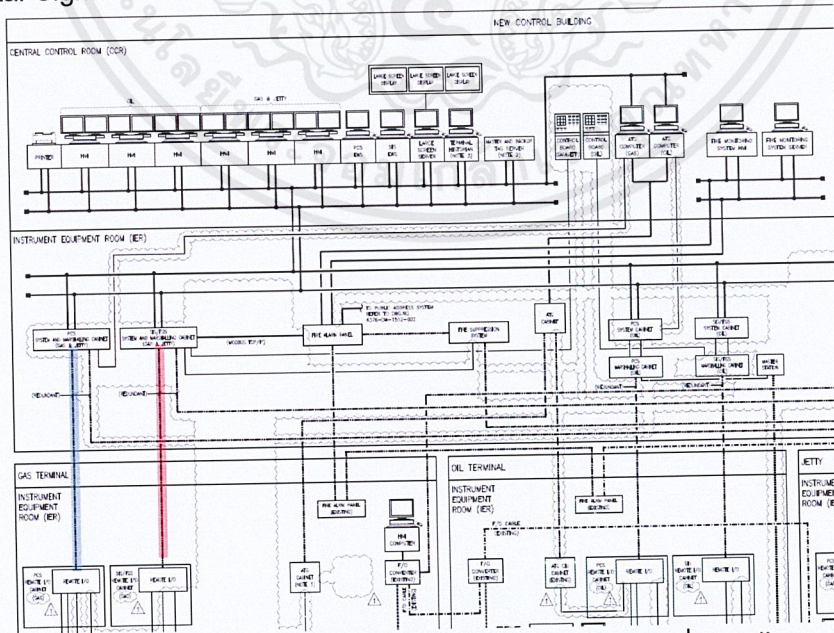
รูปที่ 3.10 Control System Architecture ที่ได้ออกแบบใหม่

จากรูป 3..11 แสดงตัวอย่างการเชื่อมต่อของระบบควบคุมของคลังก๊าซ



รูปที่ 3.11 Control System Architecture ในส่วนของคลังก๊าซ

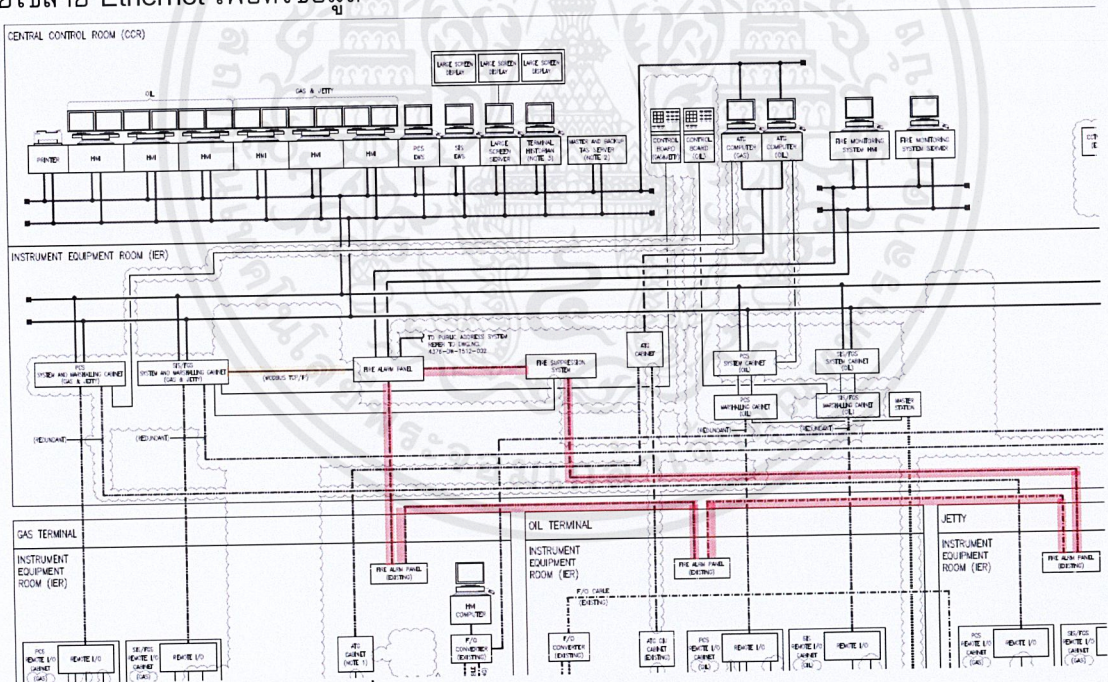
จากรูปที่ 3.11 จะเห็นว่าอุปกรณ์หน้างานจะรวมเข้า Junction Box (JB) หรือที่เราเรียกกันว่ากล่องพักสายโดยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ PCS JB, SIS JB และ FGS JB เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมแซมหรือขยายปรับปรุงเพิ่มวงจรในภายหลัง ทำให้สะดวกในการใช้งานมากยิ่งขึ้น จะเห็นว่าจาก Junction Box จะเชื่อมต่อไปยัง Instrument Equipment Room ที่รวบรวมระบบควบคุม ได้แก่ PCS system, SIS&FGS System ที่คลังก๊าซ โดยใช้สายเชื่อมต่อแบบ Hardwire ซึ่งส่งข้อมูลเป็น 4-20 mA หรือ Digital Signal



รูปที่ 3.12 Control System Architecture จากคลังก๊าซเชื่อมต่อไปยัง Central Control Room (CCR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาแล52อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.12 จะเห็นว่าระบบควบคุม ได้แก่ PCS System และ SIS&FGS System ที่คลังก๊าซ จะเชื่อมต่อไปยัง PCS System and Marshalling Cabinet (Gas & Jetty) และ SIS/FGS System and Marshalling Cabinet (GAS & JETTY) ที่ Instrument Equipment Room บริเวณคลังน้ำมันโดยใช้สาย Fiber Optic เพื่อดึงข้อมูลและสัญญาณจากบริเวณคลังก๊าซสู่คลังน้ำมัน จากนั้น PCS System and Marshalling Cabinet และ SIS/FGS System and Marshalling Cabinet จะถูกดึงข้อมูลไปยัง HMI (Human Machine Interface) เพื่อนำคอมพิวเตอร์มาเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดต่อระหว่างผู้ใช้งานกับอุปกรณ์การวัดและควบคุมต่าง ๆ เพื่อควบคุมและเป็นจอแสดงผล, PRINTER เพื่อพิมพ์ข้อมูลที่ต้องการออกมา, PCS EWS (Process Control System Engineering Work Station), SIS EWS (Safety Instrument System Engineering Work Station) ซึ่งสามารถแก้ไขกราฟฟิก แก้ไขซอฟต์แวร์ตามคำสั่งที่ต้องการ, Large Screen Server , Terminal Historian เพื่อเก็บข้อมูลย้อนหลังได้, Master and Backup TAS server. TAS (Terminal Automation System) เป็นระบบควบคุมการจ่ายน้ำอัดโนมิติสำหรับคลังน้ำมันซึ่งประกอบไปด้วย PCS SIS และ FGS มีประโยชน์ คือควบคุมปริมาณการจ่ายผลิตภัณฑ์ ป้องกันความผิดพลาดในการจ่ายผลิตภัณฑ์ ลดขั้นตอนจัดเก็บข้อมูลเพราะส่งข้อมูลการจ่ายแบบรวมศูนย์ โดยจาก Instrument Equipment Room สู่ Central Control Room (CCR) โดยใช้สาย Ethernet เพื่อดึงข้อมูล



รูปที่ 3.13 Control System Architecture

สำหรับส่วน Fire Alarm Panel เป็นส่วนควบคุมและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับชนิดต่าง ๆ ภายในอาคาร เช่น Smoke Detector, Heat Detector เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เราสามารถรับรู้และแก้ไข ไม่ให้ไฟไหม้นั้นลุกลามจนไม่สามารถควบคุมได้ และ Fire Suppression System เป็นระบบดับเพลิงอัตโนมัติเป็นสิ่งที่สำคัญในห้อง Data Center หรือ ห้อง Server

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแล53องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจากรูปที่ 3.13 Fire Alarm Panel และ Fire Suppression System จะถูกดึงข้อมูลเข้า SIS/FGS System and Marshalling Cabinet (Gas & Jetty) โดย Fire Alarm Panel ที่คลังน้ำมัน คลังก๊าซและท่าเรือ จะดึงข้อมูลกันเป็นอนุกรมต่อกันและส่งไปยังส่วน Fire Alarm Panel และ Fire Suppression System ที่ Instrument Equipment Room โดยส่งข้อมูลผ่านสาย Fiber Optic จากนั้นดึงข้อมูลเข้าทุกคลังเข้า System and Marshalling Cabinet (Gas & Jetty) ผ่านสาย MODBUS TCP/IP

3.5 ศึกษา Signal Connection List และ สัญญาณต่าง ๆ จากระบบควบคุมเก่า

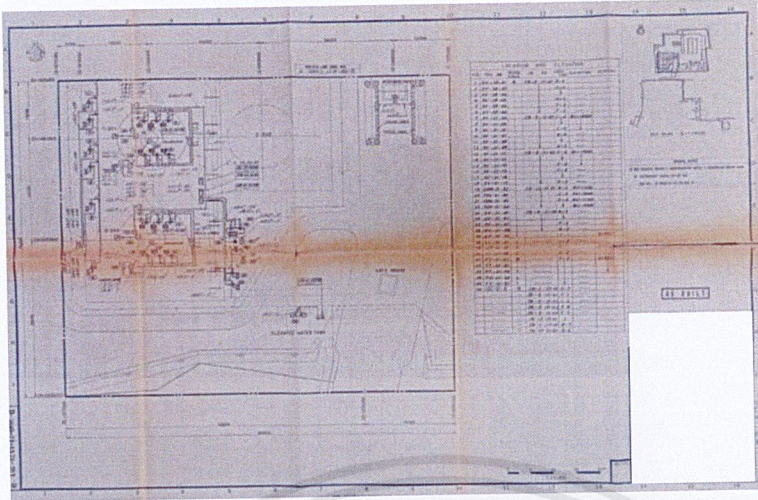
การจัดรายการของสัญญาณอุปกรณ์วัดและควบคุมต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์วัดและควบคุมต่าง ๆ มีสัญญาณใดบ้างที่เข้าระบบควบคุม ซึ่งทำการจัดรายการโดยการตรวจสอบเอกสารและระบบควบคุมที่ใช้ภายในคลัง

โดยจากรูปที่ 3.14 เป็น Instrument Wiring & Tubing Connection List จะเห็นว่ามีอุปกรณ์ AIA-24-01, AIA-24-02, AIA-24-03, AIA-24-04, AIA-24-05, AIA-24-06 ซึ่งเป็นตัวตรวจจับก๊าซที่รั่วไหล ดังนั้นต้องจัดรายการข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำฐานข้อมูล

FIELD INSTRUMENT		CABLE		CABLE		CONTROL ROOM		REMARKS
ITEM NO.	IDENTIFYING SYMBOL	TERMINAL	CABLE SPEC.	TERMINAL	CONDUCTOR	NO.	TERMINAL	
1	AIA-24-01	A 1	4'-15.5" CW-SMA	01	1	F	TS-25	
		B 2		02	2		-26	
		C 3		03	3		-27	
		D 4		04	4		-28	
2	AIA-24-02	A 1	V	05	5		-29	
		B 2		06	6	-30		
		C 3		07	7	-31		
		D 4		08	8	V-32		
SPARE				09	9			
3	AIA-24-03	A 1	4'-15.5" CW-SMA	10	10		TS-33	
		B 2		11	11	-34		
		C 3		12	12	-35		
		D 4		13	13	-36		
4	AIA-24-04	A 1	V	14	14		-37	
		B 2		15	15	-38		
		C 3		16	16	-39		
		D 4		17	17	V-40		
SPARE				18	18			
5	AIA-24-05	A 1	4'-15.5" CW-SMA	19	19		TS-1	
		B 2		20	20	-2		
		C 3		21	21	-3		
		D 4		22	22	-4		
6	AIA-24-06	A 1	V	23	23		-5	
		B 2		24	24	-6		
		C 3		25	25	-7		
		D 4		26	26	V-8		
SPARE				27	27			
				28	28			
				29	29			
				30	30			

รูปที่ 3.14 Instrument Wiring & Tubing Connection List

โดยจากรูปที่ 3.15 Layout of Instrument Wiring and Piping จะเห็นว่ามีตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ เช่น XV-28-01, XV-28-02, PT-21-01 และอื่น ๆ ดังนั้นต้องจัดรายการข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำฐานข้อมูล เช่นกัน



รูปที่ 3.15 Layout of Instrument Wiring and Piping

โดยดั่งรูปที่ 3.16 เป็นแผงควบคุม (Control Panel) แสดงว่ามีสัญญาณใดบ้าง เช่น C-202 ซึ่ง
เป็น Air Compressor ESD ของท่าเรือและอื่น ๆ



รูปที่ 3.16 แผงควบคุม (Control Panel)

ดังนั้นการจัดรายการข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำฐานข้อมูล จากเอกสารและระบบควบคุมที่ใช้อยู่
จึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญเพื่อให้สัญญาณต่าง ๆ ที่มีในคลังนั้นครบถ้วน

3.6 สํารวจไซต์

สำหรับขั้นตอนนี้ทำเพื่อการจัดรายการข้อมูลทั้งหมดเพื่อจัดทำฐานข้อมูล โดยทางเจ้าของ
คลังมีการแก้ไขและปรับปรุงโดยไม่ได้แก้ไขลงในเอกสารเก่าที่มีอยู่ ดังนั้นจึงต้องสำรวจไซต์ดังรูปที่

3.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาแล 55 อังอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 การสำรวจไซต์

3.7 จัดทำ Instrument I/O Schedule

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของ Instrument I/O Schedule

INSTRUMENT I/O SCHEDULE												
REF.	REF. DOC	PAID NO.	LINE NO. / EQUIPMENT NO.	LOOP NO.	TAG (NOTE 3)	EXISTING TAG.	SERVICE	INSTRUMENT TYPE	SYSTEM	SIGNAL	LOCATION	STATUS

- REV. ลำดับการแก้ไขของเอกสาร ซึ่งเมื่อทำการปรับปรุงแก้ไขเอกสารเลข REV. จะเปลี่ยนไป เช่น ก่อนแก้ไขเป็น REV. 1 หลังจากเกิดการแก้ไขจะเปลี่ยนเป็น REV.2 เพื่อบ่งบอกถึงการแก้ไขล่าสุด
- REF. DOC บ่งบอกถึงเอกสารที่นำมาอ้างอิง
- P&ID NO. บ่งบอกถึงหมายเลขหน้าของ P&ID
- LINE NO. ชื่อและขนาดของท่อ
- LOOP NO. บ่งบอกอุปกรณ์และการทำงานใน Loop
- TAG บ่งบอกชื่อของอุปกรณ์เฉพาะของอุปกรณ์ว่าเป็นอุปกรณ์ตัวไหน สำหรับชื่อของอุปกรณ์ที่ทำการปรับปรุงในอนาคต
- EXISTING TAG บ่งบอกชื่อของอุปกรณ์เฉพาะของอุปกรณ์ว่าเป็นอุปกรณ์ตัวไหน สำหรับ TAG ปัจจุบัน
- SERVICE คือการบอกตำแหน่งการทำงานของอุปกรณ์
- INSTRUMENT TYPE คือการบอกชื่อของอุปกรณ์เพื่อให้ทราบว่าเป็นอุปกรณ์อะไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาแล566อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- SYSTEM บ่งบอกชนิดของระบบว่าเป็น PCS, SIS หรือ FGS
- SIGNAL TYPE คือการบอกชนิดของสัญญาณว่าเป็น Analog Input (AI), Analog Output (AO), Digital Input (DI), Digital Output (DO) หรือ Soft เป็นต้น
- Location บ่งบอกถึงตำแหน่งที่ตั้งว่าอยู่ในส่วนใด เช่น คลังน้ำมัน, คลังก๊าซ หรือ ท่าเรือ
- STATUS คือการบอกค่าสถานะของอุปกรณ์ว่าเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาใหม่หรืออุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

จะพบว่า Instrument I/O Schedule จะแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดในงาน เพื่อความง่ายต่อการค้นหามากยิ่งขึ้น เช่น Signal Type และ System มีหลายชนิด ทำให้สามารถจำแนกได้โดยง่ายและสามารถตรวจสอบความครบถ้วนและระบุรายละเอียดอุปกรณ์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งในแต่ละโครงการจะแตกต่างกันไป ตามความละเอียดของโครงการต่าง ๆ

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างการทำ Instrument I/O Schedule

REF	REF. DOC	PAID NO.	LINE NO. / EQUIPMENT N	LOOP NO.	TAG (NOTE 3)	EXISTING TAG	SERVICE	INSTRUMENT TYPE	SYSTEM	SIGNAL	LOCATION	STATUS
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	P-G01-003	PT-G01-003		SUPHERE TANK GS-01 PRESSURE	PRESSURE TRANSMITTER	PCS	AI	GAS	NEW
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	PAH-G01-003			SUPHERE TANK GS-01 PRESSURE	PRESSURE ALARM HIGH	PCS	SW	GAS	NEW
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	P-G01-002	PSHH-G01-002	PSH-21-02	SUPHERE TANK GS-01 PRESSURE	PRESSURE SWITCH HIGH HIGH	SIS	DI(S)	GAS	EXISTING
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	PAHH-G01-002	PAH-21-02		SUPHERE TANK GS-01 PRESSURE	PRESSURE ALARM HIGH HIGH	SIS	SW	GAS	EXISTING
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	L-G01-002	LSHH-G01-002	LSH-21-03	SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL SWITCH HIGH HIGH (VIBRATION) (PS)	SIS	DI	GAS	REPLACED
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	L-01-002	L-01-002		SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL ALARM HIGH HIGH	SIS	SW	GAS	REPLACED
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	L-G01-001A	LT-G01-001A	LT-21-02	SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL TRANSMITTER	ATG	ATG	GAS	REPLACED
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	LAL-G01-001A	LAL-21-02		SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL ALARM LOW	PCS	SW	GAS	REPLACED
1	ATTACHMENT 2 P8	H140-PID-01HT-0	GS-01	LAH-G01-001A	LAH-21-02		SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL ALARM HIGH	PCS	SW	GAS	REPLACED
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	TT-G01-001	TT-21-02		SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	TEMPERATURE TRANSMITTER	ATG	ATG	GAS	REPLACED
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	L-G01-001B	LT-G01-001B		SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL TRANSMITTER	SIS	AI	GAS	NEW
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	LAL-G01-001B			SUPHERE TANK GS-01 LEVEL	LEVEL ALARM LOW LOW	SIS	SW	GAS	NEW
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	XV-G01-301	XV-21-06		REFINARY LINE	ON-OFF VALVE			GAS	EXISTING
1	ATTACHMENT 2 P13	H140-PID-01HT-0	GS-01	XY-G01-301	XY-21-06		REFINARY LINE	SOLENOID VALVE	PCS	DO	GAS	EXISTING
1	ATTACHMENT 2 P14	H140-PID-01HT-0	GS-01	ZSD-G01-301	ZSD-21-06		REFINARY LINE	LIMIT SWITCH - CLOSE	PCS	DI	GAS	NEW
1	ATTACHMENT 2 P14	H140-PID-01HT-0	GS-01	ZOC-G01-301	ZOC-21-06		REFINARY LINE	LIMIT SWITCH - OPEN	PCS	DI	GAS	NEW
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	ZIC-G01-301	ZIC-21-06		REFINARY LINE	VALVE STATUS - CLOSE	PCS	SW	GAS	EXISTING
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	ZIO-G01-301	ZIO-21-06		REFINARY LINE	VALVE STATUS - OPEN	PCS	SW	GAS	EXISTING
1		H140-PID-01HT-0	GS-01	HS-G01-301	HS-21-06		REFINARY LINE	HAND SWITCH	PCS	SW	GAS	EXISTING

จากตารางที่ 3.3 เป็นตัวอย่าง การทำ Instrument I/O Schedule

ตัวอย่างที่ 1 เป็นอุปกรณ์วัดความดันสำหรับถัง

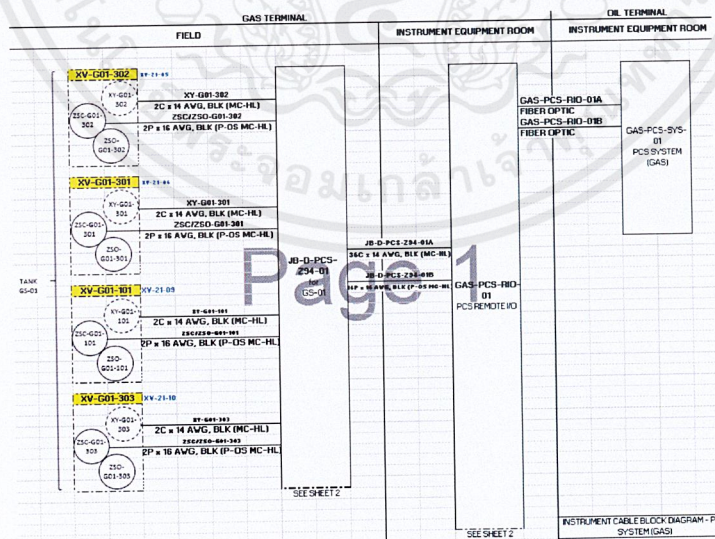
- TAG ใหม่ของอุปกรณ์คือ PT-G01-003
- SERVICE บอกตำแหน่งการทำงานของอุปกรณ์ที่บริเวณถังเก็บ GS-01 (SUPHERE TANK GS-01)
- INSTRUMENT TYPE เป็นอุปกรณ์ชนิด PRESSURE TRANSMITTER
- SYSTEM ทำงานอยู่บนระบบควบคุม PCS
- SIGNAL TYPE เป็นสัญญาณชนิด AI (Analog Input) โดยส่งข้อมูลสถานะลิคเข้าระบบควบคุม
- Location มีตำแหน่งที่ตั้งในส่วนคลังก๊าซ
- STATUS เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาใหม่

ซึ่งจะเห็นว่าใน Loop เดียวกันนั้น มี Tag PAH-G01-003 ซึ่งจะแตกต่างกันที่ Signal Type เพราะอุปกรณ์ตัวนี้เป็นสัญญาณสำหรับซอฟต์แวร์ในระบบควบคุมต้องกำหนดลงบนระบบควบคุมเพื่อให้เกิดการแจ้งเตือนขึ้นเมื่อความดันสูงที่ถึงค่าเกิดการแจ้งเตือน

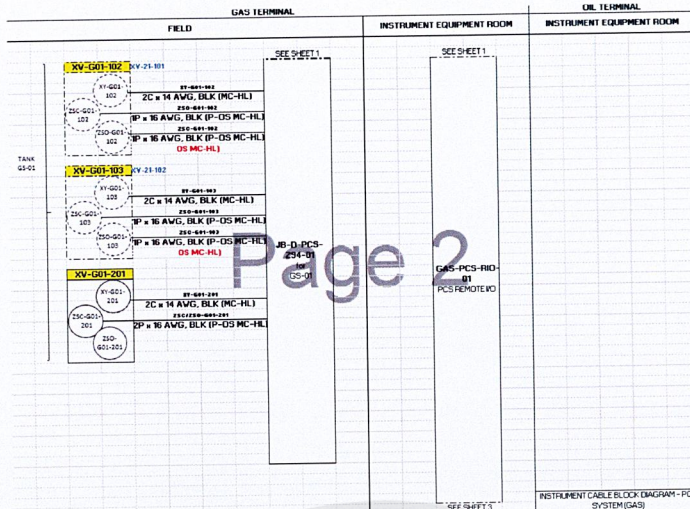
ตัวอย่างที่ 2 เป็นวาล์ว เพื่อควบคุมการไหลของเข้าออกของถังเก็บ โดยใน Loop ของ XV-G01-301 ซึ่งเป็น On/Off Valve เข้าระบบควบคุม PCS ประกอบด้วย Solenoid Valve เป็นสัญญาณชนิด DO , Limit Switch – Close เป็นสัญญาณชนิด DI เพื่อตรวจสอบว่าวาล์วปิดอยู่หรือไม่, Limit Switch – Open เป็นสัญญาณชนิด DI เพื่อตรวจสอบว่าวาล์วเปิดอยู่หรือไม่, Valve Status – Close, , Valve Status – Open, Hand Switch ซึ่งเป็นสัญญาณชนิด SW

3.8 จัดทำ Cable Block Diagram โดยใช้โปรแกรม excel

เป็นแผนภาพบล็อกการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ ซึ่งเป็นการแสดงการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์วัดและควบคุมแต่ละตัวไปถึง Junction Box (JB) หรือที่เราเรียกกันว่ากล่องพักสายไปจนถึงตู้ของระบบต่าง ๆ โดย Cable Block Diagram สามารถให้มุมมองที่ละเอียดยิ่งขึ้นกว่า Control System Architecture โดยให้รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับสายสัญญาณโดยเริ่มจากอุปกรณ์วัดและควบคุมหน้างานทุกตัวจนถึงระบบควบคุมทั้งหมดที่ระบุสายสัญญาณ การเชื่อมต่อต่าง ๆ โดยทำการกำหนดชื่อของสายสัญญาณต่าง ๆ และทำการจัดรายการอุปกรณ์การวัดและควบคุมที่อยู่ในบริเวณเดียวกันและเข้าระบบควบคุมเดียวกันให้อยู่ใน JB เดียวกัน เช่น อุปกรณ์ตรวจจับก๊าซบริเวณเดียวกันจะเข้า FGS JB โดยเฉพาะและจากนั้นจะเข้าระบบควบคุมทางไกลของระบบ SIS/FGS

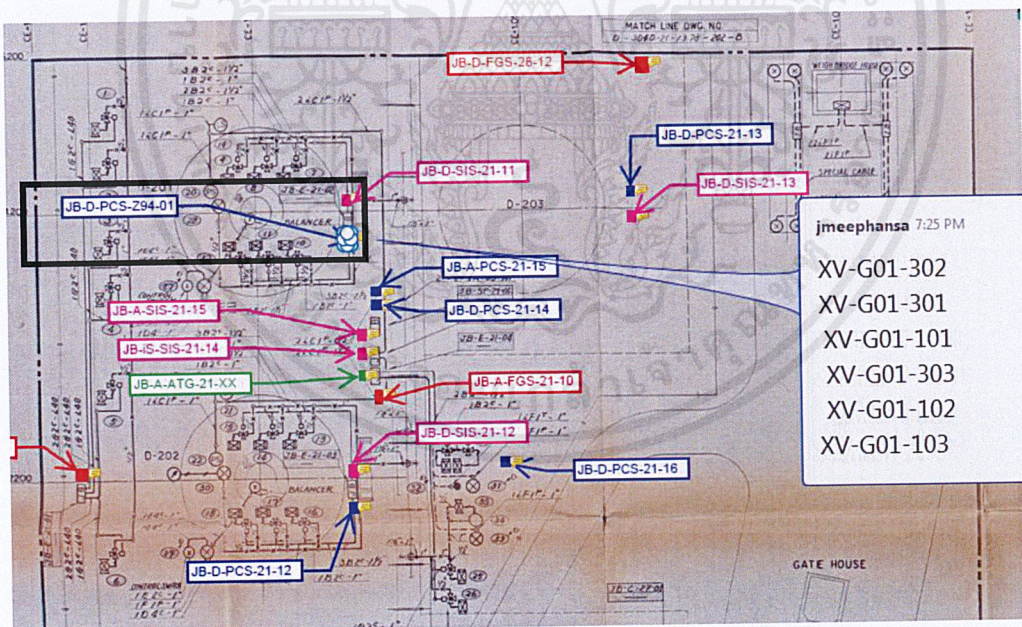


รูปที่ 3.18 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram



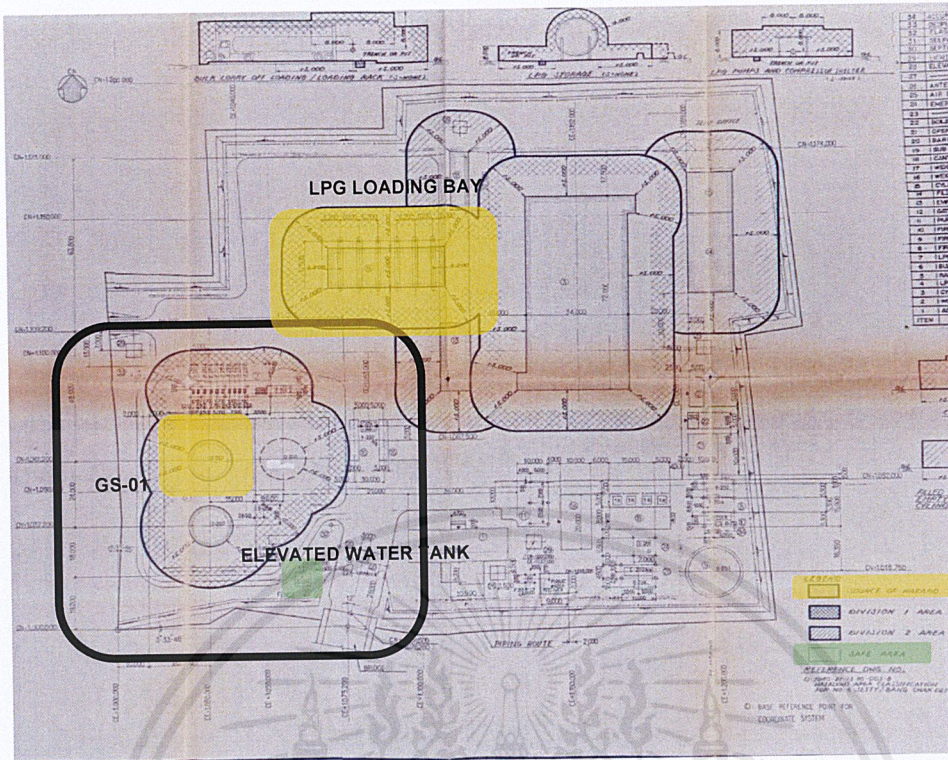
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram (ต่อ)

จากรูปที่ 3.18 และ 3.19 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram จะเห็นว่าจากตัวอย่าง วาล์ว XV-G01-302, XV-G01-301, XV-G01-101, XV-G01-303, XV-G01-102, XV-G01-103, XV-G01-201 วาล์วทั้ง 7 ตัวนี้อยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเข้าระบบควบคุม PCS เดียวกัน จึงทำการ รวมสายสัญญาณของอุปกรณ์ทุกตัวเข้า JB-D-PCS-Z94-01 โดยการกำหนด JB ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การจัดสายของอุปกรณ์การวัดและควบคุม เข้า JB ต่าง ๆ

เมื่อกำหนด JB เรียบร้อยแล้ว จาก JB จะไปเชื่อมต่อสายสัญญาณไปยังระบบควบคุมทางไกล ในคลังก๊าซตาม Control System Architecture และเชื่อมต่อบริเวณควบคุมไปยังคลังน้ำมัน



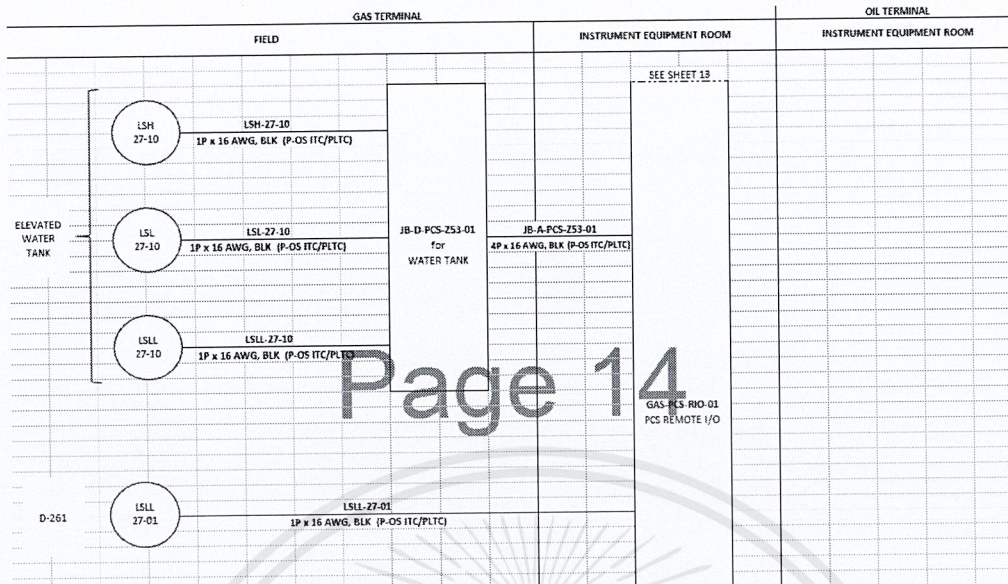
รูปที่ 3.21 Hazardous Area Classification

โดยสายสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อสามารถเลือกใช้งานจากชนิดของอุปกรณ์และตำแหน่งของอุปกรณ์นั้น ๆ อยู่ในพื้นที่อันตรายหรือไม่ จากรูปที่ 3.21 แสดง Hazardous Area Classification ซึ่งตำแหน่งของวาล์ว XV-G01-302, XV-G01-301, XV-G01-101, XV-G01-303, XV-G01-102, XV-G01-103, XV-G01-201 อยู่ภายในพื้นที่ DIVISION 1 โดยวาล์วแต่ละตัวจะประกอบไปด้วย Solenoid Valve ซึ่งใช้สาย 2C ขนาด 14 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL , Limit Switch – Close/Open ใช้สาย 2P หรือ 1P ขนาด 16 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL ซึ่งขึ้นอยู่กับยี่ห้อของ Limit Switch สำหรับ Limit Switch อยู่ในตัวเดียวกันนั้นใช้สาย 2P ซึ่งการกำหนดสายสัญญาณในการใช้งานนั้นทำการกำหนดชื่อตาม ชื่ออุปกรณ์นั้น ๆ เช่น On/Off Valve Tag XY-G01-301 Solenoid Valve ใช้ชื่อสายสัญญาณว่า XY-G01-301, Limit Switch – Close/ Open ใช้สายสัญญาณว่า ZSC/ZSO-G01-301

จาก JB เชื่อมต่อไปยังการควบคุมทางไกลของระบบ PCS ที่คลังก๊าซ โดยใช้สาย Multicore เป็นสาย 36C ขนาด 14 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL และสาย Multipair เป็นสาย 16P ขนาด 16 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL โดยการเลือกสาย Multicore นั้น สามารถเลือกโดยการสำรวจสายประมาณ 25 % ขึ้นไป โดยจะเห็นว่า มีสาย 2C จำนวน 7 สาย ซึ่งใช้ทั้งหมด 14 C ดังนั้นจะต้องสำรวจสายการรวมหลายสายนั้นก็เพื่อลดจำนวนสายในการเชื่อมต่อลง จึงเลือกสาย 36 C สำหรับตัวอื่นที่ต้องสำรวจสายจำนวนมากก็เลือกใช้ 36 C เช่นกันเพื่อให้การซื้อสายเพื่อสำรองไว้จัดการได้ง่าย

จากการควบคุมทางไกลของระบบ PCS ที่คลังก๊าซ เชื่อมต่อไปยัง GAS-PCS-SYS-01 ที่ Instrument Equipment Room ที่คลังน้ำมันโดยใช้สาย Fiber Optic โดยการกำหนดชนิดของสายแต่ละชนิดนั้นอ้างอิงตามมาตรฐาน NEC500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาแล 60 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับพื้นที่ปลอดภัย

จากรูปที่ 3.22 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับอุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ปลอดภัย จะเห็นว่าจากอุปกรณ์ LSH-27-10, LSL-27-10, LSL-27-10 อยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกัน และเข้าระบบควบคุม PCS เดียวกัน จึงทำการรวมสายสัญญาณของอุปกรณ์ทุกตัวเข้า JB-D-PCS-Z53-01

โดยสายสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อสามารถเลือกใช้งานจากชนิดของอุปกรณ์ และตำแหน่งของอุปกรณ์นั้น ๆ อยู่ในพื้นที่อันตรายหรือไม่ จากรูปที่ 3.21 แสดง Hazardous Area Classification ซึ่งตำแหน่งของอุปกรณ์ LSH-27-10, LSL-27-10, LSL-27-10 อยู่ภายในพื้นที่ปลอดภัย Level Switch โดยใช้สายสัญญาณ 1P ขนาด 16 AWG สีดำ ชนิด P-OS ITC/PLTC โดยกำหนดชื่อสายตามชื่ออุปกรณ์เช่นกัน

จาก JB เชื่อมต่อไปยังการควบคุมทางไกลของระบบ PCS ที่คลังก๊าซ โดยใช้สาย 4P ขนาด 16 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL โดยทำการสำรองสายเรียบร้อยแล้ว

จากการควบคุมทางไกลของระบบ PCS ที่คลังก๊าซ เชื่อมต่อไปยัง GAS-PCS-SYS-01 ที่ Instrument Equipment Room ที่คลังน้ำมันโดยใช้สาย Fiber Optic ซึ่งเป็นสายเส้นเดียวกับตัวอย่างข้างบนเพราะเป็นระบบควบคุม PCS ชนิดเดียวกัน

GAS TERMINAL		INSTRUMENT EQUIPMENT ROOM		OIL TERMINAL
FIELD		INSTRUMENT EQUIPMENT ROOM		
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-01 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)	JB-A-FGS-289-01 (LPG LOADING BAY)	JB-A-FGS-789-01A 12T x 16 AWG, RD (SP-OS MC-HL)	SEE SHEET 18
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-02 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-03 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-04 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-05 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-06 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-07 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			GAS-SIS/FGS-RIO-01
LPG LOADING BAY	GD-AIA-24-08 1T x 16 AWG, RD (P-OS MC-HL)			FGS REMOTE I/O

รูปที่ 3.23 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับตัวตรวจจับก๊าซ

จากรูปที่ 3.23 ตัวอย่างการจัดทำ Cable Block Diagram สำหรับอุปกรณ์ที่อยู่ในพื้นที่ปลอดภัย จะเห็นว่าจากอุปกรณ์ GD-AIA-24-01, GD-AIA-24-02, GD-AIA-24-03, GD-AIA-24-04, GD-AIA-24-05, GD-AIA-24-06, GD-AIA-24-07, GD-AIA-24-08 อยู่ในพื้นที่บริเวณเดียวกันและเข้าระบบควบคุม SIS/FGS เดียวกัน จึงทำการรวมสายสัญญาณของอุปกรณ์ทุกตัวเข้า JB-A-FGS-Z89-01

โดยสายสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อ สามารถเลือกใช้งานจาก ชนิดของอุปกรณ์และตำแหน่งของอุปกรณ์นั้น ๆ อยู่ในพื้นที่อันตรายหรือไม่ จากรูปที่ 3.21 แสดง Hazardous Area Classification ซึ่งตำแหน่งของอุปกรณ์อยู่ภายในพื้นที่ DIVISION 1 โดยใช้สายสัญญาณ 1T ขนาด 16 AWG สีแดง ชนิด P-OS MC-HL โดยกำหนดชื่อสายตามชื่ออุปกรณ์เช่นกัน

จาก JB เชื่อมต่อไปยังการควบคุมทางไกลของระบบ PCS ที่คลังก๊าซ โดยใช้สาย 12T ขนาด 16 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL โดยทำการสำรองสายเรียบร้อยแล้ว

จากการควบคุมทางไกลของระบบ SIS/FGS ที่คลังก๊าซ เชื่อมต่อไปยัง GAS-SIS/FGS-SYS-01 ที่ Instrument Equipment Room ที่คลังน้ำมันโดยใช้สาย Fiber Optic

3.9 จัดทำ Instrument Cable Schedule

เป็นการจัดทำเอกสาร เพื่อบอกรายละเอียดรายละเอียดของสายเคเบิลทั้งหมดที่ใช้โดยทั่วไป จะแสดง Tag ของสาย ชนิดของสายเคเบิล สีของสาย บอกรายละเอียด บอกรายละเอียดและระยะยาวสายจากต้นทางไปปลายทาง โดยใส่รายละเอียดข้อมูลของ Cable Gland ด้วย การกำหนด Cable Gland เพื่อใช้สำหรับยึดสายต่าง ๆ เข้ากับตัวอุปกรณ์ ซึ่งจะช่วยป้องกันสายไฟไม่ให้หลุดหรือขยับได้ ทำให้มีความมั่นคงและแข็งแรงมากขึ้น ซึ่งการกำหนดขนาดของ Cable Gland นั้นกำหนดจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย และเส้นผ่านศูนย์กลางของ Sheath

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาแล 62 องค์อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ตัวอย่างที่ 1 การจัดทำ Instrument Cable Schedule

ITEM	CABLE NUMBER	FACILITY	CABLE SPECIFICATION				Cable Type	CABLE LENGTH (m)	ORIGIN	
			SIZE	CORE NO.	TYPE	COLOR			FROM	GLAND
1	XY-G01-302	GAS	14 AWG	2C	(MC-HL)	BLK	2C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	40	XY-G01-302	FIELD TMCX165 1/2"
2	Z5C/Z5C-G01-302	GAS	16 AWG	2P	(P-OS MC-HL)	BLK	3C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C 8C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	40	XY-G01-302	FIELD TMCX285 3/4"
3	XY-G01-301	GAS	14 AWG	2C	(MC-HL)	BLK	8C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C 1C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	40	XV-G01-301	FIELD TMCX165 1/2"
4	Z5C/Z5C-G01-301	GAS	16 AWG	2P	(P-OS MC-HL)	BLK	8C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C 3C x 14 AWG, RED (MC), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	40	XV-G01-301	FIELD TMCX285 3/4"
5	XY-G01-101	GAS	14 AWG	2C	(MC-HL)	BLK	2C x 14 AWG, RED (MC), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C 1C x 14 AWG, RED (MC), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	15	XY-G01-101	FIELD TMCX165 1/2"
6	Z5C/Z5C-G01-101	GAS	16 AWG	2P	(P-OS MC-HL)	BLK	2C x 14 AWG, RED (MC), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C 2C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	15	XV-G01-101	FIELD TMCX285 3/4"
7	XY-G01-303	GAS	14 AWG	2C	(MC-HL)	BLK	2C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	30	XV-G01-303	FIELD TMCX165 1/2"
8	Z5C/Z5C-G01-303	GAS	16 AWG	2P	(P-OS MC-HL)	BLK	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	30	XV-G01-303	FIELD TMCX285 3/4"
9	XY-G01-102	GAS	14 AWG	2C	(MC-HL)	BLK	2C x 14 AWG, BLK (MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	10	XV-G01-102	FIELD TMCX165 1/2"
10	Z5C-G01-102	GAS	16 AWG	1P	(P-OS MC-HL)	BLK	1P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	10	XV-G01-102	FIELD TMCX165 1/2"
11	Z5C-G01-102	GAS	16 AWG	1P	(P-OS MC-HL)	BLK	1P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL), FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	10	XV-G01-102	FIELD TMCX165 1/2"

PTT PUBLIC COMPANY LIMITED										Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland		
ITEM	CABLE NUMBER	FACILITY	DESTINATION		LOCATION	Armour	External Diam.	Inner Diameter	Cable Gland Model		Cable Gland TO		Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland	
			TO	GLAND					FROM	TO	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
1	XY-G01-302	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.6	0.44	0.65	0.49		
2	Z5C/Z5C-G01-302	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX285 3/4"	GAS	MC-HL	OK	GLAND OVERSIZE	TMCX285 3/4"	TMCX285 3/4"	0.65	1	0.689	0.66	0.85	0.579		
3	XY-G01-301	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.6	0.44	0.65	0.49		
4	Z5C/Z5C-G01-301	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX285 3/4"	GAS	MC-HL	OK	GLAND OVERSIZE	TMCX285 3/4"	TMCX285 3/4"	0.65	1	0.689	0.66	0.85	0.579		
5	XY-G01-101	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.6	0.44	0.65	0.49		
6	Z5C/Z5C-G01-101	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX285 3/4"	GAS	MC-HL	OK	GLAND OVERSIZE	TMCX285 3/4"	TMCX285 3/4"	0.65	1	0.689	0.66	0.85	0.579		
7	XY-G01-303	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.6	0.44	0.65	0.49		
8	Z5C/Z5C-G01-303	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX285 3/4"	GAS	MC-HL	OK	GLAND OVERSIZE	TMCX285 3/4"	TMCX285 3/4"	0.65	1	0.689	0.66	0.85	0.579		
9	XY-G01-102	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.6	0.44	0.65	0.49		
10	Z5C-G01-102	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.64	0.44	0.65	0.53		
11	Z5C-G01-102	GAS	JB-D-PCS-Z94-01	TMCX165 1/2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX165 1/2"	TMCX165 1/2"	0.49	0.78	0.64	0.44	0.65	0.53		

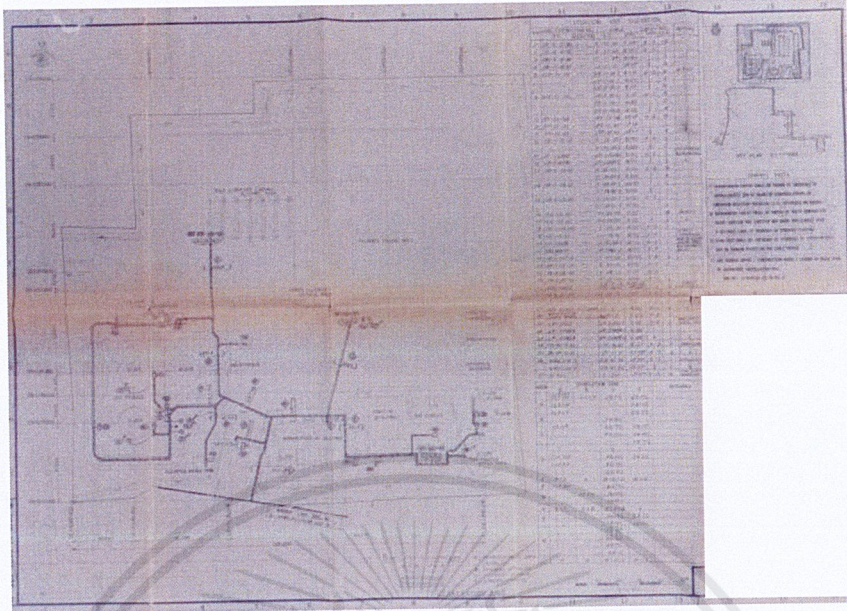
จาก Cable Block Diagram นั้น ใช้สาย 2C ขนาด 14 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL โดยประมาณระยะเป็น 60 เมตร ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้อยู่บนถัง ดังนั้นจึงต้องทราบความสูงของถังและเดินสายจากถังมาสู่ JB-D-PCS-Z94-01 โดยเลือก Cable Gland ขนาด 1/2" ให้พอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย และเส้นผ่านศูนย์กลางของ Sheath จะเห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายขนาด 0.6 นิ้วอยู่ระหว่างขนาด Cable Gland ภายนอก ที่ขนาดมากที่สุด 0.78 นิ้ว และ น้อยสุด 0.49 นิ้ว

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างที่ 2 การจัดทำ Instrument Cable Schedule

ITEM	CABLE NUMBER	FACILITY	CABLE SPECIFICATION				Cable Type	CABLE LENGTH (m)	ORIGIN	
			SIZE	CORE NO.	TYPE	COLOR			FROM	GLAND
314	JB-D-FGS-Z94-01A	GAS	14 AWG	37C	(MC-HL)	RED	37C x 14 AWG, RED (MC-HL), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	140	JB-D-FGS-Z94-01	FIELD TMCX6206 2"
336	JB-A-FGS-Z89-01A	GAS	16 AWG	12T	(SP-OS MC-HL)	RED	12T x 16 AWG, RED (SP-OS MC-HL), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	120	JB-A-FGS-Z89-01	FIELD TMCX6206 2"
348	JB-A-FGS-Z94-01A	GAS	16 AWG	12T	(SP-OS MC-HL)	RED	12T x 16 AWG, RED (SP-OS MC-HL), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	140	JB-A-FGS-Z94-01	FIELD TMCX6206 2"
354	JB-A-FGS-Z55-01A	GAS	16 AWG	12T	(SP-OS MC-HL)	RED	12T x 16 AWG, RED (SP-OS MC-HL), FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	140	JB-A-FGS-Z55-01	FIELD TMCX6206 2"

PTT PUBLIC COMPANY LIMITED										Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland		
ITEM	CABLE NUMBER	FACILITY	DESTINATION		LOCATION	Armour	External Diameter	Inner Diameter	Cable Gland Model		Cable Gland TO		Cable Gland		Cable Gland		Cable Gland	
			TO	GLAND					FROM	TO	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
314	JB-D-FGS-Z94-01A	GAS	14 AWG	37C	GAS-SIS/FGS-RIO-01	TMCX6206 2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX6206 2"	TMCX6206 2"	1.63	2.31	2.05	1.57	2.05	1.92
336	JB-A-FGS-Z89-01A	GAS	16 AWG	12T	GAS-SIS/FGS-RIO-01	TMCX6206 2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX6206 2"	TMCX6206 2"	1.63	2.31	1.91	1.57	2.05	1.78
348	JB-A-FGS-Z94-01A	GAS	16 AWG	12T	GAS-SIS/FGS-RIO-01	TMCX6206 2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX6206 2"	TMCX6206 2"	1.63	2.31	1.91	1.57	2.05	1.78
354	JB-A-FGS-Z55-01A	GAS	16 AWG	12T	GAS-SIS/FGS-RIO-01	TMCX6206 2"	GAS	MC-HL	OK	OK	TMCX6206 2"	TMCX6206 2"	1.63	2.31	1.91	1.57	2.05	1.78

ตารางที่ 3.5 ตัวอย่างการจัดทำ Instrument Cable Schedule จะเห็นว่าจากสาย JB-D-FGS-Z94-01A จาก Cable Block Diagram นั้น ใช้สาย 37C ขนาด 14 AWG สีดำ ชนิด P-OS MC-HL โดยประมาณระยะจากรูปที่ 3.24 เป็น 140 เมตร จาก JB-D-FGS-Z94-01A ไปยัง GAS-SIS/FGS-RIO-01 ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้อยู่บนถัง ดังนั้นจึงต้องทราบความสูงของถังและเดินสายจากถังมาสู่ JB-D-PCS-Z94-01 โดยเลือก Cable Gland ขนาด 1/2" ให้พอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสาย และเส้นผ่านศูนย์กลางของ sheath จะเห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายขนาด 0.6 นิ้วอยู่ระหว่างขนาด Cable Gland ภายนอก ที่ขนาดมากที่สุด 0.78 นิ้ว และ น้อยสุด 0.49 นิ้ว



รูปที่ 3.24 Layout Instrument Cable

3.10 จัดทำ Instrument Material Take off

Material Take-Off (MTO) เป็นเอกสารแสดงรายละเอียดในการซื้ออุปกรณ์ทั้งหมดที่ออกแบบโดยเห็นไปที่การนับจำนวนเพื่อใช้ในการประเมินราคา ดังนั้นรายละเอียดในเอกสารจึงต้องครอบคลุม โดยในโครงการนี้ มีส่วนประกอบในหลัก ๆ ดังนี้

- Control System บอกรายละเอียดเกี่ยวกับระบบควบคุม เช่น PCS System, FGS System, SIS System, Control Board, HMI และอื่น ๆ
- Field Instrument บอกรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดและควบคุม เช่น วัสดุ, ขนาด, ชนิด จำนวนและอื่น ๆ เป็นต้น
- Instrument Cable, Cable Gland บอกรายละเอียดและจำนวนของสายสัญญาณที่ใช้ รวมถึงรายละเอียดและจำนวนของ Cable Gland อีกด้วย

จากตารางที่ 3.6 เป็นตัวอย่างการทำ MTO ในส่วนของ Instrument Cable เห็นว่าระบุรายละเอียดของสาย จำนวนที่ใช้ งานของสายสัญญาณในแบบต่าง ๆ

ตารางที่ 3.6 เป็นตัวอย่างการทำ MTO ในส่วนของ Instrument Cable

REV. No.	ITEM No.	DESCRIPTION	REF. DOC & DRAWING	UNIT	QUANTITY	CONTINGENCY	TOTAL
1	D23	1P x 18 AWG, BLK (P-OS ITC-HL/PLTC)	4376-NM-1571-0001	m	135	-	135
1	D24	2P x 18 AWG, BLK (P-OS ITC-HL/PLTC)	4376-NM-1571-0001	m	100	-	100
1	D25	1P x 16 AWG, RD (P-OS ITC/PLTC)	4376-NM-1571-0001	m	60	-	60
1	D26	4P x 16 AWG, RD (P-OS ITC/PLTC)	4376-NM-1571-0001	m	20	-	20
1	D27	8P x 16 AWG, RD (P-OS ITC/PLTC)	4376-NM-1571-0001	m	270	-	270

- Cable Tray and Conduit บอกรายละเอียดตรงเคเบิลและท่อร้อยสายไฟซึ่งใช้ในการเดินสายเพื่อป้องกันและกำหนดเส้นทางของสายสัญญาณต่าง ๆ
- Instrument Junction Box บอกรายละเอียดและจำนวนของกล่องพักสาย จากตารางที่ 3.7 เป็นตัวอย่างการทำ MTO ส่วน Instrument Junction Box จะเห็นว่ามี JB 2 ชนิด ได้แก่ JB สำหรับพื้นที่อันตราย DIV1 และ JB สำหรับพื้นที่ปลอดภัย โดยจัดทำสรุปจำนวนและรายละเอียดของกล่องพักสาย (JB Summary) ได้ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.7 เป็นตัวอย่างการทำ MTO ในส่วน Instrument Junction Box

REV. No.	ITEM No.	DESCRIPTION	REF. DOC & DRAWING	UNIT	QUANTITY	CONTINGENCY	TOTAL
	G	INSTRUMENT JUNCTION BOX					
2	G1	JUNCTION BOXES, POSITIONER FOR DIV1		LOT	35	-	35
2	G2	JUNCTION BOXES, POSITIONER FOR NONHAZARDOUS		LOT	2	-	2

ตารางที่ 3.8 เป็นตัวอย่างการทำ JB Summary

NO.	SYSTEM	LOCATION	JUNCTION BOX'S TAG	MATERIAL	HAZARDOUS AREA	TYPE	TERMINAL	MAIN CABLES		SECONDARY					
								Quantity	GLAND SIZE	CABLE SPEC.	GLAND SIZE	total	GLAND SIZE		
1	PCS	GAS	JB-D-PCS-294-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	7	11	18	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	5	0	5	3/4"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	7	11	18	1/2"
2	PCS	GAS	JB-D-PCS-294-02	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1 1/4"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	4	2	6	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	7	11	18	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	4	2	6	1/2"
3	PCS	GAS	JB-D-PCS-294-03	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	7	11	18	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	12	2	14	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	2	16	18	1/2"
4	PCS	GAS	JB-D-PCS-213-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	2	6	8	3/4"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	3	9	12	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	4	14	18	1/2"
5	PCS	GAS	JB-D-PCS-294-04	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	4	4	8	3/4"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	3	1	4	1/2"
							T51 - 8 TB	4P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC/PLTC)	1	1 1/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	6	12	18	1/2"
6	PCS	GAS	JB-D-PCS-293-01	31655	NON	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	6	10	16	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	0	0	0	3/4"
							T51 - 30 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	3/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	2	3	5	1/2"
7	PCS	JETTY	JB-D-PCS-221-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	4	4	8	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	0	0	0	3/4"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	3	2	5	1/2"
8	PCS	GAS	JB-D-PCS-222-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	3	0	3	3/4"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	9	10	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	2	3	1/2"
9	PCS	GAS	JB-D-PCS-294-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	3	0	3	3/4"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	9	10	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	2	3	1/2"
10	SIS	GAS	JB-D-SIS-294-01	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	3/4"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	5	6	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	5	6	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	5	6	1/2"
11	SIS	GAS	JB-D-SIS-294-02	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	3	2	5	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	0	1	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	3	2	5	1/2"
12	SIS	GAS	JB-D-SIS-294-03	31655	CLASS 1, DIV1	EXPLOSION PROOF	T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	5	2	7	1/2"
							T51 - 32 TB	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	1"	2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)	1	0	1	1/2"
							T51 - 36 TB	30C x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	1"	20 x 14 AWG, BLK (MC-HL)	1	0	1	1/2"

- System ประเภทของระบบควบคุม
- Location บ่งบอกบริเวณที่ตั้ง
- Junction Box's Tag บ่งบอกชื่อแท็กของกล่องพักสาย
- Material บ่งบอกวัสดุใช้ของกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ 65 อย่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Hazardous area บ่งบอกว่าเป็นพื้นที่อันตรายหรือพื้นที่ปลอดภัย
- Type บ่งบอกชนิดของกล่องพักสาย
- Terminal บอกจำนวนของ terminal
- Main Cable บ่งบอกถึงสายสัญญาณหลักที่เดินทางไปยังระบบควบคุม ซึ่งระบุ

1. Cable Specification คือรายละเอียดของสาย

2. Quantity จำนวนรูของ JB

3. Gland Size ขนาดของ Cable Gland

Secondary Cable บ่งบอกถึงสายสัญญาณจากอุปกรณ์การวัดและควบคุมต่าง ๆ ไปยัง JB ซึ่งระบุ

1. Cable Specification คือรายละเอียดของสาย

2. Quantity จำนวนรูของ JB สำหรับสายที่ยังไม่สำรองการใช้งาน

3. Spare จำนวนรูของ JB สำหรับการสำรองใช้งาน

4. Total จำนวนรูของ JB ทั้งหมด

5. Gland Size ขนาดของ Cable Gland

ตัวอย่างการจัดทำ JB Summary จากตารางที่ 3.8 No.1 สำหรับกล่องพักสาย TAG JB-D-

PCS-Z94-01 ระบุรายละเอียดข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- System: PCS System
- Location: คลัง Gas
- Junction Box's Tag: JB-D-PCS-Z94-01
- Material: 316SS
- Hazardous area: CLASS 1, DIV1
- Type: Explosion Proof
- Terminal สำหรับ JB-D-PCS-Z94-01 มีสายสัญญาณหลัก 2 ชนิด คือ สาย Multicore และ สาย Multipair
 - สำหรับ สาย Multicore นั้น ใช้ 36 Terminal เพราะว่า ใช้สาย Multicore แบบ 36C
 - สำหรับ สาย Multipair นั้น ใช้ 32 Terminal เพราะว่า ใช้สาย Multipair แบบ 16P ซึ่ง 1P เป็นสายพันคู่ตีเกลียว
- MAIN CABLES บ่งบอกถึงสายสัญญาณหลักที่เดินทางไปยังระบบควบคุม ซึ่งระบุรายละเอียด
 - สำหรับ สาย Multicore
 1. CABLE SPEC: 36C x 14 AWG, BLK (MC-HL)
 2. Quality: 1
 3. Gland Size: 1 1/4"
 - สำหรับ สาย multipair

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 66 ข้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Cable Specification: 16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)

2. Quantity: 1

3. Gland Size: 1"

- Secondary Cable บ่งบอกถึงสายสัญญาณจากอุปกรณ์การวัดและควบคุมต่าง ๆ ไปยัง JB ซึ่งระบุรายละเอียด

• สำหรับ สาย Core

1. Cable Specification: 2C x 14 AWG, BLK (MC-HL)

2. Quantity: เจาะรูของ JB สำหรับสายที่ยังไม่สำรองการใช้งาน 7 รู

3. Spare: เจาะรูของ JB สำหรับการสำรองใช้งาน 11 รู เพราะใช้สาย 2C เพียง 7 สาย ดังนั้น เหลือ 22C ในการสำรองใช้งานต่อไปจึงทำการสำรองเป็นจำนวน 11 รู

4. Total: เจาะรูของ JB ทั้งหมด 18 รู

5. Gland Size: 1/2"

• สำหรับ สาย pair มี 2 แบบ คือสาย 1P และ 2P เพราะมีทั้งอุปกรณ์ที่ใช้สาย 1P และ 2P

สำหรับสาย 2P

1. Cable Specification.: 2P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)

2. Quantity: เจาะรูของ JB สำหรับสายที่ยังไม่สำรองการใช้งาน 5 รู

3. Spare: เจาะรูของ JB สำหรับการสำรองใช้งาน 0 รู เพราะไม่ต้องสำรองสาย 2P

4. Total: เจาะรูของ JB ทั้งหมด 5 รู

5. Gland Size: 1/2"

สำหรับสาย 1P

1. Cable Specification 1P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-HL)

2. Quantity: เจาะรูของ JB สำหรับสายที่ยังไม่สำรองการใช้งาน 4 รู

3. Spare: เจาะรูของ JB สำหรับการสำรองใช้งาน 2 รู เพราะใช้สาย 2P 5 สาย และ 1P 4 สาย ดังนั้นรวมใช้สาย Pair 14 Pair เหลือสาย 2 Pair ในการสำรองใช้งานต่อไปจึงทำการสำรองเป็น 1P จำนวน 2 รู

4. Total: เจาะรูของ JB ทั้งหมด 6 รู

5. Gland Size: 1/2"

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนนั้น ทำให้ได้มาซึ่งเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้

4.1 Instrument I/O Schedule

โดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สำคัญมากในขั้นแรก ซึ่งสามารถตรวจสอบความครบถ้วนและระบุรายละเอียดอุปกรณ์ได้อย่างชัดเจน ทั้งชนิดของสัญญาณ และ ระบบควบคุมที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์นั้น ๆ ซึ่งจากการจัดทำนั้นสามารถสรุปสัญญาณและกำหนดขนาดของระบบควบคุมที่เข้าแต่ละระบบควบคุม ได้ดังนี้ ตารางที่ 4.1 สำหรับระบบควบคุม PCS ที่ คลังก๊าซ ตารางที่ 4.2 สำหรับระบบควบคุม PCS ที่ท่าเรือ

ตารางที่ 4.1 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม PCS ที่คลังก๊าซ

AREA : GAS TERMINAL, SERVICE : GAS TERMINAL				
PCS				
I/O POINT	AI	AO	DI	DO
TOTAL	7	0	137	118
SPARE 30%	3	0	42	36
GRAND TOTAL	10	0	179	154

ตารางที่ 4.2 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม PCS ที่ท่าเรือ

AREA : JETTY, SERVICE : GAS TERMINAL				
PCS				
I/O POINT	AI	AO	DI	DO
TOTAL	0	0	16	8
SPARE 30%	0	0	5	3
GRAND TOTAL	0	0	21	11

ระบบควบคุม SIS&FGS สามารถสรุปได้ดังนี้ ตารางที่ 4.3 สำหรับระบบควบคุม SIS&FGS ที่ คลังก๊าซ ตารางที่ 4.3 สำหรับระบบควบคุม SIS&FGS ที่ท่าเรือ

ตารางที่ 4.3 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม SIS&FGS ที่คลังก๊าซ

AREA : GAS TERMINAL, SERVICE : GAS TERMINAL					
SIS					
I/O POINT	AI	AO	DI	DI (IS)	DO
TOTAL	8	0	77	3	34
SPARE 30%	3	0	24	1	11
GRAND TOTAL	11	0	101	4	45
FGS					
I/O POINT	AI	AO	DI	DO	
TOTAL	23	6	22	24	
SPARE 30%	7	0	7	8	
GRAND TOTAL	30	6	29	32	

หน้า 1

ตารางที่ 4.4 สัญญาณต่าง ๆ ที่เข้าระบบควบคุม SIS&FGS ที่ท่าเรือ

AREA : JETTY, SERVICE : GAS TERMINAL					
SIS					
I/O POINT	AI	AO	DI	DO	
TOTAL	0	0	4	4	
SPARE 30%	0	0	2	2	
GRAND TOTAL	0	0	6	6	
FGS					
I/O POINT	AI	AO	DI	DO	
TOTAL	6	0	0	4	
SPARE 30%	2	0	0	2	
GRAND TOTAL	8	0	0	6	

4.2 Cable Block Diagram

เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อระบุสายสัญญาณการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และระบบควบคุม โดยระบุชนิดสาย, สี และ ขนาด

4.3 Cable Schedule

เป็นเอกสารที่พัฒนามาจาก Cable Block Diagram โดยเน้นการให้รายละเอียดของสายมากขึ้น โดยแสดงความยาวของสาย บอกรหัสเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก เส้นผ่านศูนย์กลางของ Sheath ซึ่งใช้ระบุชนิดและขนาดของ Cable Gland ซึ่งจากการจัดทำสามารถสรุปสายสัญญาณตารางที่ 4.5 และ Cable Gland ที่ใช้งานได้ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 สายและความยาวทั้งหมดที่ใช้งาน

TYPE	Cable Type as per Spc	SYSTE	MODEL NO	Armour	Approx. O.D. (mm)	C.L.X O.D. (mm)	SUM			
12C x 14 AWG, BLK (I/C) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	12C x 14 AWG, BLK (I/C)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	546-31-3012	MC	0.91	0.8	140	
37C x 14 AWG, BLK (I/C) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	37C x 14 AWG, BLK (I/C)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	546-31-3017	MC	1.35	1.24	445	
2C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	2C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	546-31-3422	MC-M/L	0.6	0.49	1620	
11C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	11C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	546-31-3411	MC-M/L	0.91	0.8	1240	
36C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	36C x 14 AWG, BLK (I/C-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	546-31-3436	MC-M/L	1.35	1.24	625	
2C x 14 AWG, RED (I/C) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	2C x 14 AWG, RD (I/C)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	546-15-3452	MC	0.73	0.65	90	
2C x 14 AWG, RED (I/C-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	2C x 14 AWG, RD (I/C-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	546-15-3452	MC-M/L	0.73	0.62	1435	
12C x 14 AWG, RED (I/C-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	12C x 14 AWG, RD (I/C-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	546-15-3412	MC-M/L	1.1	1.19	350	
37C x 14 AWG, RED (I/C-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	37C x 14 AWG, RD (I/C-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	546-15-3437	MC-M/L	2.08	1.92	140	
1P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	1P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3401	ITC,PLT,C	P-OS	0.66	0.43	145
4P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	4P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3404	ITC,PLT,C	P-OS	0.62	0.71	900
16P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	16P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3416	ITC,PLT,C	P-OS	1.22	1.11	450
5P x 16 AWG, BLK (S-POS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	5P x 16 AWG, BLK (S-POS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3408	ITC,PLT,C	S-POS	1.04	0.93	10
1P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	1P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3401	MC-M/L	P-OS	0.84	0.83	2290
3P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	3P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3402	MC-M/L	P-OS	0.89	0.879	1495
4P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	4P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3404	MC-M/L	P-OS	0.819	0.799	220
8P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	8P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3408	MC-M/L	P-OS	0.96	0.866	280
12P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	12P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3412	MC-M/L	P-OS	1.13	1.02	510
16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	16P x 16 AWG, BLK (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	564-60-3416	MC-M/L	P-OS	1.216	1.106	625
12P x 16 AWG, BLK (S-POS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	12P x 16 AWG, BLK (S-POS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3412	MC-M/L	S-POS	1.22	1.11	290
1P x 16 AWG, DRG (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	1P x 16 AWG, DRG (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3401	ITC,PLT,C	P-OS	0.64	0.63	240
1P x 16 AWG, DRG (S-POS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	1P x 16 AWG, DRG (S-POS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3401	ITC,PLT,C	P-OS	0.64	0.63	155
3P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	3P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3403	ITC,PLT,C	P-OS	0.69	0.78	100
1P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C) FLAME RETARDANT, 300V, 90°C	1P x 16 AWG, BLK (P-OS ITC,PLT,C)	FLAME RETARDANT	300V, 90°C	PCS-SIS	561-60-3401	ITC,PLT,C	P-OS	0.69	0.68	60
1P x 16 AWG, RED (P-OS ITC,PLT,C) FIRE RESISTANT, 300V, 90°C	1P x 16 AWG, RD (P-OS ITC,PLT,C)	FIRE RESISTANT	300V, 90°C	FGS	561-16-3401	ITC,PLT,C	P-OS	1.04	0.98	20
4P x 16 AWG, RED (P-OS ITC,PLT,C) FIRE RESISTANT, 300V, 90°C	4P x 16 AWG, RD (P-OS ITC,PLT,C)	FIRE RESISTANT	300V, 90°C	FGS	561-16-3404	ITC,PLT,C	P-OS	1.15	1.12	270
12P x 16 AWG, RED (P-OS ITC,PLT,C) FIRE RESISTANT, 300V, 90°C	12P x 16 AWG, RD (P-OS ITC,PLT,C)	FIRE RESISTANT	300V, 90°C	FGS	561-16-3408	ITC,PLT,C	P-OS	1.26	1.15	152
16P x 16 AWG, RED (P-OS ITC,PLT,C) FIRE RESISTANT, 300V, 90°C	16P x 16 AWG, RD (P-OS ITC,PLT,C)	FIRE RESISTANT	300V, 90°C	FGS	561-16-3412	ITC,PLT,C	P-OS	1.53	1.42	152
1P x 16 AWG, RED (P-OS MC-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	1P x 16 AWG, RD (P-OS MC-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	561-16-3401	MC-M/L	P-OS	0.69	0.68	820
3P x 16 AWG, RED (P-OS MC-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	3P x 16 AWG, RD (P-OS MC-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	561-16-3401	MC-M/L	P-OS	0.69	1.42	830
12P x 16 AWG, RED (P-OS MC-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	12P x 16 AWG, RD (P-OS MC-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	561-16-3401	MC-M/L	P-OS	0.69	0.58	1010
11 x 16 AWG, RED (P-OS MC-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	11 x 16 AWG, RD (P-OS MC-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	561-16-3404	MC-M/L	S-POS	1.26	1.15	480
4T x 16 AWG, RED (P-OS MC-M/L) FIRE RESISTANT, 600V, 90°C	4T x 16 AWG, RD (P-OS MC-M/L)	FIRE RESISTANT	600V, 90°C	FGS	561-16-3404	MC-M/L	S-POS	1.91	1.78	400
1P x 16 AWG, BLU (S-POS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	1P x 16 AWG, BLU (S-POS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS (S)	564-60-3401	MC-M/L	P-OS	0.54	0.53	105
4P x 16 AWG, BLU (P-OS MC-M/L) FLAME RETARDANT, 600V, 90°C	4P x 16 AWG, BLU (P-OS MC-M/L)	FLAME RETARDANT	600V, 90°C	PCS-SIS (S)	564-60-3404	MC-M/L	P-OS	0.819	0.799	100

ตารางที่ 4.6 Cable Gland ทั้งหมดที่ใช้งาน และจำนวนทั้งหมด

Cable Gland Model	Size	Size Ref.	Outer sheath		Armor range		SUM
			Min	Max	Min	Max	
BARRIER CABLE GLAND (NICKEL PLATED BRASS)							
TMCX285 3/4"	3/4"		0.65	1	0.66	0.85	170
TMCX3112 1"	1"		0.85	1.31	0.8	1.12	54
TMCX4140 1 1/4"	1 1/4"		1.15	1.62	1.1	1.4	46
TMCX6206 2"	2"		1.63	2.31	1.57	2.06	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือแก้ไขเนื้อหาและ 69 อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 Material Take-Off (MTO)

เป็นเอกสารแสดงรายละเอียดในการซื้ออุปกรณ์ทั้งหมดที่ออกแบบ โดยเน้นไปที่การนับจำนวน ซึ่งจากการจัดทำสามารถสรุปสายสัญญาณ Cable Gland และ กล่องพักสาย (Junction Box) เพื่อใช้ในการประเมินราคาต่อไป โดยสามารถสรุปจำนวนของกล่องพักสายได้ตามตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การจัดทำ MTO ในส่วนของกล่องพักสาย

REV. No.	ITEM No.	DESCRIPTION	REF. DOC & DRAWING	UNIT	QUANTITY	CONTINGENCY	TOTAL
2	G1	JUNCTION BOXES, POSITIONER FOR DIV1		LOT	25		25
2	G2	JUNCTION BOXES, POSITIONER FOR DIV2		LOT	2		2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแ่70 ข้ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่บริษัทนี้ทำให้มีความรู้ เข้าใจ และมีประสบการณ์ในงานด้านการออกแบบ โดยเห็นภาพรวมในการทำงาน Front End Engineering Design ได้เห็นภาพรวมของการทำงานออกแบบตั้งแต่ขั้นต้นจนถึงจบกระบวนการ ซึ่งการออกแบบงานด้านน้ำมันและก๊าซนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่การออกแบบนั้นต้องมีความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและบุคลากร ซึ่งต้องมีการตรวจสอบและควบคุมอย่างรอบคอบเพื่อประกันการผลิตที่มีความราบรื่น ดังนั้นสิ่งสำคัญในการออกแบบให้มีความปลอดภัยคือการออกแบบระบบควบคุมที่ได้ประสิทธิภาพโดยแบ่งเป็น ระบบควบคุมกระบวนการ (PCS), ระบบความปลอดภัย (SIS), ระบบตรวจจับไฟและก๊าซ (FGS) โดยระบบเหล่านี้ต้องครอบคลุมและป้องกันได้เมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินเกิดขึ้น และสิ่งสำคัญอีกประการคือการประเมินความปลอดภัยของอุปกรณ์วัดและควบคุมต่าง ๆ ทั้ง สองประการนี้จะทำให้การออกแบบมีประสิทธิภาพและความปลอดภัยมากที่สุด

ซึ่งในการดำเนินโครงการนั้น ใช้โปรแกรม Microsoft Excel เพื่อใช้สร้างฐานข้อมูลของเครื่องมือวัดและกรอกรายละเอียดต่าง ๆ ของตัวอุปกรณ์วัดและควบคุมที่ทำการจัดรายการอุปกรณ์การวัดและควบคุมให้ครบถ้วนโดยออกเป็นเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้ Instrument I/O Schedule, Cable Block Diagram, Cable Schedule, Material Take-Off (MTO) โดยเอกสารต่าง ๆ เหล่านี้จะทำการประเมินราคาเพื่อให้บริษัทเจ้าของกิจการต่อไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ทางบริษัทไม่เข้าใจคำว่า สหกิจศึกษา
2. ได้รับหัวข้องานที่ไม่ตรงกับภาควิชาที่เรียน
3. ขาดความรู้ในบางหัวข้อ เช่น Safety, เลือกใช้ Tube, Cable, Fitting, Junction Box, Tray และ Valve จึงต้องใช้เวลาในการเรียนรู้
4. ผู้ดูแลต้องไปพบลูกค้าบ่อย ทำให้ในบางครั้ง ไม่ทราบว่างานที่ทำไว้นั้นถูกต้องหรือไม่

5.3 วิธีการแก้ไขปัญหา

1. มีการพูดคุยและอธิบายให้เข้าใจระหว่างทางมหาลัยและนักศึกษาว่าสหกิจศึกษาคืออะไร ก่อนที่จะเริ่มปฏิบัติงาน
2. พยายามพูดคุยให้เข้าใจ เพราะหากต้องศึกษาใหม่ในเรื่องใด ต้องใช้เวลาในการศึกษาจึงทำให้การปฏิบัติงานจริงนั้นล่าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา 71 ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

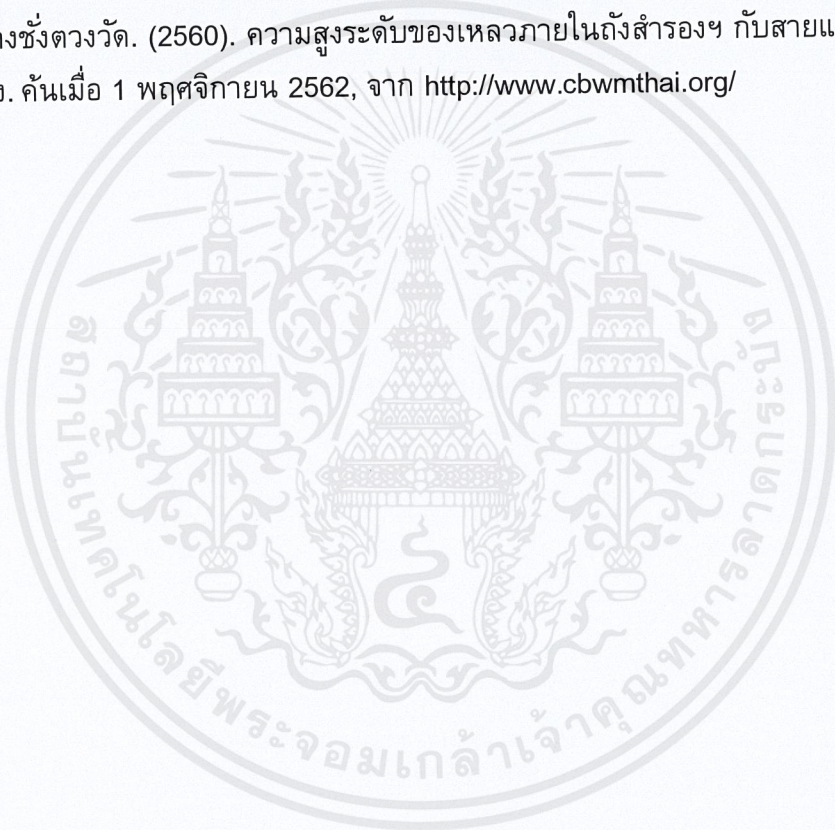
3. ศึกษาหาความรู้เรื่องอุปกรณ์การวัดและควบคุมอย่างสม่ำเสมอ และหาความรู้ที่ไม่เคยศึกษา แต่มีความจำเป็นต่อการทำงาน
4. พยายามสอบถามคนอื่นอาจไม่ใช่พี่ที่ดูแลเท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาแ่72ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทวีช ชูเมือง. (2549). **แผนภาพกระบวนการผลิต(Piping & Instrument Diagram : P&ID).** Industrial Instrumentation Engineering and Design (Part I: Control System and Basic information) (หน้า 6 - 22) พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ; ดวงกลมสมัย.
- [2] สำนักงานกลางซึ่งตวงวัด. (2560). **พื้นที่อันตราย (HAZARDOUS AREA CLASSIFICATION).** ค้นเมื่อ 14 กันยายน 2562, จาก <http://www.cbwmthai.org/>
- [3] กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548). **การตรวจสอบ ติดตั้งระบบและอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่ที่ไอระเหยของสารไวไฟ** ค้นเมื่อ 14 กันยายน 2562, จาก <http://php.diw.go.th>
- [4] สำนักงานกลางซึ่งตวงวัด. (2560). **ความสูงระดับของเหลวภายในถังสำรองฯ กับสายแถบโลหะประกอบลูกดึง.** ค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2562, จาก <http://www.cbwmthai.org/>



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล นางสาว จุฑามาศ มีพันธ์แสน

วัน เดือน ปีเกิด 21 สิงหาคม พ.ศ. 2540

ที่อยู่ 43 ถ.เทศบาล 37 ซ.4 ม.1 ต.พะตง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90230

Email jutamas-mee@hotmail.com

โทรศัพท์ 0831912412

ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2553 – 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัย
- พ.ศ. 2558 – ปัจจุบัน วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดอะควคคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประสบการณ์

- นักศึกษาฝึกงาน แผนก Instrument บริษัท เอจีซี เคมิคอล จำกัด
- แผนก Instrument บริษัท เทคโนโลยี เอ็นจีเนียริง (ประเทศไทย) จำกัด