



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งเครื่องมือวัดระดับสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Design and Installation of Level Instruments for Petrochemical

นางสาวธารทิพย์ ทวีรประยูร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งเครื่องมือวัดระดับสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

Design and Installation of Level Instruments for Petrochemical

นางสาวธารทิพย์ ทวีระประยูร

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การออกแบบและติดตั้งเครื่องมือวัดระดับสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาวธารทิพย์ ทวีระประยูร

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาวจิตตรี หวังอาษา

สถานประกอบการ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด(มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นการรายงานการออกแบบ และติดตั้งเครื่องมือวัดระดับสำหรับ อุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ประเทศฟิลิปปินส์ โครงการนี้เป็นกระบวนการผลิต HDPE (High Density Polyethylene) เพื่อให้ได้เม็ดพลาสติก ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตมีความซับซ้อนทั้งการวัดและควบคุมอัตราการไหล ความดัน อุณหภูมิ ระดับของของไหล และอื่นๆเป็นต้น สิ่งที่นักศึกษาได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบคือการออกแบบ และติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาหลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับชนิดต่างๆ ลักษณะการใช้งาน การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับตลอดจนการเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับให้ถูกต้องตามมาตรฐาน สภาพแวดล้อมของกระบวนการ ตรงตามความต้องการของเจ้าของโครงการและลดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด ผลการออกแบบได้เลือกใช้เครื่องมือวัดระดับสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีดังนี้ 1) เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge) 2) เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีความดันแตกต่าง (Differential Pressure) 3) เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar) 4) เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) และ 5) เครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch)

คำสำคัญ: อุตสาหกรรมปิโตรเคมี, เม็ดพลาสติก, เครื่องมือวัดระดับ

Cooperative Title: Design and Installation of Level Instruments for Petrochemical

Student intern name: Ms. Thantip Taveeraprayoon

Faculty: Engineering

Department: Instrumentation and Control Engineering

Advisor name: Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

Mentor name: Ms. Jittri Wangaesa

Company: TTCL Public Company Limited

ABSTRACT

This cooperative educational report is a reporting of design and installation of measuring instruments for petrochemical industry at Philippine. This project is a manufacturing process of HDPE (High Density Polyethylene) for production of plastic pellets. It has complexity in both the measurement and control of flow, pressure, temperature, liquid level and so on; in which the student's responsibility is engineering design and installation of level measurement devices. Thereby, the operation principle of various level measurement devices, its applications and installation, merit and disadvantage of each device are studied. Finally, these devices are accurately selected to follow out the standard, environment of process and agree with the owner's requirement and reasonable price. In the design results, the selected level measurement devices for petrochemical industry are as follows: 1) magnetic gauges 2) differential pressure transmitters 3) radar level measurement 4) nuclear level measurement and 5) vibration level switch.

Keywords: petrochemical, plastic pellets, level measurement devices

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากทาง บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ที่เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมปฏิบัติสหกิจศึกษาที่บริษัทตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียน การศึกษา ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ คุณณัฐกิตติ ไชยนันท์ธนกิจ รองผู้จัดการแผนก Instrument อีกทั้งคุณจิตตรี หวังอาษา ผู้ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและทักษะในการทำงานด้านต่างๆ รวมไปถึงพี่ๆทุกคนในแผนกที่ให้ความรู้ ความเข้าใจจนทำให้การปฏิบัติสหกิจศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศสหกิจศึกษา ผู้ซึ่งคอยดูแลให้คำปรึกษา ช่วยแก้ปัญหาต่างๆระหว่างการปฏิบัติสหกิจศึกษา รวมไปถึงการให้คำแนะนำวิธีการเขียนรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือจนรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอมอบให้แก่ผู้ที่สนใจศึกษา

นางสาวธารทิพย์ ทวีระประยูร

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 วิธีการศึกษา	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เครื่องมือวัดระดับในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	4
2.1 การวัดระดับโดยตรง	4
2.1.1 เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับ	4
2.1.1.1 เครื่องมือวัดระดับแบบท่อแก้ว	6
2.1.1.2 เครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วใส	7
2.1.1.2.1 แบบแผ่นแก้วสะท้อน	8
2.1.1.2.2 แบบแผ่นแก้วใส	9
2.1.1.3 การออกแบบและการติดตั้ง	11
2.1.1.4 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	13
2.1.2 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน	13
2.1.2.1 การออกแบบและการติดตั้ง	14
2.1.2.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	16
2.2 การวัดระดับโดยอ้อม	16
2.2.1 เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง	16
2.2.1.1 การออกแบบและการติดตั้ง	27

2.2.1.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	33
2.2.2 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์	33
2.2.2.1 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์	33
2.2.2.1.1 การออกแบบและการติดตั้ง	38
2.2.2.1.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	41
2.2.2.2 เครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar	41
2.2.2.2.1 การออกแบบและการติดตั้ง	46
2.2.2.2.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	48
2.2.3 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ	48
2.2.3.1 การออกแบบและการติดตั้ง	53
2.2.3.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	56
2.2.4 เครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น	56
2.2.4.1 การออกแบบและการติดตั้ง	60
2.2.4.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือ	61
2.3 ความรู้พื้นฐานของมาตรฐานพื้นที่อันตราย	62
2.3.1 มาตรฐานการจัดแบ่งพื้นที่อันตราย	62
2.3.2 ความรู้พื้นฐานการป้องกันระเบิด	64
2.3.3 เทคนิคพื้นฐานในการป้องกันระเบิด	64
2.3.4 มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันระเบิด	65
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและจัดเตรียมการซื้อเครื่องมือวัด	69
3.1 ขั้นตอนการศึกษา	69
3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัด	70
3.3 ขั้นตอนดำเนินการจัดเตรียมซื้อเครื่องมือวัด	79
บทที่ 4 ผลการดำเนินการออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรม	81
4.1 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน	81
4.1.1 เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ	81
4.1.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ	83
4.1.3 ลักษณะการติดตั้ง	85
4.2 เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง	85

4.2.1	เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ	85
4.2.2	ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ	88
4.2.3	ลักษณะการติดตั้ง	92
4.3	เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์	93
4.3.1	เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ	93
4.3.2	ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ	95
4.3.3	ลักษณะการติดตั้ง	98
4.4	เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ	98
4.4.1	เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ	98
4.4.2	ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ	101
4.4.3	ลักษณะการติดตั้ง	105
4.5	เครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใ้การลั่น	105
4.5.1	เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ	105
4.5.2	ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ	108
4.5.3	ลักษณะการติดตั้ง	111
บทที่ 5	ผลการดำเนินการออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรม	112
5.1	สรุปผลการดำเนินงาน	112
5.2	ปัญหาและอุปสรรค	112
5.3	แนวทางแก้ไข	112
5.4	ข้อเสนอแนะ	113
	เอกสารอ้างอิง	114
	ประวัติผู้เขียน	115

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)	5
2.2 กระจกแก้วมองระดับ ในกรณีต่อเรียงกันสองอัน (Overlapping)	5
2.3 กระจกแก้วมองระดับแบบท่อแก้ว (Tubular Glass)	6
2.4 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบท่อแก้ว (Tubular Glass)	7
2.5 ส่วนประกอบของกระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass)	8
2.6 เครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน (Reflex)	9
2.7 โครงสร้างภายในกระจกแก้ววัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน	9
2.8 กระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วใส (Transparent Flat Glass)	10
2.9 โครงสร้างภายในกระจกมองระดับแบบแผ่นแก้วใส	10
2.10 การติดตั้งส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านระดับ	11
2.11 การต่อหลาย Glass Gauge	12
2.12 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge)	14
2.13 ลูกลอยภายในกับการใช้แม่เหล็กในการอ่าน	14
2.14 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน	15
2.15 การติดตั้งรูปแบบต่างของเครื่องมือวัดระดับแบบความดันแตกต่างกัน	15
2.16 เครื่องมือวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่างกัน	17
2.17 การวัดระดับแบบภาชนะเปิด	18
2.18 สัญญาณ Output ของการวัดระดับแบบภาชนะเปิด	18
2.19 การวัดระดับแบบภาชนะปิดแบบ Dry Leg	19
2.20 สัญญาณ Output ของ Dry Leg	19
2.21 การวัดระดับแบบภาชนะปิดแบบ Wet Leg	20
2.22 สัญญาณ Output ของ Wet Leg	20
2.23 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด	21
2.24 สัญญาณ Output ของกรณีทรานส์มิเตอร์อยู่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด	22
2.25 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg	22
2.26 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg	23
2.27 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg	23
2.28 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg	24

2.29 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด	24
2.30 สัญญาณ Output ของกรณีทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด	25
2.31 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg	25
2.32 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg	26
2.33 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg	26
2.34 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg	27
2.35 การติดตั้งแบบ Impulse Line	28
2.36 ภาพของ 2 Valve Manifold	28
2.37 ภาพของ 3 Valve Manifold	28
2.38 ภาพของ 5 Valve Manifold	28
2.39 การติดตั้งที่มี Condensate Pot ติดตั้งอยู่	29
2.40 การติดตั้งแบบ Remote Seal	30
2.41 ลักษณะของไดอะแฟรม	30
2.42 การติดตั้งบล็อกวาล์วกับไดอะแฟรม	31
2.43 การติดตั้งแบบ Direct Mount	31
2.44 การติดตั้งแบบ Bubbler Tube	32
2.45 พื้นฐานโครงสร้างของระบบการวัดแบบเรดาร์	33
2.46 หลักการพื้นฐานของสัญญาณพัลส์ (Pulse)	34
2.47 หลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์	35
2.48 หลักการสัญญาณแบบ FMCW	35
2.49 หลักการทำงานของสัญญาณแบบ FMCW	36
2.50 ค่า Dielectric ของๆเหลวที่แตกต่างกันมีผลต่อการเดินทางของคลื่น	37
2.51 ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์	37
2.52 การส่งสัญญาณเรดาร์	38
2.53 องค์ประกอบของการส่งสัญญาณ	38
2.54 กรณีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ร่วมกับเครื่องมือวัดชนิดอื่น ๆ	39
2.55 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ที่มีตัวส่งสัญญาณ (Antenna)	40
2.56 การติดตั้งที่ควรระวัง	40
2.57 การใช้งานทั่วไปของ Guided Wave Radar	41
2.58 การประยุกต์ใช้งานกับสารโดยรวม (Overall Level)	42
2.59 การประยุกต์ใช้งานกับสารหลายเฟส (Interface Level)	43

2.60 การประยุกต์ใช้งานกับสารที่เป็นของแข็ง (Bulk Solid Level)	43
2.61 ลักษณะของ Coaxial Probe	44
2.62 ลักษณะของ Twin Rod Probes	45
2.63 ลักษณะของ Single Rod Probe	45
2.64 ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar	46
2.65 การติดตั้งของ Guided Wave Radar	46
2.66 อุปกรณ์เสริมป้องกัน	47
2.67 การติดตั้งกรณีน้ำกระเพื่อม	47
2.68 การส่งกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม 137 ผ่านวัสดุหลายๆชนิด	50
2.69 แหล่งกัมมันตภาพ	51
2.70 ภาชนะบรรจุแหล่งกัมมันตภาพ	51
2.71 ส่วนประกอบภายในของตัวรับ	52
2.72 การวัดระดับโดยเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ	53
2.73 ขั้นตอนการส่งสัญญาณ	53
2.74 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพแบบจุดโดยกำหนดระดับตัวรับเป็นระดับสูง	54
2.75 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตของแบบ Point	54
2.76 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพแบบต่อเนื่อง	55
2.77 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตแบบ Continuous	55
2.78 ตัวอย่างการใช้งานทั่วไปของ Vibration Level Switch	56
2.79 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของเหลว	57
2.80 เครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของเหลว	58
2.81 ภาพกรณีเกิดความเสียหายกับก้านวัด	58
2.82 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง	59
2.83 เครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง	60
2.84 ตัวอย่างการใช้งานจริงของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง	60
2.85 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง	61
2.86 แสดงองค์ประกอบ 3 อย่าง ที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ	64
2.87 Flameproof Type “d” Protection	66
2.88 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection	66
2.89 Pressurized Type “p” Protection	66
2.90 Increased Safety Type “e” Protection	67

2.91 Oil Immersion Type “o” Protection	67
2.92 Explosive Atmosphere	67
2.93 Encapsulation Type “m” Protection	68
2.94 Nonincendive Type “n” Protection	68
3.1 รายละเอียดแบบข้อมูลทั่วไป	71
3.2 รายละเอียดแบบข้อมูลด้านเงื่อนไขกระบวนการ	71
3.3 ส่วนประกอบของเกลิยว	72
3.4 ช่วง C to C	73
3.5 การต่อ Drain-Vent Valve	73
3.6 การแสดงผลของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน	74
3.7 ความสูงของถัง LT-30520	75
3.8 สัญญาณที่ออกมากับค่าคงที่ของเวลา	78
3.9 SPST	79
3.10 SPDT	79
3.11 DPDT	79
4.1 Condensate Pot	81
4.2 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge) ติดตั้งอยู่	82
4.3 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับใช้แม่เหล็กใช้การอ่าน (Magnetic Gauge)	84
4.4 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กใช้การอ่าน (Magnetic Gauge)	85
4.5 กระบวนการที่มีการติดตั้ง Seal Pot	86
4.6 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) ติดตั้งอยู่	87
4.7 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)	91
4.8 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)	92
4.9 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar ติดตั้งอยู่	94
4.10 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar	97
4.11 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar	98
4.12 กระบวนการ Reactor ติดตั้งอยู่	99
4.13 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) ติดตั้งอยู่	100
4.14 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพรังสี (Nuclear)	104
4.15 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear)	105
4.16 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch) ติดตั้งอยู่	107

4.17 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมีวัดระดับแบบสั่นเสียง (Vibration Level Switch)	110
4.18 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมีวัดระดับแบบสั่นเสียง (Vibration Level Switch)	111

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 มาตรฐานการจัดแบ่งประเภทของพื้นที่ที่มีสารไวไฟของยุโรปกับอเมริกา	62
2.2 มาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา	63
2.3 รหัสมาตรฐาน T Class	65
2.4 มาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันระเบิดตามมาตรฐาน IEC และ NEC	65
3.1 ตารางการคำนวณช่วงการวัด	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบทางวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมไปถึงขั้นตอนดำเนินการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจรด้วยตัวเอง (Integrated Engineering, Procurement and Construction: Integrated EPC) โดยรับงานทั้งจาก ลูกค้าภายในและต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการรับงานในประเภทอุตสาหกรรมพลังงาน ปิโตรเคมีและ โรงไฟฟ้า ปัจจุบันบริษัทเป็นผู้นำทางด้าน Integrated EPC เป็นระยะเวลามากกว่า 30 ปีและประสบความสำเร็จในด้านการออกแบบและก่อสร้างมากกว่า 200 โครงการ โดยโครงการทางด้านปิโตรเคมีที่ ประเทศฟิลิปปินส์ก็เป็นอีกหนึ่งโครงการที่น่าสนใจและกำลังจะเกิดขึ้นด้วยเช่นกัน สำหรับการไปปฏิบัติการสหกิจศึกษาที่บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) นักศึกษาได้ปฏิบัติงานในแผนก Instrument

ในปัจจุบันนี้เราอาจกล่าวได้ว่า อุตสาหกรรมปิโตรเคมีถืออีกหนึ่งปัจจัยหลักที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ รวมไปถึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ เพราะเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำที่ก่อให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆมากมาย สามารถนำไปใช้ผลิตสินค้าพื้นฐานที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตต่างๆ เช่น เม็ดพลาสติก เส้นใยสังเคราะห์ ยางสังเคราะห์ ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องใช้ในการประกอบอาชีพ รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกที่ทำให้มนุษย์นั้นมีความเป็นอยู่ที่สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมีความสำคัญเป็นอย่างมากในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ แต่ที่สำคัญไม่แพ้กันก็คือกระบวนการในการผลิตนั่นเอง

โครงการปิโตรเคมีที่ประเทศฟิลิปปินส์ มีชื่อโครงการว่า "JG Summit 1 Expansion Project" โดยทางบริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ได้เข้าร่วมในการ Bid ราคาด้วย ดังนั้นบริษัทจึงมีหน้าที่ในการประเมินราคาค่าก่อสร้างของโครงการนี้ แผนก Instrument จึงได้รับมอบหมายในการทำราคาในส่วนที่เป็นเครื่องมือวัดทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ เลือก ติดตั้งและ Commissioning เครื่องมือวัดทั้งหมดที่ใช้ในโครงการ โดยโครงการนี้เป็นกระบวนการผลิต HDPE (High Density Polyethylene) เป็นการผลิตเพื่อให้ได้เม็ดพลาสติกที่จะนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยขั้นตอนต่างๆของกระบวนการผลิตต้องให้ความสำคัญในเรื่องของการควบคุมตัวแปรเพื่อให้ได้ผลผลิตออกมาเป็นตามที่โครงการต้องการ ซึ่งสิ่งที่จำเป็นในการควบคุมตัวแปรต่างๆก็คือเครื่องมือที่ใช้วัดตัวแปร ดังนั้นเครื่องมือวัดถือเป็นสิ่งสำคัญ แต่การเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการก็เป็นสิ่งสำคัญด้วยเช่นกัน เพราะเครื่องมือวัดที่ดีจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด สำหรับงานที่แผนก Instrument ได้รับมอบหมายนั้นจะเป็นในส่วนเครื่องมือวัดทั้งหมด ซึ่งจะประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดอัตราการไหล เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดัน เครื่องมือวัดระดับและเครื่องมือวัดอื่นๆ

อย่างไรก็ตามในส่วนที่นักศึกษาได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบก็จะเป็นเครื่องมือวัดระดับทั้งหมด ดังนั้น ในรายงานฉบับนี้จะกล่าวถึงแต่เพียงการออกแบบ และติดตั้งเครื่องมือวัดระดับเท่านั้น เครื่องมือวัดระดับ มีความสำคัญในการวัดและควบคุมประมาณของสารชนิดต่างๆให้อยู่ในระดับต่าง ๆตามที่โครงการกำหนด เพื่อให้ระบบดำเนินการไปได้อย่างสมบูรณ์และเพื่อให้ได้คุณภาพของผลผลิตตรงตามที่กำหนดไว้ ดังนั้นเครื่องมือวัดระดับจะต้องมีการออกแบบ และเลือกใช้งานให้เหมาะสมตรงตามข้อกำหนดของกระบวนการ โดยส่วนใหญ่แล้วเครื่องมือวัดระดับสามารถแบ่งเป็นสองประเภทด้วยกันคือ เครื่องมือวัดระดับแบบโดยตรงและเครื่องมือวัดระดับแบบโดยอ้อม ซึ่งเครื่องมือวัดเหล่านี้จะมีวิธีการวัดที่หลากหลายและแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้งานให้เหมาะสมถูกต้องสอดคล้องกับกระบวนการนั้นๆจะทำให้ต้นทุนลดลงเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย จึงเป็นที่มาของโครงการนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาหลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับ
- 2) เพื่อศึกษาลักษณะของการนำไปใช้งานของเครื่องมือวัดระดับ
- 3) เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องมือและทรานส์มิเตอร์วัดระดับ
- 4) เพื่อศึกษาข้อดีและข้อจำกัดเครื่องมือและทรานส์มิเตอร์วัดระดับ
- 5) เพื่อศึกษาการเลือกใช้เครื่องมือและทรานส์มิเตอร์วัดระดับในกระบวนการวัดระดับที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงการนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับโดยจะแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่

- 1) วิธีวัดระดับโดยตรง (Direct Method)

ประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกมองระดับ (Glass Gauge) และเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge)

- 2) วิธีวัดระดับโดยอ้อม (Indirect Method)

ประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีความดันแตกต่าง (Differential Pressure) เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar) เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) และเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch)

โดยการเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการตรงกับความต้องการของโครงการ สามารถใช้งานได้ในช่วงเวลาที่ยาวนานและสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ประหยัดค่าใช้จ่ายของต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด โดยจะศึกษาในเรื่องของหลักการวัด ลักษณะการใช้งาน การออกแบบและติดตั้ง รวมไปถึงข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด

1.4 วิธีการศึกษา

- 1) ศึกษาหลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับ
- 2) ศึกษาส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับ
- 3) ศึกษาวิธีการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับให้ถูกต้องตามมาตรฐาน และมีความปลอดภัยต่อการใช้งานระยะยาว
- 4) ศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับ
- 5) จัดทำเอกสารรายละเอียดข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับ
- 6) ศึกษาขั้นตอนการจัดซื้อเครื่องมือวัดระดับ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เข้าใจหลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับ
- 2) เข้าใจวิธีการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับ
- 3) เข้าใจข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับ
- 4) เข้าใจการเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับให้เหมาะสม เพื่อจะไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องมือวัด
- 5) มีความรับผิดชอบต่อน้ำที่ที่ได้รับมอบหมายและมีการคิด วิเคราะห์อย่างเป็นระบบ
- 6) ได้รับประสบการณ์การทำงานในสถานประกอบการจริง

บทที่ 2

เครื่องมือวัดระดับในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ระดับเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต ประเภทอุตสาหกรรมการกลั่นและปิโตรเคมี รวมไปถึงอุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ ซึ่งอุตสาหกรรมเหล่านี้จะมีภาระสำหรับเก็บผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการผลิต และในภาระต่างๆเหล่านี้จะต้องมีการวัดและแสดงค่าระดับของของเหลวหรือของแข็งและมีการควบคุมเพื่อให้มีความสูงอยู่ในระดับที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วจะแบ่งชนิดของตัวแปรที่ต้องการวัดออกเป็น 2 ลักษณะคือ ระดับที่เกิดจากของแข็งและระดับที่เกิดจากของเหลว ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือวัด เพื่อการใช้งานจะต้องคำนึงถึงลักษณะและชนิดของตัวแปรดังกล่าวด้วย เป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวแปรที่มีลักษณะเป็นของเหลวจะต้องพิจารณาเป็นพิเศษว่าของเหลวชนิดนั้นๆ มีความหนืดหรือเป็นสารชนิดกัดกร่อนหรือไม่ เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ นอกจากนี้แล้วยังต้องพิจารณาถึงช่วงระดับที่ต้องการวัดและสภาพแวดล้อมของการติดตั้งเครื่องมือวัด ตลอดจนลักษณะของสัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ได้จากการตรวจวัดด้วย เช่น ลักษณะของสัญญาณการวัดแบบจุด (Point Measurement) หรือสัญญาณการวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous Measurement) เป็นต้น จึงจะทำให้ผลที่ได้จากการวัดมีความถูกต้องเที่ยงตรงและน่าเชื่อถือมากที่สุด

การวัดระดับถ้าแบ่งตามหลักการวัดจะแบ่งได้ 2 หลักการคือ

- 1) วิธีวัดระดับโดยตรง (Direct Method)
- 2) วิธีวัดระดับโดยอ้อม (Indirect Method)

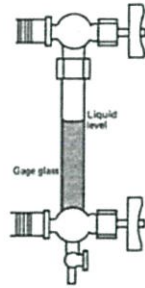
2.1 การวัดระดับโดยตรง (Direct Method)

วิธีการวัดระดับโดยตรงเป็นวิธีการที่ประหยัดที่สุด ง่าย และเชื่อถือได้ ซึ่งแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge) และเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge) โดยส่วนใหญ่เป็นการวัดเพื่อรู้ระดับในภาระเท่านั้น ไม่ได้มีการนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ต่อ

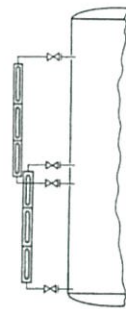
2.1.1 เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกแก้วมองระดับเป็นวิธีที่สามารถวัดระดับของเหลวได้โดยตรง นิยมใช้กับภาระที่ไม่สูงมากนัก และถ้าเป็นแบบพิเศษสามารถใช้งานได้กับภาระที่มีความดันและอุณหภูมิที่สูงและที่สำคัญง่ายต่อการติดตั้งและปลอดภัยต่อการใช้งาน กระจกมองแก้วจะถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาระ มีวาล์วติดตั้งทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง เมื่อระดับของเหลวในภาระเพิ่มขึ้น-ลดลง ของเหลวในเครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับก็จะเพิ่มและลดตามไปด้วย ซึ่งย่านวัดมาตร

ฐานทั่วไปจะใช้วัดระดับไม่เกิน 900 mm หากเกินกว่านั้นจะต้องใช้เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับมากกว่า 1 อันขึ้นไปมาเรียงต่อกันในลักษณะที่กล่าวมาจะเรียกว่า “Overlapping”



รูปที่ 2.1 กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)



รูปที่ 2.2 กระจกแก้วมองระดับ ในกรณีต่อเรียงกันสองอัน (Overlapping)

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับ

ข้อดี

1. อ่านค่าได้โดยตรง
2. สามารถออกแบบพิเศษให้สามารถทนความดันได้ถึง 10,000 psi และทนอุณหภูมิได้สูงถึง 750°F
3. วัสดุที่ใช้ทำ Glass Gauge สามารถออกแบบให้ทนต่อสภาพการกัดกร่อนได้เป็นอย่างดี เช่น ใช้พลาสติก หรือแก้ว เป็นต้น

ข้อจำกัด

1. การอ่านค่าโดยตรงอาจไม่สะดวก เช่น กรณีที่ติดตั้งไว้บนที่สูง หรือด้านบนของถัง เป็นต้น
2. ค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) ขึ้นอยู่กับความสะอาดของช่องมอง สภาพของของไหล ความใสและผู้อ่านซึ่งสามารถควบคุมได้ยาก
3. กรณีของเหลวมีสีใสทำให้ยากสำหรับการอ่านค่า
4. ในสภาพที่มีอากาศหนาวจัด อาจทำให้ของเหลวบริเวณกระจกแก้วมองระดับ อาจเกิดการแข็งตัวในกรณีที่เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมองระดับติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร
5. การกระเพื่อมของของเหลวทำให้การอ่านค่ากระทำได้ยาก

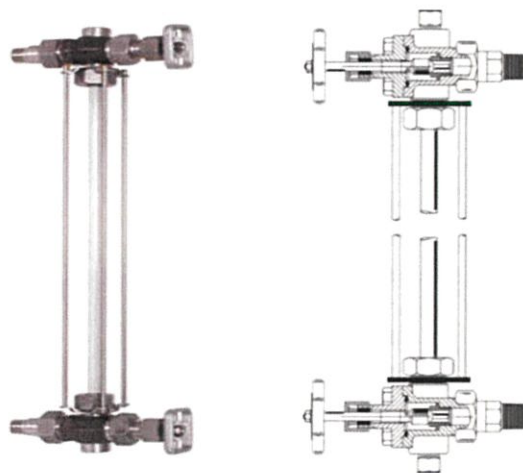
เมื่อทำการอ่านระดับจะอ่านได้เฉพาะจุดที่มีการติดตั้งกระจกแก้วมองระดับเท่านั้น กระจกแก้วมองระดับที่ได้ทำการศึกษานั้นสามารถแบ่งได้ 2 แบบคือ

- 1.) แบบท่อแก้ว (Tubular Glass)
- 2.) แบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass)

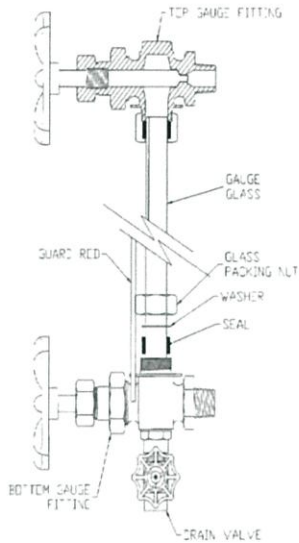
2.1.1.1 เครื่องมือวัดระดับแบบท่อแก้ว (Tubular Glass) [2, 6, 9, 10]

กระจกแก้ววัดระดับแบบท่อแก้วประกอบด้วยท่อแก้วที่มีสเกลบอกระดับท่อแก้ว จะติดตั้งอยู่ในช่วงที่ต้องการตรวจวัดระดับ ในกรณีที่เป็นภาชนะปิดการติดตั้งมีการเชื่อมท่อแก้วกับภาชนะทั้งด้านบนของท่อแก้วและด้านล่างของท่อแก้ว ไม่เช่นนั้นความดันแตกต่างของความดันระหว่างภาชนะกับท่อแก้ว อาจจะเป็นสาเหตุให้เกิดการอ่านระดับที่ผิดพลาดได้ และต้องมีวาล์วที่สามารถเปิดปิดได้ทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อแยกท่อแก้วออกจากภาชนะในกรณีท่อแก้วแตก เนื่องจากท่อแก้วสามารถแตกได้ง่าย การป้องกันอันตรายจากท่อแก้วแตกสามารถทำได้โดยใช้ท่อพลาสติกใสแข็งครอบตัวแก้วไว้ ส่วนขนาดและความหนาของท่อแก้วนั้นจะขึ้นอยู่กับความดันและช่วงความยาวของระดับที่ต้องการตรวจวัด

สำหรับการใช้งานกับของเหลวสีใส เพื่อให้การอ่านค่าทำได้ง่ายขึ้นจึงมีการนำหลักการขยายโดยนำเลนส์นูนเข้ามาช่วยในการอ่านค่าระดับทำให้การสังเกตระดับง่ายขึ้น และถ้ามีแท็บสีขนาดเล็กปิดไว้ตามแนวยาวด้านหลังท่อ เมื่อของเหลวในหลอดแก้วสูงขึ้นถึงบริเวณใดจะอ่านได้ชัดเจนขึ้น เนื่องจากการหักเหของแสงในอากาศและในของเหลวไม่เท่ากัน ดังนั้นในช่วงที่เป็นของเหลวแถบสีเล็กๆ ด้านหลังจะถูกขยายให้เห็นใหญ่กว่าเดิมมาก ทำให้สามารถสังเกตระดับได้ชัดเจน



รูปที่ 2.3 กระจกแก้วมองระดับแบบท่อแก้ว (Tubular Glass)



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบท่อแก้ว (Tubular Glass)

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบท่อแก้ว

ข้อดี

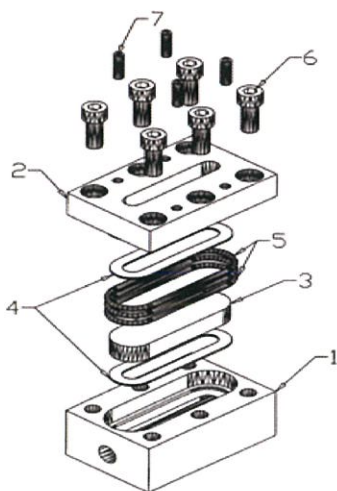
1. ราคาถูก ติดตั้งง่าย ค่าบำรุงรักษาต่ำ
2. สามารถอ่านค่าได้โดยตรงทันที มีความน่าเชื่อถือได้

ข้อจำกัด

1. ใช้งานที่อุณหภูมิสูงไม่ได้
2. ใช้งานที่ความดันสูงไม่ได้
3. แดง่าย ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับระบบที่มีความสำคัญมากๆ หรือไม่เหมาะกับการวัดระดับของสารที่เป็นอันตราย เช่น กรดเข้มข้น หรือในบริเวณที่มีอันตราย
4. การมองระดับต้องเข้าไปอ่านค่าใกล้ ๆ บางครั้งก็ยากต่อการสังเกต (ในกรณีที่เป็นสีใส)

2.1.1.2 เครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) [2, 6, 9, 10]

กระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางมากที่สุดอีกอันหนึ่งในอุตสาหกรรม ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้แทนแบบท่อแก้วใส โดยมีหลักการวัดและการติดตั้งจะเหมือนกันกับกระจกแก้ววัดระดับแบบท่อแก้ว



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของกระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass)

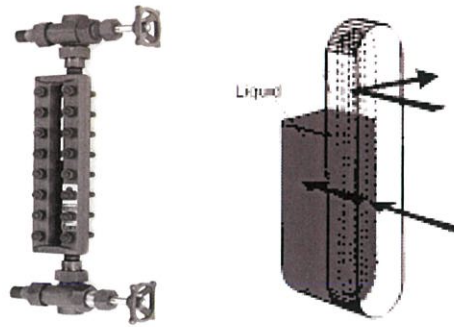
จากรูปที่ 2.5 ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วเรียบจะมีดังนี้

- Metal Chamber (1 & 2)
- Gasket (5)
- Glass (3)
- Cushion (4)
- Bolts and Nuts (6 & 7)

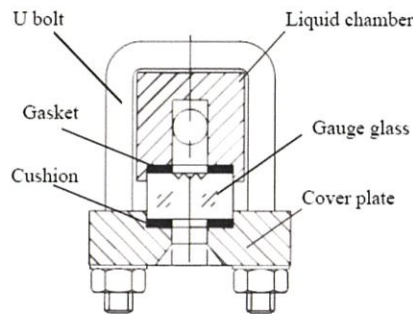
โดยแบ่งเป็นแบบย่อยๆได้ 2 แบบประกอบด้วยคือ แบบแผ่นแก้วสะท้อนแสงและแบบแก้วใส

2.1.1.2.1 แบบแผ่นแก้วสะท้อน (Reflex) [2, 6, 9, 10]

ลักษณะด้านหน้าแผ่นแก้วจะเรียบ ด้านในเซาะร่องเป็นมุมรูปพื้นเลี้ยว มุมด้านในของแผ่นแก้วจะพอดีที่จะทำให้แสงส่วนที่อยู่ใต้ระดับของของเหลวถูกดูดกลืนไปหมด และส่วนที่เป็นก๊าซนั้นแสงจะสะท้อนกลับออกมา ทำให้ดูโปร่งแสงกว่าส่วนที่เป็นของเหลว วัสดุที่ใช้ทำแผ่นแก้วนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำมาก ดังนั้นจึงสามารถใช้งานในบริเวณที่มีความร้อนได้ นอกจากนี้ยังทนต่อการรับแรงที่มากระทำได้ดีอีกด้วย แบบแผ่นแก้วสะท้อนจึงเหมาะสำหรับของเหลวที่สะอาด ไม่มีสี มีความหนืดต่ำ เพราะถ้ามีของเหลวที่ต้องการดูระดับมาเคลือบบนแผ่นแก้ว หรือถ้าของเหลวด้านในมีการเดือดทำให้มีไอน้ำมาเกาะที่แผ่นแก้ว จะทำให้การอ่านระดับทำได้ยากและอาจทำให้การอ่านผิดพลาดไปได้เช่นกัน



รูปที่ 2.6 เครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน (Reflex)



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในกระจกแก้ววัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน

โดยแผ่นแก้วที่ติดกับของเหลวด้านในมีประเก็น (Gasket) กันการรั่วของอยู่ ด้านนอกมีกันกระแทก (Cushion) รองอยู่ระหว่างแผ่นเหล็กกับแผ่นแก้ว จึงไม่มีส่วนสัมผัสโดยตรงกับโลหะเหล็กรูปตัว U มีไว้สำหรับรัดส่วนประกอบทั้งหมดเข้าด้วยกัน

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วสะท้อน
ข้อดี

1. สามารถอ่านระดับได้โดยตรง
2. ราคาถูก ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการซ่อมบำรุง
3. สามารถออกแบบทนความดันได้สูงสุด 4,000 psi และทนอุณหภูมิได้ 400 °C

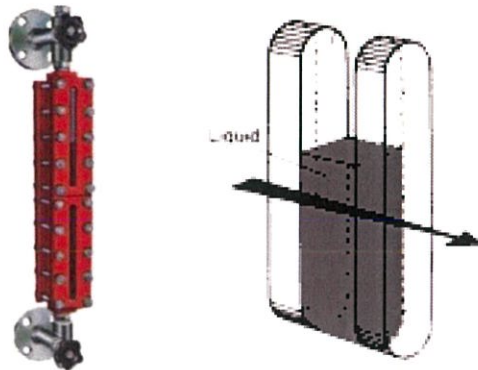
ข้อจำกัด

1. ของเหลวที่มีความหนืดหรือมีสารอื่นปะปนมาอาจทำให้มีการตกตะกอนและอ่านค่าผิดพลาด
2. สำหรับภาชนะที่สูง การวางมาตรวัดที่ชันเหลื่อมกันเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก
3. ความเที่ยงตรงในการอ่านขึ้นอยู่กับความสะอาดของหลอดแก้วและของเหลว

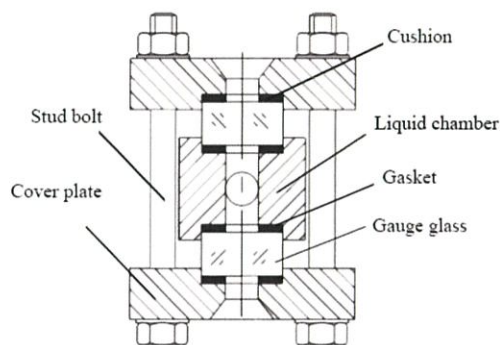
2.2.1.2.2 แบบแผ่นแก้วใส (Transparent)

ลักษณะโครงสร้างจะคล้ายแบบสะท้อน แต่ผิวด้านในเรียบเหมาะสำหรับใช้ดูระดับของของเหลว

ที่มีสีหรือมีความหนืดสูง เช่น น้ำมัน



รูปที่ 2.8 กระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วใส (Transparent Flat Glass)



รูปที่ 2.9 โครงสร้างภายในกระจกมองระดับแบบแผ่นแก้วใส

โดยจะมีแผ่นแก้วเรียบประกบอยู่ระหว่างของเหลวทั้งสองด้านทำให้มองเห็นทะลุทั้งสองด้าน บางแบบอาจมีไฟส่องดูระดับด้วย ซึ่งสามารถดูระดับได้ทุกเวลา

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วใส

ข้อดี

1. สามารถอ่านระดับได้โดยตรง
2. ราคาถูก ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการซ่อมบำรุง
3. สามารถออกแบบทนความดันได้สูงสุด 4,000 psi และทนอุณหภูมิได้ 400 °C
4. สามารถอ่านระดับของเหลวที่มีสี และมีความหนืดได้ดีกว่าแบบแผ่นแก้วสะท้อน

ข้อจำกัด

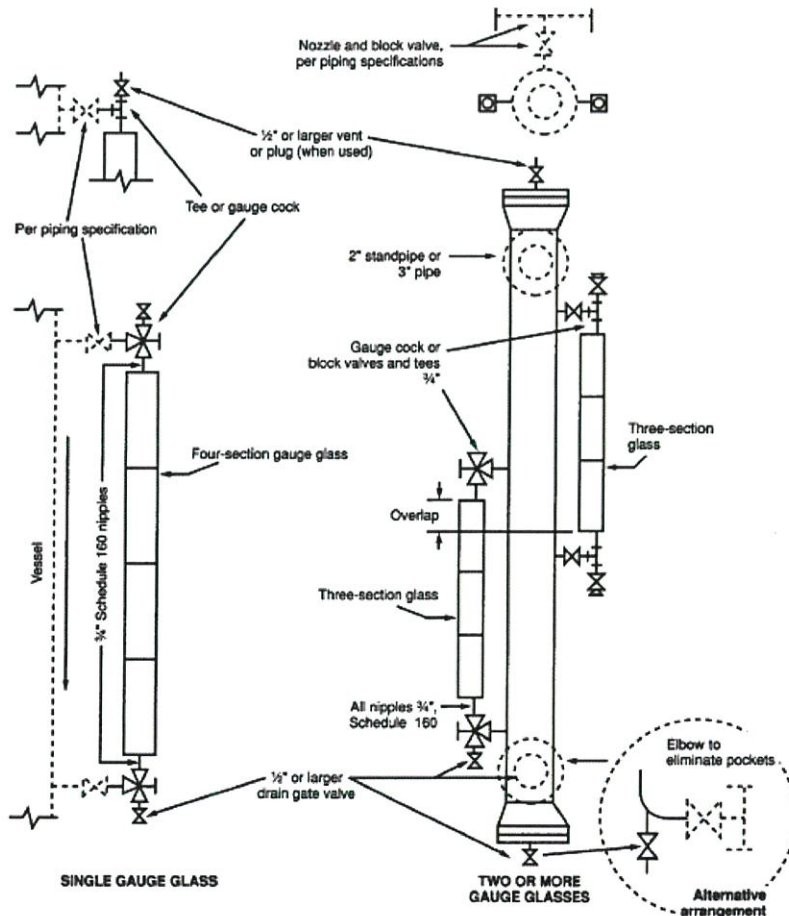
1. ของเหลวมีสารอื่นปะปนมา อาจทำให้มีการตกตะกอนและอุดตัน
2. สำหรับภาชนะที่สูง การวางมาตรวัดที่ชั้นบนเหลื่อมกันเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก

2.1.1.3 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบแผ่นแก้วใส [1]

โดยทั่วไปการติดตั้งเครื่องมือวัดแบบกระจกมองระดับที่ประกอบด้วยสเกลบอกระดับ จะติดตั้งอยู่ในช่วงที่ต้องการตรวจวัดระดับ มีการติดตั้งวาล์วที่สามารถเปิดปิดได้ทั้งด้านล่างและด้านบนเพื่อแยกท่อแก้วออกจากภาชนะ

- ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบเกจ (Gauge Assemblies)

Multiple Single-Section ของกระจกแก้วถูกใช้ เพื่อสร้างกระจกมองแก้วให้ยาวขึ้น โดยการเชื่อมของกระจกนั้นจะเป็นดังรูปที่ 2.10 การเชื่อมต่อแบบปกติจะจำกัดอยู่ที่ 4 Sections หรือ 5 ฟุตระหว่างการเชื่อมต่อกระจกแก้วที่ยาวขึ้นนั้น ซึ่งมักถูกใช้สำหรับงานที่ไม่มีความสำคัญมากนักในอุตสาหกรรมเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 400 °F (200°C) แต่สำหรับกรณีที่มีอุณหภูมิมากกว่า 400 °F (200°C) บางบริษัทจะจำกัดความยาวของการต่อกระจกแก้วที่ 3 Sections หลายบริษัทจำกัดการใช้งานที่ความดัน 900 psi และอาจจะต้องมีอุปกรณ์เสริมเพิ่มเติม เมื่อมีการเชื่อมต่อตั้งแต่ 4 Sections ขึ้นไป (สำหรับบางครั้งที่มีการเพิ่มของอุณหภูมิจะทำให้ของไหลภายในเกิดการขยายตัว จึงต้องมีการชดเชยค่าที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากอุณหภูมิ)

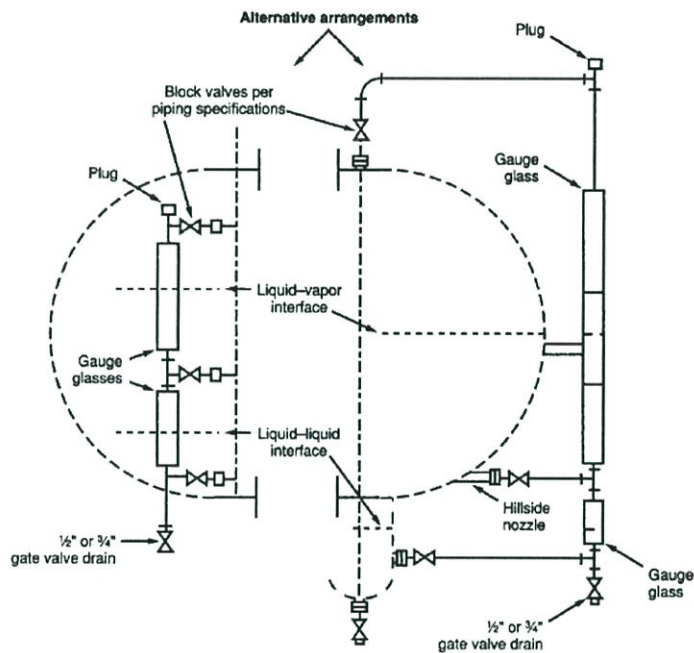


รูปที่ 2.10 การติดตั้งส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านระดับ

- การต่อ Glass Gauge หลายเกจ (Multi-Gauge Mounting)

ในการวัดระดับที่มีช่วงการวัดที่กว้าง ควรวัดระดับโดยการใช้ Overlapping Gauge Glasses โดย Gauge Cocks ขนาด 3/4 นิ้ว เป็นขนาดปกติที่ใช้กันในการต่อแบบหลายเกจ เมื่อถึงที่มีการต่อแบบ Flanged Nozzle และมีการติดตั้งบล็อกวาล์วกับท่อโดยตรงขนาดต่ำสุดคือ 1 นิ้ว การติดตั้งวาล์วก็เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง และควรมีการตรวจสอบวาล์วเสมอว่าสามารถใช้งานได้ปกติหรือไม่

เมื่อมีการแตกหักของกระจกแก้วมองระดับอาจทำให้เกิดอันตรายได้ (เมื่อของเหลวภายในกระจกมองระดับอาจเป็นกรดและมีการกัดกร่อน) ดังนั้นจึงต้องติดตั้งวาล์วระหว่างเกจวัดระดับและภาชนะวัดระดับ มาตรฐานบริษัทอาจจำกัดการใช้เครื่องมือวัดระดับแบบแก้วของกระจกแก้วมองระดับสำหรับ C3 และ C4 ถ้ากระจกแตกระหว่างการดับเพลิง สารข้างในอาจเป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิงได้



รูปที่ 2.11 การต่อหลาย Glass Gauge

ในกรณีต้องการสังเกตระดับแบบสาร Interface จะใช้เครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแบบแผ่นแก้วใส (Transparent) รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะการใช้งานอยู่ 2 แบบที่นิยมใช้งานกันทั่วไป ซึ่งแนะนำให้ใช้วิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบ Multi-Gauge ในกรณีที่เป็นสาร Interface ทั้งแบบของเหลวของเหลว และของเหลว-ไอ และการเชื่อมต่อกับถัง (กรณีถังเป็นแนวนอน) นั้นต้องมีการจัดวางเกจวัดหนึ่งอันเสมอสำหรับสาร Interface แต่ละสารที่ต้องการวัด ในกรณีที่มีสาร Interface สามชนิดก็จะต้องมีการใช้เกจวัดระดับอย่างน้อยสองอันดังรูปที่ 2.11

หมายเหตุ ควรใช้ Transparent Gauge กับการติดตั้งที่เกี่ยวข้องกับสารกัดกร่อนหรือของเหลวสกปรก (สีเข้ม) และยังสามารถใช้งานในกรณีที่ภาชนะมีความดันสูงได้ รวมถึงการใช้งานกับสารที่เป็น Interface แบบของเหลว-ของเหลวอีกด้วย

- การป้องกันกระจกแก้วมอกระดับ

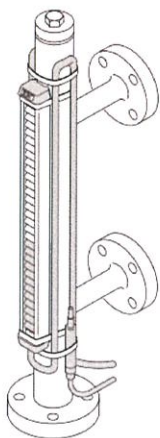
กระจกแก้วมอระดับสามารถเสียหายได้ เนื่องจากไอและของเหลว ตัวอย่างเช่น ไอน้ำที่ความดัน 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว กรด Hydrofluoric (ที่มีฤทธิ์กัดกร่อน) เอมีน สารกัดกร่อนอื่นๆ ในกรณีเช่นนี้แนะนำให้ฟิล์มป้องกันบางๆ ที่ด้านในของเหลว

2.1.1.4 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดแบบกระจกแก้วมอระดับ

1. พิจารณาว่า Fluid ที่อยู่ในหลอดแก้วสำหรับมอระดับนั้นเป็นอย่างไร เช่น ใสหรือขุ่น มีความหนืดต่ำหรือความหนืดสูง นั้นควรเลือกชนิดของเครื่องมือวัดแบบใด
2. พิจารณาอุณหภูมิและความดันที่อยู่ภายในหลอดแก้ว เพื่อป้องกันไม่ให้หลอดแก้วเสียหาย
3. พิจารณา Process Connection ที่จะต่อเข้ากับระบบที่ต้องการวัด
4. พิจารณาวาล์วที่สำหรับใช้เป็นทางเดินของของไหลเข้าหลอดแก้วมอระดับ
5. พิจารณาย่านการวัดสำหรับระดับที่ต้องการวัด

2.1.2 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge)

เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการช่วยอ่านระดับเป็นการใช้หลักการของลูกลอย ซึ่งเป็นที่นิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง เป็นการวัดการเคลื่อนที่ในแนวตั้ง มีโครงสร้างที่ง่ายๆสามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความดันสูง ง่ายต่อการใช้งาน ในการวัดระดับของของเหลวโดยอาศัยหลักการของ Archimedes ที่กล่าวว่า "วัตถุที่ลอยอยู่นั้นจะถูกทำให้ลอยอยู่ด้วยแรงที่เท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่" ความหมายก็คือ การที่ลูกลอยสามารถลอยอยู่ได้ขึ้นอยู่กับน้ำหนักของเหลว แสดงว่าแรงที่กดลงมาซึ่งก็คือ น้ำหนักของลูกลอยซึ่งถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลก จะต้องมามีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่ลูกลอยจมอยู่ในของเหลว เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้ลูกลอยนั้นมีการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามไปด้วย



รูปที่ 2.12 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge)

ใช้ในกรณีที่ของเหลวที่ต้องการวัดมีอันตราย อาจจะเป็นสารพิษ มีการกัดกร่อน โดยกรณีที่ของเหลวที่ต้องการทราบค่าระดับมีสภาพอันตราย ซึ่งถ้าเกิดการรั่วออกมาข้างนอกก็จะเกิดอันตรายได้ จึงจำเป็นต้องแยกส่วนที่วัดออกจากตัวอ่านค่า เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วขึ้นได้ตัววัดแบบนี้ประกอบด้วยท่อรูปทรงกระบอกที่แข็งแรง ทนทาน ไม่เป็นเครื่องมือที่ทำมาจากแม่เหล็กหรือด้านทานต่อเส้นแรง ภายในมีลูกลอยซึ่งมีแม่เหล็กถาวรติดอยู่ ลูกลอยสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามระดับของของเหลวได้อย่างอิสระ ด้านนอกมีสเกลที่บอกระดับประกอบด้วยแผ่นโลหะชิ้นเล็กๆ ที่เป็นสารแม่เหล็กตั้งเรียงกันอยู่ตามแนวระดับแผ่นโลหะเหล่านี้ขยับได้โดยอิสระ

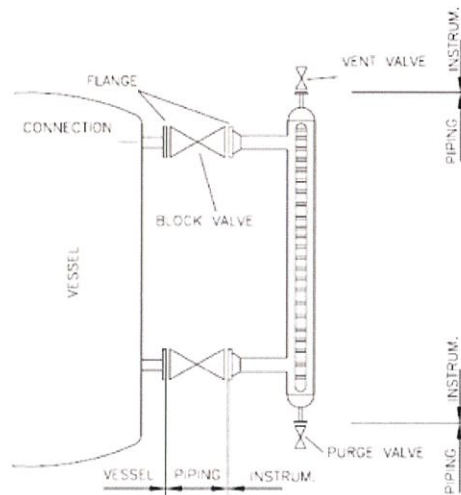


รูปที่ 2.13 ลูกลอยภายในกับการใช้แม่เหล็กในการอ่าน

2.1.2.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน

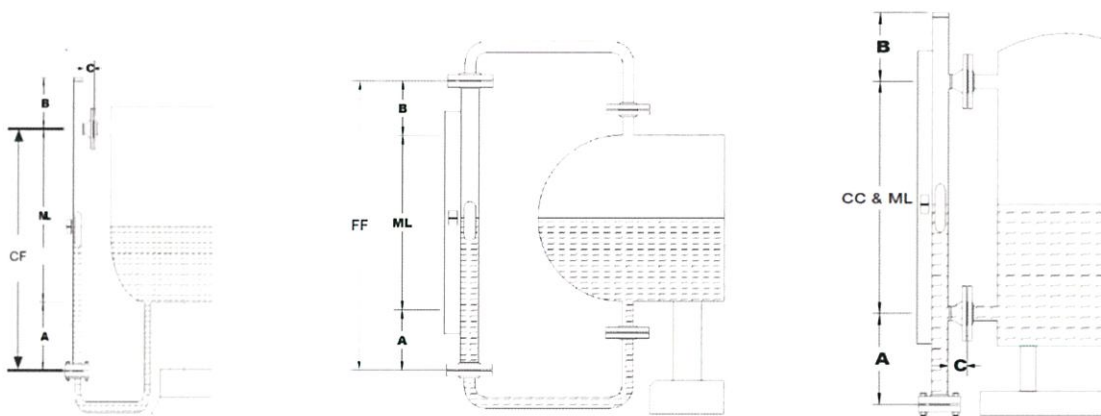
ลักษณะการติดตั้งจำเป็นต้องมีการแยกส่วนที่วัดออกจากส่วนแสดงค่า เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วไหล โดยมีวาล์วติดตั้งทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุง ขณะที่ลูกลอยเคลื่อนที่ไปอยู่ ณ จุดใด สนามแม่เหล็กจากลูกลอยจะทำให้แผ่นโลหะในจุดนั้นถูกดูดเอียงทำมุมเพื่อแสดงระดับของ

ของเหลว การใช้เกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กไม่เหมาะสำหรับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง เพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมในเวลาอันรวดเร็ว แต่ปัจจุบันนี้ได้พัฒนาการแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิทัลและบาร์กราฟ



รูปที่ 2.14 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน

สำหรับการติดตั้งกับภาชนะนั้นมีการติดตั้งหลายแบบขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม



(Center to Face)

(Face to Face)

(Center to Center)

รูปที่ 2.15 การติดตั้งรูปแบบต่างของเครื่องมือวัดระดับแบบความดันแตกต่าง

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน

ข้อดี

1. สามารถอ่านระดับได้โดยตรง
2. ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการซ่อมบำรุง
3. สามารถใช้วัดระดับสารที่มีพิษ กัดกร่อนได้

4. สามารถใช้วัดระดับของสารที่มีสี หรือไม่มีสีก็ได้
5. มีช่วงการวัดที่ยาวกว่าแบบกระจกแก้ววัดระดับ

ข้อจำกัด

1. ไม่เหมาะสมกับกระบวนการที่มีความร้อนสูงมากๆ เพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมสภาพ
2. ของเหลวมีสารอื่นปะปนมา อาจทำให้มีการตกตะกอนและอุดตันได้
3. การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของไหลมีผลต่อการวัด
4. มีส่วนที่ประกอบเป็น Moving Part

2.1.2.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน

1. พิจารณาว่า Fluid ว่าเป็นสารมีพิษ หรือกัดกร่อน
2. พิจารณาช่วงอุณหภูมิที่จะใช้งานให้เหมาะสมกับเครื่องมือวัด
3. พิจารณา Process Connection ที่จะต่อเข้ากับระบบที่ต้องการวัด
4. พิจารณาวาล์วที่สำหรับใช้เป็นทางเดินของของไหลเข้าเครื่องมือวัด
5. พิจารณาย่านการวัดสำหรับระดับที่ต้องการวัดให้ครอบคลุม

2.2 การวัดระดับโดยอ้อม (Indirect Method)

วิธีการวัดระดับโดยอ้อมนั้น เมื่อได้ค่าหรือผลลัพธ์ที่ได้จากวัดนั้นจะต้องนำมาคำนวณและทำการแปลงหน่วยเพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณที่ต้องการวัดระดับ หรืออีกความหมายหนึ่งก็คือการวัดปริมาณตัวแปรประเภทหนึ่งโดยอาศัยหลักการอื่นๆ แล้วทำการแปลงหรือเปลี่ยนหน่วยนั่นเอง สำหรับในที่นี่จะกล่าวถึงเครื่องมือวัดระดับ 4 ชนิด คือ เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ และเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การลื่น

2.2.1 เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

การวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่างเป็นวิธีที่แพร่หลายมากในอุตสาหกรรม สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการวัดได้ในหลายกระบวนการ โดยหลักการวัดระดับแบบนี้ใช้หลักการวัดความดันที่เกิดจากความสูงของระดับของของเหลวที่ต้องการวัดดังสมการที่ (2.1)

$$P = SG \times h \quad (2.1)$$

เมื่อ

- P = ความดันเนื่องมาจากความสูงของของเหลว (นิ้วน้ำหรือเมตรน้ำ)
- SG = ความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ต้องการวัด
- h = ความสูงของของเหลว (เมตร)

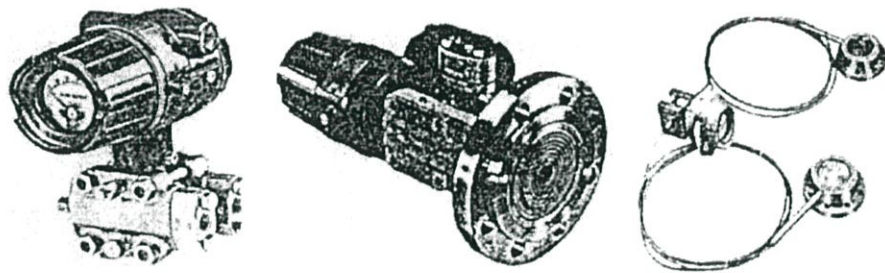
ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity: SG) ของสารเป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น เช่น น้ำมีค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 1 ปรอทมีค่าความถ่วงจำเพาะ 13.6 เป็นต้น ดังนั้นความดันที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของของเหลวนั้นทำให้สามารถหาความสูงของของเหลวได้จากสมการที่ (2.2)

$$h = \frac{P}{SG} \quad (2.2)$$

และ

$$SG = \frac{\text{density of fluid}}{\text{density of water}} \quad (2.3)$$

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่างกันเรียกว่า Differential Pressure Transmitter ซึ่งถ้าแบ่งชนิดอุปกรณ์วัดนี้ตามโครงสร้างของผู้ผลิตจะสามารถแบ่งได้ 3 แบบด้วยกัน คือ Standard Type, Flange Mounting, Remote Diaphragm ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งแต่ละแบบจะมีหลักการทำงานเหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่การติดตั้งตามการใช้งานที่เหมาะสม



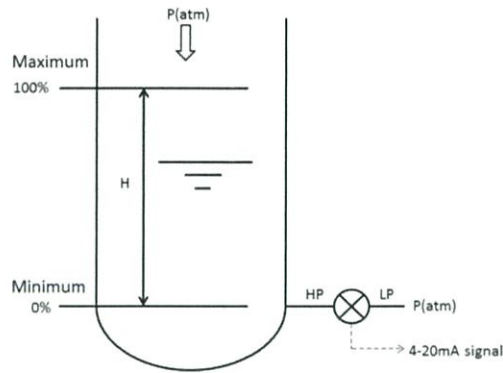
(ก) Standard Type (ข) Flange Mounting (ค) Remote Diaphragm

รูปที่ 2.16 เครื่องมือวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่าง

ในการวัดระดับจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ การวัดระดับแบบภาชนะเปิด (Open Tank) และการวัดระดับแบบภาชนะปิด (Closed Tank)

- การวัดระดับแบบภาชนะเปิด (Open Tank)

การวัดระดับในภาชนะเปิดนั้นทรานส์มิเตอร์จะติดตั้งใกล้กับก้นภาชนะ โดยด้านความดันสูงจะต่อเข้ากับจุดต่อด้านล่างของภาชนะ (Lower Nozzle) ส่วนด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์จะเปิดไว้เปรียบเป็นความดันบรรยากาศดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การวัดระดับแบบภาชนะเปิด

ความดันด้านสูง (High Pressure)

$$HP = (SG \times H) + P_{atm}$$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure)

$$LP = P_{atm}$$

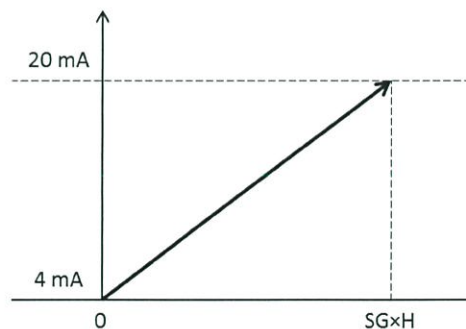
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + P_{atm} - P_{atm} \\ &= (SG \times H) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = 0 \text{ ถึง } (SG \times H)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอรเซ็นต์อยู่พอดีกับตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงไม่ต้องทำการปรับซีโร



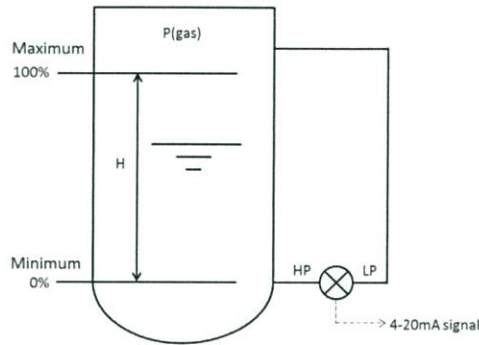
รูปที่ 2.18 สัญญาณ Output ของการวัดระดับแบบภาชนะเปิด

- การวัดระดับแบบภาชนะปิด (Closed Tank)

การวัดระดับในภาชนะปิด ความดันที่อยู่สูงกว่าของเหลวที่กั้นภาชนะ จะมีผลกระทบต่อความดันที่ถูกรวัดที่กั้นภาชนะ เพื่อให้เกิดการวัดระดับอย่างถูกต้อง ความดันในภาชนะจะต้องถูกลบออกจากความดันที่วัดได้ อันนี้ทำได้โดยการทำจุดต่อความดันที่ด้านบนภาชนะ และต่อจุดต่อความดันนี้เข้ากับด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง ความดันแตกต่างผลลัพธ์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสูง

สำหรับการวัดระดับในภาชนะแบบปิดนั้นจะมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ Dry Leg และ Wet Leg

ถ้าในกรณีที่แก๊สที่อยู่เหนือระดับของเหลวไม่มีการควบแน่น ท่อที่ต่อเข้ากับด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์จะว่างเปล่า การคำนวณเพื่อย่านการวัดจะเหมือนกับการคำนวณของทรานส์มิเตอร์ที่ถูกติดตั้งไว้ที่ก้นภาชนะเปิด การต่อต้านความดันต่ำวิธีนี้จะเรียกว่า “Dry Leg”



รูปที่ 2.19 การวัดระดับแบบภาชนะปิดแบบ Dry Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure)

$$HP = (SG \times H) + P_{gas}$$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure)

$$LP = P_{gas}$$

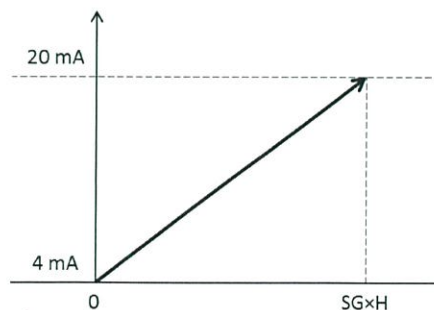
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + P_{gas} - P_{gas} \\ &= (SG \times H) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = 0 \text{ ถึง } (SG \times H)$$

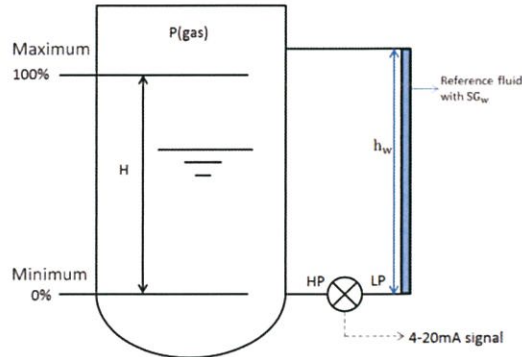
เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอร์เซนต์อยู่พอดีกับตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงไม่ต้องทำการปรับซีโร



รูปที่ 2.20 สัญญาณ Output ของ Dry Leg

ถ้าในกรณีที่แก๊สที่อยู่เหนือระดับของเหลวมีการควบแน่น ภายในท่อด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์ ด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์จะต้องบรรจุด้วยของเหลวอ้างอิง (Reference Liquid) จน

เต็ม ทั้งนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของของเหลวบนจุดต่อต้านความดันต่ำ ของเหลวอ้างอิงนี้จะกลายเป็นความดันที่กระทำบนด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์ วิธีนี้จะเรียกว่า “Wet Leg”



รูปที่ 2.21 การวัดระดับแบบภาชนะปิดแบบ Wet Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure)

$$HP = (SG \times H) + P_{gas}$$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure)

$$LP = (SG_w \times h_w) + P_{gas}$$

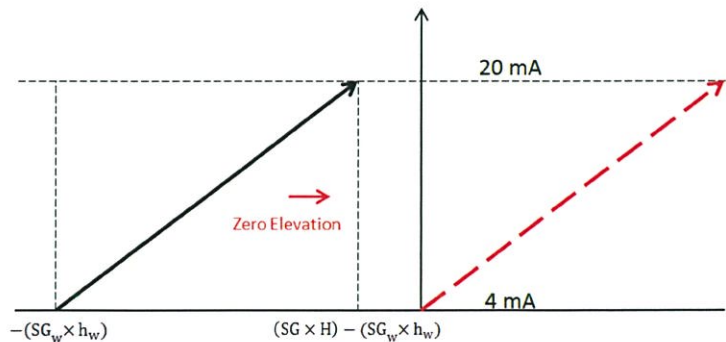
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + P_{gas} - (SG_w \times h_w) + P_{gas} \\ &= (SG \times H) - (SG_w \times h_w) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = -(SG_w \times h_w) \text{ ถึง } (SG \times H) - (SG_w \times h_w)$$

เนื่องจากการวัดระดับต่ำ ของเหลวอ้างอิงนี้จะกลายเป็นความดันที่กระทำบนด้านความดันต่ำของทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นการยกซีโร่ (Zero Elevation) ของย่านการวัดจำเป็นต้องทำ

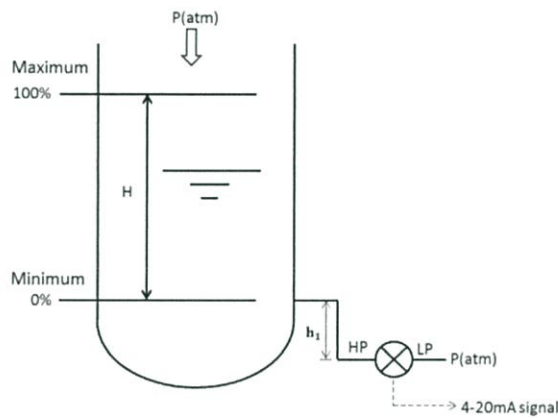


รูปที่ 2.22 สัญญาณ Output ของ Wet Leg

สำหรับในกรณีการติดตั้งอุปกรณ์ Differential Pressure Transmitter ที่ไม่ได้อยู่ในแนวระดับเดียวกับจุดวัดความดันต่ำสุด (Minimum Level) อาจจะใช้สภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถติดตั้งได้หรือบริเวณนั้นไม่สามารถติดตั้งได้ต้องมีการต่อสายออกมา ในกรณีเช่นนี้จะต้องมีการคำนวณค่าชดเชยที่เกิดจากการติดตั้งด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าซีโรใหม่ตามหลักการดังต่อไปนี้

ในกรณีที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์อยู่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะจะต้องมีการชดเชยค่าโดยปรับซีโรแบบ “การกดซีโร” (Zero Suppression)

- ภาชนะเปิด



รูปที่ 2.23 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{atm}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = P_{atm}$

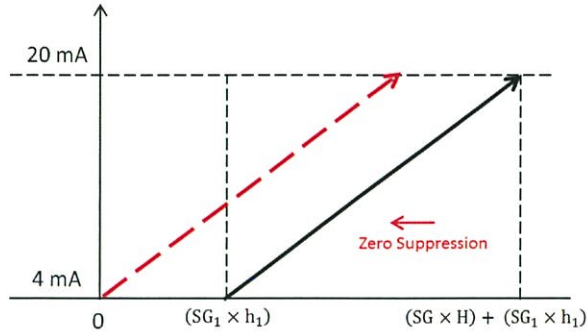
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{atm} - P_{atm} \\ &= (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

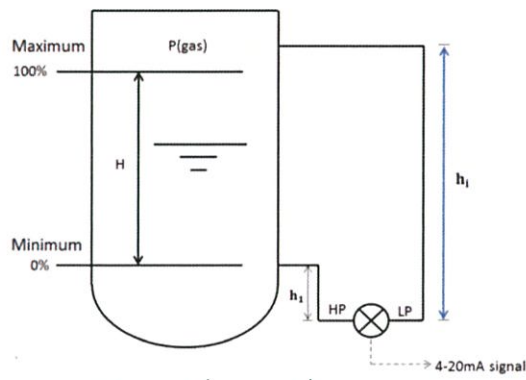
$$\text{Span} = (SG_1 \times h_1) \text{ ถึง } (SG \times H) + (SG_1 \times h_1)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอร์เซนต์อยู่สูงกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงต้องทำการชดเชยโดยการกดซีโรของย่านวัดลง (Zero Suppression)



รูปที่ 2.24 สัญญาณ Output ของทรานส์มิเตอร์อยู่ที่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด

• ภาชนะปิด



รูปที่ 2.25 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{gas} - [(SG_1 \times h_1) + P_{gas}] \\ &= [(SG \times H) + (SG_1 \times h_1)] - (SG_1 \times h_1) \end{aligned}$$

ซึ่ง SG_1 คือค่าความถ่วงจำเพาะของด้านความดันต่ำใน Impulse Tube ซึ่งโดยปกติจะมีค่าเท่า

กับ 0

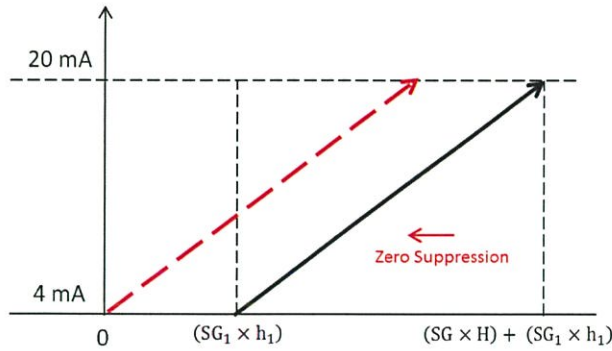
ดังนั้นจะได้ว่า

$$\Delta P = (SG \times H) + (SG_1 \times h_1)$$

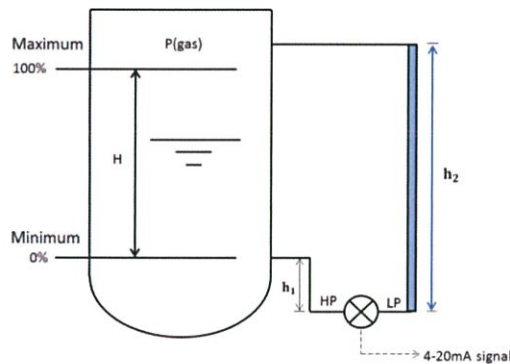
เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = (SG_1 \times h_1) \text{ ถึง } (SG \times H) + (SG_1 \times h_1)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เฟอร์เซ็นต์อยู่สูงกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงต้องทำการชดเชยโดยการกดซีโรของย่านวัดลง (Zero Suppression)



รูปที่ 2.26 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่ที่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg



รูปที่ 2.27 การต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = (SG_2 \times h_2) + P_{gas}$

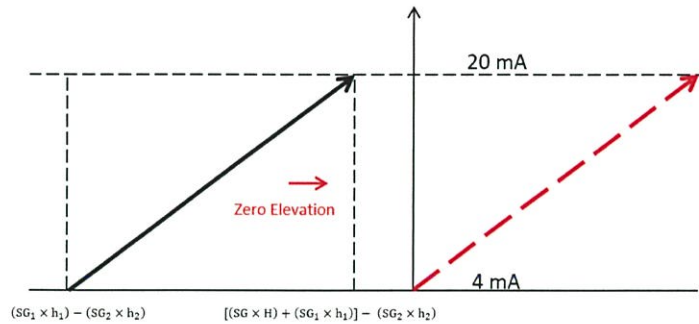
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) + (SG_1 \times h_1) + P_{gas} - [(SG_2 \times h_2) + P_{gas}] \\ &= [(SG \times H) + (SG_1 \times h_1)] - (SG_2 \times h_2) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = (SG_1 \times h_1) - (SG_2 \times h_2) \text{ ถึง } [(SG \times H) + (SG_1 \times h_1)] - (SG_2 \times h_2)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอร์เซ็นต์อยู่ที่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์รวมถึงมีการวัดแบบ Wet Leg ดังนั้นจึงต้องทำการชดเชยโดยการยกซีโรของย่านวัดขึ้น (Zero Elevation)

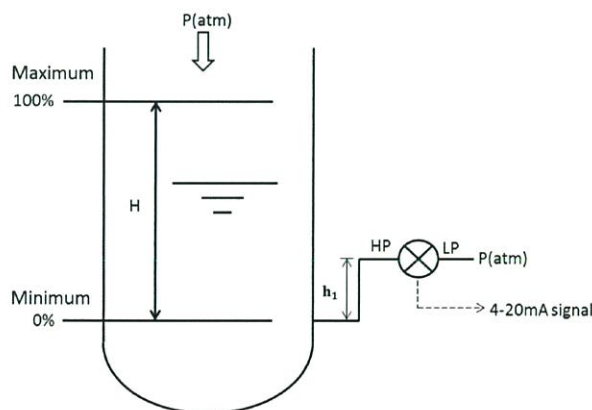


รูปที่ 2.28 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg

ในกรณีที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะจะต้องมีการชดเชยค่าโดยปรับซีโรแบบ"การยกซีโร" (Zero Elevation)

สิ่งที่สำคัญในการติดตั้งตัวเครื่องมือวัดระดับคือไม่ควรติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ให้สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะถ้าไม่มีความจำเป็นจริงๆ เพราะการติดตั้งแบบทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อกับภาชนะอาจจะเกิดสุญญากาศที่ตัวเครื่องมือและของเหลวที่บรรจุจะกลายเป็นไอได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องมือ โดยการเกิดไอนั้นจะขึ้นอยู่กับการใช้ของเหลวและความดันในกระบวนการ

- ภาชนะเปิด



รูปที่ 2.29 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด

ความดันด้านสูง (High Pressure)

$$HP = (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{atm}$$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure)

$$LP = P_{atm}$$

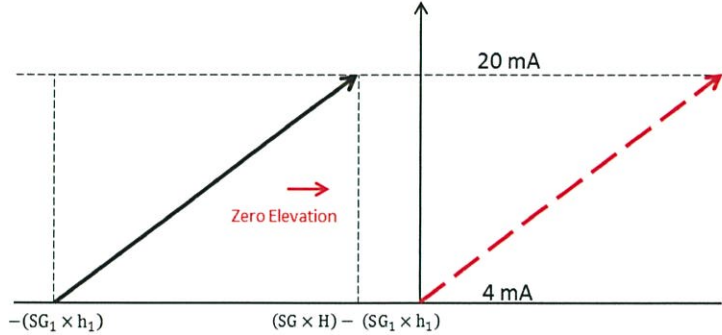
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{atm} - P_{atm} \\ &= (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

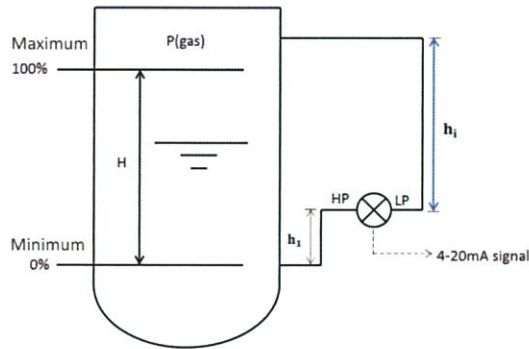
$$\text{Span} = -(SG_1 \times h_1) \text{ ถึง } (SG \times H) - (SG_1 \times h_1)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปรียบเทียบอยู่ที่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงต้องทำการชดเชยโดยการยกซีโรของย่านวัดขึ้น (Zero Elevation)



รูปที่ 2.30 สัญญาณ Output ของทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะเปิด

- ภาชนะปิด



รูปที่ 2.31 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{gas} - [(SG_1 \times h_1) + P_{gas}] \\ &= [(SG \times H) - (SG_1 \times h_1)] - (SG_1 \times h_1) \end{aligned}$$

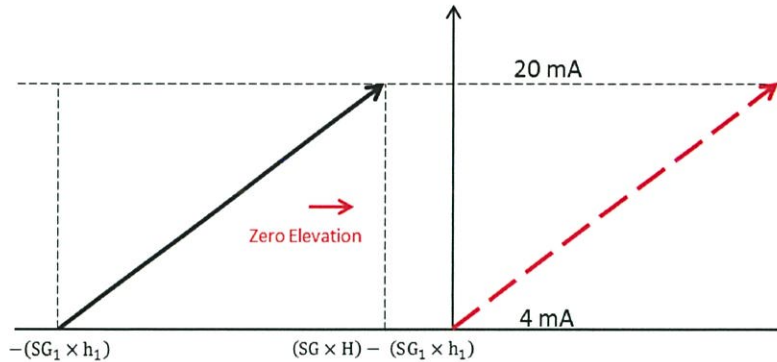
ซึ่ง SG_1 คือค่าความถ่วงจำเพาะของด้านความดันต่ำใน Impulse Tube ซึ่งโดยปกติจะมีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นจะได้ว่า

$$\Delta P = (SG \times H) - (SG_1 \times h_1)$$

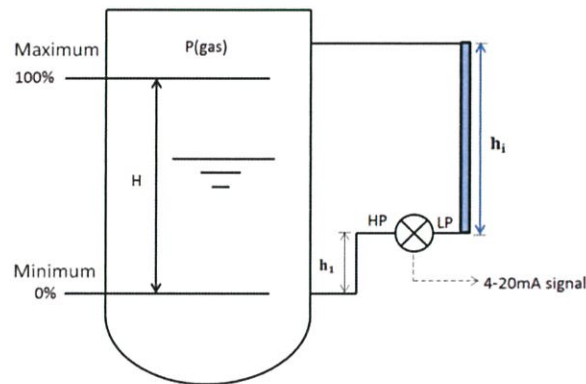
เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$\text{Span} = -(SG_1 \times h_1) \text{ ถึง } (SG \times H) - (SG_1 \times h_1)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอร์เซ็นต์อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงต้องทำการชดเชยโดยการยกซีโรของย่านวัดขึ้น (Zero Elevation)



รูปที่ 2.32 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Dry Leg



รูปที่ 2.33 การต่อทรานส์มิเตอร์สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{gas}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = (SG_2 \times h_2) + P_{gas}$

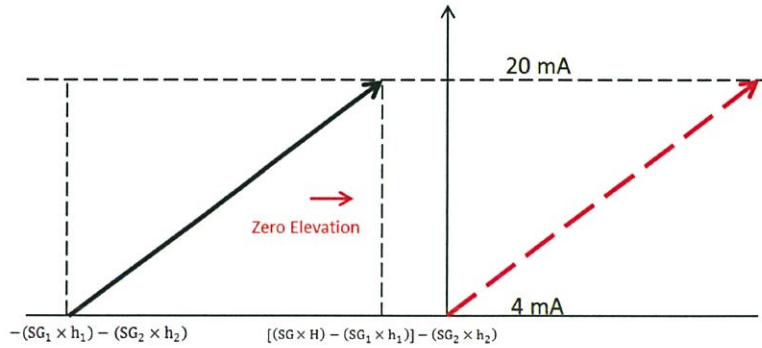
ดังนั้นความดันแตกต่าง (Differential Pressure) จะหาได้จาก

$$\begin{aligned} \Delta P &= HP - LP \\ &= (SG \times H) - (SG_1 \times h_1) + P_{gas} - [(SG_2 \times h_2) + P_{gas}] \\ &= [(SG \times H) - (SG_1 \times h_1)] - (SG_2 \times h_2) \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$Span = -(SG_1 \times h_1) - (SG_2 \times h_2) \text{ ถึง } [(SG \times H) - (SG_1 \times h_1)] - (SG_2 \times h_2)$$

เนื่องจากการวัดระดับที่ 0 เปอร์เซ็นต์อยู่ต่ำกว่าตำแหน่งที่ติดตั้งทรานส์มิเตอร์ ดังนั้นในการสอบเทียบจึงต้องทำการชดเชยโดยการยกซีโรของย่านวัดขึ้น (Zero Elevation)



รูปที่ 2.34 สัญญาณ Output กรณีทรานส์มิเตอร์อยู่สูงกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg

Zero Elevation และ Zero Suppression

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ถ้าเครื่องมือวัดระดับไม่ได้ถูกติดตั้งที่ตำแหน่ง 0% ของระดับของของเหลวในถังที่ต้องการวัด จะต้องมีการปรับเทียบตำแหน่งที่แตกต่าง ซึ่งการปรับนี้จะถูกเรียกว่า Zero Elevation เมื่อตำแหน่งเครื่องมือวัดระดับถูกติดตั้งอยู่เหนือจุดต่อกับภาชนะด้านล่าง (Lower Nozzle) และจะถูกเรียกว่า Zero Suppression เมื่อเครื่องมือวัดถูกติดตั้งต่ำกว่าจุดต่อภาชนะด้านล่าง ยกเว้นกรณีของการต่อทรานส์มิเตอร์ต่ำกว่าจุดเชื่อมต่อของภาชนะปิดแบบ Wet Leg จะเป็นการปรับแบบ Zero Elevation

ในการเลือกใช้งานกรณีที่เป็นภาชนะสุญญากาศ เครื่องมือวัดต้องติดตั้งให้ต่ำกว่าจุดต่อของภาชนะ เพื่อป้องกันไอหรือฟองอากาศเข้าไปยังท่อที่ต่อไปยังเครื่องมือวัด

2.2.1.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง

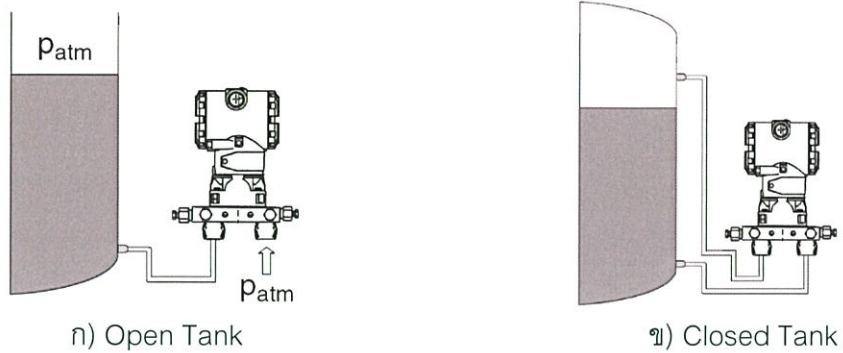
เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีการวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอุตสาหกรรม โดยการติดตั้งและการใช้งานโดยทั่วไปจะเป็นดังนี้

โดยภาชนะเปิด ด้านความดันสูง (High Pressure) ของเครื่องมือวัดจะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของภาชนะ ส่วนทางด้านความดันต่ำ (Low Pressure) จะถูกปล่อยเทียบกับอากาศและภาชนะปิด ด้านความดันสูง (High Pressure) ของเครื่องมือวัดจะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของภาชนะส่วนทางด้านความดันต่ำ (Low Pressure) จะถูกต่ออยู่กับจุดด้านบนของภาชนะ

รูปแบบการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับของของเหลวโดยถ้าแบ่งการติดตั้งแล้วสามารถเป็นได้เป็น 4 ประเภทหลักๆด้วยกัน ดังต่อไปนี้

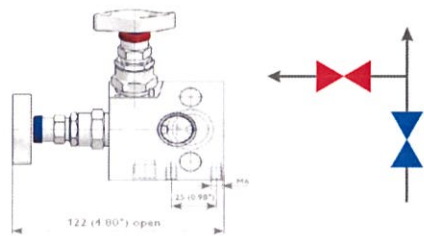
- อิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line)

เหมาะสำหรับใช้ในกรณีที่ของไหลในกระบวนการ ไม่มีตะกอน ไม่ได้เป็นสารกัดกร่อน สะอาด และไม่มีควมหนืดสูง โดยจะมีท่อ (Tube) ที่เชื่อมต่อระหว่างภาชนะและทรานส์มิเตอร์ที่นี้สามารถติดตั้งได้

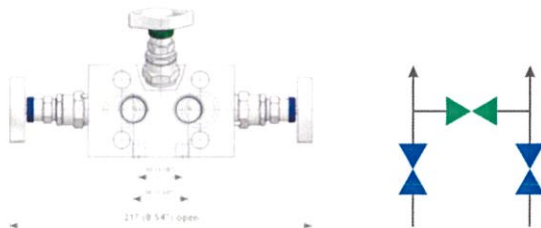


รูปที่ 2.35 การติดตั้งแบบ Impulse Line

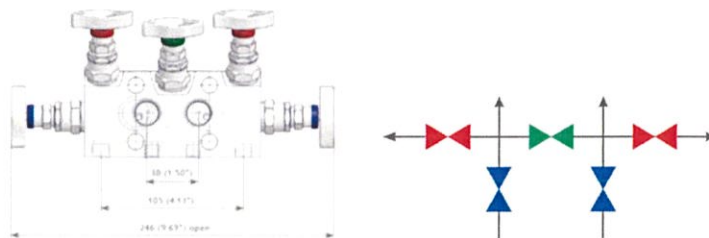
สำหรับการต่อแบบอิมพัลส์ไลน์ควรมีการติดตั้งวาล์วก่อนเข้าตัวอุปกรณ์ทรานส์มิเตอร์ซึ่งวาล์วที่จะใช้คือ วาล์วmaniโฟลด์ (Valve Manifold) แบ่งเป็นสามประเภทด้วยกันคือ



รูปที่ 2.36 ภาพของ 2 Valve Manifold



รูปที่ 2.37 ภาพของ 3 Valve Manifold

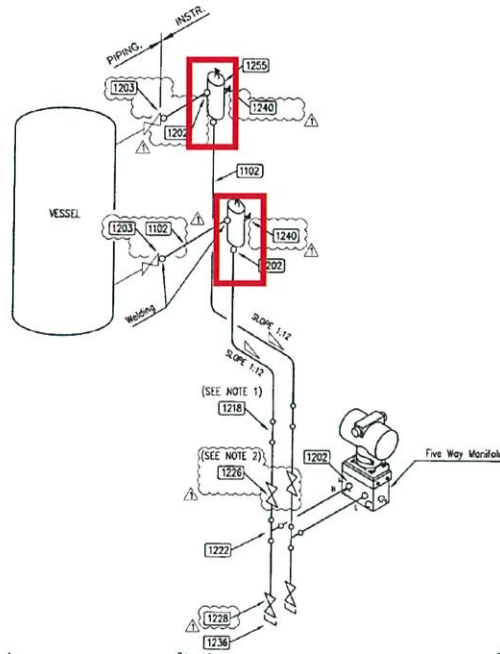


รูปที่ 2.38 ภาพของ 5 Valve Manifold

โดยวาล์วmaniโฟลด์ (Valve Manifold) จะติดตั้งอยู่ที่ตัวทรานส์มิเตอร์เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุงโดยไม่ต้องหยุดกระบวนการ โดย สีแดงและสีน้ำเงินคือ Vent Valve และ Isolate Valve มีหน้าที่

ระบายแรงดันและของไหลออก ส่วนสีเขียวคือ Equalize Valve มีหน้าที่ในการปรับค่าความดันทั้งสองด้านให้เท่ากัน

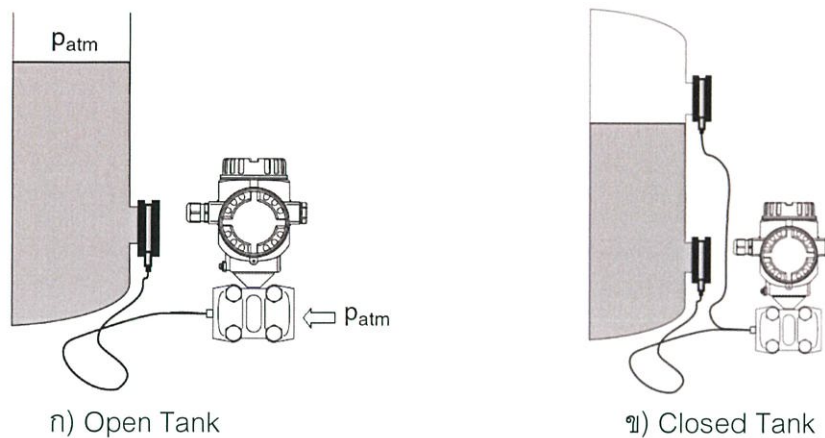
ในการติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) ในกรณีที่มีของไหลเป็นไอน้ำ (Steam) จะต้องมี การติดตั้ง Condensate Pot ด้วยเพื่อเป็นตัวกักเก็บไอน้ำด้วยการทำให้ไอน้ำที่เข้ามาเกิดการควบแน่น และเป็นน้ำในที่สุด จะทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ไอน้ำผ่านไปยังทรานส์มิเตอร์ เพราะถ้าไอน้ำเข้าไปในทรานส์ มิเตอร์อาจจะทำให้เกิดการเสียหายกับเครื่องมือวัดได้



รูปที่ 2.39 การติดตั้งที่มี Condensate Pot ติดตั้งอยู่

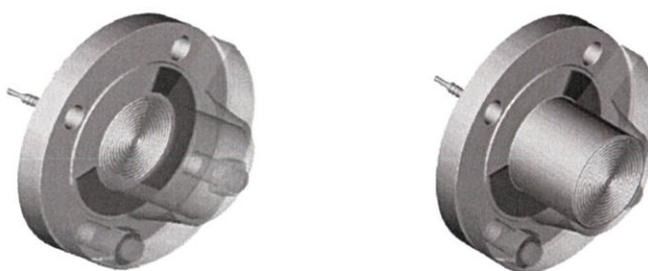
- Remote Seal

เป็นการติดตั้งระยะไกล เหมาะสำหรับกระบวนการที่อุปกรณ์เซนเซอร์ติดตั้งอยู่ช่วงด้านบนของถัง (ต้องการวัดระดับในช่วงด้านบนของถัง) การจะทราบค่าระดับจะทำได้ง่ายเมื่อมีการต่อแบบ Remote Seal หมายถึงมีการเชื่อมสายต่อลงมาเพื่ออ่านค่าจากทรานส์มิเตอร์ที่ด้านล่าง หรือในกรณีที่สภาพแวดล้อมที่ติดตั้งเซนเซอร์เป็น Zone Hazardous Area แล้วตัวทรานส์มิเตอร์ไม่สามารถทนความดันหรือ อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมนั้นได้ก็จะมีการต่อสายออกมา การต่อแบบ Remote Seal จะมีการเชื่อม สายไปยังทรานส์มิเตอร์ ในกรณีที่ทรานส์มิเตอร์ไม่ได้ถูกติดตั้งในระดับเดียวกันกับจุดเชื่อมต่อ 0% ของสัญญาณเอาต์พุตอาจทำให้ต้องมีการปรับซีโร่ (Zero Setting)



รูปที่ 2.40 การติดตั้งแบบ Remote Seal

ในการติดตั้งแบบ Remote จะต้องมีการติดตั้งกับไดอะแฟรม (Diaphragm) ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดความดันชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางกล โดยอาศัยหลักการยืดตัวหรือโก่งตัวของวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นหรือถูกเรียกว่า “อุปกรณ์วัดความดันแบบอิลาสติก” เพื่อการส่งถ่ายความดันมาที่ตัวอุปกรณ์วัดโดยไม่สัมผัสกันโดยตรง โครงสร้างภายในประกอบด้วยไดอะแฟรมพร้อมกับช่องเหลวที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งส่วนมากเป็น Silicone Oil เมื่อมีของเหลวเข้ามา ความดันจะถูกส่งผ่านไปที่ไดอะแฟรมและของเหลวที่บรรจุ หลังจากนั้นความดันจะเข้าไปที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่าง โดยไดอะแฟรมมี 2 ลักษณะ คือ แบบหน้าเรียบ (Flush Mounted) และหน้ายื่น (Extended)



ก) แบบหน้าเรียบ

ข) แบบหน้ายื่น

รูปที่ 2.41 ลักษณะของไดอะแฟรม

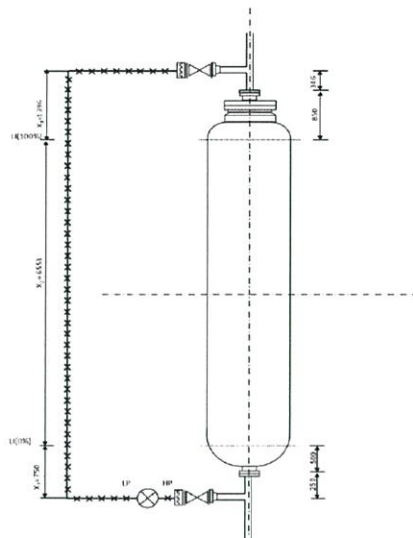
การพิจารณาเลือกใช้ไดอะแฟรมจะมีดังนี้

- การใช้งานกับของเหลวที่สกปรกหรือของเหลวที่อาจจะมีการอุดตัน (Dirty Service)
- การใช้งานกับของเหลวที่มีการกัดกร่อน โดยใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อนเคลือบด้านหน้าของไดอะแฟรม

- การใช้งานกับของเหลวที่เย็นจัด
- การใช้งานกับของเหลวที่มีสถานะที่ไม่แน่นอน (Uncertain Phase)

ข้อแนะนำในการติดตั้งไดอะแฟรม

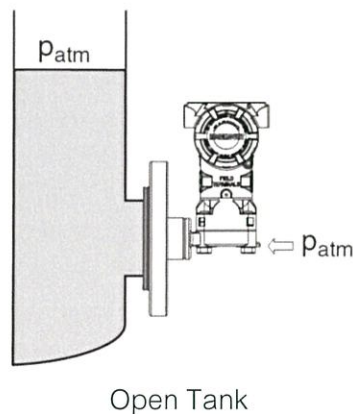
เครื่องมือวัดระดับแบบไดอะแฟรมต้องมีการติดตั้งวาล์วตัดต่อเพื่อให้สามารถถอดเครื่องมือวัดมาทำการซ่อมบำรุงได้ หรือสามารถแยกส่วนออกจากภาชนะในกรณีภาชนะมีการซ่อมบำรุง



รูปที่ 2.42 การติดตั้งบล็อกวาล์วกับไดอะแฟรม

- Direct Mount

เหมาะสำหรับในกรณีที่ใช้กับภาชนะเปิดเท่านั้น ง่ายต่อการติดตั้งเหมาะสำหรับสภาพแวดล้อมที่มีบริเวณไม่กว้างและความดันหรืออุณหภูมิไม่สูงเกินไป ทหรานส์มิเตอร์ต้องสามารถทนแรงกระทำในระบบได้

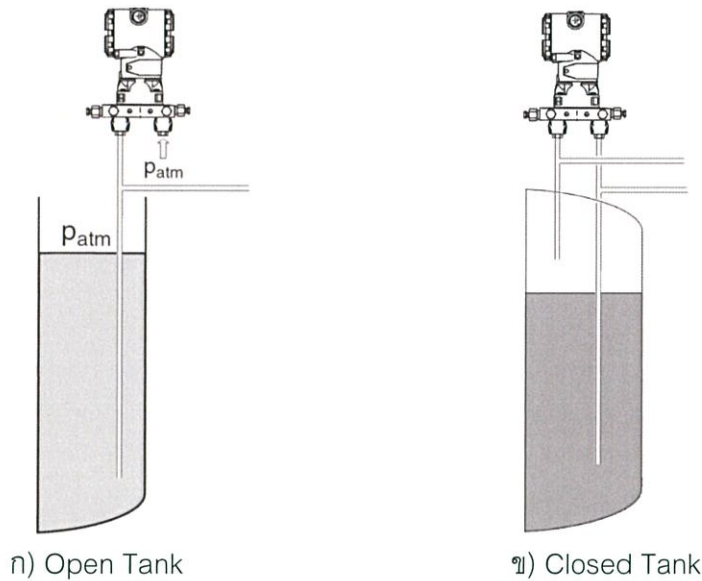


รูปที่ 2.43 การติดตั้งแบบ Direct Mount

- Bubbler Tube (Air Purge Tube)

เป็นการวัดแบบปล่อยอากาศเหมาะสำหรับใช้วัดระดับของของไหลที่สกปรกหรือมีฤทธิ์กัดกร่อน เพราะเครื่องมือวัดไม่ต้องสัมผัสโดยตรงกับสารนั้นๆ

วิธีการใช้ท่อปล่อยอากาศ ซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีทนต่อการกัดกร่อนได้ดี การติดตั้งนั้นจะต่างจากการติดตั้งแบบอื่นๆโดยจะติดตั้งตามแนวความสูงของถัง ด้านล่างห่างจากระดับก้นถังหรือระดับตะกอน 2-3 นิ้ว ด้านบนมีระบบอัดอากาศป้องกันเข้ามาสู่ท่อตลอดเวลา ก๊าซที่นิยมใช้คือ ไนโตรเจน หรืออากาศที่ไม่ทำปฏิกิริยากับของไหลในระบบ



รูปที่ 2.44 การติดตั้งแบบ Bubbler Tube

ข้อดีแล้วข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่างกัน

ข้อดี

1. มีราคาไม่แพง
2. สะดวกและติดตั้งง่าย
3. เหมาะกับการใช้งานหลายประเภทและง่ายต่อการตรวจสอบบริเวณที่ใช้งาน

ข้อจำกัด

1. ไม่สามารถทราบระดับของของเหลวที่แท้จริง ถ้าไม่มีการชดเชยการเปลี่ยนแปลงความถ่วงจำเพาะ การกลั่นตัว การกลายเป็นไอ และการอุดตันในท่อที่ต่อไปยังเครื่องมือวัดทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้
2. ใช้ได้กับของเหลวเท่านั้น
3. ในกระบวนการที่เป็นสุญญากาศจะใช้ยากกว่าปกติ

4. ในกระบวนการที่ใช้กับสารก่ดกร่อนอาจทำให้อายุของเครื่องมือวัดสั้นลง

2.2.1.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดวิธีวัดความดันแตกต่าง

1. พิจารณาย่านวัด
2. เลือกชนิดของเครื่องมือว่าต้องการใช้แบบไหนที่เหมาะสมกับของไหล
3. เลือกวัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรมและ Process Connection
4. เลือก Process Connection ว่าเป็นแบบใดและใช้วัสดุประเภทอะไรและขนาดเท่าไร
5. พิจารณาอุณหภูมิและความดันที่วัสดุที่ใช้ทำเครื่องมือวัดสามารถทนต่อการใช้งานได้
6. พิจารณาสัญญาณเอาต์พุตของเครื่องมือวัด

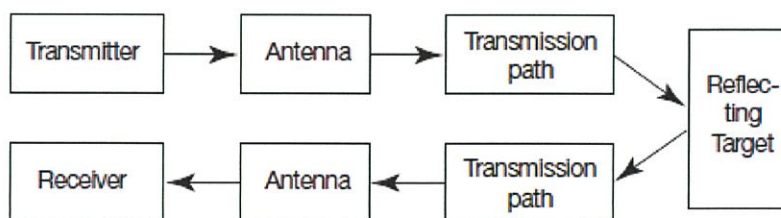
2.2.2 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar)

ในที่นี้จะมีการกล่าวอยู่สองประเภทคือ

1. เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar) - Non Contact
2. เครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar – Contact

2.2.2.1 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar)

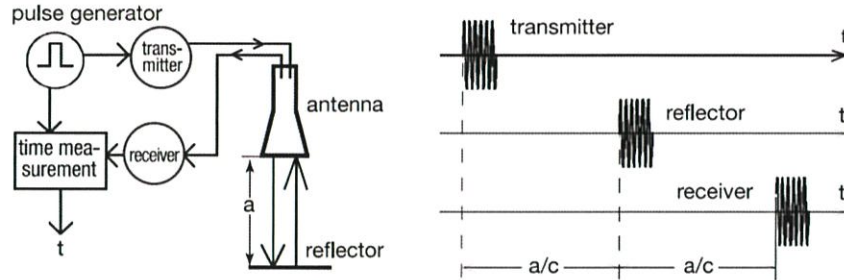
คำว่า Radar โดยทั่วไปหมายถึงวิธีการซึ่งใช้หลักการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (คลื่นไมโครเวฟ) มาใช้เพื่อตรวจจับวัตถุที่อยู่ไกล ตรวจจับตำแหน่งและตรวจจับการเคลื่อนที่ของวัตถุ คำว่า Radar มีความหมายมาจาก Radio Detection And Ranging (การตรวจจับคลื่นวิทยุและการสะท้อนกลับ) ดังนั้นระบบการวัดที่สมบูรณ์ของเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ต้องประกอบไปด้วย เครื่องส่งสัญญาณกับเสาอากาศ เส้นทางการส่งผ่าน วัตถุที่สะท้อน และเครื่องรับสัญญาณกับเสาสัญญาณ



รูปที่ 2.45 พื้นฐานโครงสร้างของระบบการวัดแบบเรดาร์

ถึงแม้ว่าจะมีการใช้เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระดับในอุตสาหกรรมมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว แต่ในปัจจุบันก็ยังมีการนำเทคโนโลยีใหม่ๆ มาพัฒนาอยู่เสมอ การทำงานของเครื่องมือวัดระดับชนิดนี้จะใช้หลักการพื้นฐานทั่วไปเริ่มแรกนั่นคือ หลักการของการส่งคลื่นไมโครเวฟ

สัญญาณพัลส์ (Pulse) หรือการทำงานแบบ TOF (Time of Flight) การส่งสัญญาณพัลส์ลงไปเมื่อคลื่นไปกระทบบริเวณพื้นผิวของวัตถุจะมีการสะท้อนกลับมายังตัวรับ ซึ่งช่วงเวลาที่คลื่นเดินทางไปและคลื่นที่ใช้เวลาในการเดินทางสะท้อนกลับมา จะสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณกับพื้นผิวโดยตรง นั่นหมายความว่าถ้าภาชนะมีวัตถุอยู่ในระดับต่ำ ช่วงเวลาในการเดินทางก็จะมากตามไปด้วย



รูปที่ 2.46 หลักการพื้นฐานของสัญญาณพัลส์ (Pulse)

ดังนั้น หลักการของเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์จะอาศัยหลักการสะท้อนของคลื่นสัญญาณที่ส่งไปยังระดับที่ต้องการวัดที่จากเสาส่งสัญญาณโดยจะมีการสะท้อนกับพื้นผิวที่ตรวจพบ จากรูปที่ 2.46 ระยะห่างของพื้นผิวกับเครื่องมือวัดจะเป็นสัดส่วนกันกับเวลาที่คลื่นถูกส่งออกไปดังสมการที่ (2.4)

$$D = c \times \frac{t}{2} \quad (2.4)$$

โดย D = ระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณกับพื้นผิวของวัตถุ (ในรูปแทนด้วย a)

c = ความเร็วของแสง (Velocity of Light)

t = เวลาที่ใช้ในการสะท้อน (วินาที)

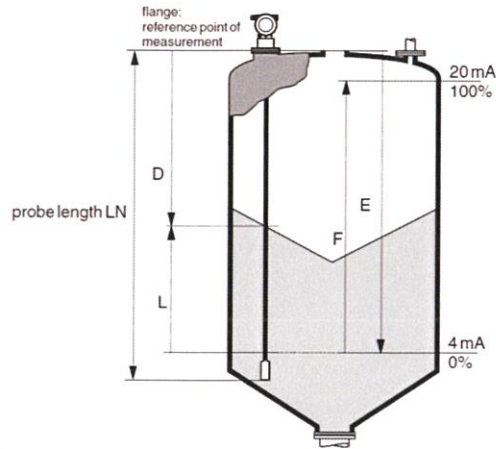
โดยระดับที่ต้องการวัด (L)

$$L = E - D \quad (2.5)$$

โดย L = ระดับที่ต้องการวัด

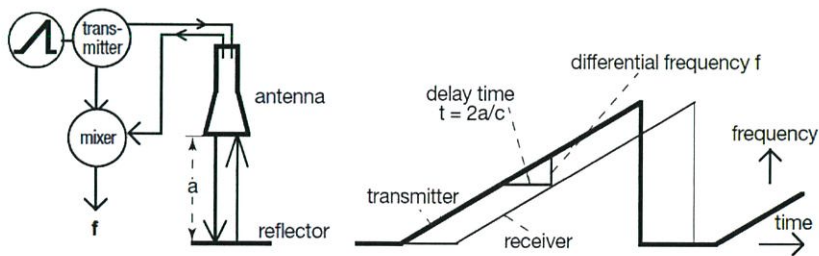
E = ระดับทั้งหมด

D = ระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณกับพื้นผิวของวัตถุ



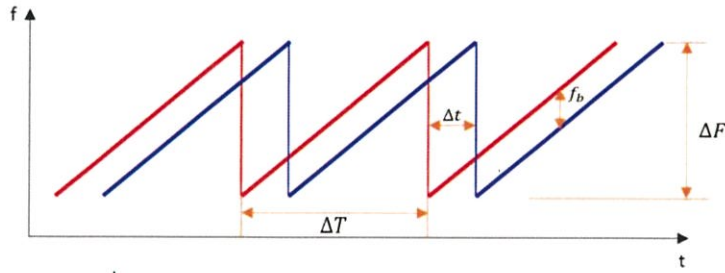
รูปที่ 2.47 หลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์

นอกจากการใช้คลื่นไมโครเวฟที่เป็นสัญญาณพัลส์แล้ว การวัดระดับด้วยเครื่องมือวัดแบบเรดาร์ก็ ยังใช้การวัดแบบการส่งคลื่นไมโครเวฟแบบความถี่วิทยุ (Frequency Modulated Continuous Wave: FMCW) คลื่นแบบ FMCW นั้นเป็นพลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้งานแบบคลื่นสัญญาณพัลส์ (Pulse) (เมื่อคลื่นวิทยุสัมผัสกับร่างกายสามารถทะลุเข้าไปในร่างกายและอาจทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อได้ ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มของสัญญาณ) ในบางประเทศจึงมีการจำกัดการใช้งานของ FMCW ไม่สามารถใช้กับงานที่เป็นแบบภาชนะเปิดได้ ดังนั้นในการใช้งานระดับอุตสาหกรรมทั่วไป จึงเป็นการใช้งานที่มักอ้างอิงถึงหลักการการใช้สัญญาณจากคลื่นสัญญาณแบบพัลส์ที่ไม่มีข้อจำกัดใดๆ FMCW จะทำงานได้ดีในช่วงการวัดที่ไม่ยาวมากนัก แต่สัญญาณคลื่นแบบพัลส์จะใช้ได้ดีในช่วงการวัดที่ยาว ดังนั้นการเลือกใช้งานให้เหมาะสมจึงขึ้นกับช่วงการวัดเป็นหลัก



รูปที่ 2.48 หลักการสัญญาณแบบ FMCW

หลักการพื้นฐานของ FMCW จะคล้ายกับสัญญาณพัลส์ แต่ความถี่ที่ถูกส่งออกไปนั้นจะเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่อง ส่งไปยังบริเวณที่มีวัตถุที่ต้องการวัดระดับ และเมื่อสัญญาณกระทบกับวัตถุก็จะมี การเปลี่ยนแปลงไปของเวลาเช่นเดียวกัน รวมไปถึงความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นการใช้หลักการของ FMCW จะเป็นการวัดระดับความสูงจากความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปดังสมการที่ (2.6)



รูปที่ 2.49 หลักการทำงานของสัญญาณแบบ FMCW

$$f_b = \frac{\Delta F}{\Delta T} \times \Delta t \quad (2.6)$$

เมื่อ f_b = ความแตกต่างของความถี่ (Frequency Difference)

ΔF = ความเบี่ยงเบนความถี่ทั้งหมด (Total Frequency Deviation)

ΔT = ช่วงเวลาการเปลี่ยนความถี่จากต่ำไปสู่ความถี่สูง (T_s = Sweep Time)

Δt = ช่วงเวลาที่สะท้อน (จะเท่ากับ t ในสมการที่ (2.4))

แทน $\Delta t = \frac{2D}{C}$ จะได้ว่า

$$\Delta F = \frac{f_b \cdot T_s \cdot C}{2 \cdot D} \quad (2.7)$$

สิ่งที่เราต้องการทราบก็คือ

$$D = \frac{f_b \cdot T_s \cdot C}{2 \cdot \Delta F} \quad (2.8)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.8) จะเห็นได้ว่าการวัดระดับของสัญญาณแบบ FMCW จะเปลี่ยนแปลงตามความแตกต่างของความถี่ระหว่างตัวส่งและตัวรับ (f_b) เมื่อได้ค่าของ D คือ ระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณกับพื้นผิวของของวัตถุ ด้วยเหตุนี้ ระดับที่ต้องการวัด (L) หาได้จาก

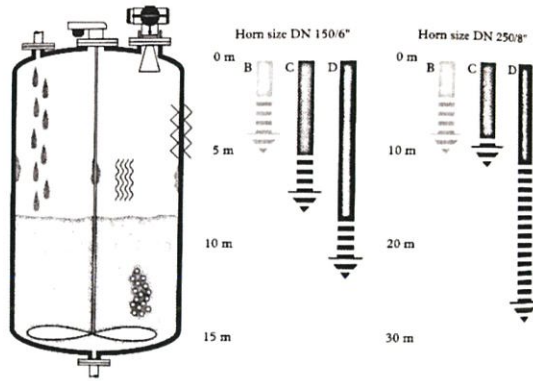
$$L = E - D$$

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าค่าระดับที่ต้องการวัดจะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางระหว่างตัวส่งสัญญาณกับพื้นผิวของวัตถุ (D)

เมื่อ $D \propto t$ สำหรับสัญญาณแบบพัลส์

$D \propto f_b$ สำหรับสัญญาณแบบ FMCW

เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้งานในการวัดระดับของทั้งของเหลวและของแข็งโดยไม่มีการสัมผัสวัตถุ (Non-contact) เป็นรังสีพลังงานต่ำ ดังนั้นจึงช่วยให้การติดตั้งปลอดภัยทั้งถึงโลหะและไม่ใช้โลหะ สามารถวัดของเหลวทุกชนิดแม้กระทั่งภายใต้สภาวะที่มีความดันสูงหรือสูงมาก ๆ ก็ตาม ฝุ่นหรือไอจะไม่มีผลกระทบต่อเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ทั้งสิ้น รวมไปถึงการระเหยของน้ำมันหรือการควบแน่นต่างๆ แต่สิ่งที่จะมีผลกระทบต่อการใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์คือค่า Dielectric Constant ของวัตถุที่ต้องการวัด มีค่าต่ำสุดประมาณ $\epsilon_r \geq 1.4$ (ซึ่งมาตรฐานของค่า Dielectric Constant ต่ำสุดของแต่ละบริษัท จะมีการกำหนดค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่อาจแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย โดยที่ยกตัวอย่างมาเป็นของบริษัท Endress+Hauser)



รูปที่ 2.50 ค่า Dielectric ของๆเหลวที่แตกต่างกันมีผลต่อการเดินทางของคลื่น

ในรูปที่ 2.50 ประกอบไปด้วยสารแต่ละชนิด B, C และ D ซึ่ง B แทนของเหลวที่เป็นฉนวนไฟฟ้า เช่น ผลิตภัณฑ์จากปิโตรเคมีที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่ค่า $\epsilon_r = 1.9 - 4$ ต่อมาสาร C แทนของเหลวที่เป็นกรดเข้มข้น ตัวทำละลายอินทรีย์หรือแอลกอฮอล์ที่มีค่า $\epsilon_r = 4 - 10$ และ D แทนของเหลวที่เป็นสารละลายที่ใช้น้ำและกรดเจือจางที่มีค่า $\epsilon_r > 10$ คลื่นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกส่งไปตามเสาสัญญาณ (Antenna) ซึ่งขนาดความยาวของเสาสัญญาณที่ต่างกันมีผลต่อการวัดระดับรวมไปถึงค่า Dielectric Constant ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.50

จากที่กล่าวมาจึงเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์สามารถใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับการใช้งานที่ให้ความสำคัญในเรื่องของสุขลักษณะอนามัย รวมถึงเรดาร์ยังสามารถวัดของแข็งได้ด้วย มีความน่าเชื่อถือสูง



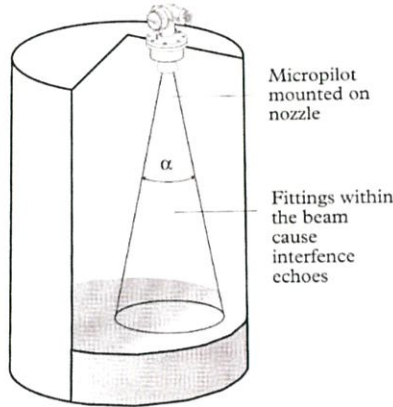
รูปที่ 2.51 ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์

แต่สิ่งที่ต้องระวังของการใช้เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์คือ คุณภาพของสัญญาณไมโครเวฟที่สะท้อนกลับในกรณีมีโฟม อาจขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของโฟมที่เกิดขึ้น ถ้าเป็นโฟมแบบไม่เป็นตัวนำไฟฟ้า การสะท้อนจะยังสามารถทำได้กับพื้นผิวของของเหลว แต่ถ้าเป็นโฟมแบบตัวนำไฟฟ้าและมีความหนาแน่น การสะท้อนจะสะท้อนกลับจากโฟมเอง จึงทำให้ไม่สามารถทำการวัดไปถึงระดับของเหลวภายใน

ที่อยู่ภายใต้โฟมได้

2.2.2.1.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์

การติดตั้งของเรดาร์นั้นจะติดตั้งที่ส่วนบนของถัง และการติดตั้งโดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่ที่ 1/4 ของเส้นผ่าศูนย์กลางกลางของถังหรืออาจจะมีการติดตั้งตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย ซึ่งขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและสภาพแวดล้อมในใช้งาน สารที่อยู่ภายในรัศมีของคลื่นที่ส่งออกมาจะถูกตรวจจับและมีการส่งสัญญาณสะท้อนกลับมายังตัวรับ

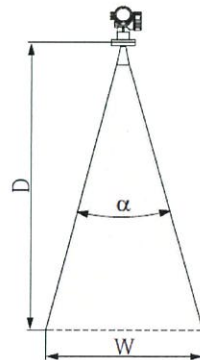


รูปที่ 2.52 การส่งสัญญาณเรดาร์

จากรูปที่ 2.52 จะเห็นว่าระยะทางที่มีการส่งสัญญาณนั้นจะสัมพันธ์กับความกว้างของมุมซึ่งโดยปกติเวลาทำการออกแบบทางผู้จัดจำหน่ายจะเป็นฝ่ายรับผิดชอบในการคำนวณความกว้างของมุมและระยะทางทั้งหมดที่ต้องการวัด โดยความกว้างของสัญญาณหาได้จากสมการที่ (2.9)

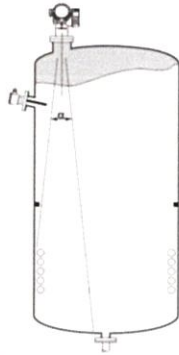
$$W = 2 \cdot D \cdot \tan^{\alpha} \quad (2.9)$$

- โดย
- W = ความกว้างของสัญญาณ
 - D = ระยะทางทั้งหมดที่ต้องการวัด
 - α = ความกว้างของมุม



รูปที่ 2.53 องค์ประกอบของการส่งสัญญาณ

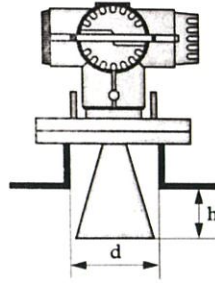
การคำนวณนี้มีความสำคัญ ในกรณีที่เครื่องมือนี้อาจใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดชนิดอื่น รัศมีของสัญญาณไม่ควรจะไปโดนเครื่องมือวัดชนิดอื่นที่มีการติดตั้งร่วมกันในถังดังรูปที่ 2.54 เพราะจะทำให้เกิดคลื่นสัญญาณรบกวนกันได้ เช่น ตัวอย่างในรูปที่ 2.54 เครื่องมือวัดที่ติดบริเวณข้างถังจะไม่อยู่ในรัศมีของสัญญาณเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์



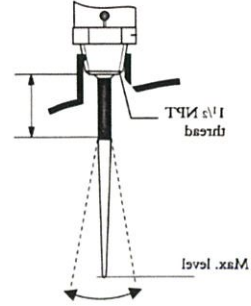
รูปที่ 2.54 กรณีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ร่วมกับเครื่องมือวัดชนิดอื่นๆ

หลักการเลือกตัวส่งสัญญาณ (Antenna) จะมีด้วยกันอยู่ 2 แบบหลักๆคือ Horn และ Rod

- คุณสมบัติที่สำคัญเมื่อจะเลือกใช้ Horn Antenna
 - เมื่อกระบวนการสามารถเกิดการควบแน่นบนตัวส่งสัญญาณได้
 - สำหรับการใช้งานในกรณี Nozzle มีขนาดมากกว่า 250 mm
 - สำหรับช่วงการวัดระดับที่สูง
 - สำหรับความดันและอุณหภูมิสูง
 - ในกรณีของ Low Dielectric
- คุณสมบัติที่สำคัญเมื่อจะเลือกใช้ Rod Antenna
 - สำหรับกระบวนการที่มีส่วนผสมของสารเคมี (PTFE)
 - Process Connection ที่มีขนาดเล็ก
 - สำหรับใช้งานในกรณี Nozzle มีขนาดเล็กๆ
 - เมื่อสามารถเกิดคาบจากการระเหยของน้ำมัน



ก) Horn Antenna

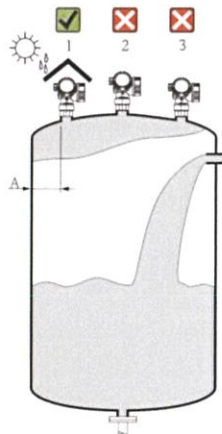


ข) Rod Antenna

รูปที่ 2.55 เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ที่มีตัวส่งสัญญาณ (Antenna)

สำหรับการใช้งานเครื่องมือวัดแบบเรดาร์จะมีข้อควรระวังในการติดตั้งที่สำคัญดังนี้

- ระยะห่างระหว่างผนัง (A) ควรมีระยะห่างที่พอสมควรเพื่อไม่ให้รัศมีของสัญญาณโดนผนัง เพราะอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดได้
- การติดตั้งตรงด้านบนตรงกลางของถัง(หมายเลข 2 ในรูปที่ 2.56) ไม่แนะนำเพราะเมื่อมีสิ่งรบกวนจะทำให้เกิดสัญญาณที่ผิดพลาดได้
- ไม่ติดตั้งอยู่เหนือบริเวณทางเข้าของสาร (หมายเลข 3 ในรูปที่ 2.56)
- สำหรับการติดตั้งใช้งานในบริเวณนอกอาคาร ควรมีการติดตั้งที่กันแดดหรือกันฝน



รูปที่ 2.56 การติดตั้งที่ควรระวัง

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์

ข้อดี

1. ไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของเครื่องมือวัดสัมผัสกับสารที่ต้องการวัด
2. สามารถใช้งานในอุณหภูมิสูง สารกัดกร่อน หนืด ใสน้ำ ความหนาแน่นหรือความนำไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงได้
3. การซ่อมบำรุงมีโอกาสเกิดขึ้นได้น้อยครั้ง

4. สามารถวัดได้ในระยะทางที่ไกล

ข้อจำกัด

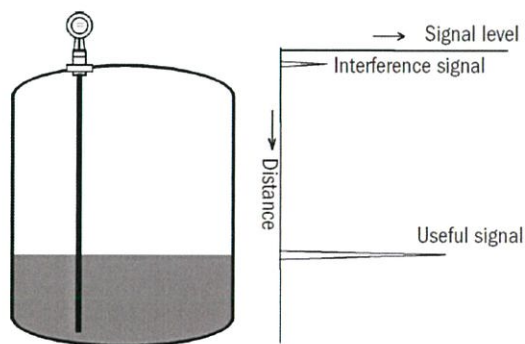
1. ราคาสูง
2. ไม่เหมาะกับการใช้งานในกระบวนการที่ความนำไฟฟ้าต่ำมากๆ (Low Dielectric)
3. ไม่เหมาะกับการใช้งานในกระบวนการที่มีการไหลแบบแปรปรวน รวมถึงการกระเพื่อมของน้ำและบริเวณโฟมบางชนิด
4. ภาชนะที่วัดระดับไม่ควรเป็นพลาสติก เพราะจะทำให้คลื่นทะลุผ่านได้
5. ไม่เหมาะกับการวัดระดับที่เป็นแบบ Interface ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนามาเป็น Guide Wave Radar ซึ่งจะมีความเที่ยงตรงในการวัดระดับ Interface มาก ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

2.2.2.1.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์

1. พิจารณาเลือก Fluid ที่ต้องการวัดรวมถึงพื้นผิวของ Fluid ด้วย
2. พิจารณาย่านการวัดสำหรับระดับที่ต้องการวัด
3. พิจารณาส่วนประกอบภายในของถัง
4. พิจารณาสภาพแวดล้อมถัง
5. พิจารณา Process Connection

2.2.2.2 เครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar (GWR)

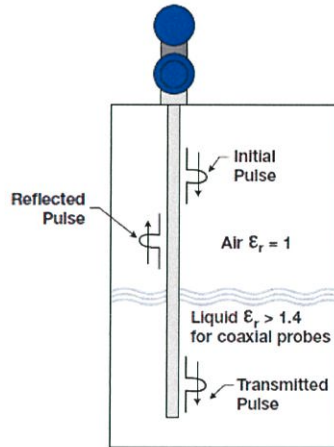
การวัดระดับโดยคลื่นไมโครเวฟได้รับการพัฒนามาจากอุตสาหกรรมเคเบิ้ล โดยใช้หลักการในการตรวจวัดระดับจากความแตกต่างของสัญญาณที่วัดได้จากสายเคเบิ้ล ซึ่งจะแบ่งโครงสร้างของการวัดระดับส่วนใหญ่เป็น 3 แบบดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.57 การใช้งานทั่วไปของ Guided Wave Radar

- การระดับโดยรวม (Overall Level)

Guided Wave Radar ใช้เทคโนโลยี TDR (Time Domain Reflectometry) เป็นการใช้สัญญาณของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (คลื่นไมโครเวฟแบบสัญญาณพัลส์) ส่งผ่านโพรบ (Probe) ลงมา ในขณะที่สัญญาณกำลังเดินทางไป เมื่อคลื่นสัญญาณถึงพื้นผิวของของเหลวที่ต้องการวัดโดยค่า Dielectric สูงกว่าอากาศ ($\epsilon \approx 1$) คลื่นสัญญาณจะสะท้อนกลับมา เวลาในการเดินทางของคลื่นสัญญาณนั้นจะถูกวัดเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระดับ โดยเวลาในการเดินทางจะแปรผันตรงกับระดับที่เพิ่มขึ้น

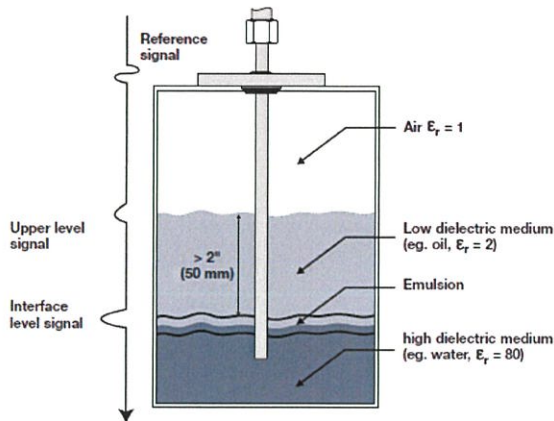


รูปที่ 2.58 การประยุกต์ใช้งานกับสารโดยรวม (Overall Level)

- การวัดระดับสารหลายเฟส (Interface Level)

ในอุตสาหกรรมการวัดระดับสารที่เป็น Interface หมายถึง จุดที่อยู่ระหว่างของเหลว-ของเหลว ที่เป็นสารคนละชนิดเกาะติดกันได้ เมื่อใช้อุปกรณ์ Guided Wave Radar ในการวัดระดับสำหรับสาร Interface นั้นหลักการทำงานจะคล้ายกับการวัดระดับ Overall Level โดยหลังจากที่ส่งคลื่นสัญญาณไปตามโพรบ (Probe) ของ Guided Wave Radar เมื่อคลื่นสัญญาณวิ่งผ่านสารด้านบนจะเกิดการสะท้อนขึ้นเพียงเล็กน้อยเนื่องจากเกิดการกระทบ (ในกรณีที่สารด้านบนเป็นแบบ Lower Dielectric) ส่วนที่พลังงานของคลื่นสัญญาณส่วนใหญ่ที่เหลือยังเดินทางลงต่อไปตามโพรบ (Probe) และเมื่อลงไปถึงบริเวณที่สารที่อยู่ด้านล่าง (ในกรณีที่สารด้านล่างเป็นแบบ High Dielectric) จะเกิดการสะท้อนกลับมาอย่างมาก การประยุกต์ใช้งานโดยทั่วไปจะเป็นในกรณีของน้ำมันและน้ำ โดยชั้นบนคือน้ำมันซึ่งเป็นสารไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ($\epsilon \approx 2$) และชั้นล่างคือน้ำซึ่งเป็นสารที่เป็นสื่อไฟฟ้า ($\epsilon \approx 80$) จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า Dielectric มีความสำคัญในการพิจารณาใช้งานเป็นอย่างยิ่ง จึงมีการกำหนดขอบเขตการใช้งานดังนี้

- ค่า Upper Dielectric Constant อยู่ระหว่าง 1.4-5 และต้องมีระยะอย่างน้อย 50 mm
- ค่า Lower Dielectric Constant จะมากกว่าหรือเท่ากับ 15 ขึ้นไป

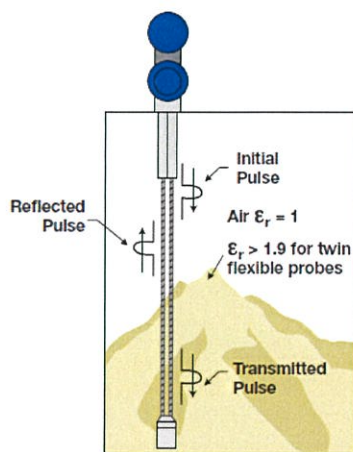


รูปที่ 2.59 การประยุกต์ใช้งานกับสารหลายเฟส (Interface Level)

Guided Wave Radar จึงเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับการวัดระดับแบบสาร Interface เนื่องจากเป็นการส่งคลื่นสัญญาณอย่างต่อเนื่องจนลงไปถึงด้านล่างของโพรบ (Probe) ผ่านไปตาม Low Dielectric Fluids การสะท้อนครั้งที่สองสามารถตรวจวัดได้จากสาร Interface ระหว่างของเหลวทั้งสองที่จุดต่ำกว่าระดับของเหลวชั้นบน “ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ Guided Wave Radar เป็นเทคโนโลยีที่ดีในการวัดของเหลว-ของเหลว เช่น น้ำมันกับน้ำด่างที่กล่าวข้างต้น และการวัดระดับผ่านโฟมบางชนิด”

- การวัดระดับของแข็ง (Bulk Solid Level)

การวัดระดับสารที่เป็นของแข็ง สารที่เป็นเม็ดเล็กๆหรือเป็นผง โดยจะใช้หลักการเหมือนกับการวัดของเหลว โดยมีการส่งคลื่นสัญญาณออกมา เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านสารที่เป็นของแข็งก็จะมี การสะท้อนของคลื่นสัญญาณกลับขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ของแข็งที่เป็นมีค่า Dielectric มากกว่า 1.9 ($\epsilon > 1.9$) ใช้ Twin Flexible Probes จะเหมาะสมที่สุด เพราะเป็นโพรบ (Probes) ที่มีความยืดหยุ่น (Flexible) ทำให้ลดแรงปะทะระหว่างโพรบ (Probes) กับของแข็งได้ ค่าที่วัดได้จึงมีความเที่ยงตรงมากกว่าการใช้โพรบแบบแข็ง (Rod Probe)



รูปที่ 2.60 การประยุกต์ใช้งานกับสารที่เป็นของแข็ง (Bulk Solid Level)

การเลือกโพรบ (Probe) ของ Guided Wave Radar ใช้งานเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากเพราะ โพรบแต่ละชนิดจะมีลักษณะการใช้งานในกระบวนการที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นการเลือกโพรบที่เหมาะสมจะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงในการวัดระดับ ในที่นี้จะกล่าวถึงลักษณะของโพรบดังต่อไปนี้

ชนิดโพรบของ Guided Wave Radar สามารถแบ่งได้ดังนี้ (จากแบรนด์ Magnetrol)

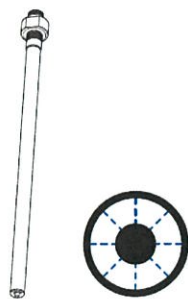
1. Coaxial Probe
2. Twin Element Probes (Rod or Flexible)
3. Single Element Probe (Rod or Flexible)

สำหรับโพรบแบบ Rod จะมีความแข็งแรง ส่วนแบบที่เป็น Flexible จะมีความยืดหยุ่น การเลือกใช้งานโพรบจึงขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โดยส่วนใหญ่แบบ Rod จะใช้กับสารที่เป็นของเหลวและช่วงวัดสั้น ส่วนแบบ Flexible จะใช้กับสารที่เป็นของแข็งและช่วงการวัดมีช่วงกว้างมากกว่า สามารถวัดกับถังที่สูงๆได้

- COAXIAL PROBES (Close Design) [12]

Coaxial Probe มีประสิทธิภาพมากที่สุดในชนิดของโพรบทั้งหมดที่มีการใช้งานและควรเลือกพิจารณา Coaxial Probe เป็นอันดับแรกสำหรับการเลือกใช้งานทั่วไป โดย Coaxial Probe มีการส่งคลื่นสัญญาณความถี่สูงออกไปตลอดความยาวของคลื่น

สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างแกนด้านในและท่อด้านนอก สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.61 ประสิทธิภาพและความไวของ Coaxial Probes จะดีที่สุดในทั้งสามแบบ โดยมีประสิทธิภาพดีแม้ว่าค่าของ Dielectric ที่ต่ำมากก็สามารถวัดได้ ($\epsilon_r \geq 1.4$) อย่างไรก็ตาม Coaxial Probe ก็ยังมีค่าความผิดพลาดซึ่งเกิดจากการเคลือบสาร (อาจจะเคลือบเพื่อกันสนิมหรือกรณีอื่นๆ) และคราบในกรณีเกิดการระเหยของน้ำมัน



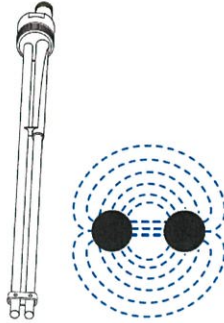
รูปที่ 2.61 ลักษณะของ Coaxial Probe

- TWIN ROD PROBES (Open Design)

ความสัมพันธ์ของ Twin Rod กับ Coaxial Probe คือมีลักษณะคล้ายกับ Coaxial Probe แต่การออกแบบตัวนำแบบคู่ขนานนี้จะมีความไวน้อยกว่าแบบ Coaxial Probe ดังแสดงในรูปที่ 2.62 โดย

ช่วงการวัดค่า Dielectric จะอยู่ในช่วงการวัด $\epsilon_r \geq 1.9$

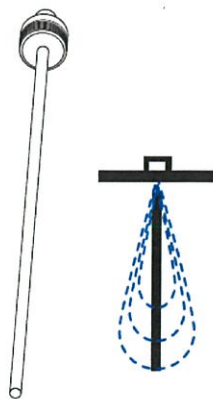
การออกแบบแบบ "Open" สิ่งที่ตามคือความเที่ยงตรงในการวัดเพิ่มมากขึ้นในกรณีมีสารเคลือบ (Coating) และคราบที่เกิดจากการระเหยของน้ำมัน โดยสารเคลือบจะมีผลกระทบต่อความเที่ยงตรงของการวัดเพียงเล็กน้อยเท่านั้น รูปที่ 2.62 ยังแสดงให้เห็นว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไม่ได้มีเฉพาะระหว่าง Rod แต่มันยังขยายออกไปรอบๆ ทำให้มีความไวต่อวัตถุที่อยู่ใกล้ๆ



รูปที่ 2.62 ลักษณะของ Twin Rod Probes

- SINGLE ROD PROBES (Open Design)

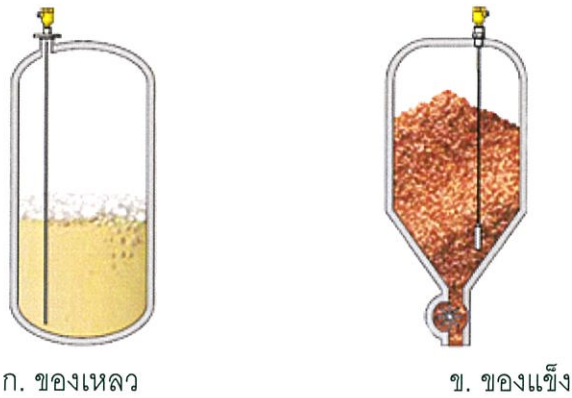
ตัวตรวจจับแบบ Single Rod การทำงานและการออกแบบจะแตกต่างจาก Coaxial Rod และ Twin Rod โดยส่งคลื่นสัญญาณเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระหว่างแกนกลางกับหน้าแปลน สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะแพร่กระจายลงไปตามโพรบ (Probe) โดยเริ่มจากด้านบนของถัง ประสิทธิภาพของคลื่นสัญญาณจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับพื้นผิวโลหะที่อยู่บริเวณรอบๆด้านบนของถัง รูปที่ 2.63 แสดงองค์ประกอบของ Single Rod และการส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในลักษณะการขยายตัวเป็นรูปหยดน้ำ โดยคลื่นกระจายออกจากด้านบนของถัง โดย Single Rod จะมีประสิทธิภาพน้อยที่สุดในทั้งสามแบบ ค่าต่ำสุดของ Dielectric ที่สามารถวัดได้ $\epsilon_r \geq 10$ ประสิทธิภาพการทำงานจะเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อ ($\epsilon_r > 1.9$) การติดตั้งโพรบควรห่างจากผนังของถัง 2-6 นิ้ว (50-150mm)



รูปที่ 2.63 ลักษณะของ Single Rod Probe

ลักษณะของการใช้งานของ Guided Wave Radar

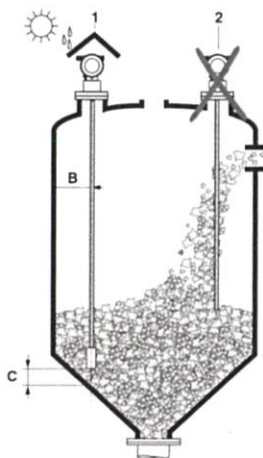
เซนเซอร์ใช้หลักการวัดแบบ TRD (Time Domain Reflectometry) เหมาะสำหรับการวัดระดับในของเหลวและของแข็ง ในของเหลวสามารถใช้ Guided Wave Radar ตรวจวัดที่เป็นสาร Interface และการวัดสามารถวัดได้อย่างถูกต้องในสภาวะความดันสูงและอุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับการใช้งานที่ให้ความสำคัญในเรื่องสุขภาพและอนามัย โดยสามารถวัดของแข็งได้ มีความน่าเชื่อถือสูง ยิ่งไปกว่านั้นสามารถใช้ในระยะที่มีฝุ่นหรือเสียงรบกวน



รูปที่ 2.64 ตัวอย่างการใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

2.2.2.2.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

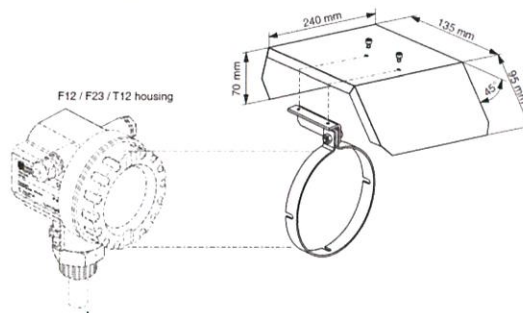
สำหรับการติดตั้งอุปกรณ์ Guided Wave Radar โดยทั่วไปก็จะติดตั้งอยู่บนหัวถัง และมีโพรบหย่อนลงในถังเพื่อทำการวัดระดับโดยทั่วไปก็จะมีข้อกำหนดจากการติดตั้งดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.65 การติดตั้งของ Guided Wave Radar

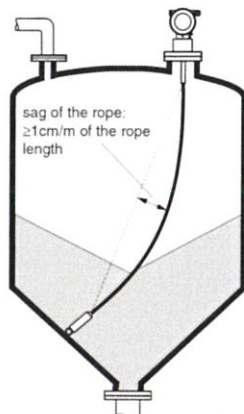
1. ไม่ควรติดตั้งโพรบ (Probe) ในบริเวณที่มีสารผ่าน เพราะอาจทำให้ได้รับแรงกระแทกแล้วเกิดการเสียหายได้ (หมายเลข 2 ในรูปที่ 2.65)

2. การติดตั้งเครื่องมือวัดควรเว้นระยะห่างจากผนังพอสมควร เพราะรัศมีของคลื่นสัญญาณที่ออกไปอาจจะไปสัมผัสกับผนังและทำให้เกิดการอ่านค่าที่ผิดพลาดได้ (หมายเลข B ในรูปที่ 2.65)
3. เมื่อทำการติดตั้งเครื่องมือวัดในถังที่เป็นพลาสติกต้องมีการเว้นระยะห่างจากผนังมากกว่าถังที่เป็นโลหะ เพราะรังสีที่ออกมาอาจจะทะลุผ่านพลาสติกและเกิดการอ่านค่าที่ผิดพลาดได้
4. การติดตั้งโพรบ (Probe) นั้นไม่ควรติดตั้งให้ติดกับพื้นผิวของผนังถัง ควรมีการเว้นระยะห่างตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย (หมายเลข C ในรูปที่ 2.65)
5. ในกรณีที่มีการติดตั้งภายนอกอาคาร ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริมเพื่อป้องกันสภาพแวดล้อมที่อาจจะส่งผลต่อเครื่องมือวัด อาจทำให้อุปกรณ์เสียหายเร็วกว่าที่ควรจะเป็น (หมายเลข 1 ในรูปที่ 2.65)



รูปที่ 2.66 อุปกรณ์เสริมป้องกัน

6. การติดตั้งควรเลือกตำแหน่งที่ห่างจากผนังให้มากขึ้น ในกรณีที่มีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิดอื่นที่ข้างถัง เพราะจะทำให้เครื่องมือวัดชนิดอื่นนั้นทำงานได้อย่างปกติ
7. สำหรับการติดตั้งถังที่บรรจุของเหลวแล้วเกิดกรณีที่มีการกระเพื่อมของน้ำ การติดตั้งจะต้องมีการยึดโพรบดังรูปที่ 2.67 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการวัด (สำหรับ Flexible Probe) แต่ถ้าเป็นการใช้ Coaxial Probe สามารถวัดได้โดยไม่ต้องทำการยึด เนื่องจากโพรบมีความแข็งแรงมาก



รูปที่ 2.67 การติดตั้งกรณีน้ำกระเพื่อม

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดแบบ Guided Wave Radar

ข้อดี

1. เครื่องมือวัดสามารถวัดได้ในสารที่เป็นแบบ Interface สารที่มีไอระเหยและโพลีเมอร์ได้ดีที่สุด
2. เครื่องมือวัดสามารถวัดได้ในที่ที่มีเสียงรบกวน ความดันสูงและอุณหภูมิสูงหรือแปรผัน
3. ความหนาแน่น ฟองไอน้ำ ฝุ่นละออง และความการนำไฟฟ้าจะไม่มีผลกระทบต่อมาตรวัด
4. ไม่มีส่วนประกอบที่เคลื่อนที่ ดังนั้นจึงไม่มีการสึกกร่อน
5. ประหยัดเวลาและง่ายต่อการติดตั้ง

ข้อจำกัด

1. ราคาสูง
2. ไม่เหมาะสำหรับการวัดที่เป็นสารกัดกร่อนมากๆ เพราะอาจจะทำให้โพรบวัดเสียหายได้

2.2.2.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

1. พิจารณาเลือก Fluid ที่ต้องการวัด รวมถึงเป็นสาร Interface หรือไม่
2. พิจารณาย่านการวัดสำหรับระดับที่ต้องการวัด
3. พิจารณาส่วนประกอบภายในของถัง
4. พิจารณาสภาพแวดล้อมถัง
5. พิจารณา Process Connection

2.2.3 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) [6, 8, 10]

การวัดระดับโดยใช้สารกัมมันตภาพเริ่มมีใช้เป็นครั้งแรกเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1950 ใช้สำหรับวัดระดับในงานที่มีปัญหา ซึ่งการวัดระดับโดยวิธีการอื่นไม่สามารถวัดได้ เช่น ตัววัดต้องสัมผัสกับสารที่เหนียวข้น กัดกร่อน ขัดสี มีอุณหภูมิสูงมากๆ และความชื้นสูง ซึ่งจะทำให้อายุการใช้งานของตัววัดสั้นลง ดังนั้นการตรวจวัดระดับภายใต้สภาวะดังกล่าวจะใช้หลักการของพร็อกซิมีตี (Proximity) ซึ่งในที่นี้ก็คือกัมมันตภาพรังสี

การวัดระดับโดยวิธีการแผ่รังสีจะใช้สารกัมมันตภาพ เช่น เรเดียม 226 โคบอลต์ 60 และซีเซียม 137 ซึ่งตามธรรมชาติจะแผ่รังสีหลายย่านความถี่ออกมาตลอดเวลา เช่น แอลฟา เบตา และแกมมา รังสีที่ใช้ในงานการวัดระดับคือ รังสีแกมมา เพราะว่าโดยธรรมชาติรังสีแอลฟาจะไม่ทะลุทะลวงผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุ (Non-Penetrating) ดังนั้นรังสีแอลฟาจึงไม่พอที่จะประยุกต์ใช้งานในเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม รังสีเบตาสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้บ้าง ส่วนใหญ่จะใช้งานในการวัดวัสดุที่มีผิวงานไม่หนามากนัก ส่วนรังสีแกมมาให้พลังงานในการแผ่รังสีได้สูงและสามารถทะลุผ่านเข้าไปในเนื้อวัสดุได้ดี

หน่วยวัดความเข้มของการแผ่รังสีจะเป็น คูรี เมื่อ 1 คูรีมีค่าเท่ากับ 3×10^{10} Disintegration ต่อวินาที แต่คูรีเป็นหน่วยใหญ่ หน่วยที่ใช้ในทางปฏิบัติจะเป็นมิลลิลูรี สำหรับสารกัมมันตภาพที่ปล่อยรังสีแกมมาที่ใช้กันโดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ

1. **เรเดียม 226** เป็นสารที่มีราคาแพงแต่ให้อายุการใช้งานนานที่สุด โดยให้อายุการใช้งานที่ Half-Life ประมาณ 1585 ปี (คำว่า Half-Life หมายถึงช่วงเวลาที่สารกัมมันตภาพลดความเข้มลงครึ่งหนึ่งของความเข้มที่ใช้งานในตอนต้น)
 2. **ซีเซียม 137** ให้ความเข้มของพลังงานในการแผ่รังสีปานกลาง โดยซีเซียมเพียง 11.5 มิลลิกรัม จะให้ความเข้มของรังสี 1 คูรี มีอายุการใช้งานที่ Half-Life ประมาณ 33 ปี
 3. **โคบอลต์ 60** ความเข้มของพลังงานในการแผ่รังสีมากกว่าสองแบบแรก โดยโคบอลต์เพียง 0.88 มิลลิกรัม จะให้ความเข้มของรังสี 1 คูรี อายุการใช้งานที่ Half-Life ประมาณ 5.2 ปีเท่านั้น
- รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นและความถี่สูง มันถูกวัดในหน่วยของความเข้มของการแผ่รังสีในอากาศคือ Milliroentgens อย่างไรก็ตาม ในทางอุตสาหกรรมหน่วยวัดของความเข้มของการแผ่รังสีจะอยู่รูปของ Milliroentgens ต่อชั่วโมง โดยสูตรในการคำนวณจะเป็นดังนี้

$$D = \frac{1000(KM_c)}{d^2} \quad (2.10)$$

เมื่อ D = ความเข้มของการแผ่รังสี มีหน่วยเป็น MR/HR

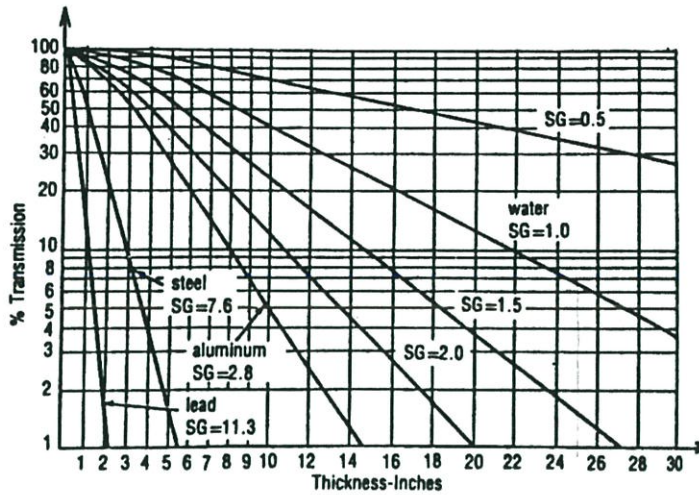
M_c = ค่ามิลลิลูรีจากตัวส่ง

d = ระยะทางจากตัวส่ง

K = ค่าคงที่สำหรับเรเดียม 226 มีค่า 1.3 ซีเซียม 137 มีค่า 0.6 และโคบอลต์ 60 มีค่า 2.0

การกำหนดขนาดของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสี

ในการติดตั้งที่แท้จริง กัมมันตภาพรังสีจะทะลุทะลวงผ่านผนังของภาชนะและสารที่ต้องการวัดระดับมันเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่ต้องหาความเข้มของการแผ่รังสีที่ปรากฏที่ตัวรับ (Detector)



รูปที่ 2.68 การส่งกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม 137 ผ่านวัสดุหลายชนิด

โลหะที่ทำให้ความเข้มของรังสีลดลงอย่างรวดเร็วคือ ตะกั่ว เพราะความหนาของตะกั่วเพียง 2 นิ้วเศษ ความเข้มของรังสีจะลดลงหมดจนไม่เหลือผ่านออกมาเลย ดังนั้นตะกั่วจึงเป็นโลหะที่ใช้ทำภาชนะสำหรับเก็บสารกัมมันตภาพได้ดี ความเข้มของรังสีที่ระยะรัศมีเท่ากัน สารที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะดูดกลืนพลังงานได้มากกว่า จากรูปที่ 2.65 แสดงความสัมพันธ์ของสารที่มีความถ่วงจำเพาะระหว่าง 11.3 ถึง 0.5

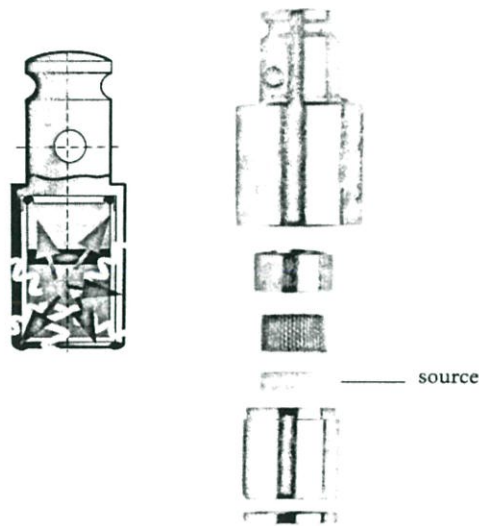
ในการเลือกปริมาณสารกัมมันตภาพจะต้องให้ความเข้มของการแผ่รังสีที่ตัวรับ มีค่าอย่างน้อย 2.0 MR/HR เมื่อภาชนะว่างเปล่าและค่าความเข้มมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างน้อย 50% ระหว่างภาชนะว่างเปล่าและเมื่อมีวัสดุที่ต้องการวัดอยู่

องค์ประกอบของระบบการวัดระดับแบบกัมมันตภาพ

จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 4 อย่างดังต่อไปนี้

- แหล่งกัมมันตภาพ (The Radioactive Source)

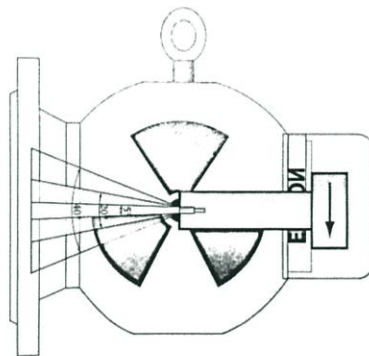
ดังที่กล่าวมาข้างต้นแหล่งของกัมมันตภาพมี เรเดียม 226 ซีเซียม 137 และโคบอลต์ 60 แต่ส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมก็คือ ซีเซียม 137 และโคบอลต์ 60 ด้านความปลอดภัยที่สำคัญที่สุดที่ต้องพิจารณาของแหล่งกัมมันตภาพเพื่อป้องกันการปนเปื้อน ด้วยเหตุนี้สารกัมมันตภาพจึงถูกห่อหุ้มไว้เป็นสองเท่า แคปซูลทั้งสองนี้ผลิตขึ้นจากสแตนเลสและมีการหุ้มด้วยวิธีการพิเศษเพื่อรับรองการปิดผนึกที่สมบูรณ์แบบ



รูปที่ 2.69 แหล่งกัมมันตภาพ

- ภาชนะบรรจุแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพ (The Source Container)

เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพและเพื่อให้แน่ใจว่ารังสีที่จะถูกปล่อยออกมานั้นจะอยู่ในทิศทางที่ต้องการ โดยภาชนะบรรจุแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพสามารถฉายรังสีไปที่มุม 5 องศา, 20 องศา หรือ 40 องศาตามที่ต้องการ ภาชนะบรรจุแหล่งกัมมันตภาพรังสีประกอบด้วยโครงสร้างรูปทรงกลมที่เชื่อมต่อกันอย่างหนาแน่นที่ทำด้วยตะกั่ว ความหนาแน่นของตะกั่วช่วยป้องกันความเสียหายในกรณีเพลิงไหม้ เพราะตะกั่วหลอมละลายที่อุณหภูมิต่ำสุด 325 °C แต่ยังคงคุณสมบัติในการป้องกันรังสีแม้ว่าจะหลอมละลาย ดังนั้นระบบจึงมีความปลอดภัยในตัวเองเมื่อเกิดเพลิงไหม้



รูปที่ 2.70 ภาชนะบรรจุแหล่งกัมมันตภาพ

กลไกของรูเปิดปิดรังสี (Lockable Shutter) จะสามารถเปิดและปิดได้ เป็นสิ่งที่จำเป็นจะต้องมีสำหรับทุกภาชนะบรรจุแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพ เพราะจะทำให้สามารถส่งรังสีไปในทิศทางและมุมที่ต้องการได้ โดยกลไกชัตเตอร์ที่สมบูรณ์แบบต้องสามารถป้องกันฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกได้ โดย

- ตัวรับ (Detector)

ในการใช้งานโดยทั่วไป ตัวรับ (Detector) ในกระบวนการวัดจะมีอยู่ 2 แบบคือ Point Detector และ Rod Detector โดยตัวรับแบบจุดจะใช้สำหรับวัดระดับและการวัดความหนาแน่น โดยตัวรับแบบ Rod จะใช้ในการวัดระดับแบบต่อเนื่องและการวัดแบบ Interface สำหรับในงานที่ยุ่งยากต่อการวัดจะเลือกใช้ Rod ในการวัดระดับทั้งแบบจุดและแบบความหนาแน่นเพราะจะมีความไวที่มากกว่า สำหรับการทำงานของตัวรับจะมี 2 ชนิด ของตัวรับรังสีแกมมา คือ

1. Ionization Detectors

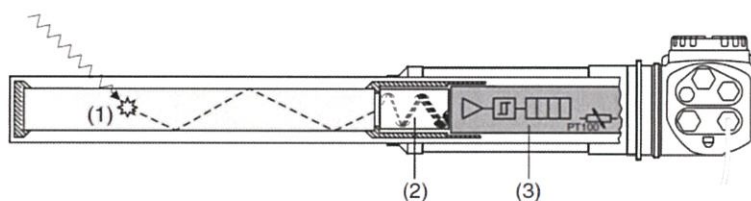
ข้อดี: สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงๆได้โดยไม่ต้องระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น

ข้อเสีย: ความไวและความสามารถในการวัดจะต่ำ ใช้กับระดับรังสีสูงๆและไม่เหมาะสมกับการวัดแบบตรวจวัดความหนาแน่น

2. Scintillation Detectors

ข้อดี: ความไวและความสามารถในการวัดสูงมาก ใช้กับระดับรังสีต่ำๆและมีความเที่ยงตรงมากกับการวัดแบบตรวจวัดความหนาแน่น

ข้อเสีย: ราคาแพงและถ้าอุณหภูมิแวดล้อมสูง ต้องมีการใช้น้ำหล่อเย็นในการช่วยระบายความร้อน



รูปที่ 2.71 ส่วนประกอบภายในของตัวรับ

จากรูปที่ 2.71 หมายเลข 1 คือส่วนที่รับรังสีแกมมา (Ionization หรือ Scintillation)

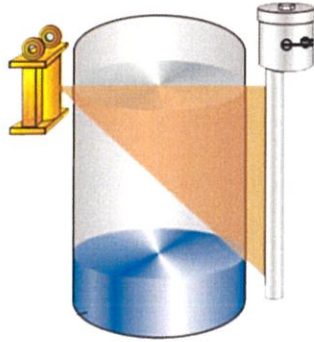
หมายเลข 2 คือตัวแปลงสัญญาณและขยายสัญญาณ

หมายเลข 3 คือวงจรประเมินและคำนวณอัตราสัญญาณออกมาเป็นค่าผลลัพธ์

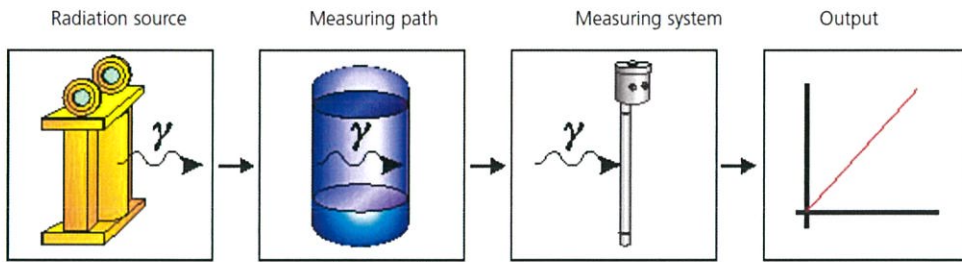
- อิเล็กทรอนิกส์

อิเล็กทรอนิกส์มีหน้าที่ทั่วไปเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องตรวจจับความเข้มของรังสี (The Detector) เพื่อปรับระบบการวัดและให้สัญญาณเอาต์พุตออกมา

เมื่อมีครบทั้ง 4 องค์ประกอบหลักแล้วก็จะสามารถทำการวัดระดับได้ โดยหลักการทำงานภาพรวมของเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพก็คือ ตัวส่งรังสีกัมมันตภาพ (Radiation Source) จะส่งรังสีผ่านภาชนะที่ใช้บรรจุสารไปยังตัวรับ เมื่อตัวรับได้รับรังสีที่ค่าความเข้มของรังสีหนึ่งก็จะมี การส่งสัญญาณออกมาในรูปของกระแส 4-20 mA เป็นต้น



รูปที่ 2.72 การวัดระดับโดยเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ



รูปที่ 2.73 ขั้นตอนการส่งสัญญาณ

2.2.3.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ

การติดตั้งจะต้องออกแบบตามการใช้งานของกระบวนการนั้นๆ โดยหลักการแล้วจะมีการออกแบบการวัดออกเป็น 2 ประเภทคือ การวัดแบบจุดและการวัดแบบต่อเนื่อง

โดยทั่วไปการวัดแบบนี้แหล่งกำเนิดกัมมันตภาพจะถูกติดตั้งไว้ที่ข้างหนึ่งของผนัง ส่วนตัวตรวจวัดสัญญาณจะติดตั้งอยู่ตรงกันข้าม ขณะที่รังสีแผ่กระจายออกจะถูกดูดกลืนโดยของเหลวหรือของแข็งที่อยู่ในภาชนะ ซึ่งของแข็งหรือของเหลวจะทำให้ความเข้มข้นของรังสีลดลงมากกว่าอากาศ ดังนั้นถ้าวัสดุในภาชนะบรรจุเพิ่มขึ้น สัญญาณการแผ่รังสีที่รับจะค่อยๆลดลง นั่นคือความเข้มของรังสีที่ตรวจวัดได้จะขึ้นอยู่กับระดับของสารที่บรรจุในภาชนะ การวัดแบบนี้เหมาะสำหรับภาชนะถังปิดที่ภายในเต็มไปด้วยสารที่เป็นอันตรายซึ่งไม่สามารถรั่วไหลออกมาภายนอกได้

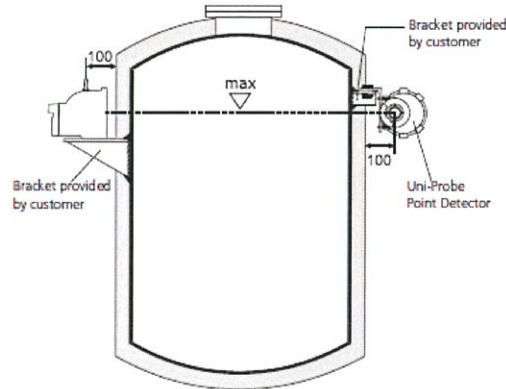
การติดตั้งจะต้องมีป้ายเตือนภัยติดอยู่ตลอดเวลาและควรมีการตรวจรังสีอยู่ในช่วงระยะเวลาที่กำหนดเช่นทุกๆ 6 เดือน เป็นต้น

- การวัดแบบจุด (Point)

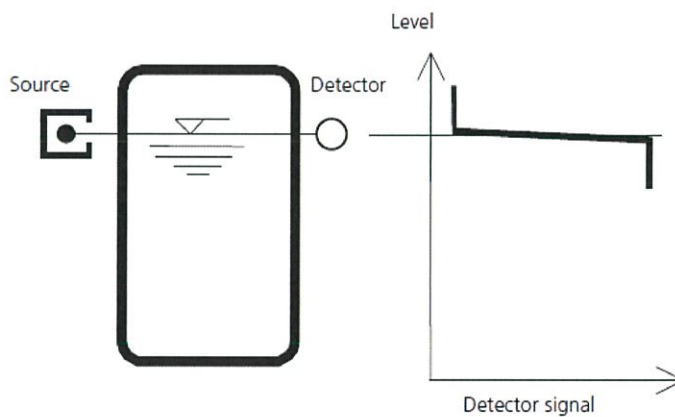
เมื่อต้องการวัดระดับแบบจุด ขณะที่ระดับของสารในภาชนะสูงกว่าระดับของตัวรับ (Detector) จะทำให้พลังงานของการแผ่รังสีลดน้อยลง แต่เมื่อระดับของสารลดลงต่ำกว่าตัวรับ (Detector) พลังงานจากตัวส่ง (Source) ที่ส่งมาถึงตัวรับ (Detector) จะมีมาก ดังนั้นความเข้มของพลังงานที่ส่งมายังตัวรับจะแปรผันตามระดับของสารที่อยู่ในภาชนะ การเลือกใช้ต้องพิจารณาปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น ปริมาณ

ของสารกัมมันตภาพ ขนาดของภาชนะ ระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดและตัวรับ

สารกัมมันตภาพถูกบรรจุอยู่ในกล่องซึ่งถูก Shield ไว้อย่างปลอดภัย มี Shutter Mechanism เปิดขณะใช้งานเพื่อป้องกันสารกัมมันตภาพเป็นอันตรายขณะขนส่ง ติดตั้ง และบำรุง ตัวรับโดยทั่วไปจะใช้ Geiger Mueller Tube เป็นตัวรับรังสีแกมมาและเปลี่ยนเป็นสัญญาณ Impulse หลังจากนั้นจึงส่งต่อไปยังภาคขยายอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนรูปเป็นสัญญาณไฟตรงเพื่อชี้แสดงระดับต่อไป



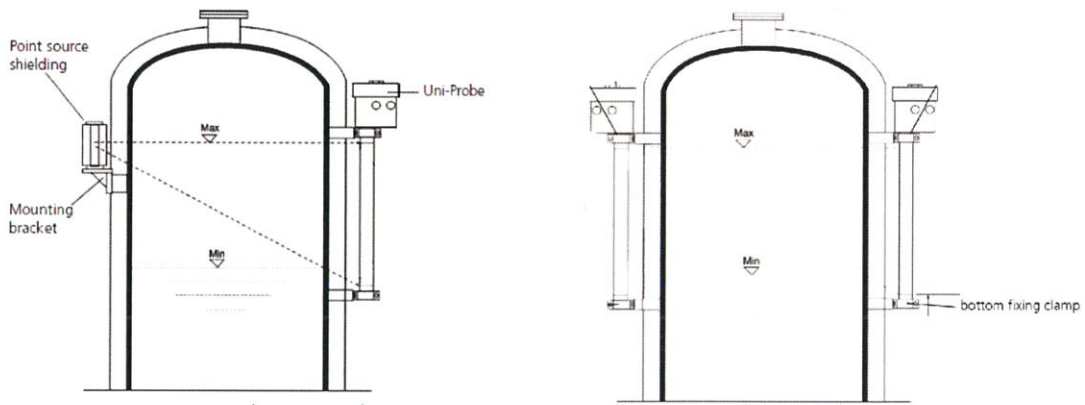
รูปที่ 2.74 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพแบบจุดโดยกำหนดระดับตัวรับเป็นระดับสูง



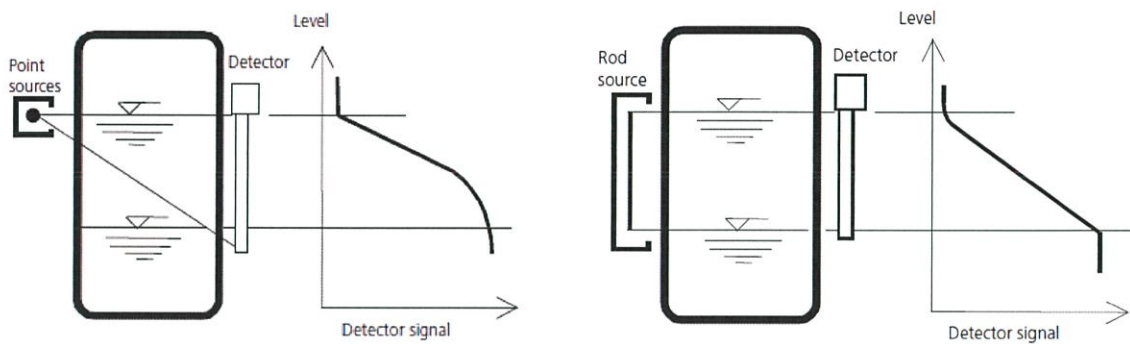
รูปที่ 2.75 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตของแบบ Point

- การวัดแบบต่อเนื่อง (Continuous)

หลักการวัดระดับวิธีนี้จะเหมือนกับวิธีการวัดแบบจุดแต่มีความซับซ้อนมากกว่า แหล่งกำเนิดรังสีแกมมาที่มีตัวเดียวและตัวรับเป็นแถบยาวตามความสูงของภาชนะตามรูปที่ 2.77(ก) วิธีนี้จะให้ช่วงการวัดระดับแคบ เพราะว่าเมื่อช่วงการวัดกว้างขึ้นผลที่ได้จะไม่เป็นเชิงเส้น เนื่องจากจุดรับพลังงานการแผ่รังสีจะมากเฉพาะจุดที่ตรงกันข้ามกับแหล่งกำเนิดรังสีเท่านั้น แต่จุดที่อยู่สูงหรือต่ำกว่าระดับของแหล่งกำเนิดรังสี สัญญาณที่ได้รับจะลดลง ขณะที่แหล่งกำเนิดรังสีเป็นแบบแถบยาวขนานกับตัวรับในด้านตรงข้าม ดังรูปที่ 2.77(ข) จะให้ความเข้มการแผ่รังสีสม่ำเสมอ ดังนั้นช่วงการวัดจะเป็นเชิงเส้น



รูปที่ 2.76 เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพแบบต่อเนื่อง



(ก) Lower accuracy

(ข) Higher accuracy

รูปที่ 2.77 ลักษณะของสัญญาณเอาต์พุตแบบ Continuous

จากรูปที่ 2.77 จะเห็นได้ว่าการวัดแบบ Rod Source จะทำให้สัญญาณของเอาต์พุตออกมามีความเป็นเชิงเส้นมากกว่า ดังนั้นจึงมีความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบ Point Source

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ

ข้อดี

1. ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องมือวัดสัมผัสกับสารที่ต้องการวัดแต่อย่างใด ดังนั้นเครื่องมือวัดชนิดนี้จึงไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความดัน การสั่นสะเทือน ความชื้น ความมืด และอื่นๆ
2. ไม่มีกลิ่นที่สลับซับซ้อน
3. มีความเที่ยงตรงสูง ถ้ามีการสอบเทียบอย่างถูกต้อง
4. ไม่ต้องเจาะภาชนะก็สามารถใช้เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพรังสีได้

ข้อจำกัด

1. ราคาแพง
2. เนื่องจากเป็นสารกัมมันตภาพจึงค่อนข้างอันตราย ดังนั้นต้องมีการจัดเตรียมคู่มือการใช้งาน

เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดจากการใช้งานต่างๆ

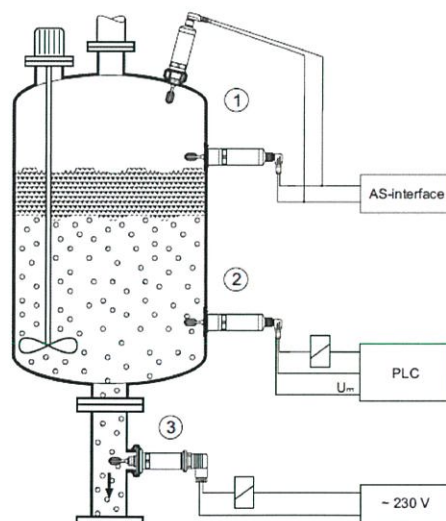
3. อุปกรณ์และขั้นตอนในการป้องกันต้องมีการจัดเตรียมเพื่อความปลอดภัย ต้องปฏิบัติตามซึ่งกำหนดทางกฎหมาย

2.2.3.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดแบบกัมมันตภาพ

1. พิจารณาขนาดของถัง (ความกว้าง ความยาว ความหนา) เพราะเวลาติดตั้งการใช้งานจะไม่เจาะถัง ดังนั้นในส่วนนี้ต้องพิจารณาเป็นอย่างมาก
2. พิจารณาเลือกย่านวัดให้ครอบคลุม
3. ต้องทราบข้อมูลของๆไหลที่ต้องการวัด
4. เลือกสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการใช้งาน (Point หรือ Continuous)

2.2.4 เครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch)

การวัดระดับในลักษณะนี้จะต้องประกอบไปด้วยชุดสัมผัสเสียงที่ทำการสั่นตลอดเวลาซึ่งเป็นการตรวจวัดระดับที่มีความจำเป็นในอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยการทำงานนั้นจะแบ่งเป็นการนำไปใช้งานในของเหลวและการใช้งานในของแข็ง



รูปที่ 2.78 ตัวอย่างการใช้งานทั่วไปของ Vibration Level Switch

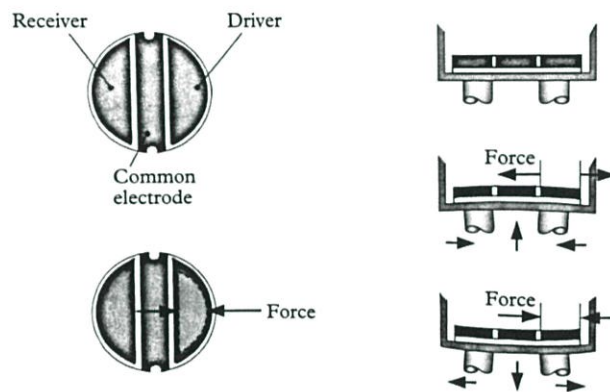
Example 1): Overfill Protection or Top Level Detection

Example 2): Lower Level Detection or Dry Running Protection

Example 3): Dry Running Protection for Pump

เครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงที่ใช้ในของเหลว

การใช้เครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงในของเหลวนั้น ตัวตรวจจับจะใช้ลักษณะเป็นแบบ Tuning Fork จะประกอบไปด้วย Piezoelectric ซึ่งข้างในจะมี 2 ส่วนประกอบสำคัญด้วยกันคือ ตัวส่ง (Driver) และตัวรับ (Receiver) หลักการทำงานของเครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงจะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าป้อนไฟฟ้าให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ตัวส่งดังรูปที่ 2.79 เป็นการวัดโดยอาศัยการสั่นเมื่อเกิดการสั่นด้วยความถี่เรโซแนนซ์ของผลึก Piezoelectric ตัวของโพรวัดจะติดตั้งให้สัมผัสกับสารที่เข้ามาสัมผัสกับตัวของ Probe ดังนั้นสำหรับในกรณีปกติค่าความถี่ก็จะเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง แต่ถ้ามีสารเข้ามาสัมผัสก็จะเป็นทำให้ความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่เดิม ซึ่งความถี่ที่เบี่ยงเบนไปนั้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดระดับได้โดยเป็นการวัดระดับแบบ Point หรือ Limit Switch



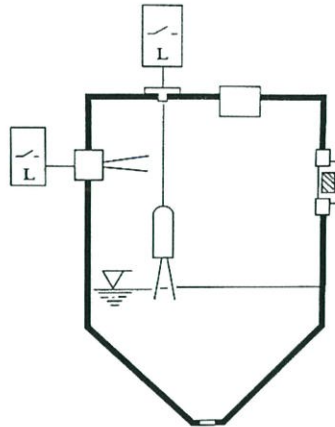
รูปที่ 2.79 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงในของเหลว

โดยสัมผัสเสียงจะถูกออกแบบมาเมื่อถูกจุ่มลงในของเหลวจะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่เรโซแนนซ์ประมาณ 20% ความถี่ที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปจากความถี่ธรรมชาติจะถูกนำมาวิเคราะห์และนำมาทำการเปลี่ยนแปลงความถี่เรโซแนนซ์เป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งสัญญาณที่ออกมา ก็จะแบบดิจิตอลจึงนิยมใช้ในการตรวจวัดระดับแบบเป็นสัญญาณเตือน (Alarm)

เครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงที่ใช้ในของเหลวมีการกำหนดค่าต่ำสุดหรือสูงสุด สำหรับการใช้งาน Failsafe Selector Switch ซึ่งช่วยให้สามารถใช้งานแบบ Closed Loop สำหรับการใช้งานจะมีการหน่วงของเวลา 1 วินาทีสำหรับกรณีตอนของเหลวลดลงและ 0.5 วินาทีสำหรับเวลาที่ของเหลวเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันความผิดพลาดเนื่องจากการใช้งานบริเวณมีฟองอากาศหนาแน่นหรือมีการไหลแบบปั่นป่วน

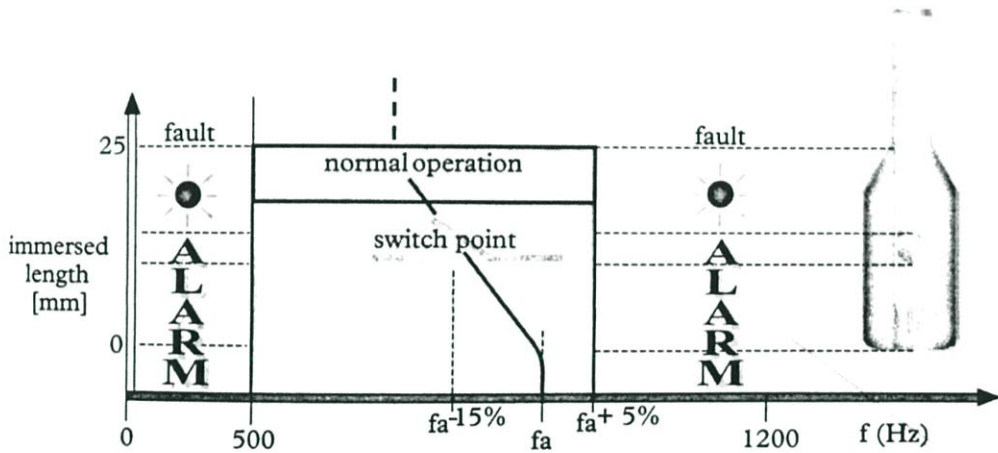
เครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงได้รับการปรับเทียบกับความถี่ของเสียงระหว่างอากาศและน้ำ หมายความว่าเครื่องมือวัดระดับนี้จะทำงานกับตัวกลางเริ่มต้น 700 kg/mm^3 สำหรับการใช้งานที่มีความเฉพาะเจาะจงในเรื่องของความไว (Sensitivity) สามารถเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นต่ำตั้งแต่ 500 kg/

mm³ สำหรับการติดตั้งในแนวตั้งจะสามารถตรวจระดับได้เมื่อมีของเหลวประมาณ 50% ของก้านวัด (Tines)



รูปที่ 2.80 เครื่องมือวัดระดับแบบล้อยืดในของเหลว

เนื่องจากการลื่นอยู่ตลอดเวลา มีหน้าตาความถี่ในเครื่องมือดังกล่าวได้ตามปกติ ในกรณีเกิดความเสียหายทางกลกับก้านวัด (Tines) หรือเกิดการกัดกร่อนมากๆ ความถี่โซแนนท์จะเคลื่อนออกจากหน้าตาความถี่และหน่วยให้สัญญาณเตือนจากฟังก์ชันและสลับไปยังตำแหน่ง Failsafe Position



รูปที่ 2.81 ภาพกรณีเกิดความเสียหายกับก้านวัด

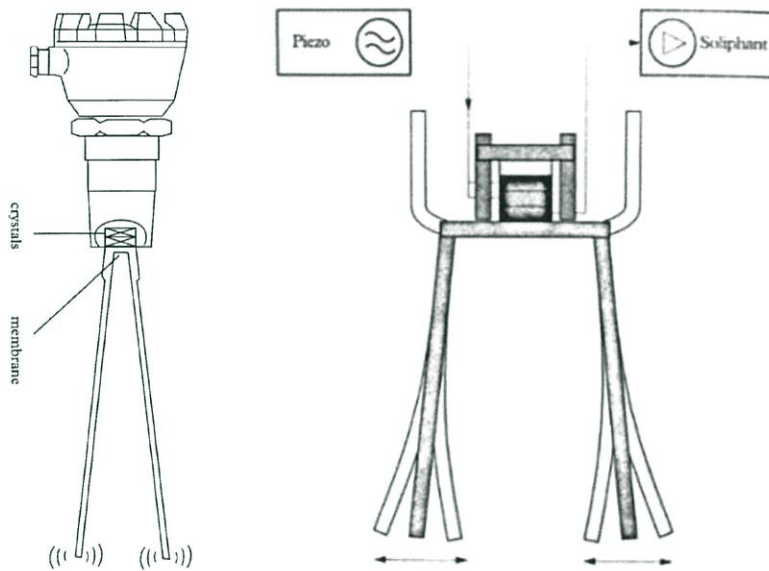
การประยุกต์ใช้งานเครื่องมือวัดระดับแบบล้อยืดสามารถใช้ได้กับของเหลวทุกชนิด อุปกรณ์สามารถให้การเคลือบผิวได้ (Coating) ตัวอย่างการใช้งานที่นิยมจะมีดังนี้

- ของเหลวที่มีสัดส่วนของของแข็ง เนื้อไม้
- ของเหลวที่มีความหนาแน่นตั้งแต่ $500 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^3}$ ขึ้นไปและมีความหนืด $10 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}$
- การตรวจสอบระดับค่าต่ำสุดหรือค่าสูงสุดรวมทั้งตัวบ่งชี้ผลผลิตในโรงงานแปรรูป
- สัญญาณเตือนระดับสูงในถังก๊าซสำหรับในกระบวนการผลิต

- อุปกรณ์รักษาความปลอดภัยระดับน้ำมันหล่อลื่น

เครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงที่ใช้ในของแข็ง

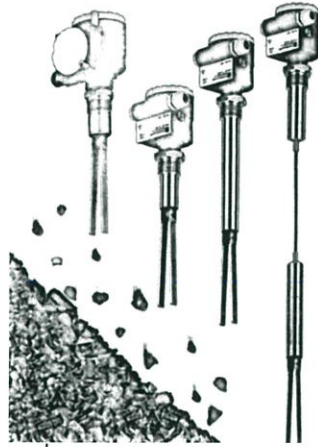
ระบบประกอบไปด้วยสองซีกที่ติดตั้งอยู่บน Membrane ที่มีเสียงสะท้อนตามธรรมชาติประมาณ 120 Hz (หลักการส้อมเสียง) Piezoelectric Crystals สองอันถูกติดตั้งอยู่บน Membrane โดย Crystals อันแรกถูกขับเคลื่อนด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้า 120Hz ระบบจะดังก้องเมื่อก้านวัด (Tines) ไม่ได้สัมผัสครอบคลุมด้วยผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เนื่องจากการสั่นสะเทือนแบบอิสระนี้ Crystals จะให้สัญญาณที่มีความถี่เท่าๆกัน



รูปที่ 2.82 ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง

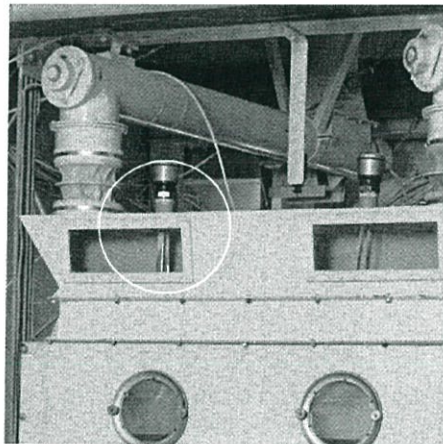
เมื่อมีของแข็งจนถึงระดับที่มิดก้านวัดจะมีผลทำให้ Crystals อันที่สองจะไม่สามารถสร้างสัญญาณ Resonantcy ได้และเครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) จะสวิทช์ เพราะว่าไม่มีการรับสัญญาณ Resonantcy มาทำให้พลังงานที่มีน้อยมาก

สำหรับ Tuning Fork Level Switch (Soliphant) จะสามารถตรวจจับระดับในของผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นต่ำได้ เช่น 20 kg/mm^3



รูปที่ 2.83 เครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง

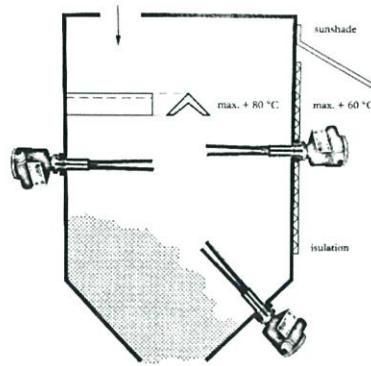
สำหรับการใช้งานโดยทั่วไป Level Limit Switch อยู่บนพื้นฐานของหลักการของการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่ได้รับเหมาะสำหรับสารที่เป็นกลุ่มของแข็งหรือเม็ด นอกเหนือจากอุณหภูมิและความดันสูงสุด ข้อจำกัดในการใช้งานคือขนาดของอนุภาคของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการจะวัดหรือขนาดของเม็ดผลิตภัณฑ์นั่นเอง ถ้ามีขนาดใหญ่เกินไปอาจทำให้ติดระหว่างช่องว่างของก้านได้



รูปที่ 2.84 ตัวอย่างการใช้งานจริงของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง

2.2.4.1 การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง

- สำหรับโมเดลที่เป็นแบบมีสายต่อหรือส่วนต่อขยายมักจะติดตั้งในแนวตั้ง
- การติดตั้งห้ามมีผลิตภัณฑ์หล่นลงบนเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง
- ข้อต่อของเครื่องมือวัดแบบส้อมเสียงจะต้องติดตั้งในแนวระนาบกันไปและไม่เห็นอกันและกันเพื่อหลีกเลี่ยงทับซ้อนกันของตัวเครื่องมือ
- การติดตั้งแบบซึ่ลงจะทำให้การเสียหายได้น้อยลงกว่าติดตั้งแบบซึ่ขึ้น
- ไม่จำเป็นต้องปรับค่าใดๆ เพียงแค่เลือกค่าสูงสุดหรือต่ำสุดสำหรับการใช้งาน Failsafe



รูปที่ 2.85 การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียงในของแข็ง

ข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง

ข้อดี

1. มีความน่าเชื่อถือในทุกๆชนิดของสาร
2. ติดตั้งง่ายและใช้ง่าย
3. อุณหภูมิ ความดัน โฟมและความหนืด ไม่มีผลต่อความถูกต้องของสวิทช์

ข้อจำกัด

1. นิยมใช้วัดระดับแบบจุด ไม่สามารถวัดแบบต่อเนื่องได้
2. ในการติดตั้งแบบซีซีเอ็น ต้องระวังในเรื่องของการวัดของแข็งเพราะของแข็งที่เป็นเม็ดอาจลงมาติดระหว่างกึ่งกลางได้

2.2.4.2 หลักเกณฑ์ในการเลือกเครื่องมือวัดแบบส้อมเสียง

1. ต้องทราบข้อมูลของๆไหลที่ต้องการวัด
2. ต้องทราบจุดที่ต้องการติดตั้ง
3. หน้าสัมผัสเป็นแบบไหน (SPST SPDT DPDT)
4. Process Connection เชื่อมต่อแบบไหน ขนาดเท่าไร

2.3 ความรู้พื้นฐานของมาตรฐานพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) [5]

ในต้นศตวรรษ 1900 เป็นยุคอุตสาหกรรมขยายตัวอย่างมากและเริ่มมีการใช้มาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้าของ North American Codes โดยที่มาตรฐาน NEC (National Electric) ใช้สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและมาตรฐาน CEC (Canadian Electric Code) ใช้สำหรับประเทศแคนาดา ในช่วงเวลาเดียวกันสถาบันมาตรฐานของยุโรปคือ IEC (International Electro-technical Commission) ก็ถูกก่อตั้งขึ้นที่ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ เพื่อเป็นสถาบันด้านมาตรฐานการออกแบบติดตั้งระบบไฟฟ้าสำหรับใช้ในประเทศสมาชิกสหภาพยุโรป

การกำเนิดรถยนต์และเครื่องบินในต้นทศวรรษที่ 1920 สร้างความต้องการการใช้เชื้อเพลิงคุณภาพดีอย่างมาก ไอร่ะเหยจากแก๊สโซลีนมีคุณสมบัติที่จุดติดไฟได้ง่าย ทำให้ต้องป้องกันการสปาร์กจากระบบไฟฟ้าไม่ให้อยู่ในบริเวณที่มีไอร่ะเหย พื้นที่ดังกล่าวจึงถูกกำหนดให้เป็น "Extra Hazardous Location" ดังนั้นโรงงานอุตสาหกรรมที่สร้างขึ้นใหม่จะต้องมีการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เป็นประเภท Explosion Proof ในพื้นที่ที่มีไอร่ะเหยของสารไวไฟ

2.3.1 มาตรฐานการจัดแบ่งพื้นที่อันตรายของยุโรปและอเมริกาเหนือ

พื้นที่อันตรายถูกจัดแบ่งประเภทตามคุณสมบัติของสารไวไฟที่อาจมีใช้ หรือเก็บรักษาอยู่ในพื้นที่นั้น แก๊สหรือไอร่ะเหยที่ปนอยู่ในบรรยากาศจะทำให้เกิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงและออกซิเจนที่เหมาะสม (Ignitable Concentration) ที่จุดติดไฟได้ ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งระบบไฟฟ้าในบริเวณพื้นที่อันตราย แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ในทางปฏิบัติ ผู้ออกแบบจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานการป้องกันระเบิดเพื่อใช้กันพื้นที่อันตรายที่มีการจัดแบ่งประเภทไว้ตามมาตรฐาน

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานการจัดแบ่งประเภทของพื้นที่ที่มีสารไวไฟของยุโรปกับอเมริกา

มาตรฐาน	มีแก๊สไวไฟ อยู่เป็นประจำ	มีแก๊สไวไฟ อยู่ในสภาวะปกติ	มีแก๊สไวไฟ อยู่ในสภาวะไม่ปกติ
IEC / CENELEC	Zone 0	Zone 1	Zone 2
NEC 500	Class I: Division 1		Class I: Division 2
NEC 505	Zone 0	Zone 1	Zone 2

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานการจัดแบ่งกลุ่มสารไวไฟของยุโรปและอเมริกา

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

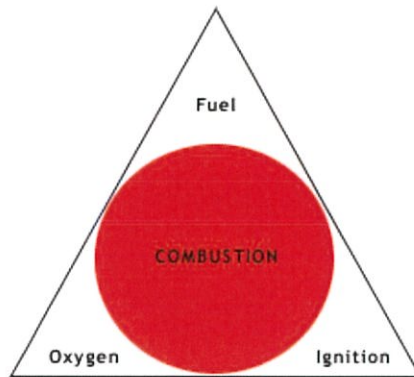
ความหมายของพื้นที่อันตราย (Definition of Hazardous Location)

- Zone 0 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสม ในการจุดติดไฟได้อยู่เป็นประจำหรือเป็นช่วงเวลานาน พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารนั้นเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosion Limit ของสารนั้นในภาวะปกติ มากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี
- Zone 1 Location (Class I: Division 1) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในระหว่างที่มีกระบวนการทำงานปกติ, ช่วงเวลาที่มีการซ่อมบำรุง, ระหว่างที่มีความผิดพลาดในกระบวนการทำงานก็จะทำให้เกิดการรั่วไหลของสารไวไฟขึ้นได้ รวมทั้งอยู่ติดกับพื้นที่ Zone 0 ด้วย พื้นที่ใน Zone 1 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารนั้นเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosion Limit ของสารนั้นในภาวะปกติระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมงต่อปี
- Zone 2 Location (Class I: Division 2) คือ พื้นที่ที่มีแก๊สหรือไอระเหยผสมอยู่ในบรรยากาศด้วยความเข้มข้นเหมาะสมในการจุดติดไฟได้ในช่วงเวลานั้นๆ พื้นที่ใน Zone 2 จะมีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารนั้นเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosion Limit ของสารนั้นในภาวะปกติ น้อยกว่า 10 ชั่วโมงต่อปี

2.3.2 ความรู้พื้นฐานการป้องกันระเบิด

พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) คือบริเวณที่มีโอกาสจะเกิดจากอุบัติเหตุของการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาพที่จะเกิดเหตุดังกล่าวจะต้องมีองค์ประกอบร่วม 3 อย่างคือ

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities)
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติจะมีออกซิเจนประมาณ 21%)
3. แหล่งจุดติดไฟ (Ignitable Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งการจุดติดไฟนี้สามารถเกิดได้จากสาเหตุต่างๆเช่น เปลวไฟ การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า ความร้อนสูงสะสม และการถ่ายเทประจุไฟฟ้าสถิตย์ เป็นต้น



รูปที่ 2.86 แสดงองค์ประกอบ 3 อย่าง ที่ทำให้เกิดการจุดติดไฟ

2.3.3 เทคนิคพื้นฐานในการป้องกันการระเบิด (Technical Principle of Explosion Protections)

T Class (Temperature Classification) หมายถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด จะมีระดับอุณหภูมิสูงขึ้นไม่เท่ากันเมื่อใช้งานตามปกติ ถ้าการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ ทำให้เกิดความร้อนสูงจนถึงระดับอุณหภูมิที่ไอระเหยของสารไวไฟสามารถลุกติดเองได้ อาจเป็นสาเหตุให้เกิดเพลิงไหม้ได้ ตามมาตรฐาน NEC และ IEC จึงมีการแบ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดที่อาจเกิดบนพื้นผิวของสิ่งห่อหุ้ม

ดังนั้นจากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า T6 ดีที่สุด เพราะอุณหภูมิของพื้นผิวสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 85

°C

ตารางที่ 2.3 รหัสมาตรฐาน T Class

ระดับอุณหภูมิสูงสุด	มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
450° C	T1	T1
300° C	T2	T2
280° C		T2A
260° C		T2B
230° C		T2C
215° C		T2D
200° C	T3	T3
180° C		T3A
165° C		T3B
160° C		T3C
135° C	T4	T4
120° C		T4A
100° C	T5	T5
85° C	T6	T6

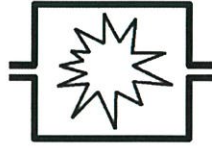
2.3.4 มาตรฐานอุปกรณ์ป้องกันระเบิด (Explosion Proof Protection)

วิธีการออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบในการติดตั้งระบบไฟฟ้า สามารถป้องกันการระเบิดจากแนวคิดพื้นฐานที่ว่า การเกิดเพลิงไหม้จะต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่างคือสารไวไฟปริมาณมากพอ ออกซิเจน และแหล่งจุดติดไฟ ดังนั้นวิธีการป้องกันระเบิดจึงใช้แนวคิดพื้นฐานในการป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสูงที่ผิวของเครื่องหุ้มก็จะไม่ทำให้เกิดไฟไหม้ลุกลามออกสู่ภายนอกได้

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานการใช้เทคนิคป้องกันระเบิดตามมาตรฐาน IEC และ NEC

เทคนิคการป้องกันการระเบิด	รหัสมาตรฐาน	พื้นที่อันตรายที่ใช้ได้	
		มาตรฐาน IEC	มาตรฐาน NEC
Flameproof	d	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ia	Zone 0, 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Intrinsically Safe	ib	Zone 1 และ 2	Division 2
Purge or Pressurization	p	Zone 1 และ 2	Division 1 หรือ 2
Increased Safety	e	Zone 1 และ 2	Division 2
Immersed in Oil	o	Zone 1 และ 2	Division 2
Filled with Powder / 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

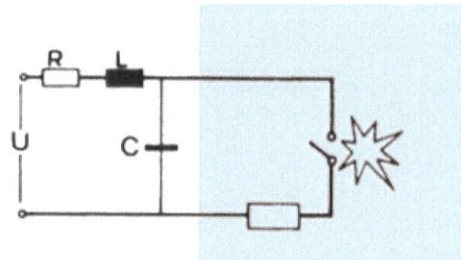
- Flameproof Type “d” Protection



รูปที่ 2.87 Flameproof Type “d” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสป้องกันแบบนี้สามารถเกิดการจุดระเบิดภายในวัสดุห่อหุ้มของเครื่องมื่อัดได้ แต่ถ้าหากมีก๊าซหรือไอระเหยเข้าไปภายในและมีประกายไฟเกิดขึ้น ความดันที่เกิดจากการระเบิดไม่สามารถทำความเสียหายกับวัสดุห่อหุ้มของอุปกรณ์ไฟฟ้าจนทำให้เปลวไฟขยายออกสู่ภายนอกได้

- Intrinsic Safety Type “ia” Protection



รูปที่ 2.88 Intrinsic Safety Type “ia” และ “ib” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวถึง 2 จุดในเวลาเดียวกันแล้วจะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้เกิดหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้

- Intrinsic Safety Type “ib” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับกระแสไฟและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการเกิดลัดวงจรภายในอุปกรณ์ดังกล่าวเพียง 1 จุดก็จะไม่ก่อให้เกิดพลังงานความร้อนมากเพียงพอให้เกิดหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดจุดติดไฟได้

- Pressurized Type “p” Protection

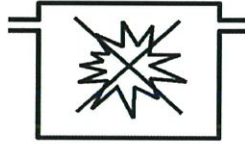


รูปที่ 2.89 Pressurized Type “p” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการอัดอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในเครื่องห่อหุ้ม เพื่อไล่ไอระเหยของสารไวไฟออกนอกเครื่องห่อหุ้ม พร้อมกับรักษาระดับความดันอากาศภายในนั้นให้สูงกว่า

ภายนอกเล็กน้อย เพื่อป้องกันไอระเหยของสารอันตรายจากภายนอกแพร่เข้ามาในเครื่องห่อหุ้มที่มีส่วนประกอบวงจรไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดการสปาร์กได้

- Increased Safety Type “e” Protection



รูปที่ 2.90 Increased Safety Type “e” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งตามปกติจะไม่มีเกิดการเกิดสปาร์กขึ้นได้นอกจากมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ดังนั้นการเพิ่มระบบป้องกันเหตุไม่ปกติที่อาจเกิดขึ้นได้จึงเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งจะไม่ปล่อยให้มีความร้อนสูงเกิดขึ้นที่อุปกรณ์นั้นๆ เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์การต่อสายไฟ, ระบบแสงสว่าง, มอเตอร์, และเครื่องมือวัด เป็นต้น

- Oil Immersion Type “o” Protection



รูปที่ 2.91 Oil Immersion Type “o” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้ จะใช้วิธีจุ่มแช่อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่มีการสปาร์กบ่อยครั้ง และอาจจะรุนแรงด้วย ลงไปใน Mineral Oil เพื่อไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับเชื้อเพลิงโดยตรง นอกจากนี้ น้ำมันที่ใช้แช่ซึ่งมีการหมุนเวียนยังช่วยทำหน้าที่ระบายความร้อนในบริเวณนั้นด้วย

- Powder Filled Type “q” Protection

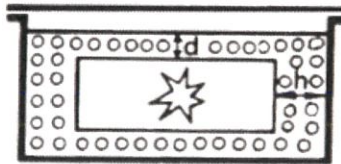


รูปที่ 2.92 Explosive Atmosphere

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้ จะใช้วิธีเติมผงแก้วลงไปเพื่อห่อหุ้มอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนที่มีการสปาร์ก เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนที่เกิดจากประกายไฟสัมผัสกับไอระเหยของสารไวไฟได้โดยตรง

เทคนิคการป้องกันแบบนี้นิยมใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ เช่น คาปาซิเตอร์ และหม้อแปลงขนาดเล็ก เป็นต้น

- Encapsulation Type “m” Protection



รูปที่ 2.93 Encapsulation Type “m” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้วิธีการเคลือบปิดส่วนที่อาจมีการสปาร์กไว้ด้วยฉนวนกันความร้อน เพื่อป้องกันมิให้มีไอระเหยของสารไวไฟแทรกเข้าไปสัมผัสกับความชื้นที่เกิดขึ้นได้โดยตรง

- Nonincendive Type “n” Protection



รูปที่ 2.94 Nonincendive Type “n” Protection

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีรหัสการป้องกันแบบนี้จะใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าซึ่งตามปกติจะไม่มีกการเกิดสปาร์กที่รุนแรง รวมทั้งจะไม่เกิดความร้อนที่เปลือกหุ้มอุปกรณ์สูงจนสามารถทำให้เกิดการจุดติดไฟได้ โดยใช้เครื่องห่อหุ้มที่ปิดสนิทจนฝุ่น น้ำและแก๊สไม่สามารถผ่านเข้าออกได้ตามเกณฑ์การทดสอบ

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่าความรู้พื้นฐานของมาตรฐานพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) เป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญ ที่จะสามารถทำให้เลือกใช้งานมาตรฐานการป้องกันระเบิดได้อย่างเหมาะสมกับความต้องการของโครงการนั้นๆ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและจัดเตรียมการซื้อเครื่องมือวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและจัดซื้อเครื่องมือวัด เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล รวมไปถึงข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะต่างๆ การกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัดจนไปถึงขั้นตอนการดำเนินการจัดเตรียมการซื้อเครื่องมือวัด ซึ่งผู้เตรียมการสั่งซื้อควรทราบขั้นตอนการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน ขั้นตอนการจัดทำเอกสาร และขั้นตอนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้เครื่องมือวัดที่มีความเหมาะสมและราคาไม่สูง ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นวัตถุประสงค์หลักของการทำธุรกิจแบบรับเหมาก่อสร้าง

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาข้อกำหนดต่างๆของโครงการ (Invitation to Bid: ITB) ซึ่งก็คือเอกสารที่อธิบายถึงลักษณะข้อกำหนดทั่วไปของโครงการ เช่น วัตถุประสงค์ของโครงการ สถานที่ก่อสร้าง รวมไปถึงข้อกำหนดอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัด ซึ่งมีความสำคัญต่อการเลือกเครื่องมือวัดเป็นอย่างยิ่ง โดยข้อกำหนดเหล่านี้จะอ้างอิงมาจากมาตรฐานสากลต่างๆที่มีการยอมรับ เช่น การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบกระจกแก้วมอกระดับ (Glass Gauge) การติดตั้งกระจกแก้วมอกระดับหลายอันเรียงต่อกัน (Overlapping) ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน API RP 551 หรือการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ ต้องติดตั้งตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย เป็นต้น

2. ศึกษากระบวนการต่างๆในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีที่ผลิต HDPE (High Density Polyethylene) เป็นการศึกษาโครงสร้างหลักๆ ตั้งแต่กระบวนการที่มีการนำสารตั้งต้นที่ต้องการใช้ใส่ในเครื่องปฏิกรณ์ (Reactor) เพื่อให้เกิดการทำปฏิกิริยากัน ส่งต่อไปยังถังแยกของเหลวและก๊าซ ในส่วนที่เป็นของเหลวก็จะนำมาผลิตเป็นเม็ดพลาสติก ส่วนที่เป็นก๊าซมีการนำกลับมาควบแน่น ส่วนไหนที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะมีการนำไปเผาทิ้งอย่างสมบูรณ์ การศึกษากระบวนการต่างๆเหล่านี้ก็เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการผลิตอย่างคร่าวๆ

3. ศึกษากระบวนการที่มีเครื่องมือวัดระดับติดตั้งใน P&ID (Piping and Instrument Diagram) เพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการติดตั้งของเครื่องมือชนิดนั้นๆ และศึกษาสภาพแวดล้อมของกระบวนการ เช่น สารในกระบวนการเป็นสารอะไร มีฤทธิ์กัดกร่อนหรือไม่ และลักษณะการติดตั้งเป็นอย่างไร อยู่ในพื้นที่อันตรายหรือไม่ ควรใช้วัสดุประเภทใดเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด ในบางกรณีอาจจะมีการต่อ Nozzle หรือ Block Valve ออกมาจากตัวถังก่อน เพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง ข้อมูลดังกล่าวต้องศึกษาอย่างละเอียดเนื่องจากมีผลต่อการเลือกเครื่องมือวัด

4. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดระดับแต่ละชนิดอย่างละเอียด ว่ามีหลักการอย่างไรในการ

เลือกใช้งาน เพื่อจะได้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับ

1. สิ่งแรกที่จะต้องทำการศึกษาคือ P&ID (Piping and Instrument Diagram) เมื่อได้รับ P&ID แล้วจะต้องนำมาจัดทำเอกสารรายการเครื่องมือวัดโดยแยกตามประเภทของเครื่องมือวัด เช่น เครื่องมือวัดระดับ (Level) เครื่องมือวัดความดัน (Pressure) เครื่องมือวัดอัตราการไหล (Flow) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature) เครื่องมือวัดวิเคราะห์ (Analyzer) และเครื่องมือป้องกัน (Safety Device) เป็นต้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำงานในขั้นตอนต่อไปรวมถึงเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นอีกด้วย

2. การติดต่อกับแผนกต่างๆ เพื่อขอข้อมูลบางส่วนมาจัดทำรายละเอียดของเครื่องมือวัด

- ติดต่อกับแผนกเครื่องกล เพื่อขอข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับถังหรือภาชนะ (Vessel) จุดต่อบนถังของกระบวนการ และการกำหนดขนาดการเชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) เช่น ถัง V-8002 เป็นถัง Flare Knockout Drum เป็นที่มีกระบวนการในการแยกของเหลวและก๊าซ เป็นต้น รวมถึงข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับถัง
- ติดต่อกับแผนกกระบวนการ เพื่อขอข้อมูลว่าสถานะของสารเป็นสถานะใดหรือสารประเภทใด อุณหภูมิและความดันต่างๆที่ออกแบบเป็นอย่างไร เป็นต้น แต่เนื่องจากโครงการยังไม่เริ่มดำเนินการ ดังนั้นข้อมูลที่เป็นอุณหภูมิและความดันขณะทำงานหรือข้อมูลบางอย่างยังไม่สามารถบอกได้ รวมไปถึงการสอบถามว่าบางพื้นที่ว่าเป็นแบบ Package หรือไม่เพราะถ้าเป็นแบบ Package การเลือกและการจัดเตรียมชื่อเครื่องมือวัดจะเป็นหน้าที่ของแผนกอื่นๆ (ตามที่มีการตกลงกัน)
- ติดต่อกับแผนกไฟฟ้า เพื่อขอข้อมูลการแบ่งเขตพื้นที่ระหว่างพื้นที่ที่อยู่ในเขตอันตราย (Hazardous Area) และพื้นที่ที่ไม่อยู่ในเขตอันตราย (Non-hazardous Area) โดยพื้นที่ที่อยู่ในเขตอันตรายสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 โซนคือ โซน 0, 1, 2 ซึ่งการเลือกเครื่องมือวัดที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ต้องมีการคำนึงเขตพื้นที่ด้วย เพราะอาจเกิดการติดไฟและระเบิดได้

3. จัดทำเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัด (Instrument Specification Sheet) โดยการกรอกข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ข้อมูลที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเลือกใช้งาน เพื่อให้เอกสารรายละเอียดนี้กับผู้จัดจำหน่ายและขอใบเสนอราคาของเครื่องมือวัดชนิดนั้นๆ โดยรายละเอียดข้อมูลทั่วไปของเครื่องมือวัดเป็นดังต่อไปนี้

- ข้อมูลทั่วไป (General)

โดยส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ สถานที่ตั้ง เลขที่หน้าเอกสาร หมายเลขประจำท่อหรือถัง เป็นต้น

GENERAL	1	Tag Number		
	2	Service		
	3	P&ID No.		
	4	Area Classification	Location	
	5	Line No.	Line Size	schedule
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material	
	7	Equipment No.	Nozzle No.	

รูปที่ 3.1 รายละเอียดแบบข้อมูลทั่วไป

แต่ในกรณีของเครื่องมือวัดระดับนั้น ข้อมูลที่เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับท่อ (Line) จะไม่มีเพราะใน ITB (Invitation to Bid) มีการกำหนดชัดเจนว่าเครื่องมือวัดระดับในโครงการนี้จะติดตั้ง หรือภาชนะเท่านั้น

- ข้อมูลด้านเงื่อนไขของกระบวนการ (Process Connection)

ในส่วนนี้ข้อมูลจะได้มาจากแผนกกระบวนการ ส่วนใหญ่จะประกอบไปด้วย ชื่อของสาร สถานะของสาร ระดับ อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ เป็นสารมีพิษหรือกัดกร่อนหรือไม่ เป็นต้น

PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase				
	9			Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Level					
	11	Temperature					
	12	Pressure					
	13	Specific Gravity					
	14	Viscosity					
	15	Corrosive	Erosive	Toxic			
16	Design Pressure	Design Temperature					

รูปที่ 3.2 รายละเอียดแบบข้อมูลด้านเงื่อนไขกระบวนการ

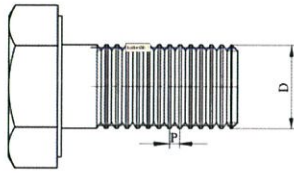
แต่ในกรณีของเครื่องมือวัดระดับในโครงการนี้ยังไม่สมบูรณ์ ข้อมูลด้านกระบวนการในขณะทำงาน (Operation) จึงยังไม่มี

- ข้อมูลด้านเครื่องมือวัด

เครื่องมือวัดแต่ละชนิดนั้น มีข้อมูลด้านเครื่องมือที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการเลือกเครื่องมือวัดต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อมูลด้านกระบวนการ และต้องไม่เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์หรือกระบวนการอื่นๆ การกรอกข้อมูลต้องไม่ระบุข้อมูลที่เจาะจงมากเกินไป เพราะอาจทำให้ผู้จัดจำหน่ายไม่สามารถหาเครื่องมือมาจำหน่ายได้ โดยข้อมูลส่วนใหญ่จะไปเป็นตามข้อกำหนดของโครงการ นั่นคือ

1. ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด: $\pm 0.125\%$
2. การป้องกันระเบิดของอุปกรณ์ไฟฟ้า (Explosion Protection): Ex d IIC T Class ดีกว่าหรือเทียบเท่า เป็นมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าในการป้องกันระเบิด
3. มาตรฐานที่บอกถึงระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำ (Enclosure): IP 65 ดีกว่าหรือเทียบเท่า คือมาตรฐานที่ใช้วัดความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก เลขหลักแรกหมายถึงความสามารถในการกันฝุ่นได้ ซึ่งเลข 6 หมายถึงสามารถกันได้ เลขหลักที่สอง หมายถึงความสามารถในการกันน้ำ ซึ่งเลข 5 หมายถึงสามารถกันได้ในระดับหนึ่ง (ทนต่อการฉีดน้ำได้)

- การเชื่อมต่อกับอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical Connection): M20 x 1.5 ISO โดย M20 จะหมายถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของยอดเกลียว (D) และ 1.5 หมายถึงระยะพิตช์ (P) คือระยะจากยอดเกลียวหนึ่งไปถึงอีกยอดเกลียวหนึ่ง



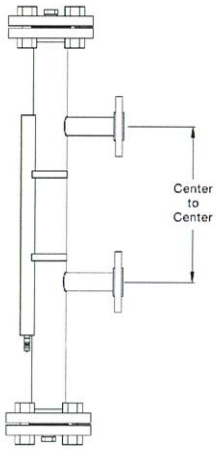
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเกลียว

- สัญญาณเอาต์พุต: Foundation Fieldbus
- การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ความหมายของพื้นที่ Hazardous คือพื้นที่อันตรายที่มีคุณสมบัติของสารไวไฟที่อาจมีใช้หรือเก็บอยู่ในพื้นที่นั้น ก๊าซหรือไอระเหยต่างๆปะปนอยู่ในบรรยากาศ ทำให้เกิดส่วนผสมของเชื้อเพลิงและออกซิเจนที่เหมาะสมที่จะจุดติดไฟได้ ควรหลีกเลี่ยงการติดตั้งระบบไฟฟ้าในบริเวณนี้ แต่ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ต้องมีการเลือกอุปกรณ์ชนิดพิเศษที่ได้รับมาตรฐานป้องกันการระเบิดในพื้นที่อันตรายดังนี้

ข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge)

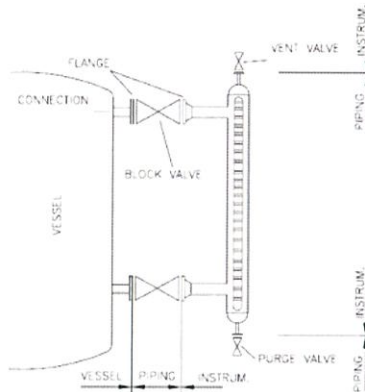
จากข้อกำหนดของโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านทั้งหมด จะติดตั้งกับตัวถังหรือภาชนะ ซึ่งสิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาออกแบบตามข้อกำหนดของโครงการมีดังนี้

- ระยะช่วงการวัดของอุปกรณ์ : แต่ละถังจะมีช่วงการวัดที่แตกต่างกันไป
- ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 2" ANSI 150 lb #RF ความหมายคือ เชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 2 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi ต้องมีการระบุส่วนที่จะนำไปเชื่อมต่อ ต้องมีการกำหนดขนาดของหน้าแปลน และลักษณะรูปแบบของหน้าแปลน โดยหลักๆที่นิยมใช้ในปัจจุบันจะมีดังนี้
 - Raised Face (RF) ลักษณะผิวหน้าแปลนบริเวณที่รับประเก็นจะยกสูงขึ้นเล็กน้อย โดยเป็นผิวหน้าที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะใช้งานสะดวกและป้องกันการรั่วซึมความดันได้ดี
 - Flat Face (FF) ลักษณะผิวหน้าแปลนบริเวณที่รับประเก็นจะเรียบเสมอกันเป็นผิวเดียว ซึ่งควรใช้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงบิดและการแตกร้าวขณะกดน็อตให้แน่น
- การกำหนดช่วง C-C Length (Center to Center): ตามข้อกำหนดของแต่ละถัง การกำหนดช่วงนี้ต้องการติดตั้งตั้งแต่ศูนย์กลางของหน้าแปลนหนึ่งกับอีกหน้าแปลนหนึ่งดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ช่วง C to C

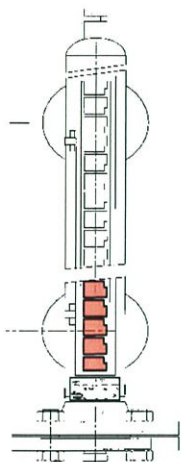
4. Visible Length: หมายถึงช่วงที่จะมีการมองเห็นระดับ โดยค่าจะเท่ากับ C-C Length
5. การเชื่อมต่อท่อระบายน้ำ (Drain Valve): 3/4" NPT(F) เป็นแบบ Ball Valve
 การเชื่อมต่อท่อระบายก๊าซ (Vent Valve): 3/4" NPT(F) เป็นแบบ Ball Valve



รูปที่ 3.5 การต่อ Drain-Vent Valve

รวมถึงควรมีการติดตั้งบล็อกวาล์วระหว่างเครื่องมือวัดระดับกับถังด้วย เพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง โดยตามข้อกำหนดโครงการ การเชื่อมต่อให้ใช้เป็นแบบหน้าแปลนยก (Raised Face)

6. วัสดุที่ใช้ในการทำ Chamber และ Float: 316 SS (เหล็กกล้าไร้สนิม)
7. การแสดงผล: สีแดง/สีดำ (เป็นการเลือกแสดงผลด้วยสี ความหมายคือเมื่อมีระดับถึงตำแหน่งใดจะเป็นสีแดง ส่วนอื่นจะเป็นสีดำ)



รูปที่ 3.6 การแสดงผลของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน

ข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

จากข้อกำหนดของโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่างทั้งหมดจะติดตั้งกับตัวถังหรือภาชนะ ซึ่งสิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาออกแบบตามข้อกำหนดของโครงการมีดังนี้

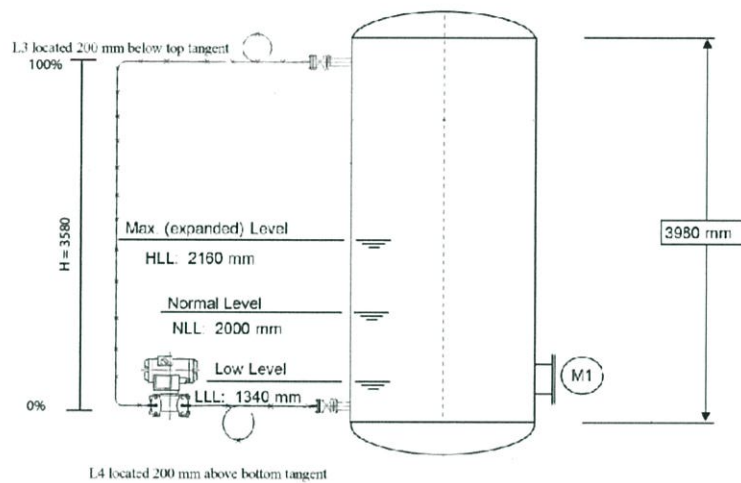
1. ย่านการวัดของเครื่องมือวัด: ตามบริษัทผู้จัดจำหน่าย แต่ต้องครอบคลุมย่านการสอบเทียบของอุปกรณ์ที่ได้มาจากการคำนวณ
2. วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: อะลูมิเนียม
3. ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3" ANSI 150 lb #RF ความหมายคือ เชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi (โดยคลาสจะเป็นไปตามข้อกำหนดของถังแต่ละถังจะมีตั้งแต่ 150, 300, 600 จนถึง 900 psi สำหรับการทนอุณหภูมิและความดันจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับถังแต่ละถัง)
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า: 2 Wires 24 V DC Loop Powered เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ สัมผัสกับเซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิเตอร์

กรณีผู้ออกแบบใช้ Diaphragm จะต้องมีการคำนวณ จึงขอยกตัวอย่างการคำนวณช่วงการวัดของทรานส์มิเตอร์วัดระดับชนิดความดันแตกต่างสำหรับถัง LT-30520 ซึ่งก่อนจะทำการคำนวณต้องเลือกรูปแบบการติดตั้งให้เหมาะสมกับกระบวนการก่อน

- การติดตั้ง: แบบ Remote Diaphragm Seal รวมถึงควรมีการติดตั้งบล็อกวาล์วระหว่างเครื่องมือวัดระดับกับถังด้วย เพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง โดยข้อกำหนดการติดตั้งของโครงการ (รูปแบบการติดตั้งจะกล่าวถึงในบทที่ 2)
- ความยาวของ Capillary Tube: 5 m ทั้งด้าน High และ Low
- ช่วงของการสอบเทียบ: ตามข้อกำหนดของโครงการ แต่จะต้องทำการคำนวณช่วงการอ่าน
- ย่านการวัดของเครื่องมือวัด: $-50,800 \text{ mmH}_2\text{O}$ ถึง $50,800 \text{ mmH}_2\text{O}$

- การติดตั้งทรานส์มิเตอร์: ติดตั้งติดกับท่อสแตนเลสขนาด 2 นิ้ว
- ของเหลวที่เติมลงไประหว่างเซ็นเซอร์วัดความดัน: Silicone Oil (SG=1.07)
- การติดตั้ง Flushing Connection: ต้องทำการติดตั้งด้วย ในกรณีที่มีการใช้ไดอะแฟรม (เป็นอุปกรณ์สำหรับทำความสะอาดไดอะแฟรม เมื่อมีสิ่งสกปรกมาติด)

ตัวอย่าง: กรณีน้ำในถัง LT-30520 มีความสูงทั้งหมด 3,980 mm กำหนดให้เอาต์พุตของทรานส์มิเตอร์มีค่า 4 mA ที่ระดับความสูง 200 mm วัดจากก้นภาชนะเป็นตำแหน่งที่ทรานส์มิเตอร์วัดความดันแตกต่างติดตั้งอยู่ ส่วนเอาต์พุตของทรานส์มิเตอร์มีค่า 20 mA ที่ระดับความสูง 3,780 mm วัดจากก้นภาชนะ



รูปที่ 3.7 ความสูงของถัง LT-30520

หมายเหตุ: ในรูปที่ 3.7 ใช้ Capillary Tube ด้านความดันต่ำ ดังนั้นวิธีการคำนวณจะเหมือนการต่อทรานส์มิเตอร์แบบ Wet Leg ทั้งนี้เพราะใน Capillary Tube จะมีการเติม Silicone Oil จนเต็ม และการติดตั้งทรานส์มิเตอร์ด้านความดันสูงอยู่ในระดับเดียวกับระดับต่ำสุดที่ต้องการวัด ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีการชดเชยใดในส่วนของทรานส์มิเตอร์ จากรูปที่ 3.7 ค่าระดับที่กำหนดเป็น Low Level, Normal Level และ Max Level เป็นค่าระดับที่ใช้สำหรับสัญญาณ Alarm ซึ่งจะถูกกำหนดไว้ใน DCS)

จากสมการ $P = SG \times h$ เมื่อความสูงมีหน่วยเป็น mmH_2O ดังนั้นความดันที่วัดได้จะอยู่ในหน่วยของ mmH_2O

เอาต์พุตที่ 4 mA (0%)

$$\begin{aligned} \text{HP} - \text{LP} &= (\text{SG of Process} * 0) - (\text{SG of Capillary} * 3,580) \\ &= (0.92*0) - (1.07*3,580) \end{aligned}$$

$$= -3,830.6 \text{ mmH}_2\text{O}$$

เอาต์พุตที่ 20 mA (100%)

$$\text{HP} - \text{LP} = (\text{SG of Process} * 3,580) - (\text{SG of Capillary} * 3,580)$$

$$= (0.92 * 3,580) - (1.07 * 3,580)$$

$$= -537 \text{ mmH}_2\text{O}$$

ช่วงการวัด(Span)

$$= 3293.06 \text{ mmH}_2\text{O}$$

ดังนั้นจึงมีช่วงการวัดตั้งแต่ -537 ถึง -3830.6 mmH₂O ในการเลือกใช้งาน ต้องเลือกทรานส์มิเตอร์ที่มีย่านการวัดครอบคลุมค่าที่คำนวณได้

ตารางที่ 3.1 ตารางการคำนวณช่วงการวัด

Distance From Bottom Tank	Transmitter DP mmH ₂ O.	Transmitter Output mA	DCS Display %.
3,780	-537	20	100
2,885	-1,360	16	75
1,990	-2,184	12	50
1,095	-3,007	8	25
200	-3,831	4	0

จากตารางที่ 3.1 เป็นตารางที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับของของไหลที่อยู่ในถังกับความดันแตกต่างของทรานส์มิเตอร์ เช่น เมื่อระดับของไหลในถังอยู่ที่ปริมาณ 200 mm ทรานส์มิเตอร์จะแสดงค่าเป็น -3.831 mmH₂O ให้สัญญาณ 4 mA และเอาต์พุตที่ DCS จะแสดงเป็นค่า 0 % และเมื่อระดับของไหลในถังอยู่ที่ปริมาณ 3,780 mm ทรานส์มิเตอร์จะแสดงค่าเป็น -537 mmH₂O ให้สัญญาณ 20 mA และเอาต์พุตที่ DCS จะแสดงเป็นค่า 100 % เป็นต้น

ข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับแบบเครื่องมื่อวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

จากข้อกำหนดของโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar ทั้งหมดจะติดตั้งกับตัวถังหรือภาชนะ ซึ่งสิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาออกแบบตามข้อกำหนดของโครงการมีดังนี้

1. ระยะช่วงการวัดของอุปกรณ์: แต่ละถังจะมีช่วงการวัดที่แตกต่างกันไป
2. ตำแหน่งของการติดตั้ง: บนหัวถัง (การติดตั้งส่วนใหญ่จะต้องติดตั้งบนหัวถังเท่านั้น เพื่อเป็นการวัดระดับอย่างต่อเนื่อง)

3. ระดับสูงสุด-ต่ำสุด: เป็นการกำหนดระดับสูงสุด-ต่ำสุดที่จะส่งสัญญาณเตือน โดยจะมีการนำค่าที่วัดได้จากทรานส์มิเตอร์ไป SET ค่าต่อใน DCS
4. การเลือกใช้งานของโพรบ: ตามข้อกำหนดของโครงการ เมื่อความยาวช่วงที่ต้องการวัดต่ำกว่า 10 ฟุต (3.048 เมตร) จะเลือกใช้โพรบแบบ Rod และสูงกว่า 10 ฟุตให้ทำการเลือกใช้โพรบแบบ Flexible สำหรับ Coaxial จะไม่ใช่สำหรับโครงการนี้
5. วัสดุที่ใช้ทำโพรบ: 316 SS (เหล็กกล้าไร้สนิม)
6. ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3" ANSI 150 lb #RF ความหมายคือ เชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi
7. Crippled Mode Detection: ติดตั้งด้วย (NAMUR Recommendation NE43) หมายถึงเป็นการกำหนดช่วงของการส่งกระแสไฟฟ้าในช่วงการทำงานต่างๆ โดย NE43 จะมีช่วงของการส่งสัญญาณปกติในช่วง 3.8 - 20.5 mA และถ้าเกิด Burn Down จะอยู่ในช่วงต่ำกว่า 3.6 mA ถ้าช่วง Burn Up จะอยู่ในช่วงสูงกว่า 21 mA ซึ่งการเลือกใช้งานสามารถเลือกได้เป็นแค่เพียงหนึ่งอย่างเท่านั้น ไม่สามารถเลือกพร้อมกันได้

ข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับแบบเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear)

จากข้อกำหนดของโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพทั้งหมด จะติดตั้งกับตัวถังหรือภาชนะ ซึ่งสิ่งที่จะต้องทำการพิจารณาออกแบบตามข้อกำหนดของโครงการมีดังนี้

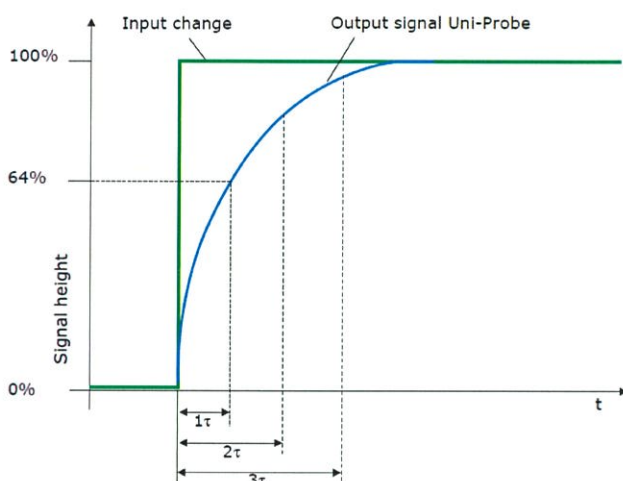
1. ระยะเวลาการวัดของอุปกรณ์: แต่ละถังจะมีช่วงการวัดที่แตกต่างกันไป
2. การวัดเป็นแบบใด: การวัดแบบจุดหรือการวัดแบบต่อเนื่อง เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
3. ความหนาของผนังถัง (Vessel Thickness): ตามขนาดของแต่ละถัง โดยจะหาได้จาก

$$\text{Vessel Thickness} = \text{Outer Diameter} - \text{Internal Diameter}$$

โดยไม่รวมกับการคิดฉนวนของถัง (Insulation) เนื่องจากโครงการนี้ยังอยู่ในระหว่างดำเนินการข้อมูลบางส่วนยังไม่ครบ ดังนั้นในส่วนของความหนาฉนวนจะให้ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย

4. วัสดุที่ใช้เป็นแหล่งของตัวส่ง: Cesium-137 เป็นข้อกำหนดของโครงการ (วัสดุที่ใช้มีหลายชนิดกล่าวไว้ในบทที่ 2)
5. เซนเซอร์ของตัวรับ: Scintillation เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ (ตัวรับจะมีเซนเซอร์อยู่ 2 แบบด้วยกันกล่าวไว้ในบทที่ 2)
6. ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3" ANSI 150 lb #RF ความหมายคือ เชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150psi (คลาสจะเป็นไปตามข้อกำหนดของถังแต่ละถัง)

7. รูเปิดปิดของรังสีที่ผ่าน (Shutter): ตามมาตรฐานผู้จัดจำหน่าย (แต่ควรรู้ไว้เป็นข้อมูลคร่าวๆ โดยหลักๆจะมี 2 แบบด้วยกันคือ Rotary Shutter ใช้การขับเคลื่อนทางกล และ Pneumatic Shutter ใช้การขับเคลื่อนรูเปิดปิดโดยใช้ลม)
8. Time Constant: โครงการไม่ได้กำหนด ดังนั้นโดยปกติจะให้ทางผู้จัดจำหน่ายจะเสนอมานี้ แต่ทั่วไปค่าคงที่ของเวลาจะให้อยู่ที่ประมาณ 20-60 วินาที Time Constant เป็นค่าที่แสดงช่วงเวลาของการตอบสนอง



รูปที่ 3.8 สัญญาณที่ออกมาเกี่ยวกับค่าคงที่ของเวลา

แต่เมื่อเลือกใช้ค่าคงที่เวลานานขึ้น (Longer Time Constant) จากกราฟจะเห็นได้ว่า สัญญาณที่ออกมาจะมีความเที่ยงตรงมากกว่าการใช้เวลานั้นๆ

9. สำหรับการขอราคากับผู้จัดจำหน่ายควรมีการแนบไฟล์ของถึงไปได้ด้วยได้ เพื่อความเที่ยงตรงในการใช้งานและการติดตั้ง

ข้อมูลของเครื่องมือวัดระดับแบบเครื่องมือวัดระดับแบบสวิทช์โดยการสั่นหรือส้อมเสียง (Vibration Level Switch)

จากข้อกำหนดของโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสวิทช์โดยการสั่นและอ่านค่าทั้งหมดจะติดตั้งกับตัวถังหรือภาชนะ ซึ่งสิ่งที่ต้องทำการพิจารณาออกแบบตามข้อกำหนดของโครงการมีดังนี้

1. ระยะช่วงการวัดของอุปกรณ์: แต่ละถังจะมีช่วงการวัดที่แตกต่างกันไป
2. ตำแหน่งของการติดตั้ง: แต่ละถังจะติดตั้งไม่เหมือนกัน เนื่องจากมีวัตถุประสงค์ในการวัดที่แตกต่างกันไป ตามข้อกำหนดของโครงการ

3. ส่วนเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3" ANSI 150 lb #RF ความหมายคือ เชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi (คลาสจะเป็นไปตามข้อกำหนดของถังแต่ละถัง)
4. ชนิดของสวิตช์: DPDT เป็นข้อกำหนดของโครงการ แต่แท้จริงแล้วมีหลายลักษณะให้เลือกใช้ด้วยกันดังต่อไปนี้

I. SPST (Single Pole Single Throw) มีหนึ่งเอาต์พุตและอินพุตหนึ่ง ใช้ทำหน้าที่เปิดปิดวงจร



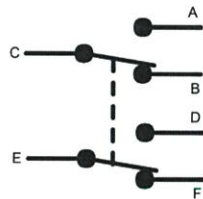
รูปที่ 3.9 SPST

II. SPDT (Single Pole Double Throw) มีขาใช้งาน 2 ขา ใช้ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร ใช้เป็นสวิตช์เลือก 2 ทาง



รูปที่ 3.10 SPDT

III. DPDT (Double Pole Double Throw) มีขาใช้งาน 6 ขา ใช้ทำหน้าที่เปิดและปิดวงจร 2 ชุดพร้อมกัน



รูปที่ 3.11 DPDT

5. การตั้งสถานะการทำงาน (Contact Status): จะเป็นการกำหนดหน้าสัมผัสกับการทำงาน โดยเช่น เปิดหน้าสัมผัส-เมื่อระดับถึงสูง
6. วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: อะลูมิเนียม

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการจัดเตรียมซื้อเครื่องมือวัด

1. เมื่อกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัดเรียบร้อยแล้ว จัดทำเอกสารรายละเอียดต่างๆ และส่งไปยังผู้จัดจำหน่ายเพื่อขอใบเสนอราคา โดยดำเนินการส่งให้ผู้จัดจำหน่ายตามที่บริษัทกำหนดอย่างน้อย 3 ราย ต่อเครื่องมือวัด 1 ประเภท

2. เปรียบเทียบผู้จัดจำหน่ายเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เช่น ผู้จัดจำหน่ายไม่สามารถจัดหาเครื่องมือวัดตามต้องการให้ได้ อาจเนื่องมาจากตกรุ่นหรืออะไรก็ตาม ซึ่งผู้จัดจำหน่ายอาจจะมีการเสนอรุ่นที่ดีกว่า ดังนั้นต้องมีการติดต่อสื่อสารกันเพื่อให้เข้าใจตรงกันในรายละเอียดต่างๆ ของเครื่องมือวัด
3. ติดตามขอเอกสารใบเสนอราคาจากบริษัทผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายที่ขอในตอนแรก สำหรับบางกรณีผู้จัดจำหน่ายบางรายไม่ส่งเอกสารภายในระยะเวลาที่กำหนดทำให้เกิดความล่าช้าในขั้นตอนนี้ จะทำการยกเลิกใบเสนอราคา เพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าในการทำงานขั้นต่อไป
4. เมื่อได้รับใบเสนอราคามาแล้ว จะทำการตรวจสอบเอกสารที่ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายแนบมา และทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่รับมาตรงกับความต้องการหรือไม่ โดยตรวจสอบรายละเอียดต่างๆ เพื่อยืนยันความถูกต้อง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการเจรจาต่อรองกับผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้ได้ราคาที่เหมาะสม
5. จัดทำเอกสารแสดงการเปรียบเทียบราคา (Commercial Bid Tabulation) ภายในเอกสารนี้จะประกอบด้วยข้อมูลของเครื่องมือวัดชนิดนั้น และราคาที่แต่ละบริษัทผู้จัดจำหน่ายส่งมา โดยนำมาเปรียบเทียบ เพื่อหาเครื่องมือวัดที่ตรงกับความต้องการและมีราคาถูกที่สุด

บทที่ 4

ผลการดำเนินการออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรม

ในบทนี้จะอธิบายถึงเหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับชนิดต่างๆ การเลือกชนิดของเครื่องมือวัดและอธิบายถึงรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่เลือกใช้ รวมไปถึงการติดตั้ง ซึ่งเครื่องมือวัดระดับประกอบด้วยเครื่องมือวัดระดับแบบกระจกมองระดับ (Glass Gauge) และเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge) เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีความดันแตกต่าง (Differential Pressure) เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar) เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) และเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch)

4.1 เครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge)

4.1.1 เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ

จาก P&ID รูปที่ 4.2 บริเวณที่ติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน ดังที่เป็นแบบ Flash-line Condensate Pot เป็นกระบวนการที่รับมาจากถังที่จะทำการแยกของเหลวและก๊าซ โดยก๊าซที่ถูกแยกออกมาจะถูกส่งไปกลับไปทำการควบแน่นใหม่ เพื่อทำให้เป็นของเหลวและสามารถนำกลับไปเป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง โดยกระบวนการควบแน่นให้ก๊าซกลายเป็นของเหลวนั้น กระบวนการนี้จะมีการสะสมของเหลวจึงต้องมีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบอ่านค่าตลอดเวลา เพื่อดูระดับของของเหลวที่แท้จริง การเลือกติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านมีความเหมาะสม เพราะสารที่ใช้ในกระบวนการนี้มีสีใส มีไอน้ำ และที่สำคัญคือถังมีขนาดสูงพอสมควร การเลือกใช้เครื่องมือวัดแบบกระจกมองระดับอาจต้องนำเงาของวาล์วบัง (Overlapping) ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้ง การเลือกใช้เครื่องมือวัดแบบใช้แม่เหล็กในการอ่านค่าจึงมีความเหมาะสมกว่า มีความเที่ยงตรงน่าเชื่อถือมากกว่า โดยรูปที่ 4.1 แสดงลักษณะโดยทั่วไปของ Condensate Pot



รูปที่ 4.1 Condensate Pot

เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน (Magnetic Gauge) เป็นเอกสารที่ระบุข้อมูลเฉพาะทางต่างๆทั้งหมดที่เกี่ยวกับเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กในการอ่าน เพื่อนำเอกสารนี้ให้ทางผู้จัดจำหน่ายเสนอราคา เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับใช้แบบแม่เหล็กใช้การอ่านแต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงยกตัวอย่างมา 1 ตัวจากทั้งหมด 33 ตัว

4.1.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ

I. ข้อมูลทั่วไปที่สามารถหาได้จาก P&ID ดังรูปที่ 4.2 เป็นดังนี้

- 1) เลขที่ประจำตัวของเครื่องมือวัด: LG-86305
- 2) สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด: Flash-line Condensate Pot
- 3) เลขหน้าที่เอกสาร P&ID: CPCC-437
- 4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งบริเวณที่ Field
- 5) หมายเลขของถัง: V-4224

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: น้ำ
- 2) สถานะของของไหล: ของเหลว
- 3) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 143°C และ 1.2 Mpa (G)


III. ข้อมูลของเครื่องมือวัดประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 2" ANSI 150 lb #RF ตามข้อกำหนดของโครงการคือ มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 2 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi
- 2) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: 316 SS (เหล็กกล้าไร้สนิม)
- 3) ชนิดของเครื่องมือวัด: Magnetic Level Gauge
- 4) ช่วงการวัดของ C to C Length: 1340 mm
- 5) ช่วงของการอ่านค่า (Visible Length): 1340 mm
- 6) ตำแหน่งการติดตั้ง: ด้านข้างของถัง
- 7) วัสดุที่ใช้ในการทำเครื่องมือวัด (Body): 316 SS (เหล็กกล้าไร้สนิม)
- 8) วัสดุที่ใช้ในการทำลูกลอย (Float): 316 SS (เหล็กกล้าไร้สนิม)
- 9) การแสดงผล: สีเหลือง/สีดำ (เป็นการเลือกสีของการวัด ความหมายคือเมื่อมีระดับถึงตำแหน่งใดจะเป็นสีเหลือง ส่วนอื่นจะเป็นสีดำ)
- 10) อื่นๆ

การแสดงผลเป็นหน่วย: เมตร หรือเซนติเมตร

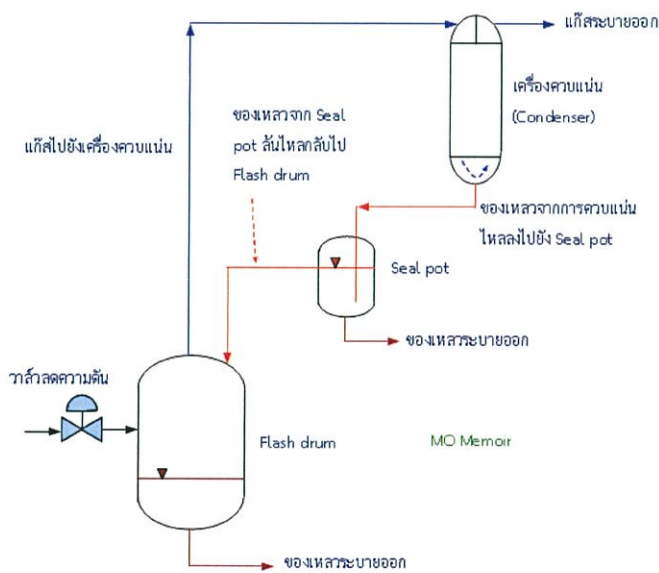
IV. ข้อมูลด้านการระบายออกของน้ำและก๊าซประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) การเชื่อมต่อที่ระบายน้ำ (Drain Valve): 3/4" NPT (F) เป็นแบบ Ball Valve
- 2) การเชื่อมต่อที่ระบายก๊าซ (Vent Valve) : 3/4" NPT (F) เป็นแบบ Ball Valve

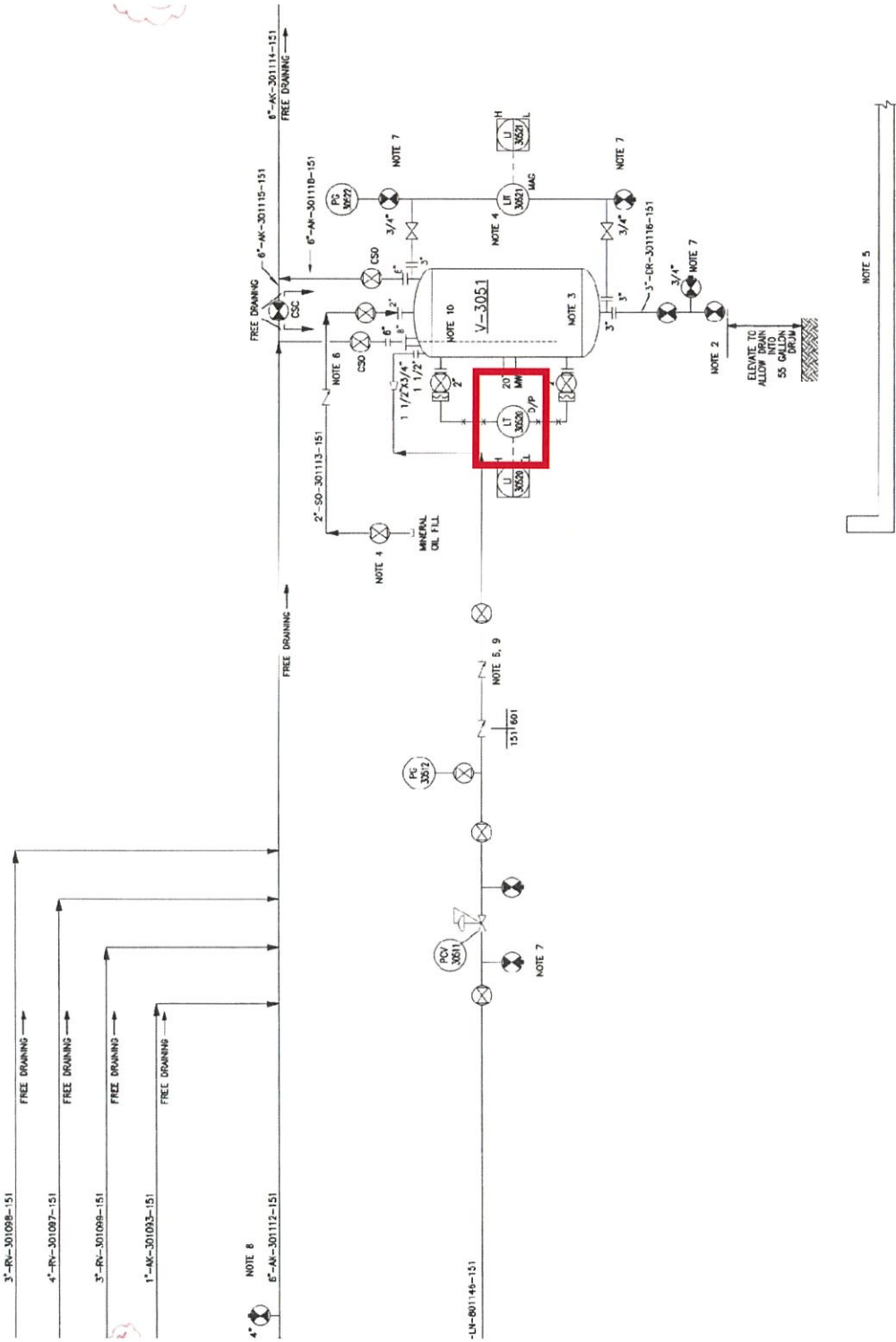
GENERAL	1	Tag Number			LG-43731			
	2	Service			Flashline Condensate Pot			
	3	P&ID No.			CPCC-437			
	4	Area Classification	Location		Hazardous Zone		Field	
	5	Line No.	Line Size	schedule				
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material					
	7	Equipment No.	Nozzle No.		V-4224			
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		CONDENSATE (Water)		Liquid	
	9				Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Temperature						
	11	Pressure						
	12	Specific Gravity						
	13	Viscosity						
	14	Corrosive	Erosive	Toxic				
	15	Design Temperature	Design Pressure		143	°C	1.20	Mpa(G)
16	Specific Gravity@Base 20 °C							
GAUGE	17	Connection Size	Type & Rating		2"		ANSI 150 lb, RF	
	18	Connection Materials			316 SS			
	19	Type			Magnetic Level Gauge			
	20	C to C Range	Visible Length		1340 mm.		1340mm.	
	21	Connection Location			Side Mounting			
	22	Body Material			316 SS			
	23	Float Material	Min. Float Density		316 SS		Mfr.Std.	
	24	Indication Type			Yellow / Black (Magnetic bargraphs)			
25	Other			Indicator Scale : Meters / Centimeters				
VENT / DRAIN	26	Drain Connection	Size	Rating	3/4" NPT (F)		ANSI 150 lb, RF	
	27	Description			Ball Valve			
	28	Vent Connection	Size	Rating	3/4" NPT (F)		ANSI 150 lb, RF	
	29	Description			Ball Valve			
SPOOL PIECES	30	Top Connection	Size	Rating	-		-	
	31	Description			-			
	32	Bottom Connection	Size	Rating	-		-	
	33	Description			-			
	34							
TRANSMITTER / SWITCH	35							
	36	Mounting			-			
	37	Control Mode			-			
	38	Power Supply	Electrical Connection		-		-	
	39	Output			-			
	40	Calibration Min.	Max.		-		-	
	41	Alarm Contact	No.	Form	Voltage	-		-
	42	Rating	Action	Current	-		-	
43	Explosion Protection	Enclosure		-		-		
44								
PURCHASE	45	Manufacturer	Model					
	46	Detailed Model						
	47	Purchase Order No.	Requisition No.					
	48	Serial Number						
ADDITIONAL FEATURES	49	Drawing No.						
	50	Certification			Material, Calibration, Inspection Test Plan.			
	51	Information Drawing No.						
Notes:								
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Magnetic Level Gauge</p> </div> <div style="text-align: right;">  <p>บริษัท ทีซีพีแอล จำกัด (มหาชน) TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED</p> </div> </div>								
No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc. No.	Sheet of

รูปที่ 4.3 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับใช้แม่เหล็กใช้การอ่าน (Magnetic Gauge)

ออกมาจะระบายออกที่ด้านล่าง ส่วนแก๊สซึ่งเบากว่าจะออกไปทางด้านบนและไหลไปที่เครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อควบแน่นแก๊สให้กลายเป็นของเหลว สำหรับแก๊สที่ไม่สามารถควบแน่นได้จะถูกระบายออกที่ด้านบนของเครื่องควบแน่น ของเหลวที่ได้จากการควบแน่นจะไหลออกทางด้านล่างกลับมาที่ถัง Flash Drum ในกรณีที่ไม่มี Seal Pot มีความเป็นไปได้ที่แก๊สจากถัง Flash Drum จะไหลย้อนสวนทางกลับไปเครื่องควบแน่นผ่านทางท่อระบายของเหลวจากการควบแน่น (เส้นสีแดง) ดังนั้นจึงมีการติดตั้งถัง Seal Pot เพื่อป้องกันไม่ให้แก๊สไหลย้อนกลับดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จากรูปในถัง Seal Pot จะเห็นว่าปลายท่อของเหลวจากการควบแน่นจะอยู่ต่ำกว่าระดับของเหลวใน Seal Pot เมื่อระดับของเหลวจากการควบแน่นสะสมใน Seal Pot มากพอก็ไหลกลับมาที่ถัง Flash Drum โดยผ่านทางช่องทางออกที่อยู่สูงกว่าปลายท่อ ซึ่งระยะทางระหว่างปลายท่อที่จุ่มในของเหลวกับช่องทางให้ของเหลวไหลออกจาก Seal Pot เป็นตัวกำหนดความดันขั้นต่ำของแก๊ส ที่ทำให้แก๊สจากถัง Flash Drum สามารถไหลสวนทางย้อนกลับขึ้นไปตามท่อระบายของเหลวได้ (เส้นสีแดง) ดังนั้นใน Seal Pot จึงต้องมีการวัดระดับของเหลวเพื่อป้องกันไม่ให้ระดับของเหลวต่ำกว่าปลายท่อของท่อที่ต่อมาจากเครื่องควบแน่น ด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับแบบความดันแตกต่างเพราะสามารถใช้งานได้ง่ายและติดตั้งง่าย ราคาถูก สามารถใช้งานในภาวะปิด นอกจากนี้ของเหลวไม่ได้เป็นสารกัดกร่อนหรือมีพิษ การเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่างจึงมีความเหมาะสม



รูปที่ 4.5 กระบวนการที่มีการติดตั้ง Seal Pot



รูปที่ 4.6 P&ID ที่เครื่องมือวัดระดับแบบวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) ติดตั้งอยู่

เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure) เป็นเอกสารที่ระบุข้อมูลเฉพาะทางต่างๆทั้งหมดที่เกี่ยวกับเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่าง เพื่อนำเอกสารนี้ให้ทางผู้จัดจำหน่ายเสนอราคา เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่างแต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงยกตัวอย่างมา 1 ตัวจากทั้งหมด 63 ตัว

4.2.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ

I. ข้อมูลทั่วไปที่สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังรูปที่ 4.6 ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) เลขที่ประจำตัวของเครื่องมือวัด: LT-30520
- 2) สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด: Neat Alkyl Seal Pot
- 3) เลขหน้าที่เอกสาร P&ID: CPCC-305
- 4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งบริเวณที่ Field
- 5) หมายเลขของถัง: V-3051

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: Mineral Oil
- 2) สถานะของของไหล: ของเหลว
- 3) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 309°C และ 345 Kpa (G)

III. ข้อมูลด้านทรานส์มิเตอร์ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) ย่านการวัดของเครื่องมือวัด: -50800.00 mmH₂O ถึง 50800.00 mmH₂O (ตามมาตรฐานผู้จัดจำหน่าย)
- 2) ช่วงของการสอบเทียบ: -537 mmH₂O ถึง -3830.6 mmH₂O (จากการคำนวณในบทที่ 3)
- 3) วัสดุที่ใช้ทำห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: Aluminum
- 4) ชนิดของเซนเซอร์ที่ใช้: Diaphragm
- 5) วัสดุของเซนเซอร์ที่ใช้: 316L SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
- 6) วัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิเตอร์ (Body): 316L SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
- 7) วัสดุของหน้าแปลนการเชื่อมต่อ: 316L SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
- 8) วัสดุที่ใช้ทำ O-ring: 316LL SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น) (O-ring เป็นวัสดุที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงกลม จะทำหน้าที่เป็นซีล (Seal) กันรั่วซึมของของไหล)

- 9) สารที่เติม: Silicone
- 10) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า: 24Vdc Loop Powered
- 11) สัญญาณเอาต์พุต: Foundation Fieldbus
- 12) การเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์: M20 x 1.5 ISO
- 13) การป้องกันระเบิด: ATEX : Exd IIC T6 (อธิบายไว้ในบทที่ 3)
- 14) มาตรฐานการป้องกัน: NEMA 4X, IP65 (Ingress Protection) ตามข้อกำหนดโครงการหรือมากกว่า
 - NEMA 4X: เป็นมาตรฐานที่บ่งบอกถึงความสามารถในการป้องกันอันตรายของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นมาตรฐานของสมาคมผู้ประกอบการไฟฟ้าสหรัฐอเมริกา โดย 4X มีค่าเทียบเท่ากับ IP 65 ซึ่งกันน้ำ, กันฝุ่น และต้านทานการกัดกร่อน ทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนสูง ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี
 - IP 65 คือมาตรฐานที่ใช้วัดความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก เลขหลักแรก หมายถึงความสามารถในการกันฝุ่นได้ซึ่งเลข 6 สามารถกันได้ เลขหลักที่สอง หมายถึงความสามารถในการกันน้ำ ซึ่งเลข 5 สามารถกันได้ในระดับหนึ่ง (ทนการฉีดน้ำได้)
- 15) ความเที่ยงตรง : +/- 0.125 mm
- 16) การติดตั้ง: แบบ Remote Diaphragm Seal


IV. ข้อมูลของเครื่องมือวัดประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการด้าน High และ Low: 3" ANSI150 #RF ตามข้อกำหนดของโครงการคือ มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi
- 2) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการด้าน High และ Low: 316L SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
- 3) สารที่เติม: Silicone Oil
- 4) Flushing Connection: Yes, High และ Low (เป็นอุปกรณ์สำหรับทำความสะอาดไดอะแฟรมเมื่อมีสารสกปรกมาเกาะติด)
- 5) วัสดุและชนิดของ Capillary: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
- 6) ความยาวของ Capillary: 5m* 2 Side

V. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

- 1) LCD Display: Integral LCD Display (เป็นอุปกรณ์เสริมภายในเพื่อมาแสดงผล โดยที่เป็นแค่จอแสดงผลไม่สามารถปรับแต่งค่าได้)

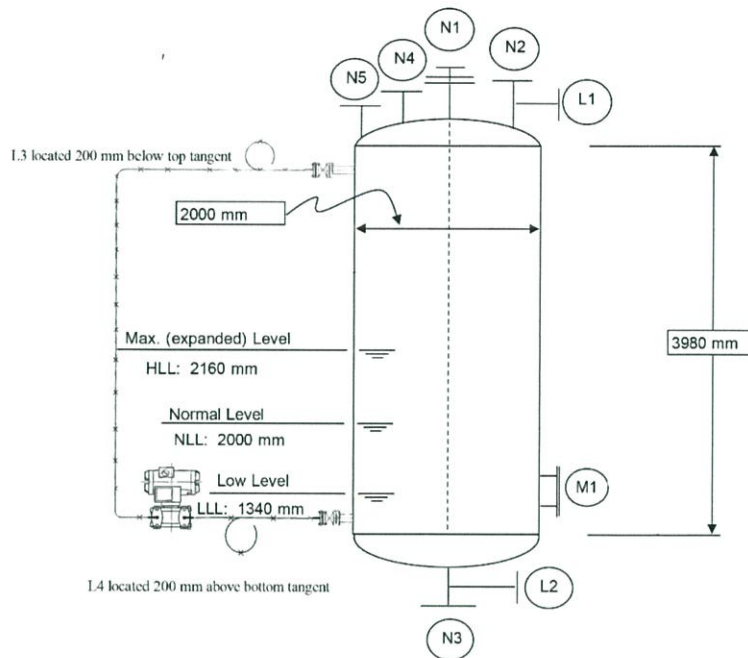
- 2) จอแสดงผลของรีโมท (Remote LCD Display): Yes (เป็นจอแสดงผลของอุปกรณ์เสริมอยู่ในทรานส์มิเตอร์แบบ Remote ที่ลากสายออกมา)
- 3) การป้องกันฟ้าผ่า: External (โดยส่วนใหญ่ถ้ามีส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ก็มีการติดตั้งไว้เสมอ)
- 4) การติดตั้งของทรานส์มิเตอร์: ติดตั้งติดกับท่อสแตนเลสขนาด 2 นิ้ว
- 5) เอกสารใบรับรอง: Material, Calibration, Ex_proof
- 6) Crippled Mode Detection: Yes (NAMUR recommendation NE43) หมายถึงเป็นการกำหนดช่วงของการส่งกระแสไฟฟ้าในช่วงการทำงานต่างๆ โดย NE43 จะมีช่วงของการส่งสัญญาณปกติในช่วง 3.8 - 20.5 mA และถ้าเกิด Burn Down จะอยู่ในช่วงต่ำกว่า 3.6 mA ถ้าช่วง Burn Up จะอยู่ในช่วงสูงกว่า 21 mA โดยสามารถเลือกการใช้งานได้เป็นแค่เพียงหนึ่งอย่างเท่านั้นไม่สามารถเลือกพร้อมกันได้

GENERAL	1	Tag Number		LT -30520			
	2	Service		Neat Alkyl Seal Pot			
	3	P&ID No.		CPCC-305			
	4	Area Classification	Location	Hazardous Zone		Field	
	5	Line No.	Line Size	schedule			
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material				
	7	Equipment No.	Nozzle No.		V-3051		
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	Mineral Oil containing TEAL		Liquid	
	9			Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Level					
	11	Temperature					°C
	12	Pressure					kgf/cm ² -g
	13	Specific Gravity					
	14	Viscosity					cP
15	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-	
16	Design Pressure	Design Temperature		345	Kpa(G)	309	°C
TRANSMITTER	17	Instrument Range : Min. Max.		-50800	mmH2O	50800	mmH2O
	18	Calibration Range : Min. Max.		-3830.6	mmH2O	-537	mmH2O
	19	Housing Material		Stainless Steel			
	20	Element Type	Element Material		Diaphragm	316L SS	
	21	Body Material	Body Rating		316L SS	Mfr. Std.	
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material		316L SS	316L SS	
	23	Wetted O-Rings Material		316L SS			
	24	Fill Fluid		Silicone			
	25	Power Supply	Output		24 Vdc loop powered	Foundation Fieldbus	
	26	Explosion Protection	Enclosure		ATEX : Ex d IIC T6	NEMA 4X, IP65	
	27	System Accuracy		+/- 0.125% of span			
	28	Process Connection	Electrical Connection		Remote Diaph. Seal	M20 X 1.5 ISO	
	29						
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side	3"	3"	
	31	Rating		ANSI 150 lb, RF			
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	316 SS	316 SS	
	33	Upper Housing Material :	Hi Side	Lo Side	316 SS	316 SS	
	34	Lower Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-	-	
	35	Fill Fluid	Flushing Connection		Silicone Oil	Yes, Hi & Low sides	
	36	Capillary Material		Mfr. Std.(rec. PVC Coating on 316 SS)			
	37	Capillary Type	Capillary Length		Mfr. Std.(rec. Armoured Capillary)	5 m. * 2 side.	
38							
OPTIONS	39	LCD Display		Integral LCD Display			
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.		Yes, Tag. LI -30520	-	
	41	Hydrostatic Testing		-			
	42	Cleaning		-			
	43	Surge Protection		Integral			
44	Manifold Valve	Material	Process Connection	-	-	-	
45	Mounting Bracket		Mounting bracket with pipe 2".				
PURCHASE	46	Manufacturer	Model				
	47	Detailed Model					
	48	Purchase Order No.	Requisition No.				
	49	Serial Number					
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.					
	51	Certification		Material, Calibration, Ex_proof			
	52	Information Drawing No.					
53	Crippled Mode Detection		Yes (NAMUR recommendation NE 43)				
Notes: See notes							
				DP Level Transmitter		 บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED	
No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc. No:
						Sheet	of

รูปที่ 4.7 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมีวัดระดับแบบ

วิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

4.2.3 ลักษณะการติดตั้ง



รูปที่ 4.8 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบ
วิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

การติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบวิธีวัดความดันแตกต่างนั้น ตามข้อกำหนดของโครงการมีการติดตั้งด้านล่างและด้านบนของเครื่องมือวัด อยู่สูงกว่าและต่ำกว่าจุดสัมผัสด้านบนและด้านล่าง (Above Bottom or Below Top of Tangent) 200 mm และต้องมีการติดตั้งปลอกควาล์วทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุง สิ่งสำคัญสำหรับการติดตั้งกับสารที่มีความหนืดควรใช้ไดอะแฟรมร่วมด้วยและเมื่อมีการใช้ไดอะแฟรมก็ต้องมีการติดตั้ง Flushing เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับคอยทำความสะอาดไดอะแฟรมเวลาที่มีสิ่งสกปรกมาติด และการติดตั้งขั้นต่ำสำหรับการใช้ไดอะแฟรมคือ 3 นิ้วเชื่อมต่อหน้าแปลนแบบ Raise Face ตามข้อกำหนดโครงการ ส่วน Capillary Tube ให้ทำตามคำแนะนำมาตรฐานผู้จัดจำหน่ายว่าควรยาว 5 m ทั้งสองด้าน เมื่อวัดระดับของของไหลว่าอยู่ในระดับใดก็จะมีค่าไปเพื่อแสดงผล โดยกระบวนการนี้จะมีการควบคุมระดับให้แสดงสัญญาณเตือนเมื่อระดับของเหลวต่ำสุดที่ 1340 mm และระดับสูงสุดที่ 2160 mm เพราะถ้าของเหลวเกินระดับที่กำหนดอาจจะทำให้เกิดการเสียหายต่อระบบได้จึงต้องมีการป้องกัน

4.3 เครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

4.3.1 เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ

จากรูปที่ 4.9 เป็นกระบวนการของ Flare Knockout Drum ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของหอเผาที่ (Flare) โดยหอเผาที่มีความสำคัญมากต่อโรงงานในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ความปลอดภัยที่สร้างความมั่นใจว่าการระบายและกำจัดก๊าซที่ระบายออก (Flare Gas) และของเหลวที่จะต้องถูกปล่อยออกจากระบบการผลิตจะถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ เพื่อความปลอดภัยของโรงงาน หากไม่มีหอเผาที่ ก๊าซที่ระบายออก (Flare Gas) ที่ปล่อยออกมาจากระบบ ทั้งในกรณีโรงงานเดินเครื่องปกติและกรณีฉุกเฉินจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งก๊าซที่ระบายออก (Flare Gas) มาเหล่านี้เป็นสารไฮโดรคาร์บอนหรือสารพิษที่สามารถติดไฟได้ หากออกสู่บรรยากาศอาจเกิดการลุกไหม้หรือเกิดการระเบิดได้ รวมถึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของสิ่งมีชีวิตและถ้าก๊าซไม่ระบายออกสู่ระบบอาจจะทำให้ความดันสูงจนไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งอาจส่งผลให้กระบวนการผลิตเกิดการระเบิดได้ในที่สุด Flare Knockout Drum เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกและรองรับของเหลว ซึ่งอาจจะปะปนมากับก๊าซที่ระบายออกมา (Flare Gas) ที่ปล่อยออกมาจากระบบการผลิต เนื่องจากถ้ามีของเหลวติดขึ้นไปที่ยอดของหอเผาที่ อาจจะทำให้เกิดการติดไฟและกระจายตัวเป็นลูกไฟออกมารอบๆได้ ด้วยสาเหตุนี้จึงต้องมีการติดตั้ง Knockout Drum เพื่อรองรับของเหลวเหล่านั้นและเก็บที่ถังกักเก็บเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงต่อไป

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะพบว่า Flare Knockout Drum มีความสำคัญเป็นอย่างมาก โดย Flare Knockout Drum มีทั้งแบบแนวตั้งและแนวนอน ในกรณีที่ของเหลวมีจำนวนมากและมีอัตราการไหลออกของก๊าซสูง จึงเหมาะกับการติดตั้งแนวนอนมากกว่าและทำงานที่ความดันค่อนข้างต่ำ ในระหว่างการทำงานปกติปริมาณของเหลวที่ปะปนมากับก๊าซไม่มีควรมีมาก ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบระดับอยู่เสมอ และเมื่อพบว่าของเหลวมีมากก็จึงดำเนินการสูบออกไป จะเห็นได้ว่า Flare Knockout Drum มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ระบบจึงทำการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar ในการตรวจวัดระดับ เพราะระบบมีความต้องการความเที่ยงตรงสูง ระบบมีการลอยของก๊าซอยู่ตลอดเวลาและมีการระเหิมของน้ำที่จะแยกออกมาจากก๊าซด้วย ดังนั้นการใช้ Guided Wave Radar จึงมีความเหมาะสมที่สุด เพราะเป็นเครื่องมือวัดระดับอย่างต่อเนื่องและก๊าซที่ลอยหรือการระเหิมของน้ำจะมีผลต่อความเที่ยงตรงของการวัด และการวัดระดับในระบบนี้ต้องการความเที่ยงตรงค่อนข้างสูงและความดันของระบบภายในต่ำจึงไม่มีผลกระทบต่อการใช้ Guided Wave Radar แต่ถ้าทำการใช้ Radar แบบธรรมดาอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้เนื่องจากการระเหิมของน้ำ โดยเมื่อระดับสูงจนถึงเกณฑ์ที่กำหนด เครื่องมือวัดระดับสามารถตรวจวัดได้ก็จะทำการแจ้งเตือนและทำการส่งสัญญาณเตือน (Alarm)

เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar เป็นเอกสารที่ระบุข้อมูลเฉพาะทางต่างๆทั้งหมดที่เกี่ยวกับเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar เพื่อนำเอกสารนี้ให้ทางผู้จัดจำหน่ายเสนอราคา เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar แต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงยกตัวอย่างมา 1 ตัวจากทั้งหมด 5 ตัว

4.3.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ

- I. ข้อมูลทั่วไปที่สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังรูปที่ 4.9 ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) เลขที่ประจำตัวของเครื่องมือวัด: LT-86305
 - 2) สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด: Flare Knock Out Drum
 - 3) เลขหน้าที่เอกสาร P&ID: CPCC-863
 - 4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งบริเวณที่ Field
 - 5) หมายเลขของถัง: V-8002
- II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: ก๊าซที่ระบายออกมาปะปนกับของเหลว (Flare Gas)
 - 2) สถานะของของไหล: ของเหลวกับก๊าซ
 - 3) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 232/-28 °C และ 380/Full Vacuum Kpa (G)
 - 4) ระดับที่ต่ำสุด ปกติ และสูงสุด: 0mm 178mm และ 250mm
- III. ข้อมูลของเครื่องมือวัดประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ชนิดของเครื่องมือวัด: Guided Wave Radar
 - 2) จำนวนของเครื่องมือ: 1
 - 3) ตำแหน่งการติดตั้ง: ด้านบนของถัง (Top Mounted)
 - 4) ชนิดของก้านวัด: Rod (จะมีให้เลือกอยู่สองประเภทหลักก็คือ Rod และ Cable)
 - ก. Rod จะมีลักษณะเป็นก้านที่มีความแข็งแรงไม่ยืดหยุ่นเหมาะกับการวัดของเหลว
 - ข. Cable จะมีลักษณะเป็นก้านที่มีความยืดหยุ่นสามารถโค้งงอได้เหมาะกับการวัดของแข็ง
 - 5) วัสดุที่ใช้ในการทำโพรบ (Probe) วัด: 316LL SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
 - 6) ระดับสูงสุด(mm จากหน้าแปลน): 2450 mm (100%)
 - 7) ระดับต่ำสุด(mm จากหน้าแปลน): 2700 mm (0%)
 - 8) ความยาวของโพรบที่เสียบในถัง: 2700 mm
 - 9) ช่วงของความยาวไม่สามารถวัดได้ (Inactive): ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย


- 10) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 3" ANSI150 #RF ตามข้อกำหนดของโครงการคือ มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 3 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi
- 11) ขนาดของท่อที่ต่อขึ้นเพื่อติดตั้งเครื่องมือวัด: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
- 12) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ: 316L SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)

IV. ข้อมูลด้านทรานส์มิเตอร์ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) สัญญาณเอาต์พุต: Foundation Fieldbus
- 2) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า: 24Vdc Loop Powered
- 3) การเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์: M20 x 1.5 ISO
- 4) การป้องกันระเบิด: ATEX : Exd IIC T6 (อธิบายไว้ในบทที่ 3)
- 5) มาตรฐานการป้องกัน: IP65 (Ingress Protection) ตามข้อกำหนดโครงการหรือมากกว่า คือ มาตรฐานที่ใช้วัดความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก เลขหลักแรก หมายถึงความสามารถในการกันฝุ่นได้ซึ่งเลข 6 สามารถกันได้ เลขหลักที่สอง หมายถึงความสามารถในการกันน้ำ ซึ่งเลข 5 สามารถกันได้ในระดับหนึ่ง (ทนการฉีดน้ำได้)
- 6) วัสดุที่ใช้ทำห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: Aluminum
- 7) จอแสดงค่าที่หน้างาน: LCD display (เป็นจอแสดงผลแบบ LCD)
- 8) ความเที่ยงตรง: +/- 0.125 mm

V. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

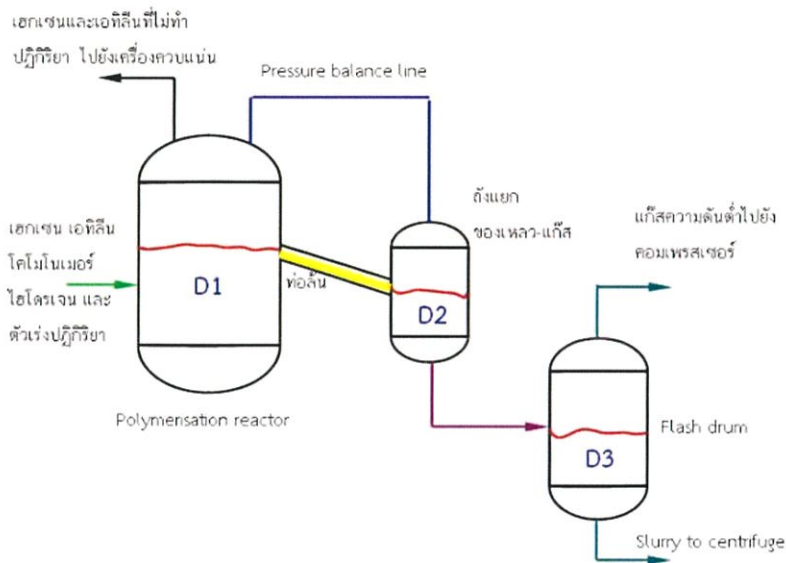
- 1) จอแสดงผลของรีโมท (Remote Display): Yes (เป็นอุปกรณ์เสริมที่ลากสายออกมาจากทรานส์มิเตอร์เพื่อมาแสดงผล โดยที่เป็นแค่จอแสดงผลไม่สามารถปรับแต่งค่าได้)
- 2) การป้องกันฟ้าผ่า: External (โดยส่วนใหญ่ถ้ามีส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ก็มีการติดตั้งไว้เสมอ)
- 3) การสอบเทียบ: 0-100%
- 4) วาล์วmaniโฟลด์ (Valve Manifold): No
- 5) การติดตั้งของทรานส์มิเตอร์: ติดตั้งติดกับท่อสแตนเลสขนาด 2 นิ้ว
- 6) เอกสารใบรับรอง: Material, Test Report, Ex_proof
- 7) Crippled Mode Detection: Yes (อธิบายไว้ในบทที่ 3)

GENERAL	1	Tag Number		LI -86305					
	2	Service		Flare Knock Out Drum					
	3	P&ID No.		CPCC-863					
	4	Area Classification	Location	Hazardous Zone	Field				
	5	Line No.	Line Size	schedule					
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material						
	7	Equipment No.		V-8002					
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase	Flare Gas	Liquid/Gas				
	9	Design Pressure	Design Temperature	380/FV Kpa(G)	232/-28 °C				
	10			Minimum	Normal	Maximum	Units		
	11	Level		0	178	250	mm		
	12	Pressure					Kpa(G)		
	13	Temperature					°C		
	14	Viscosity @ Operating Temp.	Unit				cP		
	15	Density Range / Specific Gravity Range	Unit				kg/m³		
PROBE	16	Dielectric Constant	Vibration						
	17	Type	Quantity	Guided Wave Radar	1				
	18	Orientation	Style	Top Mounted	Rod				
	19	Material	Sheath	316L SS	-				
	20	Level Max (mm from flange face)		2450 mm. (100% Level)					
	21	Level Min (mm from flange face)		2700 mm. (0% Level)					
	22	Insertion Length	Inactive length	2700mm.	Mfr. Std.				
	23	Process Connection Size & Rating		3" ANSI 150 lb,RF					
	24	Nozzle length		Mfr. Std.					
	25	Process Connection Material		316L SS					
	26	Special Cable	Length	-	-				
	27	Beam Angle (deg)	Oper. Frequency	-	-				
TRANSMITTER	28	Spare		-					
	29	Output Signal	Power Supply	Foundation Fieldbus	24 Vdc loop powered				
	30	Electrical Connection		M20 X 1.5 ISO					
	31	Hazardous Certification	Enclosure	ATEX : Ex d IIC T6	IP65				
	32	Housing Material		Aluminum					
	33	Local Indicator		LCD display					
SWITCH	34	Accuracy		+/- 0.125 mm.					
	35	Switch Action	Set Point	-	-				
	36	Switch Type	Quantity	-	-				
	37	Switch Form	Load Rating	-	-				
	38	Power Supply		-					
	39	Contact Open On		-					
OPTIONS	40	Electrical Connection	Cable Gland	-	-				
	41	Hazardous Certification	Enclosure	-	-				
	42	Remote Display	Surge Protection	Yes	External				
	43	Cleaning	Calibration	-	0 - 100 %				
	44	Manifold Type	Mounting Bracket	No	Mounting Bracket with pipe 2"				
PURCHASE	45	Certificate / Report		Material, Test Report, Ex_proof					
	46	Crippled Mode Detection		Yes(NAMUR recommendation NE43)					
	47	Manufacturer							
	48	Model No.	Serial No.						
	49	Requisition No.							
	50	Purchase Order No.							
Notes: See notes									
 บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED									
No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc. No.	Sheet	of

Date :

รูปที่ 4.10 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบ Guided Wave Radar

ถูกฉีดเข้าไป โดยผลผลิตเมื่อเกิดปฏิกิริยาถ้าสายไซของปฏิกิริยาที่ได้มายาวพอจะรวมกันเป็นผองอนุภาค พอลิเมอร์แขวนลอยอยู่ในตัวทำละลาย สารที่ได้จะเป็น Polymer Slurry Phase (Slurry เป็นเฟสที่มีของแข็งแขวนลอยอยู่ในของเหลว) และส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของก๊าซที่ลอยขึ้นมาทางด้านบน ซึ่งก๊าซที่ลอยนั้นจะถูกส่งไปทำให้ควบแน่น (Condenser หรือ Condensate Pot) และทำให้เป็นของเหลวและ บ้อนกลับไปยังถึงปฏิกรณ์ใหม่ ส่วนก๊าซที่ยังไม่ควบแน่นจะถูกส่งไปเผาทิ้ง



รูปที่ 4.12 กระบวนการ Reactor ติดตั้งอยู่

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าใน Reactor Tank จะมีสารหลายประเภท และสิ่งที่จะต้องทำการวัดและควบคุมก็คือของเหลวที่อยู่ภายในถังโดยเลือกใช้เครื่องมือวัดแบบกัมมันตภาพ เพราะสามารถวัดได้ทุกประเภท และเป็นเครื่องมือวัดตัวสุดท้ายที่จะเลือกใช้เพราะราคาค่อนข้างสูงมาก สำหรับการเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับตัวอื่นอาจได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ ความดัน และอันตรายของการใช้สารกัมมันตภาพหรือการลอยตัวของก๊าซนั้นอาจจะทำให้เกิดความคลาดคลึ่่นของการวัดระดับได้ ส่วนการใช้ Differential Pressure ซึ่งเหมาะกับอุตสาหกรรมหลายประเภทก็ไม่เหมาะสมเช่นกัน การใช้หลักการความแตกต่างของความดันจะใช้ความหนาแน่นไปคำนวณด้วยจากสูตรคือ $\Delta P = \rho \cdot h$ จะเห็นว่ากรณีที่ความดันแตกต่างเพิ่มขึ้นอาจจะไม่ได้หมายความว่าความสูงเพิ่มขึ้น เพราะในความเป็นจริงสิ่งที่เครื่องมือแสดงผลว่าเพิ่มขึ้นอาจจะมาจกค่าความหนาแน่นที่ป้อนให้กับเครื่องมือต่ำกว่าค่าความหนาแน่นที่แท้จริงขณะนั้น

เอกสารรายละเอียดของเครื่องมีอัตรระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) เป็นเอกสารที่ระบุข้อมูลเฉพาะทางต่างๆทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมีอัตรระดับแบบกัมมันตภาพ เพื่อนำเอกสารนี้ให้ทางผู้จำหน่ายเสนอราคา เอกสารรายละเอียดของเครื่องมีอัตรระดับแบบกัมมันตภาพแต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงยกตัวอย่างมา 1 ตัวจากทั้งหมด 40 ตัว

4.4.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ

- I. ข้อมูลทั่วไปที่สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังรูปที่ 4.13 ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) เลขที่ประจำตัวของเครื่องมีอัตร: LT-40534
 - 2) สถานที่ติดตั้งเครื่องมีอัตร: Reactor Drum Tank
 - 3) เลขหน้าที่เอกสาร P&ID: CPCC-405
 - 4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งบริเวณที่ Field
 - 5) หมายเลขของถัง: V-4023
- II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: ก๊าซที่ระบายออกมาปะปนกับของเหลว (F are Gas) และ Fluff
 - 2) สถานะของของไหล: ของเหลว ก๊าซและผง
 - 3) ความหนาแน่นชั้นบน: 24 kg/m^3
 - 4) ความหนาแน่นชั้นล่าง: 358 kg/m^3
 - 5) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: $197 \text{ }^\circ\text{C}$ และ $2.41/\text{Full Vacuum Mpa (G)}$
 - 6) ระดับที่ปกติ: 9440 mm
- III. ข้อมูลของถังประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก: 4050 mm
 - 2) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน: 4000 mm
 - 3) ความหนาของถัง: 50 mm
 - 4) วัสดุที่ใช้ทำถัง: เหล็กคาร์บอน (Carbon Steel)
- IV. ข้อมูลของเครื่องมีอัตรประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้ โดยจะแบ่งเป็น Source และ Detector
 - SOURCE
 - 1) ชนิดของตัวส่ง: Radiation Point Source
 - 2) วัสดุที่ใช้เป็นแหล่งของตัวส่ง: Cesium-137
 - 3) ความเข้มของรังสี: $1000 \text{ mCi}/37.0 \text{ GBq}$
 - 4) มุมของการปล่อยรังสี: 45 Degrees

- 5) รูปเปิดปิดของรังสีที่ผ่าน: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
- 6) การเสื่อมสภาพ: 30.2 Years Half-life
- 7) วัสดุที่ใช้ในท่อหุ้มตัวส่ง: Stainless Steel (เหล็กกล้าไร้สนิม)
- 8) การเชื่อมต่อ: เส้นผ่าศูนย์กลาง 18 mm (Holes 4 Places)
- 9) จำนวน: 1
- 10) การปั๊มเลขลงบนตัวส่ง (Stamping): Tag No. LX-40534

● DETECTOR

- 1) ชนิดของตัวรับ: Scintillation
- 2) แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า: 220 VAC, 50Hz
- 3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวรับ: Stainless Steel (เหล็กกล้าไร้สนิม)
- 4) การติดตั้งของตัวรับ: ติดตั้งติดกับท่อสแตนเลส
- 5) จำนวน: 1
- 6) ช่วงของการวัด: 5486 mm
- 7) กระบวนการของการวัด: หลักความหนาแน่น (การวัดระดับแบบต่อเนื่อง)


V. ข้อมูลด้านทรานส์มิเตอร์ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้

- 1) สัญญาณเอาท์พุท: Foundation Fieldbus
- 2) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า: 220VAC, 50Hz
- 3) Rating: ANSI 300 lb (สามารถทนอุณหภูมิและความดันได้ 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
- 4) การเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์: M20 x 1.5 ISO
- 5) การป้องกันระเบิด: ATEX : Exd IIC T6 (อธิบายไว้ในบทที่ 3)
- 6) มาตรฐานการป้องกัน : NEMA 4X, IP65 (Ingress Protection) ตามข้อกำหนดโครงการหรือมากกว่า
 - NEMA 4X: เป็นมาตรฐานที่บ่งบอกถึงความสามารถในการป้องกันอันตรายของอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นมาตรฐานของสมาคมผู้ประกอบการไฟฟ้าสหรัฐอเมริกา โดย 4X มีค่าเทียบเท่ากับ IP 65 ซึ่งกันน้ำ, กันฝุ่น และต้านทานการกัดกร่อน ทำด้วยวัสดุทนการกัดกร่อนสูง ใช้ในอุตสาหกรรมเคมี
 - IP 65 คือมาตรฐานที่ใช้วัดความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก เลขหลักแรก หมายถึงความสามารถในการกันฝุ่นได้ซึ่งเลข 6 สามารถกันได้ เลขหลักที่สอง หมายถึงความสามารถในการกันน้ำ ซึ่งเลข 5 สามารถกันได้ในระดับหนึ่ง (ทนการฉีดน้ำได้)
- 7) การสอบเทียบ: 0-100%

- 8) จอแสดงค่า (Indicator): Yes
- 9) ค่าคงที่ของเวลา (Time constant): ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย (อธิบายในบทที่ 3)
- 10) ความเที่ยงตรง: +/- 0.125 mm
- 11) ค่าคงที่ของเวลา (Time Constant): ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย (โดยเป็นค่าของที่ของเวลาซึ่งปกติจะใช้อยู่ในช่วง 30-60 Sec ยิ่งช่วงเวลานานขึ้นความแม่นยำในการวัดก็จะดีขึ้น เนื่องจากการลดสัญญาณรบกวนลงไป)

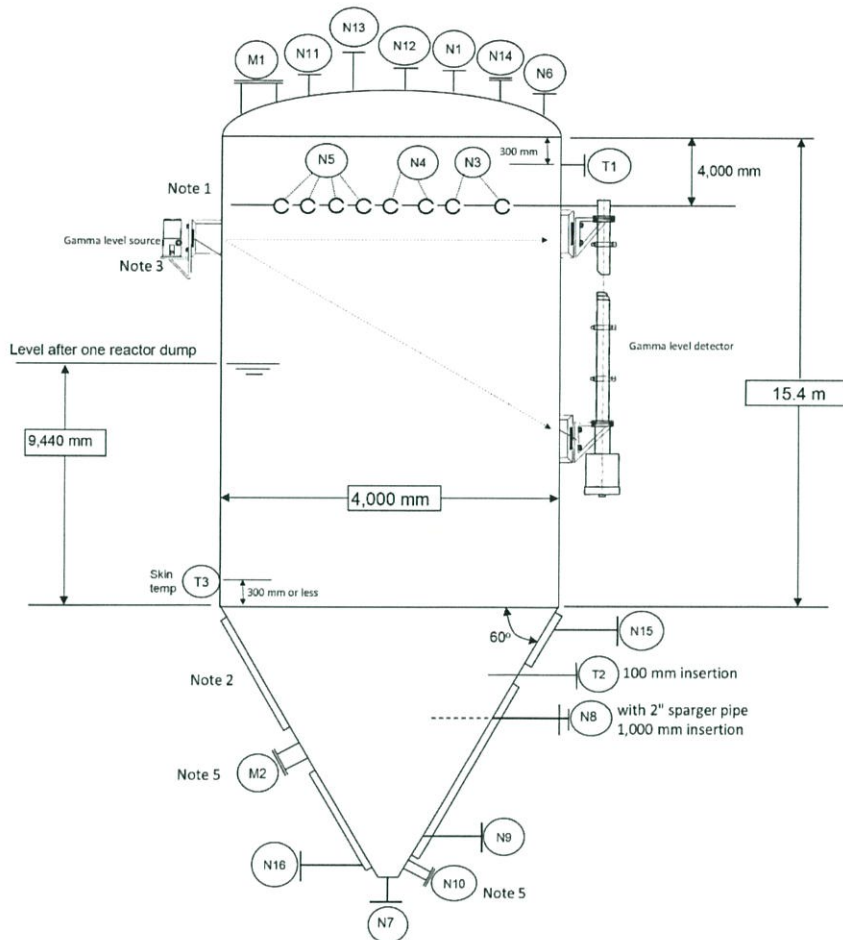
VI. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมอื่นๆ

- 1) เอกสารใบรับรอง: Calibration, Safety and Instrumented System
- 2) การป้องกันฟ้าผ่า: External (โดยส่วนใหญ่ถ้ามีส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ก็มีการติดตั้งไว้เสมอ)

GENERAL	1	Tag Number		LT-40534				
	2	Service		Reactor Dump Tank				
	3	P&ID No.		CPCC-405				
	4	Area Classification	Location	Hazardous Zone		Field		
	5	Line No.	Line Size	schedule				
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		MATERIAL NOT LISTED			
	7	Equipment No.	Application		V-4023			
	8							
PROCESS CONDITIONS	9	Upper Fluid Name	Lower Fluid Name	Flash Gas/ Isobutane Vapor		Fluff		
	10	Upper Fluid State	Lower Fluid State	Gas/Vapor		Powder		
	11	Normal Level		9940 mm				
	12			Minimum	Normal	Maximum	Units	
	13	Temperature						
	14	Pressure						
	15	Upper Density		24 kg/m3				
	16	Lower Density		358 kg/m3				
LINE OR EQUIPMENT DATA	17	Corrosive	Erosive	Toxic	-		-	
	18	Design Temperature	Design Pressure		197	°C	2.41/FV Mpa(G)	
	19	Outer Diameter	Internal Diameter		4050 mm.		4000 mm.	
	20	Vessel Thickness	Material		50 mm.	Carbon Steel		
	21	Insulation Thickness	Insulation Material					
	22	Insulation Cover Thick.	Insulation Cover Mat.					
	23	Coolant Jacket	Inner Liner		No	No		
	24	Structure in Rad.Beam	Material Fall Thru Beam		No	No		
SOURCE	25	Insulation Type						
	26	Type	Model No.		Radiation Point Source			
	27	Material	Strength		Cesium-137			
	28	Weight	Emission Angle		1000 mCi / 37.0 GBq			
	29	Shutter	Decay Comp.		Manufacturer's Standard		30.2 year half-life	
	30	Housing Material	Connection		Stainless Steel		18 mm Dia. Holes (4) Places	
	31	Quantity	Stamping		1	Tag no. LX-40534		
	DETECTOR	32	Sensor Type	Preamplifier		Scintillation		N/A
33		Power Supply	Housing Material		Refer to line 41		Stainless Steel	
34		Cooling	Shock Mounting		No	No		
35		Connection	Cable length		Mounting bracket		N/A	
36		Quantity	Level Span		1	5486 mm.		
37		Temp. Compensation	Electrical Connection		N/A		Refer to line 42	
38		Compensation Mounting		N/A				
39		Process Measurement		Density (Continuous Level)				
TRANSMITTER OR SWITCH	40	Output	Rating		Foundation Fieldbus		ANSI 300 lb	
	41	Power Supply		220 VAC, 50 Hz				
	42	Enclosure	Electrical Connection		NEMA 4X, IP66		M20 X 1.5 ISO	
	43	Calibration Range Min.	Max.	0 %		100 %		
	44	System Accuracy	Indicator		+/- 0.125% of span		Yes	
	45	Time Constant	Explosion Protection		Manufacturer's Standard		ATEX : Ex d IIC T6	
PURCHASE	46	Manufacturer						
	47	Detailed Model						
	48	Purchase Order No.	Requisition No.					
	49	Price	Item Number	Serial Number				
ADDITIONAL FEATURES	50	Certification		Calibration, Safety Instrumented System				
	51	Surge Protection		External				
	52							
	53							
Notes: See notes								
				Nuclear Level Instrument		 บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED		
No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc.Id:	
						Sheet	of	

รูปที่ 4.14 เอกสารรายละเอียดของเครื่องวัดระดับแบบกัมมันตภาพรังสี (Nuclear)

4.4.3 ลักษณะการติดตั้ง



รูปที่ 4.15 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear)

การติดตั้งเครื่องมือวัดแบบกัมมันตภาพจะติดตั้งแบบเป็น Point Source และ Rod Detector โดยตัวส่งจะแผ่รังสีไปที่ประมาณ 45° ไปยังตัวรับ (ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย) โดยติดตั้งตัวรับแบบก้านเพื่อให้สามารถวัดระดับในทุกช่วงที่ต้องการวัดได้ หลังจากนั้นตัวรับจะติดตั้งทรานส์มิเตอร์เพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นการวัดแบบต่อเนื่องทราบค่าตลอดเวลา รวมถึงมีการติดตั้ง Local Display เพื่ออ่านค่าด้วย

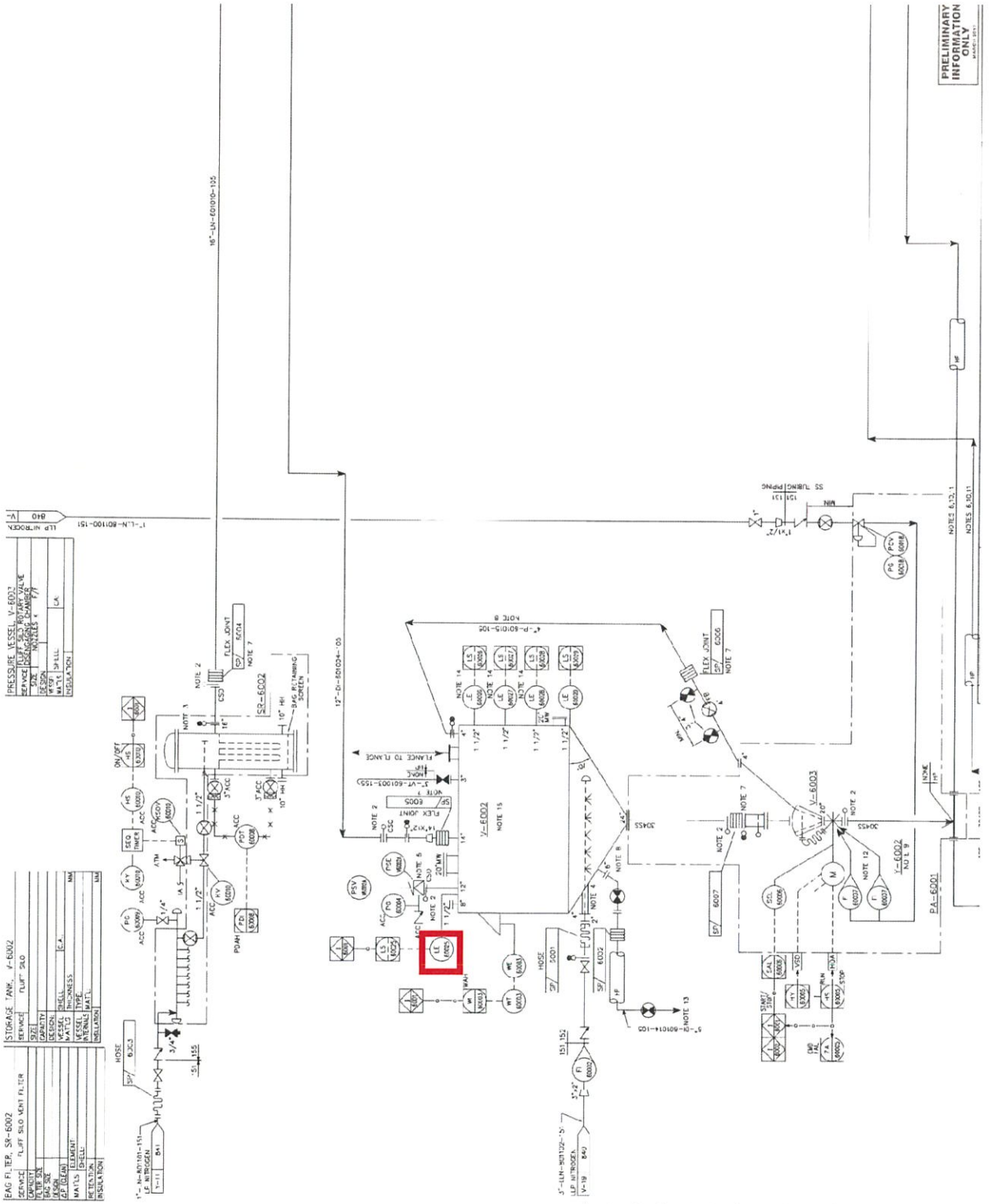
โดยการติดตั้งตามมาตรฐาน API RP 551 ให้มีการติดตั้งตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่ายให้มีความเหมาะสมตามลักษณะการใช้งาน

4.5 เครื่องมือวัดระดับแบบส้อมเสียง (Vibration)

4.5.1 เหตุผลในการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับ

จาก P&ID เป็นกระบวนการของถังไซโล โดยสารที่จะเข้ามาในถังนี้ก็เป็นสารที่มีลักษณะเป็นผง(Powder) เป็นเสมือนถังกักเก็บสารซึ่งสารที่ออกมาก็จะเป็น Fluff ดังนั้นถังไซโลนี้ก็จะมีการกักเก็บอยู่

เรื่อยๆ จึงต้องมีการวัดระดับที่บ่งบอกถึงปริมาณของสารที่อยู่ในถัง จึงทำการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงเพื่อวัดระดับสารที่อยู่ภายใน เมื่อสารถึงปริมาณสูงสุดที่วัดได้ก็จะมีการส่งสัญญาณไปยังระบบต่อไปเพื่อทำการปล่อยสารออกไป จึงเป็นกระบวนการที่ไม่มีความอันตรายเนื่องจากไม่มีสารกัดกร่อน ความดันและอุณหภูมิที่ไม่สูง ดังนั้นการวัดระดับที่ต้องการวัดแบบจุดจึงเหมาะสมกับการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียง เพราะสามารถวัดระดับแบบจุดได้และมีราคาที่ไม่แพง จึงนิยมใช้มากสำหรับกระบวนการที่ต้องการวัดระดับแบบจุด จากรูปที่ 4.16 จะเห็นได้ว่าจริงๆแล้วมีการติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสัมผัสเสียงหลายตัว เพื่อเป็นการวัดระดับแบบจุดตามระดับต่างๆที่ต้องการทราบเท่านั้น



PRELIMINARY INFORMATION ONLY


รูปที่ 4.16 P&ID ที่เครื่องมีวัดระดับแบบสวิตช์ที่ใช้การสั่น (Vibration Level Switch) ติดตั้งอยู่

เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch) เป็นเอกสารที่ระบุข้อมูลเฉพาะทางต่างๆทั้งหมด ที่เกี่ยวกับเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น เพื่อนำเอกสารนี้ให้ทางผู้จัดจำหน่ายเสนอราคา เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น การอ่านแต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน ดังนั้นจึงยกตัวอย่างมา 1 ตัวจากทั้งหมด 20 ตัว

4.5.2 ข้อมูลทั่วไปและเงื่อนไขกระบวนการ

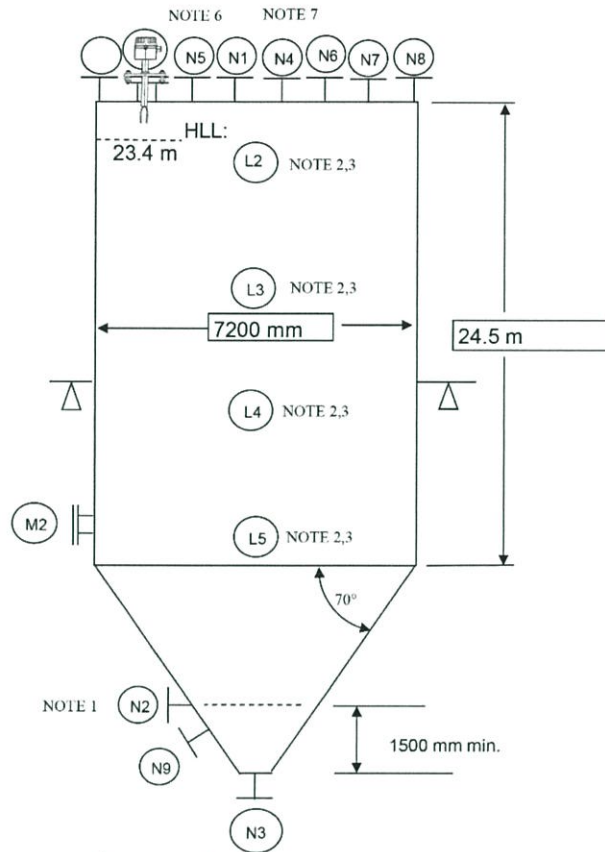
- I. ข้อมูลทั่วไปที่สามารถหาได้จากการศึกษา P&ID ดังรูปที่ 4.16 ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) เลขที่ประจำตัวของเครื่องมือวัด: LT-60025
 - 2) สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด: Fluff Silo Level Alarm
 - 3) เลขหน้าที่เอกสาร P&ID: CPCC-600
 - 4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งบริเวณที่ Field
 - 5) หมายเลขของถัง: V-6002
- II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: Polyethylene Fluff
 - 2) สถานะของของไหล: ผง (Powder)
 - 3) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 117 °C และ 41/3 (Vacuum) Kpa (G)
- III. ข้อมูลของเครื่องมือวัดประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 2" ANSI150 #RF ตามข้อกำหนดของโครงการคือ มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนลักษณะแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ขนาด 2 นิ้ว ซึ่งทนอุณหภูมิและความดันคลาส 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi
 - 2) ตำแหน่งการติดตั้ง: ด้านบนของถัง (Top Mounted)
 - 3) ชนิดของโพรบ (Probe) วัด: Tuning Fork
 - 4) วัสดุที่ใช้ในการทำโพรบ (Probe) วัด: 316LL SS (เหล็กกล้าไร้สนิม มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ จึงมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น)
 - 5) ความยาวของโพรบที่เสียบในถัง: 240 mm
 - 6) ช่วงของความยาวไม่สามารถวัดได้ (Inactive): ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
 - 7) ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของโพรบ (Probe): ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย
 - 8) อุณหภูมิและความดันสูงสุดของโพรบ: -50 ถึง 250 °C และ -1 ถึง 25 bar
- IV. ข้อมูลด้านสวิตช์ประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้
 - 1) ชนิดของสวิตช์: DPDT (อธิบายไว้ในบทที่ 3)
 - 2) การป้องกันระเบิด: ATEX : Exd IIC T6 (อธิบายไว้ในบทที่ 3)

- 3) มาตรฐานการป้องกัน: IP65 (Ingress Protection) ตามข้อกำหนดโครงการหรือมากกว่า คือ มาตรฐานที่ใช้วัดความสามารถในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก เลขหลักแรก หมายถึงความสามารถในการกันฝุ่นได้ซึ่งเลข 6 สามารถกันได้ เลขหลักที่สอง หมายถึงความสามารถในการกันน้ำ ซึ่งเลข 5 สามารถกันได้ในระดับหนึ่ง (ทนการฉีดน้ำได้)
 - 4) การเชื่อมต่อของอิเล็กทรอนิกส์: M20 x 1.5 ISO
 - 5) เรตติ้งของหน้าสัมผัส (Contact Rating): 5A 120 VAC
 - 6) แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า: 220 VAC, 50Hz/60Hz
 - 7) Deadband: ตามมาตรฐานของผู้จัดจำหน่าย โดยหมายถึงค่าคงที่ที่เกิดขึ้นชั่วขณะหนึ่งในระหว่างที่ทำการวัดปริมาณตัวแปรใดๆ เมื่อปริมาณที่ต้องการวัดเปลี่ยนแปลงไปแล้ว แต่ไม่มีการตอบสนองเกิดขึ้นของเครื่องมือวัด โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์
 - 8) วัสดุที่ใช้ทำห่อหุ้มทรานส์มิเตอร์: Aluminum
 - 9) สถานะของหน้าสัมผัส: เปิดเมื่อระดับสูง (Open on High Level)
 - 10) ช่วงของอุณหภูมิแวดล้อม: -40 ถึง 80 °C
- V. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมอื่นๆ
- 1) การป้องกันฟ้าผ่า: External (โดยส่วนใหญ่ถ้ามีส่วนของอิเล็กทรอนิกส์ก็มีการติดตั้งไว้เสมอ)
 - 2) เอกสารใบรับรอง: Material, Test Report, Ex_proof

GENERAL	1	Tag Number		LT-60025			
	2	Service		Fluff Silo Level Alarm			
	3	P&ID No.		CPCC-600			
	4	Area Classification	Location		Hazardous Zone		Field
	5	Line No.	Line Size	schedule			
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		MATERIAL NOT LISTED		
	7	Equipment No.		V-6002			
	8	Nozzle No.		-			
	9						
PROCESS CONDITIONS	10	Upper Fluid Name	Fluid Phase				
	11	Lower Fluid Name	Fluid Phase		Polyethylene fluff		Powder
	12	Normal Level		mm			
	13		Minimum	Normal	Maximum	Units	
	14	Temperature					°C
	15	Pressure					Kpa(G)
	16	Viscosity					cP
	17	Dielectric Constant : Upper		Lower			
	18	Corrosive	Erosive	Toxic		-	-
19	Design Temperature	Design Pressure		117	°C	41/3(vacuum) Kpa(G)	
PROBE	20	Connection Size		2"			
	21	Type & Rating		ANSI 150 lb, RF			
	22	Orientation	Style		Top Mounting		Tuning Fork
	23	Material	Sheath		316L SS		-
	24	Insertion Length		240 mm.			
	25	Inactive Length		- mm.			
	26	Probe Diameter		Mfr. Std.			
	27	Process Temperature / Pressure Limits		-50 ~ 250°C / -1 ~ 25 bar			
28	Accessories						
AMPLIFIER	29	Location					
	30	Explosion Protection	Enclosure		-	-	
	31	Power Supply	Electrical Connection		-	-	
SWITCH	32	Type		DPDT			
	33	Explosion Protection	Enclosure		ATEX : Ex d		IP65
	34	Contact Rating	Deadband		5A 120 VAC		Mfr.Std.
	35	Power Supply	Electrical Connection		220 VAC, 50/60Hz		M20 X 1.5 ISO
	36	Housing		Aluminium			
	37	Contacts Status		Open on level High			
	38	Ambient Temperature Range		-40 ~ 80 °C			
	39						
OPTIONS	40	Compensation Cable		-			
	41	Local Indicator		-			
	42	Surge Protection		External			
	43						
	44						
PURCHASE	46	Manufacturer	Model				
	47	Detailed Model					
	48	Purchase Order No.	Requisition No.				
	49	Serial Number					
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.					
	51	Certification		Material, Ex. proof			
	52	Information Drawing No.					
	53						
Notes: See notes							
				Vibration Level Switch		 บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED	
No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc. No:
							Sheet of

รูปที่ 4.17 เอกสารรายละเอียดของเครื่องมือวัดระดับแบบสั่นสะเทือน (Vibration Level Switch)

4.5.3 ลักษณะการติดตั้ง



รูปที่ 4.18 ลักษณะการติดตั้งของเครื่องมือวัดระดับแบบสั่นเสียง (Vibration Level Switch)

การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสั่นเสียง มีการติดตั้งด้านบนของถังตามข้อกำหนดโครงการ การติดตั้งเครื่องมือวัดระดับแบบสั่นเสียงเป็นการใช้ เพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายโดยจะทำการส่งสัญญาณเตือน เมื่อระดับเพิ่มสูงขึ้นจนถึงปลายโพรวัด สวิตซ์ยังไม่เกิดการทำงานทันที จนกระทั่งระดับเพิ่มสูงขึ้นเหนือระยะที่ไม่สามารถวัดได้ (Inactive) สวิตซ์จะทำงาน เมื่อสวิตซ์ทำงานครบวงจร กระแสไฟฟ้าที่ส่งมาจะมีค่าน้อยมาก ส่งผลให้ DCS ไม่สามารถรับรู้ค่าที่ส่งมา จึงต้องใช้ตัวขยายสัญญาณมาช่วยในการเพิ่มสัญญาณที่ส่งมา ลักษณะการเชื่อมต่อสายไฟจากตัวอุปกรณ์วัดจะเข้าที่ตัวขยายสัญญาณที่ถูกติดตั้งในห้อง Rack Room

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและเตรียมการจัดซื้อเครื่องมือวัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมด รวมไปถึงปัญหาและอุปสรรคขณะทำงาน แนวทางการแก้ปัญหาต่างๆที่พบ เพื่อให้ดำเนินการสำเร็จตามขอบเขตที่กำหนดไว้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงาน นักศึกษามีความเข้าใจทฤษฎีและหลักการวัดของเครื่องมือวัดระดับ ข้อดีและข้อจำกัด รวมไปถึงการติดตั้งที่ต้องดำเนินการตามมาตรฐานสากลที่มีการระบุไว้ตามโครงการ โดยสามารถเลือกชนิดของเครื่องมือวัดระดับให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการ และสามารถใช้งานได้ในระยะยาว โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการอื่นๆในภายหลัง

จากการทำเอกสารเตรียมการจัดซื้อเครื่องมือวัด โดยเครื่องมือวัดระดับประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดระดับแบบกระจกมองระดับ (Glass Gauge) และเครื่องมือวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กช่วยในการอ่านระดับ (Magnetic Gauge) เครื่องมือวัดระดับแบบวิธีความดันแตกต่าง (Differential Pressure) เครื่องมือวัดระดับแบบเรดาร์ (Radar) เครื่องมือวัดระดับแบบกัมมันตภาพ (Nuclear) และเครื่องมือวัดระดับแบบสวิตช์โดยใช้การสั่น (Vibration Level Switch) โดยที่เครื่องมือวัดทุกชนิดได้ทำการส่งเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดให้ทางผู้จัดจำหน่ายเพื่อขอใบเสนอราคา หลังจากได้รับใบเสนอราคาจากทางผู้จัดจำหน่ายแล้ว จะดำเนินการจัดเตรียมเอกสารเปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติให้ตรงตามความต้องการต่อไป

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัด ทั้งหลักการ ข้อดีและข้อจำกัดของการใช้งาน ยังมีไม่มากพอทำให้การเลือกใช้งานทำได้ยาก
2. เนื่องจากข้อมูลที่จำเป็นบางอย่าง ต้องขอจากแผนกอื่นทำให้เกิดความล่าช้า
3. ไม่มีความชำนาญในการทำเอกสารรายละเอียด ดังนั้นข้อมูลบางก็ไม่เข้าใจและทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้
4. ผู้จัดจำหน่ายส่งเอกสารใบเสนอราคาล่าช้า ทำให้เกินกว่าเวลาดำเนินการ

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อให้มีความเข้าใจถึงหลักการของเครื่องมือวัดเพิ่มมากขึ้น รู้ถึงข้อดีและข้อจำกัดของเครื่องมือสามารถเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสม

2. จัดทำเอกสารที่สามารถทำได้ก่อน
3. สอบถามข้อสงสัยจากพี่ที่ทำงาน เพื่อลดความผิดพลาดในการทำงาน
4. มีการโทรสอบถามทางผู้จัดจำหน่าย และมีการกำหนดยืนยันเวลาที่แน่นอน เพื่อลดความล่าช้าที่จะเกิดขึ้นเพื่อที่จะได้ทำขั้นตอนนี้ต่อไปได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษามีระยะเวลาประมาณ 4 เดือน ทำให้ผู้จัดทำมีเวลาไม่เพียงพอที่จะสามารถอยู่ถึงขั้นตอนจนออกไปสั่งซื้อ โดยหลังจากที่เปรียบเทียบราคาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ฝ่ายโปรเจกต์จะดำเนินการตกลงเจรจาเรื่องข้อตกลงกับทางผู้จัดจำหน่าย เพื่อดำเนินการสั่งซื้อให้สำเร็จลุล่วงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] American Petroleum Institute (1993) API RP 551 Process Measurement Instrumentation.
- [2] สมศักดิ์ กীরตวิวัฒน์เศรษฐ์ (2550) หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: ส.ส.ท.
- [3] ทวิช ชูเมือง (2549) การออกแบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม เล่ม 2 การเลือกใช้และการออกแบบเครื่องมือวัด กรุงเทพฯ: เอช เอ็น กรุ๊ป.
- [4] ประสิทธิ์ เวียงแก้ว (2550) คู่มืองานท่อ กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [5] กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2548) คู่มือการตรวจสอบ ติดตั้งระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าในพื้นที่อันตรายที่มีไอระเหยของสาไฟฟ้า กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม
- [6] เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ (2547) หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง.
- [7] วิศรุต ศิริรัตน์ (2554) เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- [8] Wim van de Kamp (2008) The theory and practice of level measurement.
- [9] <http://www.bookclubman.com/level%20sample%20file-1.htm> [Online]
- [10] <http://player.slideplayer.com/14/4179789/#> [Online]
- [11] KROHNE (2003) Fundamentals of Radar Technology.
- [12] Magnetrol (2012) Guided Wave Radar Level Transmitter.

ประวัติผู้เขียน

- ชื่อ-นามสกุล : นางสาวธารทิพย์ ทวีระประยูร
- วัน เดือน ปีเกิด : 9 มีนาคม พ.ศ.2539
- ภูมิลำเนา : 55 ถ.เทอดไท 22 แขวงตลาดพลู เขตธนบุรี กรุงเทพมหานคร 10600
- อีเมลล์ : thantip.t@hotmail.com
- ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนสตรีวัดอัมพรสวรรค์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนสตรีวัดอัมพรสวรรค์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
: ระดับปริญญาตรี
หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ.2560
นักศึกษาฝึกงาน
บริษัท WISDOMLOGIC จำกัด
: สิงหาคม – พฤศจิกายน พ.ศ.2560
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Instrument
บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)