รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรมของอุปกรณ์การวัดอัตราการไหล และอุปกรณ์วัดระดับในโครงการโรงไฟฟ้าพม่า

Engineering Design and Installation Flow and Level Instruments in Myanmar Power Plant Project

นายภาณุวัฒน์ บุบผาลุน

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148637

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรมของอุปกรณ์การวัดอัตราการไหล และอุปกรณ์วัดระดับในโครงการโรงไฟฟ้าพม่า

Engineering Design and Installation Flow and Level Instruments in Myanmar Power Plant Project

นายภาณุวัฒน์ บุบผาลุน

วพ.
ว4341
2559
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148637
วัน.เดือน.ปี 6 ก.ย. 2560

b00197419
b 118 712258
i

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรมของอุปกรณ์การวัดอัตราการไหล และอุปกรณ์วัดระดับในโครงการโรงไฟฟ้าพม่า

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายภาณุวัฒน์ บุบผาลุน

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายพีรเดช โพธิ์ศรี และ นายพงษ์พัฒน์ กุศเลิศจริยา

สถานประกอบการ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษาที่กำหนดให้นักศึกษาทำโครงงานร่วมกับสถานประกอบการตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการศึกษา โดยรายงานฉบับนี้จะอธิบายถึงหลักการวัด การสอบเทียบ และการติดตั้งของอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม สำหรับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบด้วยมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสและแผ่นออริฟิส ส่วนอุปกรณ์วัดระดับประกอบด้วยเกจวัดระดับชนิดลูกลอย ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างและสวิตช์วัดระดับ ซึ่งได้รับมอบหมายให้จัดเตรียมเอกสารรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ พร้อมทั้งจัดทำเอกสารสั่งซื้ออุปกรณ์ โดยจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์การวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการ ตรงตามความต้องการของเจ้าของโครงการและลดค่าใช้จ่ายให้ได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperative Title: Engineering Design and Installation Flow and Level Instruments in Myanmar Power Plant Project

Student intern name: Mr.Panuwat Bubphaloon

Faculty: Engineering **Department:** Instrumentation and Control Engineering

Advisor name: Assoc.Prof Dr.Kaset Sirisantisamrid

Mentor name: Mr.Peeradech Phosri and Mr.Pongpat Kussalerdjariya

Company: TTCL Public Company Limited

ABSTRACT

This cooperative educational report is a part of cooperative educational program that assigned the student to make a project with company within one semester. This report describes about measuring principle, calibration and installation of flow and level instruments in combined cycle power plant. For flow measuring instrument consists of coriolis flow meter and orifice plate. For level measuring instrument consists of float tank gauge, differential pressure level transmitter and level switch. I am assigned to work in instrumentation department. My responsibility is prepared the specification data sheet of flow and level measuring instruments, inclusive of procurement of these devices by choosing the most appropriate instrument type to suitable for process condition and follow to owner specification and reduce a cost as possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากทางบริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมปฏิบัติสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียนการศึกษา ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณพี่ณัฐกิตติ์ รองผู้จัดการแผนก Instrument อีกทั้งพี่พีรเดช โพธิ์ศรี พี่พงษ์พัฒน์ กุศเลิศจริยา และพี่ฐนณัฐ สุทธสุวรรณ ผู้นิเทศงาน ผู้ซึ่งคอยให้ความรู้ คำแนะนำและทักษะในการทำงานด้านต่างๆ รวมไปถึงพี่ทุกคนในแผนกที่ให้คำปรึกษาต่างๆ เกี่ยวกับโครงงานที่ได้รับมอบหมายจนทำให้โครงงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศ ผู้ซึ่งคอยให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาต่างๆระหว่างการปฏิบัติสหกิจศึกษา รวมไปถึงแนะนำวิธีการเขียนรายงานฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้จนรายงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และขอมอบให้แก่ผู้ที่สนใจศึกษา

นายภาณุวัฒน์ บุบผาลุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II
กิตติกรรมประกาศ.....III
สารบัญ.....IV
สารบัญรูปภาพ.....VI
สารบัญตาราง.....IX
บทที่ 1 บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....2
1.3 ขอบเขตการศึกษา.....2
1.4 วิธีการศึกษา.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับภายในโรงไฟฟ้า.....4
2.1 ความรู้เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม.....4
2.1.1 ระบบที่สำคัญภายในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม.....5
2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล.....10
2.2.1 แผ่นออริฟิส.....14
2.2.2 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....31
2.3 อุปกรณ์วัดระดับ.....38
2.3.1 การวัดระดับโดยตรง.....39
2.3.2 การวัดระดับโดยอ้อม.....46
บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์.....63
3.1 ขั้นตอนการศึกษา.....63
3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์การวัด.....64
3.3 ขั้นตอนดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์.....74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการดำเนินการออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรม.....75
4.1 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....75
4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง.....75
4.1.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....77
4.1.3 ลักษณะการติดตั้ง.....81
4.2 แผ่นออริฟิส.....82
4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง.....83
4.2.2 เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิส.....83
4.2.3 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง.....87
สำหรับวัดอัตราการไหล
4.2.4 ลักษณะการติดตั้ง.....90
4.3 เกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....92
4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง.....93
4.3.2 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....93
4.3.3 ลักษณะการติดตั้ง.....97
4.4 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ.....99
4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง.....100
4.4.2 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง.....100
สำหรับวัดระดับ
4.4.3 ลักษณะการติดตั้ง.....104
4.5 สวิตช์วัดระดับ.....105
4.5.1 เหตุผลในการติดตั้ง.....106
4.5.2 เอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับ.....106
4.5.3 ลักษณะการติดตั้ง.....111
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์.....112
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน.....112
5.2 ปัญหาและอุปสรรค.....112
5.3 แนวทางการแก้ไข.....113
5.4 ข้อเสนอแนะ.....113
เอกสารอ้างอิง.....114
ประวัติผู้เขียน.....115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม....4
2.2 วัฏจักรของเครื่องกังหันก๊าซ....6
2.3 กังหันก๊าซ....6
2.4 แผนภาพองค์ประกอบของหม้อต้มไอน้ำ (HRSG)....7
2.5 วัฏจักรของกังหันไอน้ำ....8
2.6 กังหันไอน้ำ....9
2.7 เครื่องควบแน่น....9
2.8 ลักษณะการไหลแบบราบเรียบ....13
2.9 ลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน....13
2.10 ทฤษฎีแบร์นูลลี....14
2.11 แผ่นออริฟิส ตามมาตรฐาน ISO 5167....16
2.12 แผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม....17
2.13 แผ่นออริฟิสแบบเยื้องศูนย์....18
2.14 แผ่นออริฟิสแบบเซกเมนต์....18
2.15 แผ่นออริฟิสแบบเผยปากเป็นรูปโค้ง....19
2.16 จุดต่อวัดความดันที่ระยะ D และ 0.5D....19
2.17 จุดต่อวัดความดันที่หน้าแปลน....20
2.18 จุดต่อวัดความดันที่แผ่นออริฟิส....21
2.19 การสูญเสียความดันถาวรของแผ่นออริฟิส....23
2.20 ลักษณะการติดตั้งแผ่นออริฟิส....26
2.21 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง....27
2.22 ตำแหน่งจุดต่อความดันของของไหลแบบต่างๆ....28
2.23 วาล์วมานิโฟลด์....29
2.24 การติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์....29
2.25 การติดตั้งแบบระยะไกล....30
2.26 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส....32
2.27 โครงสร้างของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส....32
2.28 การบิดตัวของท่อวัดขณะมีของไหลและไม่มีของไหล....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.29 กราฟแสดงความต่างเฟสขณะมีของไหลและไม่มีของไหล..... 33
2.30 การยึดตัวของสปริงขณะที่มวลต่างกัน.....33
2.31 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อคู่รูปทรงตัวยู.....35
2.32 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อคู่แบบเส้นโค้งชันเล็กน้อย.....36
2.33 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อตรงเส้นเดียว.....36
2.34 การติดตั้งแบบอินทิกรัล.....37
2.35 การติดตั้งแบบระยะไกล.....37
2.36 การสอบเทียบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....38
2.37 เกจวัดระดับแบบท่อแก้ว.....39
2.38 เกจวัดระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ.....40
2.39 โครงสร้างเกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....41
2.40 การติดตั้งเกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....42
2.41 เกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก.....42
2.42 การติดตั้งเกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก.....43
2.43 ดิสเพลสเซอร์.....43
2.44 การชั่งน้ำหนักในกรณีที่มีของเหลวและไม่มีของเหลว.....44
2.45 การวัดระดับรอยต่อโดยใช้ดิสเพลสเซอร์.....45
2.46 การวัดระดับด้วยเกจวัดความดัน.....46
2.47 การวัดระดับด้วยวิธีท่อปล่อยอากาศ.....47
2.48 การวัดระดับในภาชนะเปิด.....48
2.49 การกดซีโร่.....49
2.50 การวัดระดับในภาชนะปิด.....49
2.51 การยกซีโร่.....50
2.52 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง.....50
2.53 ลักษณะของไดอะแฟรม.....51
2.54 โพรบวัดค่าความจุทางไฟฟ้า.....52
2.55 โครงสร้างตัวเก็บประจุ.....52
2.56 การติดตั้งโพรบวัดค่าความจุทางไฟฟ้า.....54
2.57 โครงสร้างของการวัดระดับโดยการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า.....55
2.58 โครงสร้างของ Metritape.....55
2.59 โพรบวัดค่าความนำทางไฟฟ้า.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.60 การสะท้อนของคลื่น.....57
2.61 หลักการทำงานของการวัดระดับโดยอัลตร้าโซนิก.....57
2.62 การส่งกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม 137 ผ่านวัสดุหลายชนิด.....59
2.63 ตัวอย่างการเลือกใช้ปริมาณของซีเซียม 137 ในการวัดระดับ.....59
2.64 การวัดระดับโดยการแผ่ของสารกัมมันตภาพรังสี.....60
2.65 สวิตช์วัดระดับแบบลูกลอย.....61
2.66 สวิตช์วัดระดับแบบความถี่.....61
2.67 การวัดระดับโดยใช้คลื่นอินฟาเรด.....62
3.1 รูปแบบข้อมูลทั่วไป.....65
3.2 ภาพตัดขวางของท่อ.....66
3.3 รูปแบบข้อมูลกระบวนการ.....66
3.4 ความสูงของถังน้ำมันดีเซล.....72
4.1 กระบวนการที่มีมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสติดตั้งอยู่.....76
4.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....80
4.3 รูปแบบการติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส.....81
4.4 กระบวนการที่มีแผ่นออริฟิสติดตั้งอยู่.....82
4.5 เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิส.....86
4.6 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดอัตราการไหล.....89
4.7 รูปแบบการติดตั้งแผ่นออริฟิสในกระบวนการ.....90
4.8 รูปแบบการติดตั้งในลักษณะอิมพัลส์ไลน์.....90
4.9 กระบวนการที่มีเกจวัดระดับชนิดลูกลอยติดตั้งอยู่.....92
4.10 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....96
4.11 รูปแบบการติดตั้งเกจวัดระดับชนิดลูกลอย.....97
4.12 กระบวนการที่มีทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับติดตั้งอยู่.....99
4.13 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ.....103
4.14 รูปแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ.....104
4.15 กระบวนการที่มีสวิตช์วัดระดับติดตั้งอยู่.....105
4.16 เอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับ.....110
4.17 รูปแบบการติดตั้งสวิตช์วัดระดับ.....111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตารางระยะท่อทางตรงของแผ่นออริฟิส สำหรับค่าเบต้าเท่ากับ 0.67.....25
2.2 ตารางแสดงระยะท่อทางตรงของแผ่นออริฟิส.....26
2.3 ตารางค่าความหนาแน่นของน้ำ.....31
2.4 ตารางค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริก.....53
3.1 ตารางท่อ.....65
3.2 ตารางการคำนวณช่วงการวัด.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบทางวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมไปถึงขั้นตอนดำเนินการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจรด้วยตัวเอง (Integrated Engineering, Procurement and Construction: Integrated EPC) โดยรับงานทั้งจากลูกค้าภายในและต่างประเทศ ส่วนใหญ่เป็นการรับงานในประเภทอุตสาหกรรมพลังงาน ปิโตรเคมีและโรงไฟฟ้า ปัจจุบันบริษัทเป็นผู้นำทางด้าน Integrated EPC เป็นระยะเวลาประมาณ 30 ปีและประสบความสำเร็จในด้านการออกแบบและก่อสร้างมากกว่า 200 โครงการ โดยโครงการโรงไฟฟ้าที่พม่านี้เป็นอีกหนึ่งโครงการที่กำลังจะเกิดขึ้น ภายใต้การลงทุนของบริษัทคือบริษัทเป็นทั้งเจ้าของและผู้รับเหมาในการออกแบบและก่อสร้างเอง

ในปัจจุบันนี้ไม่สามารถปฏิเสธได้เลยว่า พลังงานไฟฟ้านับเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากสมัยนี้เป็นยุคที่มีเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทควบคู่ไปกับการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการสื่อสาร การคมนาคม การศึกษา อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ล้วนใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำเนินการผลิต นอกจากนี้พลังงานไฟฟ้านับเป็นปัจจัยพื้นฐานอีกปัจจัยหนึ่งในการพัฒนาประเทศ โดยเป็นการยอมรับทั่วไปว่า ปริมาณการใช้ไฟฟ้าบ่งบอกถึงอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ประเทศใดที่มีการพัฒนาแล้วจะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าประเทศที่กำลังพัฒนา อัตราส่วนนี้สามารถบ่งบอกความเจริญของประเทศได้อย่างคร่าวๆ ดังนั้นจะสังเกตเห็นได้ว่าแต่ละประเทศจะมีโรงไฟฟ้าเป็นของตนเอง อาจจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมและทรัพยากรทางธรรมชาติของแต่ละประเทศ เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โรงไฟฟ้าความร้อนใต้พิภพ โรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล เป็นต้น สำหรับโครงการโรงไฟฟ้าที่ประเทศพม่านี้เป็นรูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โดยใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า กระบวนการต่างๆภายในโรงไฟฟ้ามีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องมีการวัดและควบคุม เพื่อได้กระบวนการที่มีประสิทธิภาพและไม่เกิดความเสียหายต่อกระบวนการอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น ในการใช้น้ำมันดีเซลเข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ที่กังหันก๊าซจะมีการวัดอุณหภูมิและความดันของเชื้อเพลิง เนื่องจากเป็นข้อกำหนดของกังหันก๊าซว่าต้องใช้อุณหภูมิและความดันเท่าไหร่ถึงเกิดการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด วัตถุประสงค์คือเพื่อเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้เชื้อเพลิงให้คุ้มค่ามากที่สุด ดังนั้นการวัดและควบคุมจึงมีความสำคัญต่อโรงไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็นการวัดอัตราการไหล การวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดความดัน การวัดระดับซึ่งมีอุปกรณ์หลายชนิดให้เลือกใช้ ดังนั้นต้องมีการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับกระบวนการ ตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบ มีราคาถูกและสามารถนำไปติดตั้งให้ถูกต้องตามมาตรฐานสากลที่มีการระบุไว้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับที่มีการใช้งานจริงภายในอุตสาหกรรม
2. เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
3. เพื่อศึกษาการเลือกใช้อุปกรณ์การวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการและสามารถนำไปใช้ภายในโรงไฟฟ้าได้จริง โดยไม่เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การวัด
4. เพื่อศึกษาการสอบเทียบของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โครงงานนี้จะศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับที่มีการใช้งานจริงภายในโรงไฟฟ้า โดยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบไปด้วยมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter) และแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) ส่วนอุปกรณ์วัดระดับประกอบด้วยเกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge) ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Level Transmitter) และสวิตช์วัดระดับ (Level Switch) โดยจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์การวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการ ตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบ สามารถใช้งานได้ในระยะเวลาที่ยาวนานและสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือ ประหยัดค่าใช้จ่ายของต้นทุนการผลิตให้ได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังศึกษาการติดตั้งและการสอบเทียบอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลที่มีการระบุไว้

1.4 วิธีการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม
2. ศึกษาหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
3. ศึกษาวิธีการติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับให้ถูกต้องตามมาตรฐานและมีความปลอดภัยต่อการใช้งานในระยะยาว
4. ศึกษาข้อดี ข้อเสียของวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์การวัดหรือส่วนประกอบของอุปกรณ์การวัด
5. จัดทำเอกสารรายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
6. ศึกษาขั้นตอนการจัดซื้ออุปกรณ์ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจกระบวนการของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม
2. เข้าใจหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
3. เข้าใจวิธีการติดตั้งของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
4. เข้าใจการสอบเทียบของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ
5. เข้าใจการเลือกใช้อุปกรณ์การวัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ โดยไม่ส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์การวัดและกระบวนการอื่นๆภายในโรงไฟฟ้า
6. มีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและมีการคิด วิเคราะห์ อย่างเป็นระบบ
7. ได้รับประสบการณ์การทำงานในสถานที่ประกอบการจริง

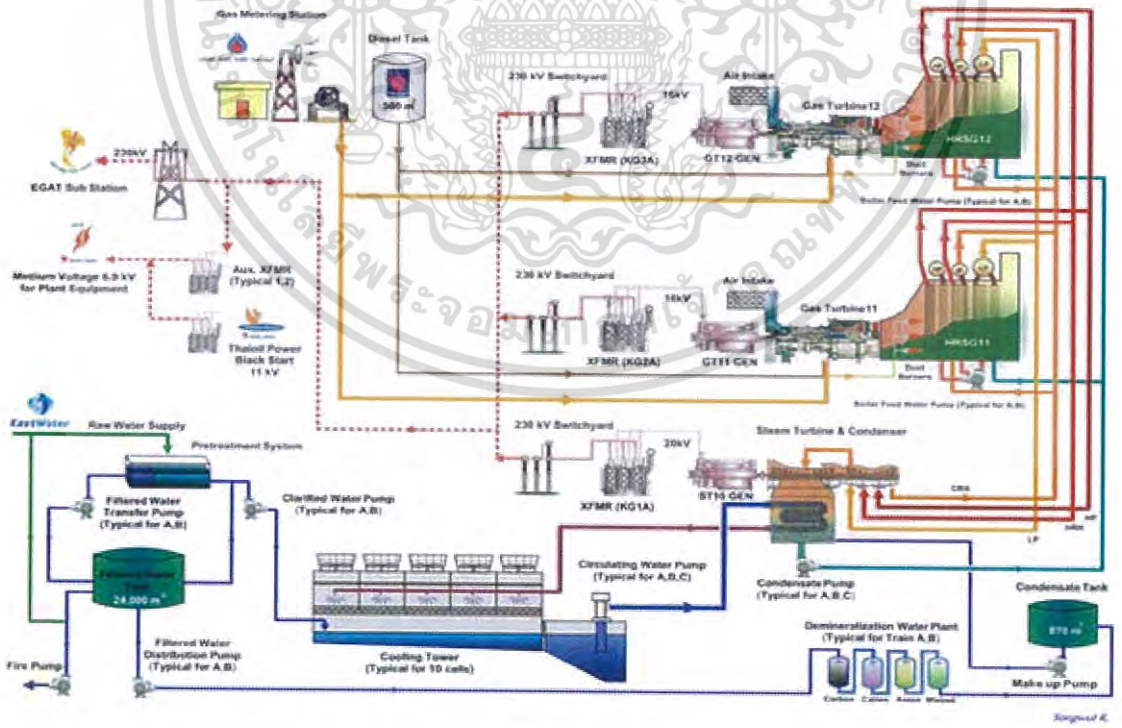
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
อุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับภายในโรงไฟฟ้า

ในบทนี้จะทำการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการวัดพื้นฐานของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับที่มีการใช้งานภายในโรงไฟฟ้า เริ่มจากความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม หลักการของเครื่องมือวัด รวมไปถึงการติดตั้ง การสอบเทียบ ซึ่งล้วนเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ออกแบบควรทราบก่อนที่จะเลือกซื้ออุปกรณ์เพื่อมาทำการติดตั้ง เมื่อมีความเข้าใจถึงทฤษฎีและหลักการของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ ทำให้สามารถเลือกใช้อุปกรณ์การวัดได้อย่างถูกต้อง เหมาะสมกับการนำไปใช้ สามารถนำไปติดตั้งและมีการใช้งานได้อย่างปลอดภัย

2.1 ความรู้เกี่ยวกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant)

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างกังหันก๊าซ (Gas Turbine) และกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) โดยนำเชื้อเพลิงมาจุดระเบิด เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนไปขับเคลื่อนกังหันก๊าซในการผลิตไฟฟ้า จากนั้นจะมีก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งมีความร้อนสูงประมาณ 500 องศาเซลเซียสไปผ่านหม้อต้มไอน้ำ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเดือดกลายเป็นไอส่งไปขับกังหันไอน้ำ เพื่อผลิตไฟฟ้า



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 ระบบที่สำคัญภายในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

2.1.1.1 ระบบน้ำ (Water System)

ระบบน้ำเป็นระบบน้ำประปาทั้งหมดที่ใช้งานภายในโรงไฟฟ้าและใช้สำหรับหอทำน้ำเย็น (Cooling Tower) รวมถึงเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตน้ำที่บริสุทธิ์คือ น้ำที่ผ่านกระบวนการจนไม่มีประจุไฟฟ้า

วิธีการหลักในการทำให้น้ำบริสุทธิ์มีอยู่ 2 วิธี คือ

- การกลั่น

การกลั่นเป็นวิธีการนำน้ำออกจากสิ่งเจือปน โดยวิธีการให้ความร้อนแก่น้ำจนน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำ จากนั้นจึงทำการควบแน่นไอน้ำที่กลั่นได้ ในทางทฤษฎีแล้วควรจะได้น้ำบริสุทธิ์ แต่ในทางปฏิบัติจะพบว่าน้ำที่ได้ยังอาจมีไอออนบางส่วนละลายอยู่ เนื่องมาจากในขณะที่ทำการกลั่นนั้นน้ำอาจเกิดการเดือดรุนแรง ทำให้มีบางส่วนหลุดรอดติดมากับไอน้ำในรูปของหยดน้ำเล็กๆ โดยทั่วไปถ้าอุปกรณ์ที่ใช้ทำการกลั่นและอุปกรณ์รองรับน้ำมีความสะอาดมากพอ น้ำที่กลั่นได้ก็จะมีความบริสุทธิ์ด้วยการกลั่นเพียงครั้งเดียว ข้อเสียของการกลั่นคือ สิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก แต่ข้อดีคือ อุปกรณ์ไม่ต้องการการดูแลรักษามาก

- การแลกเปลี่ยนไอออน

การแลกเปลี่ยนไอออนเป็นการทำให้น้ำมีความบริสุทธิ์ โดยเป็นการกำจัดเอาไอออนบวกที่ไม่ใช่ H^+ และไอออนลบที่ไม่ใช่ OH^- ออกจากน้ำ โดยทั่วไปจะใช้เรซินแลกเปลี่ยนไอออน เมื่อเปรียบเทียบกับการกลั่นแล้วการแลกเปลี่ยนไอออนจะใช้พลังงานน้อยกว่า ข้อเสียของวิธีการนี้คือต้องมีการบำรุงรักษาไส้กรองหรือเรซินแลกเปลี่ยนไอออน น้ำที่ผลิตได้จากกระบวนการนี้ถูกเรียกว่า "น้ำปราศจากแร่ธาตุ" (Demineralized Water) หรือ "น้ำปราศจากไอออน" (Deionized Water)

2.1.1.2 ระบบป้อนน้ำเข้าสู่หม้อต้มน้ำ (Boiler Feed Water System)

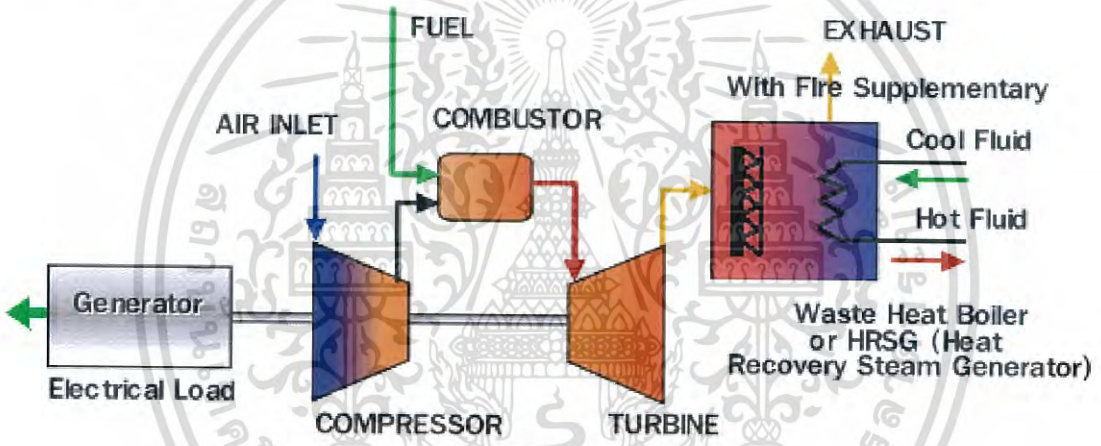
ระบบป้อนน้ำเข้าสู่หม้อต้มน้ำทำหน้าที่จ่ายแรงดันสูงให้กับหม้อต้มน้ำ (Boiler) โดยทั่วไปแบ่งออกได้ 2 ระดับคือ ความดันสูง (High Pressure) และความดันต่ำ (Low Pressure)

Deaerator หรือถังพักน้ำก่อนป้อนเข้าสู่ Boiler มีหน้าที่กำจัดก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ เนื่องจากก๊าซออกซิเจนในน้ำก่อให้เกิดปัญหาการกัดกร่อน Boiler เมื่อมีการให้ความร้อนแก่น้ำโมเลกุลของออกซิเจนที่ละลายอยู่ก็จะยิ่งกัดกร่อนเพิ่มมากขึ้น ปริมาณของก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำต้องไม่เกิน 0.007 ppm จึงทำให้ Boiler ทำงานได้อย่างปลอดภัย

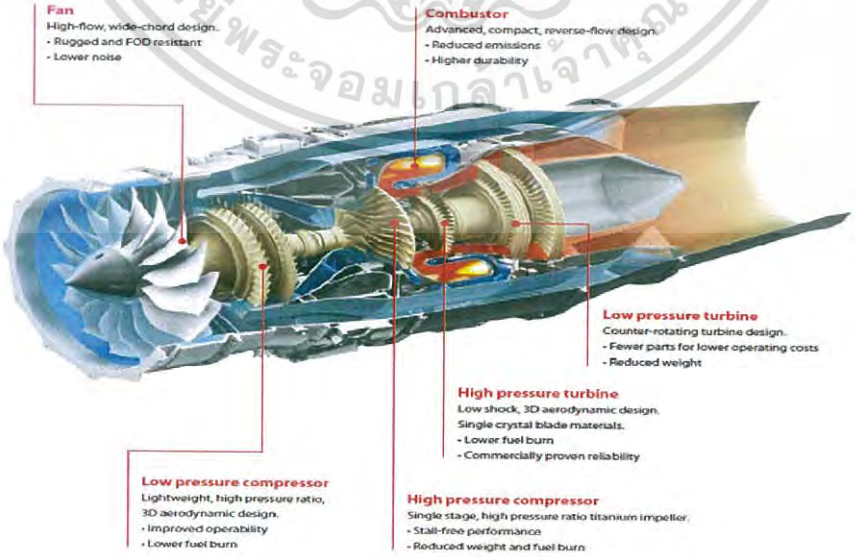
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 เครื่องกังหันก๊าซ (Gas Turbine)

เครื่องกังหันก๊าซถูกคิดค้นโดย นายจอห์น บาร์เบอร์ (John Barber) ชาวอังกฤษ เริ่มแรกกังหันก๊าซถูกนำไปใช้กับเครื่องบิน เรือเดินทะเล และเป็นต้นกำลังในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยในปัจจุบันมีการใช้งานเพิ่มมากขึ้นอย่างแพร่หลาย หลักการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซคือมีเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ถูกต่ออยู่บนเพลาเดียวกันกับกังหันและต่อตรงไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) เมื่อเริ่มเดินเครื่อง อากาศจะถูกดูดจากภายนอกเข้าหาเครื่องอัดอากาศทางด้านล่าง อากาศถูกอัดจนมีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น แล้วถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ (Combustor) ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติหรือน้ำมัน เมื่อเกิดการเผาไหม้ ผลผลิตคือก๊าซร้อน (Exhaust Gas) ก๊าซร้อนที่ได้จากห้องเผาไหม้จะถูกส่งไปยังตัวกังหัน ทำให้กังหันหมุนไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก๊าซร้อนที่ขับกังหันก๊าซเสร็จถูกส่งออกไปยังห้องเผาไหม้อีกครั้งหนึ่งและนำความร้อนที่ได้นี้ไปผลิตไอน้ำที่หม้อต้มไอน้ำ (HRSG)



ภาพที่ 2.2 วัฏจักรของเครื่องกังหันก๊าซ



ภาพที่ 2.3 กังหันก๊าซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.4 หม้อต้มไอน้ำ (Heat Recovery Steam Generator: HRSG)

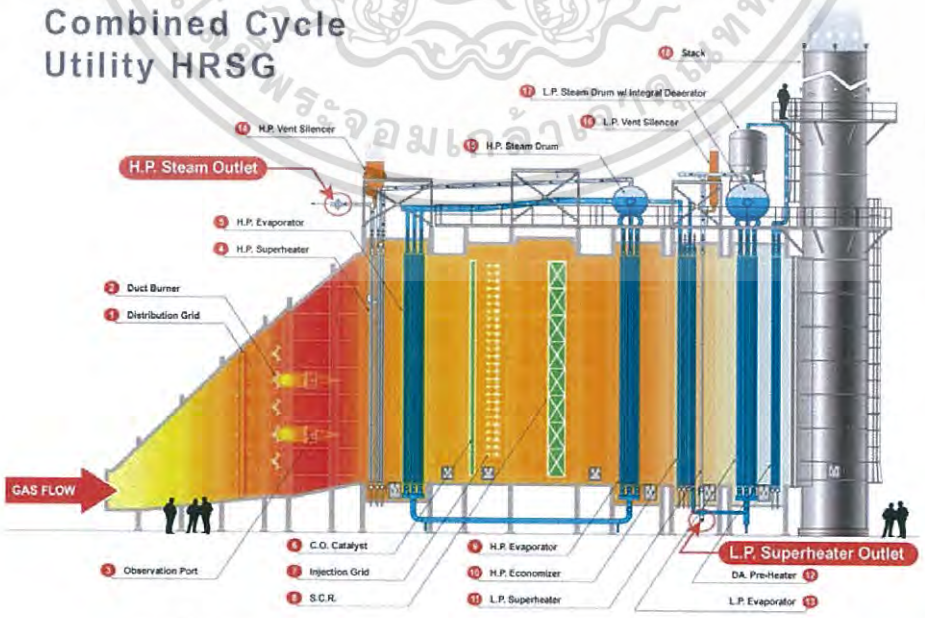
หม้อต้มไอน้ำทำหน้าที่ผลิตไอน้ำที่หลายระดับแรงดัน โดยใช้ก๊าซร้อน (Exhaust Gas) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของกังหันก๊าซ (Gas Turbine) ไปแลกเปลี่ยนความร้อนภายในหม้อต้มไอน้ำ (HRSG) ให้กลายเป็นไอน้ำ ส่วนใหญ่โรงไฟฟ้าแบบพลังงานความร้อนร่วมจะมี 2 ระดับคือ ความดันสูง (High Pressure: HP) และความดันต่ำ (Low Pressure: LP)

เราไม่สามารถกำหนดได้ว่าความดันเท่าใดคือความดันสูงหรือความดันต่ำ แต่จะยึดถือว่าถ้าส่วนใดผลิตไอน้ำที่มีแรงดันสูงกว่าจะถือเป็น High Pressure ส่วนที่ผลิตได้แรงดันต่ำกว่าจะเป็น Low Pressure แต่มีข้อแม้ว่าไม่ว่าจะเป็น High Pressure หรือ Low Pressure ต้องมีสภาวะเป็น Superheated Steam เท่านั้น

โดยไอน้ำที่ระดับความดันต่างๆนี้ เกิดจากหม้อต้มน้ำ (Boiler) ที่ผลิตไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิต่างกัน โดยหม้อไอน้ำที่ใช้จะแบ่งออกเป็น 2 ระดับหลักๆ ได้แก่

หม้อไอน้ำความดันสูง (HP Drum) จะเก็บส่วนที่เป็นน้ำและไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิสูง ส่วนด้านบนของหม้อไอน้ำจะเป็นไอน้ำความดันสูง (HP Steam) ซึ่งจะถูกนำออกไปใช้ขับเครื่องจักรกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ด้านความดันสูงของใบพัด (HP Blades) ส่วนด้านล่างของหม้อไอน้ำ ยังคงเป็นเพียงน้ำที่รอทำการแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อให้เกิดเป็นไอน้ำความดันสูง (HP Steam)

หม้อไอน้ำความดันต่ำ (LP Drum) จะเก็บส่วนที่เป็นน้ำและไอน้ำที่ความดันและอุณหภูมิต่ำ ส่วนด้านบนของหม้อไอน้ำจะเป็นไอน้ำความดันต่ำ (LP Steam) ซึ่งจะถูกนำออกไปใช้ขับเครื่องจักรกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) ด้านความดันต่ำของใบพัด (LP Blades)



ภาพที่ 2.4 แผนภาพองค์ประกอบของหม้อต้มไอน้ำ (HRSG)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

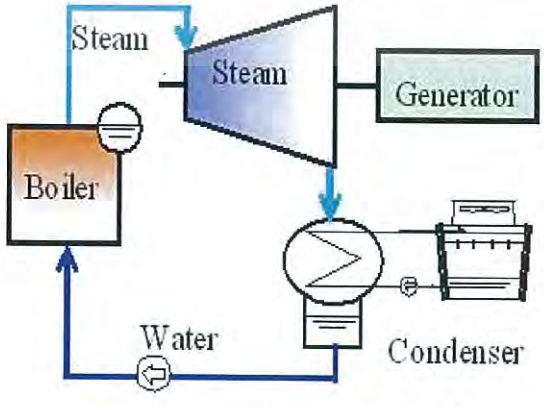
บางกรณี HRSG ถูกออกแบบให้มีความดัน 3 ระดับ คือ

- ความดันสูง (High Pressure: HP)
- ความดันปานกลาง (Medium Pressure: MP)
- ความดันต่ำ (Low Pressure: LP)

2.1.1.5 เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam Turbine)

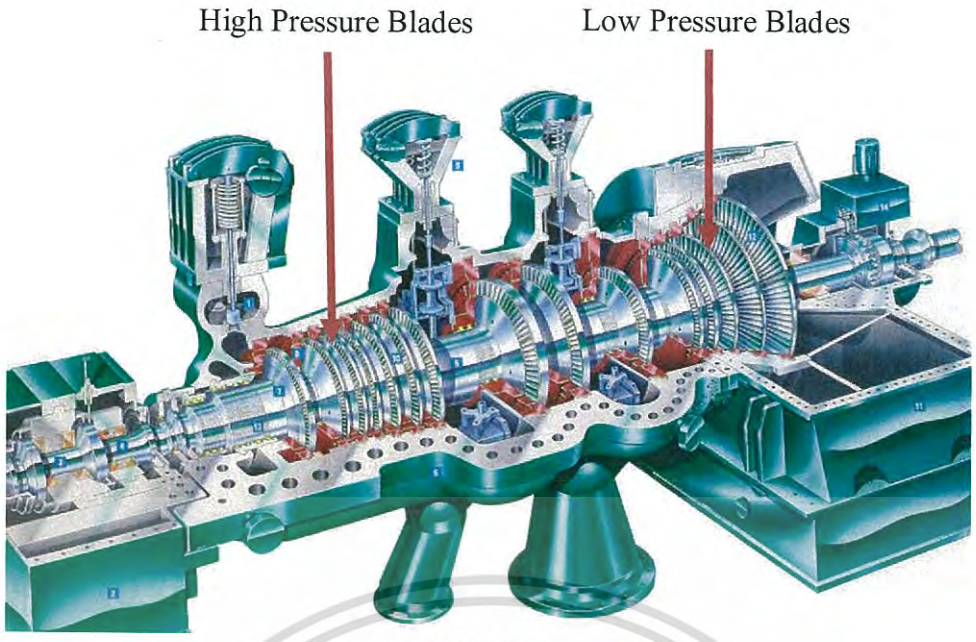
กังหันไอน้ำมีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่สะสมของไอน้ำมาเป็นพลังงานกล เพื่อหมุนโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนที่หมุนก็คือ เพลาของกังหันไอน้ำ (Turbine Shaft) ซึ่งถูกส่งต่อไปขับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยที่เพลาของกังหันจะประกอบไปด้วย ใบพัด (Blades) หลายๆ ใบพัด นำมาเรียงกันเป็นแถวๆ ซึ่งทั้งหมดที่ประกอบกันจะเป็นส่วนที่หมุน โดยส่วนนี้จะถูกรองรับที่ปลายแต่ละด้านด้วยแบริ่ง (Bearing) และถูกครอบไว้ด้วยสิ่งห่อหุ้มและไดอะแฟรมของกังหัน (Turbine Diaphragm) ถูกติดตั้งอยู่ภายในส่วนที่ห่อหุ้มเป็นส่วนสำคัญที่ติดอยู่กับที่ โดยมีหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการไหลของไอน้ำจากใบพัดชุดหนึ่งไปยังใบพัดอีกชุดหนึ่ง

ซีล (Seal) ถูกติดตั้งในเพลาของกังหัน (Turbine Shaft) ถูกสอดผ่านไดอะแฟรม โดยประโยชน์ของการซีลจะช่วยลดปริมาณไอน้ำ (Steam) ที่รั่วผ่านไปยังใบพัดที่กำลังหมุนแต่ละแถว โดยทั่วไปสำหรับกังหันไอน้ำจะมีใบพัด (Blades) จำนวนประมาณ 8 ถึง 25 ชั้น ก่อนที่ไอน้ำจะเข้ากังหันนั้นจะผ่านวาล์ว 2 ชนิดคือ Stop Valves และ วาล์วควบคุม (Control Valves) หน้าที่ของ Stop Valves คือกั้นการไหลของไอน้ำไม่ให้เข้าไปยังตัวกังหัน ขณะที่หยุดเดินเครื่องและในสภาวะเดินเครื่อง Stop Valves จะถูกเปิดเต็มที่ สำหรับวาล์วควบคุม (Control Valves) จะเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำ โดยทั่วไปกังหันไอน้ำขนาดใหญ่ๆ มักจะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีเพลาต่อร่วม แสดงดังภาพที่ 2.6 กังหันไอน้ำแบบนี้เรียกว่า Cross Compound Turbine เมื่อขับกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า ยังคงมีไอน้ำหลงเหลือบางส่วนจะถูกส่งไปยังเครื่องควบแน่น (Condenser) เพื่อทำให้ไอน้ำกลายเป็นน้ำและใช้ประโยชน์ได้ต่อไป



ภาพที่ 2.5 วัฏจักรของกังหันไอน้ำ

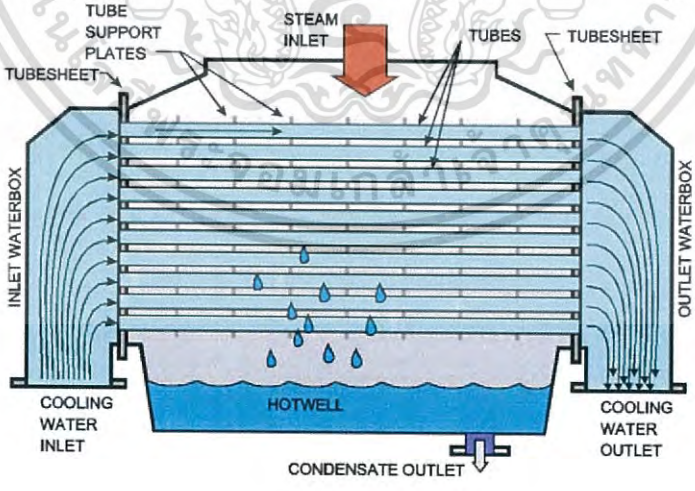
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 กังหันไอน้ำ

2.1.1.6 เครื่องควบแน่น (Condenser)

เครื่องควบแน่นจะประกอบด้วยท่อที่ทำมาจากเหล็ก ทองแดง หรืออะลูมิเนียมขดไปมา และมีครีบเป็นตัวช่วยในการระบายความร้อน เมื่อไอน้ำที่มีความดันสูงถูกอัดเข้ามา อากาศที่อยู่รอบๆและพื้นผิวครีบของเครื่องควบแน่นจะระบายความร้อนของไอน้ำ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลว ซึ่งของเหลวในที่นี้ก็คือน้ำนั่นเอง หลังจากนี้น้ำจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการตามวัฏจักร แสดงดังภาพที่ 2.5 เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า



ภาพที่ 2.7 เครื่องควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

ข้อดี

1. ประหยัดค่าเชื้อเพลิงในหน่วยผลิตไฟฟ้ากังหันไอน้ำ
2. มีความเหมาะสมในการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าและเสริมความมั่นคงต่อระบบไฟฟ้า
3. สามารถออกแบบให้ใช้เชื้อเพลิงได้ทั้งก๊าซธรรมชาติและน้ำมัน
4. มีประสิทธิภาพสูง

ข้อเสีย

1. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมมีราคาสูง
2. กรณีใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงสำรอง ทำให้เสียเงินในการนำเข้าจากต่างประเทศ

2.2 อุปกรณ์วัดอัตราการไหล

อัตราการไหลเป็นตัวแปรหลักที่สำคัญอีกตัวแปรในกระบวนการทางอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการกลั่นและปิโตรเคมี รวมไปถึงอุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ ล้วนมีการวัดอัตราการไหลทั้งสิ้น หลักการวัดของอุปกรณ์สามารถแบ่งเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆคือ การวัดการไหลในระบบท่อปิดและการวัดการไหลแบบลำรางเปิด เครื่องมือวัดอัตราการไหลมีอยู่หลายชนิดแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะและข้อจำกัดในการใช้งานของอุปกรณ์แต่ละชนิด

ของไหลในกระบวนการ อาจเป็นได้ทั้งของแข็ง (Solid) ของเหลว (Liquid) ก๊าซ (Gas) หรือแม้กระทั่งของเหลวผสมกับของแข็ง (Slurry) การวัดและการควบคุมอัตราการไหลที่มีความเที่ยงตรงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการทางอุตสาหกรรม เพราะส่งผลให้มีอัตราส่งจ่ายที่ถูกต้องเหมาะสมเป็นไปตามข้อกำหนด นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันไม่ให้มีอัตราการไหลที่มากเกินไป เพราะเป็นสาเหตุที่อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การวัดและกระบวนการอื่นๆ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์วัดอัตราการไหลซึ่งประกอบด้วย แผ่นออริฟิส (Orifice Plate) และมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter)

รูปแบบของการวัดอัตราการไหล

- อัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volumetric Flow) คือ ปริมาตรของของไหลที่ไหลผ่านภายในท่อต่อหน่วยเวลา ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$Q = \frac{V}{t} \tag{2.1}$$

เมื่อ Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร

V คือ ปริมาตร

t คือ เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow) คือ การตรวจวัดน้ำหนักหรือมวลของของไหลที่ไหลผ่านภายในท่อต่อหน่วยเวลา ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$F = \rho Q \tag{2.2}$$

เมื่อ F คือ อัตราการไหลเชิงมวล

ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

Q คือ อัตราการไหลเชิงปริมาตร

คุณสมบัติทางกายภาพของของไหลที่มีผลต่อการไหล

คุณสมบัติทางกายภาพพื้นฐานที่มีผลต่อการไหลของของไหลนั้นถือว่ามีความสำคัญต่อการวัดอัตราการไหลของของไหลมาก อีกทั้งยังเป็นตัวแปรที่จะต้องนำมาพิจารณาเสมอ เพื่อให้ได้ความเที่ยงตรงและแม่นยำมากที่สุดสำหรับการวัด คุณสมบัติพื้นฐานต่างๆจะประกอบด้วย

- ความหนืด (Viscosity)

ความหนืดของของไหลหมายถึงคุณสมบัติที่ต่อต้านการไหลของของเหลว โดยมีการพบว่าของเหลวที่มีความหนืดมากจะไหลช้ากว่าของเหลวที่มีความหนืดน้อย คุณสมบัตินี้เกิดจากผลของการยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลภายในของเหลวชนิดนั้น ในกรณีที่อุณหภูมิต่ำโมเลกุลของของเหลวจะยึดเหนี่ยวกันอย่างใกล้ชิดส่งผลให้มีแรงยึดเกาะมาก ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้โมเลกุลแยกตัวออกจากกัน แรงยึดเกาะที่น้อยลงเป็นสาเหตุทำให้ความหนืดลดลง หน่วยวัดความหนืดที่นิยมใช้ทั่วไปคือ Pascal-second (Pa-s), Poises (P), Centipoises (cP)

- อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิจัดว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญและมีผลต่อการวัดการไหลมากที่สุด เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีผลกระทบโดยตรงกับตัวแปรพื้นฐานอื่นๆอีกด้วย เช่น ความหนืดและความดัน ในกรณีที่ทำการวัดการไหลของของเหลวนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้โมเลกุลของของเหลวแยกตัวออกจากกัน ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีค่าลดน้อยลง ส่งผลทำให้ค่าความหนืดของของเหลวจึงลดน้อยลงตามไปด้วย เมื่อของเหลวมีความหนืดลดลงของเหลวนั้นก็จะมีอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าในกรณีการวัดการไหลของก๊าซภายในระบบท่อปิด ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความดันภายในท่อสูงขึ้นตามไปด้วย เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของก๊าซภายในท่อ มีผลทำให้ความดันภายในท่อสูงขึ้น ความดันที่เพิ่มขึ้นจะเป็นตัวต้านการไหลของก๊าซ ดังนั้นอัตราการไหลของก๊าซจะลดต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความดัน (Pressure)

การเปลี่ยนแปลงค่าความดันในของเหลวจะมีผลกระทบกับตัวแปรพื้นฐานอื่นๆที่น้อยมาก หรือแทบจะไม่มีผลกระทบเลย โดยมีสาเหตุมาจากของเหลวจัดว่าเป็นสสารที่ไม่สามารถบีบอัดตัว (Incompressible) แต่จะมีผลอย่างมากกับของไหลที่เป็นก๊าซหรืออากาศ ซึ่งค่าความดันพื้นฐานอ้างอิงจะอยู่ที่ความดันบรรยากาศ

- ความหนาแน่น (Density)

การเปลี่ยนแปลงค่าอุณหภูมิจะมีผลต่อความหนาแน่นทั้งของเหลวและก๊าซ แต่ถ้าในกรณีของการเปลี่ยนแปลงความดันจะมีผลต่อความหนาแน่นของก๊าซเท่านั้น โดยความหนาแน่นหาได้จากความสัมพันธ์ของสมการดังต่อไปนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2.3}$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของของไหล

m คือ มวลของของไหล

V คือ ปริมาตร

ลักษณะของการไหล

ลักษณะของการไหลสามารถบอกได้ถึงความเร็วหรืออัตราการไหลของของไหลได้ โดยมีนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ ออสบอร์น เรย์โนลด์ (Osborne Reynold) นำเสนอความสัมพันธ์ที่สามารถอธิบายได้ถึงพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อ ต่อมาถูกตั้งชื่อตามผู้ที่คิดค้นโดยเรียกว่า "ตัวเลขเรย์โนลด์" (Reynold's Number) สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{Re}_D = \frac{vD\rho}{\eta} \tag{2.4}$$

เมื่อ v คือ ความเร็วเฉลี่ย

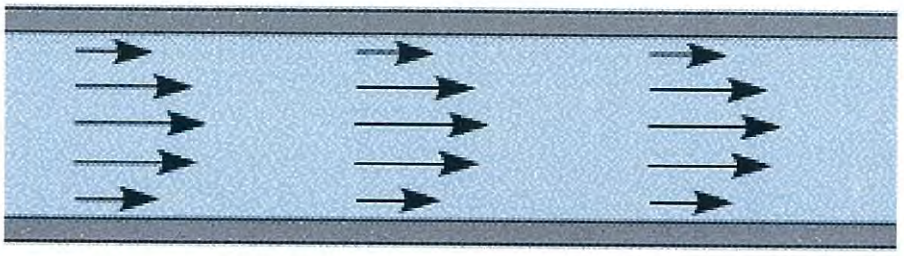
D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

η คือ ความหนืดของของไหล

ตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold's Number) ใช้สำหรับพิจารณาพฤติกรรมการไหลของของไหลภายในท่อ โดยสามารถแบ่งลักษณะการไหลได้ 2 ลักษณะ คือ

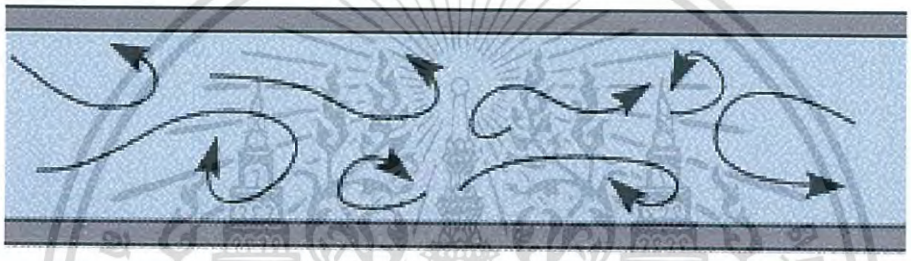
1. การไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) มีค่า Reynold's Number น้อยกว่า 2,000 ของไหลมีความเร็วเฉลี่ยที่เกิดจากการไหลน้อย มีลักษณะการไหลที่มีความสม่ำเสมอ อาจจะมาจากหลายสาเหตุ เช่น ของไหลมีความหนืดมาก พื้นที่รองรับการไหลของของไหลมีขนาดใหญ่กว่าปริมาณของของไหลมากๆหรือระดับความลาดเอียงของการไหลมีมุมที่น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ลักษณะการไหลแบบราบเรียบ

2. การไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent Flow) มีค่า Reynold's Number มากกว่า 4,000 ของไหลมีอัตราการไหลเพิ่มขึ้นจนมีลักษณะปั่นป่วนเป็นห้วงๆหรือไหลไม่เป็นระเบียบ เนื่องมาจากของไหลมีค่าความหนืดต่ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณของของไหลหรือมีระดับความลาดเอียงของการไหลมาก



ภาพที่ 2.9 ลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน

สำหรับค่า Reynold's Number ระหว่าง 2,000 ถึง 4,000 จัดเป็นการไหลแบบทรานซิสชั่น (Transition Flow)

หลักการพิจารณาเลือกอุปกรณ์วัดอัตราการไหล

เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจวัดอัตราการไหลมีอยู่มากมายหลายชนิดและอุปกรณ์แต่ละชนิดหรือแต่ละประเภทก็จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการเลือกใช้อุปกรณ์วัดการไหลนอกจากจะต้องคำนึงถึงเรื่องราคาแล้ว จึงต้องคำนึงถึงความสามารถในการทำงานของอุปกรณ์ มีความถูกต้องแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด อุปกรณ์ที่เลือกใช้นั้นจะต้องมีความเหมาะสมกับของไหลมากที่สุดด้วยเช่นกัน องค์ประกอบที่นำมาพิจารณามีดังนี้

1. ชนิดของของไหล

การพิจารณาลักษณะของของไหลว่ามีลักษณะเป็นของแข็ง ของเหลว ก๊าซ หรือฝุ่นผง ถ้าเป็นกรณีของเหลวก็จะพิจารณาต่อไปอีกว่าเป็นของเหลวที่เป็นสารกัดกร่อนหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลักษณะการไหล

การพิจารณาลักษณะการไหลว่าเป็นการไหลในลักษณะราบเรียบ (Laminar Flow) หรือเป็นการไหลในลักษณะปั่นป่วน (Turbulent Flow) เพราะลักษณะของการไหลจะสามารถบอกได้ถึงความหนืดของของไหล เนื่องจากอุปกรณ์การวัดบางชนิดไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้งานกับของไหลที่มีความหนืดมากๆ

3. ปริมาณการไหล

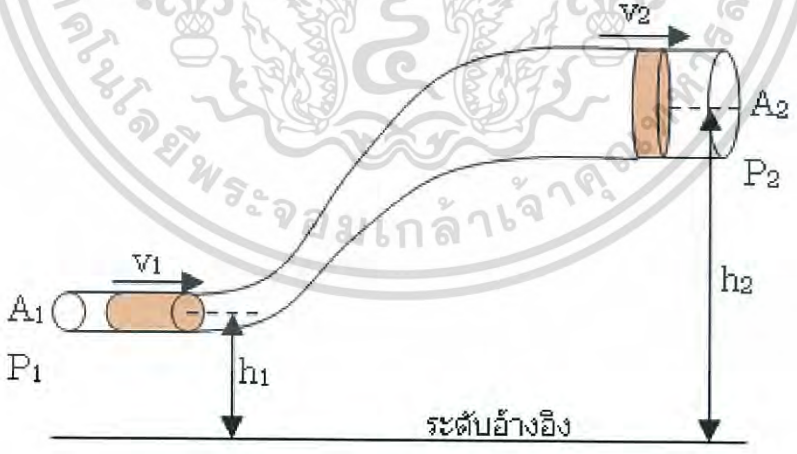
การพิจารณาว่าของไหลที่ไหลอยู่ภายในท่อปิดมีปริมาณการไหลเต็มท่อหรือไม่ เนื่องจากอุปกรณ์บางตัวจะไม่สามารถใช้ตรวจวัดการไหลของของไหลที่มีปริมาณการไหลไม่เต็มท่อได้

4. สารแขวนลอยหรือสิ่งที่ปะปนมากับของไหล

การพิจารณาของไหลที่ต้องมีการตรวจสอบก่อนว่า ของไหลนั้นถ้าเป็นของเหลวมีลักษณะเป็นสารบริสุทธิ์หรือมีสารแขวนลอยปะปนมาด้วยหรือไม่ เนื่องจากอุปกรณ์วัดอัตราการไหลบางชนิดไม่สามารถนำไปใช้กับของไหลที่มีสารแขวนลอยปะปนได้ เพราะอาจจะทำให้เกิดการอุดตันขึ้นกับตัวอุปกรณ์ตรวจวัดมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัด

2.2.1 การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิส (Orifice Plate)

แผ่นออริฟิสเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่วัดอัตราการไหลโดยใช้หลักการความดันแตกต่างอาศัยหลักการทฤษฎีของแบร์นูลลีที่กล่าวไว้ว่า ที่ตำแหน่งใดๆในท่อผลรวมของความดัน พลังงานจลน์ต่อปริมาตร และพลังงานศักย์ต่อปริมาตรจะมีค่าคงที่เสมอ



ภาพที่ 2.10 ทฤษฎีแบร์นูลลี

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน พลังงานที่ 1 = พลังงานที่ 2

$$E_{p1} + E_{k1} + W_1 = E_{p2} + E_{k2} + W_2 \qquad (2.5)$$

เมื่อ $E_p = mgh$ และ $E_k = \frac{1}{2}mv^2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$mgh_1 + \frac{1}{2}mv_1^2 + P_1V = mgh_2 + \frac{1}{2}mv_2^2 + P_2V \qquad (2.6)$$

นำสมการที่ (2.6) หาร V ตลอดสมการ จะได้ว่า

$$\frac{mgh_1}{V} + \frac{1}{2}\frac{mv_1^2}{V} + P_1 = \frac{mgh_2}{V} + \frac{1}{2}\frac{mv_2^2}{V} + P_2 \qquad (2.7)$$

จากสูตร $\rho = \frac{m}{V}$ จัดรูปได้ดังนี้

$$\rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + P_1 = \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + P_2 \qquad (2.8)$$

เนื่องจากท่ออยู่ในแนวแกนนอน $h_1 = h_2$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) \qquad (2.9)$$

เนื่องจากสภาพการไหลเป็นแบบต่อเนื่อง ดังนั้นอัตราการไหล (Q) ของของไหลที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด ณ จุดใดๆ ของท่อจะต้องมีค่าคงที่เสมอ

$$v_1A_1 = v_2A_2 \qquad (2.10)$$

จากสมการที่ (2.10) จัดรูปสมการใหม่ได้ $$v_1 = \frac{A_2v_2}{A_1} \qquad (2.11)$$

นำสมการที่ (2.11) แทนลงในสมการที่ (2.9)

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho}{2}v_2^2\left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right]$$

กำหนดให้ $A_1 = \frac{\pi D^2}{4}$ $A_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ และ $\Delta P = P_1 - P_2$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho\left(1 - \frac{d}{D}\right)^4}} \qquad (2.12)$$

เมื่อ v_2 เป็นความเร็วของของไหลผ่านแผ่นออริฟิส สามารถหาอัตราการไหลได้จาก

$$Q = A_2v_2 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \qquad (2.13)$$

ผลที่ได้จากสมการที่ (2.13) เป็นค่าอัตราการไหลที่ได้จากทฤษฎีเท่านั้น ในทางปฏิบัติแล้ว ค่าอัตราการไหลที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎี ดังนั้นจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวหนึ่งใช้คูณเพื่อให้ได้ค่าอัตราการไหลที่แท้จริง สัมประสิทธิ์ตัวนี้ได้จากการทดลองถูกเรียกว่า "สัมประสิทธิ์ของการปล่อย" (Coefficient of Discharge: C_d) ค่านี้ขึ้นอยู่กับชนิดของการไหล รูปแบบของอุปกรณ์การวัดและค่าตัวเลขเรย์โนลด์

$$C_d = \frac{Q_{act}}{Q_{theory}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า $$Q = C_d \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{d}{D}\right)^4}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P}{\rho}} \qquad (2.14)$$

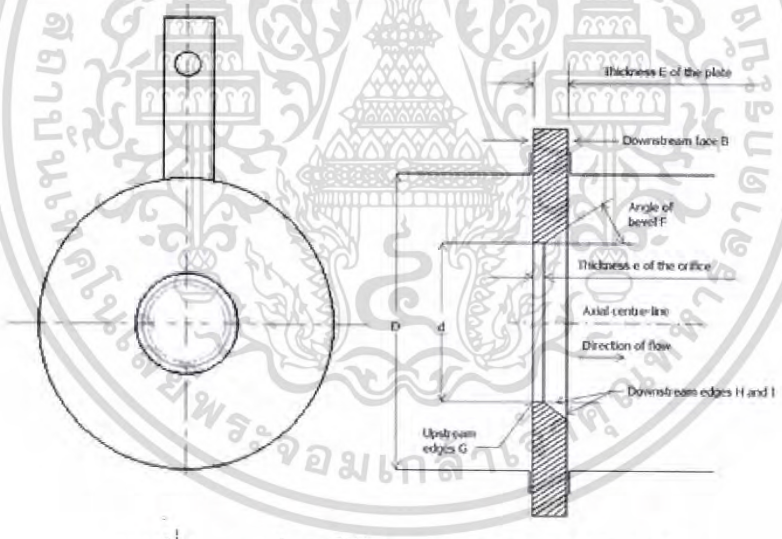
กำหนดให้ $K = C_d \frac{\pi d^2}{4} \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{d}{D}\right)^4}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\rho}}$

$$Q = K\sqrt{\Delta P} \qquad (2.15)$$

2.2.1.1 ทฤษฎีและหลักการ

แผ่นออริฟิส (Orifice Plate)

แผ่นออริฟิสเป็นอุปกรณ์วัดอัตราการไหลพื้นฐานมีการใช้งานมาอย่างยาวนาน ในปัจจุบันเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ภายในอุตสาหกรรม เนื่องจากติดตั้งได้ง่าย มีความแข็งแรงทนทาน มีความน่าเชื่อถือในการวัดอัตราการไหลพอสมควร ลักษณะโครงสร้างของแผ่นออริฟิสจะเป็นแผ่นโลหะที่มีช่องอยู่ตรงกลาง บางชนิดช่องอาจจะอยู่ตรงศูนย์กลาง บางชนิดเยื้องจากจุดศูนย์กลาง โดยการเลือกใช้งานขึ้นอยู่กับลักษณะและชนิดของของไหลที่ต้องการวัด



ภาพที่ 2.11 แผ่นออริฟิส ตามมาตรฐาน ISO 5167

หลักการใช้งานแผ่นออริฟิสเพื่อวัดอัตราการไหล นำแผ่นออริฟิสไปติดตั้งภายในท่อปิดที่มีของไหลไหลผ่านในลักษณะกีดขวางการไหล เมื่อของไหลภายในท่อไหลมากระทบกับแผ่นออริฟิสจะมีบางส่วนที่ไหลผ่านช่องออริฟิสออกไปได้ ทำให้เกิดความดันแตกต่างขึ้นที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิสซึ่งมีค่าความดันไม่เท่ากัน ความดันด้านหน้าของแผ่นออริฟิสจะมีค่าสูงกว่าความดันด้านหลัง เป็นผลมาจากการสูญเสียความดันขณะที่ของไหลพยายามไหลผ่านสิ่งกีดขวาง ค่าความดันแตกต่างขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและขนาดช่องของแผ่นออริฟิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

จากภาพที่ 2.11 ตามมาตรฐาน ISO 5167 มีการระบุไว้ดังนี้ ช่องด้านหลังของแผ่นออริฟิส ควรมีมุมของความชันหรือความลาดเอียงประมาณ 45±15 องศา เพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นจากการไหลและทำให้ของไหลไหลได้อย่างสะดวกเพิ่มมากขึ้น ค่าความหนาของขอบในออริฟิส (Thickness of the Orifice: e) ควรอยู่ระหว่าง 0.005D ถึง 0.02D และค่าความหนาของแผ่นออริฟิส (Thickness of the Plate: E) ควรอยู่ระหว่าง e ถึง 0.05D

ในการออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิส (Bore Diameter: d) ควรจะมีขนาด 12.5 มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิสกับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อหรือค่าเบต้า (β ratio) ควรจะมีค่าระหว่าง 0.1 ถึง 0.75 แต่ค่านี้ขึ้นอยู่กับการเลือกของผู้ใช้งาน

$$\beta = \frac{d}{D} \tag{2.16}$$

เมื่อ d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิส

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

ชนิดของแผ่นออริฟิส

ชนิดของแผ่นออริฟิสมี 4 รูปแบบ มีดังนี้

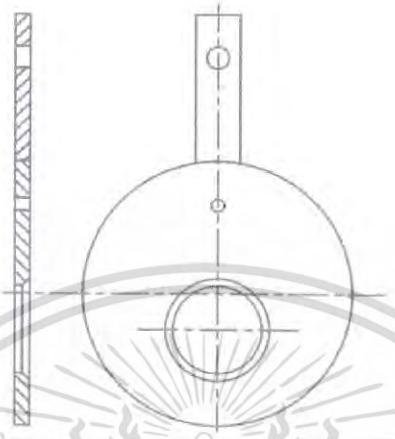
1. แผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม (Concentric Orifice) เป็นชนิดพื้นฐานของแผ่นออริฟิส มีการใช้งานทั่วไปในอุตสาหกรรมมากที่สุด สามารถนำไปใช้กับของไหลได้เกือบทุกประเภท ยกเว้นของไหลที่มีสารแขวนลอย มีส่วนผสมของสิ่งสกปรกหรือของแข็งและของไหลที่มีความหนืดสูง

ภาพที่ 2.12 แผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม

148637

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผ่นออริฟิสแบบเยื้องศูนย์ (Eccentric Orifice) แผ่นออริฟิสแบบนี้จะมีรูเยื้องลงมาทางด้านล่างของแผ่นออริฟิสที่ติดตั้งอยู่ภายในท่อ เพื่อลดการตกค้างของสารแขวนลอยหรือการตกตะกอนที่บริเวณด้านหน้าของแผ่นออริฟิส เหมาะสำหรับของไหลที่มีสารแขวนลอย มีส่วนผสมของสิ่งสกปรกหรือของแข็ง



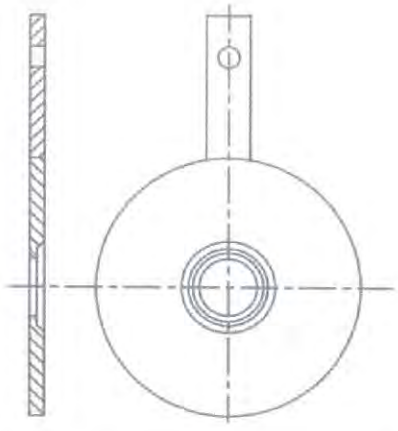
ภาพที่ 2.13 แผ่นออริฟิสแบบเยื้องศูนย์

3. แผ่นออริฟิสแบบเซกเมนต์ (Segmental Orifice) แผ่นออริฟิสชนิดนี้มีลักษณะเป็นช่องครึ่งวงกลม อาจจะถูกติดตั้งอยู่ด้านบนหรือด้านล่างก็ได้ เหมาะสำหรับของไหลที่มีสารแขวนลอยมีส่วนผสมของสิ่งสกปรกหรือของแข็ง

ภาพที่ 2.14 แผ่นออริฟิสแบบเซกเมนต์

4. แผ่นออริฟิสแบบเผยปากเป็นรูปโค้ง (Quadrant Orifice) แผ่นออริฟิสแบบนี้รูทางด้านเข้าจะเอียงประมาณ 1/4 ของวงกลมและเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับของไหลที่มีความหนืดสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



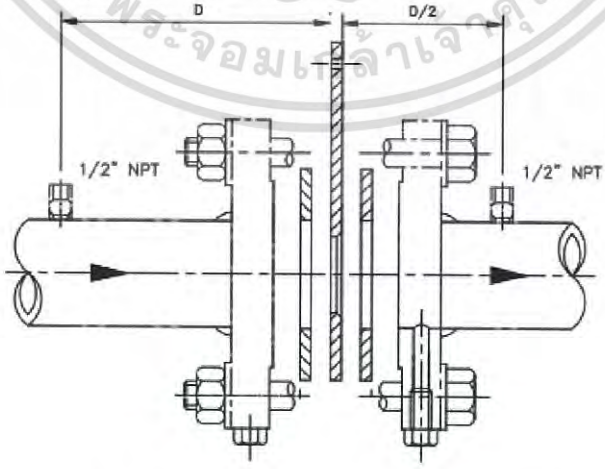
ภาพที่ 2.15 แผ่นออริฟิสแบบเผยปากเป็นรูปโค้ง

ในบางครั้งแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) จะมีช่องเล็กๆอยู่ 2 ช่อง เพื่อเป็นช่องทางผ่านของไอน้ำหรือก๊าซ โดยรูที่อยู่ด้านล่าง เรียกว่า “Drain Hole” ถูกใช้ในกรณีวัดก๊าซที่มีของเหลวปะปน ส่วนรูที่อยู่ด้านบน เรียกว่า “Vent Hole” ถูกใช้ในกรณีที่ต้องการวัดของเหลวแต่มีก๊าซปะปนมา

รูปแบบจุดต่อสำหรับวัดค่าความดัน (Pressure Tappings)

ในการใช้งานแผ่นออริฟิสซึ่งใช้หลักการความดันแตกต่าง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการไหลต้องมีจุดต่อสำหรับวัดค่าความดันแตกต่างทั้งทางด้านหน้า (Upstream) และทางด้านหลัง (Downstream) เพื่อนำไปต่อเข้ากับอุปกรณ์สำหรับวัดค่าความดันแตกต่างซึ่งก็คือ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) ตามมาตรฐานรูปแบบจุดต่อสำหรับวัดค่าความดันมี 3 รูปแบบ คือ

1. จุดต่อวัดความดันที่ระยะ D และ 0.5D (D and D/2 Tappings)



ภาพที่ 2.16 จุดต่อวัดความดันที่ระยะ D และ 0.5D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

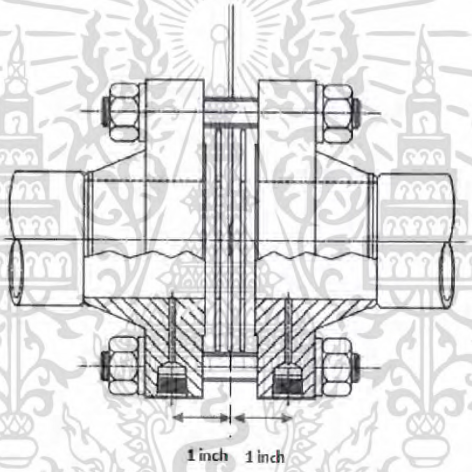
จุดต่อแบบนี้จะอยู่ที่ท่อ โดยจุดต่อความดันด้าน Upstream จะวัดจากทางด้านหน้าของแผ่นออริฟิสเป็นระยะ 1D และจุดต่อความดันด้าน Downstream จะวัดจากทางด้านหน้าของแผ่นออริฟิสเป็นระยะ 0.5D เมื่อ D คือเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร ระยะของจุดต่อวัดความดันอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย ดังต่อไปนี้

- ในกรณีของด้าน Upstream จุดต่อความดันอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าที่อยู่ระหว่าง 0.9D และ 1.1D

- ในกรณีของด้าน Downstream จุดต่อความดันอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับค่าเบต้า (β)

  - $\beta \leq 0.6$ ระยะจุดต่อความดันอยู่ระหว่าง 0.48D และ 0.52D
  - $\beta > 0.6$ ระยะจุดต่อความดันอยู่ระหว่าง 0.49D และ 0.51D

2. จุดต่อวัดความดันที่หน้าแปลน (Flange Tappings)



ภาพที่ 2.17 จุดต่อวัดความดันที่หน้าแปลน

จุดต่อแบบนี้จะอยู่ที่หน้าแปลน โดยจุดต่อความดันทางด้าน Upstream จะถูกวัดจากทางด้านหน้าของแผ่นออริฟิสเป็นระยะ 1 นิ้ว หรือ 25.4 มิลลิเมตร ส่วนจุดต่อความดันทางด้าน Downstream จะถูกวัดจากทางด้านหลังของแผ่นออริฟิสเป็นระยะ 1 นิ้ว หรือ 25.4 มิลลิเมตร เช่นเดียวกัน ระยะของจุดต่อความดันอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับค่าเบต้า (β) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (D)

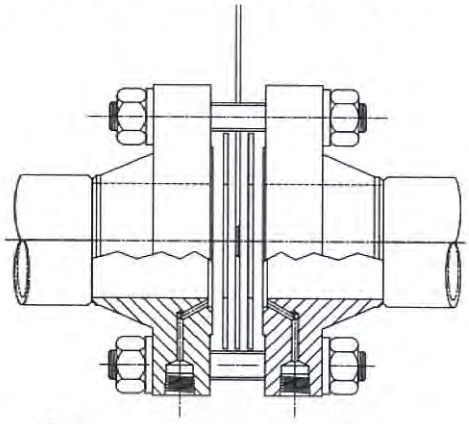
- $\beta > 0.6$ และ $D < 150mm$ ระยะจุดต่อความดันทั้งทางด้าน Upstream และ Downstream เป็นระยะ 25.4 มิลลิเมตร $\pm$ 0.5 มิลลิเมตร

- $\beta \leq 0.6$ หรือ $\beta > 0.6$ แต่ $150mm < D < 1000mm$ ระยะจุดต่อความดันทั้งทางด้าน Upstream และ Downstream เป็นระยะ 25.4 มิลลิเมตร $\pm$ 1 มิลลิเมตร

ในทางอุตสาหกรรม รูปแบบจุดต่อความดันนี้ถูกใช้งานมากที่สุด เนื่องจากติดตั้งได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จุดต่อวัดความดันที่แผ่นออริฟิส (Corner Tappings)



ภาพที่ 2.18 จุดต่อวัดความดันที่แผ่นออริฟิส

จุดต่อแบบนี้จะอยู่ที่หน้าแปลน ซึ่งติดกับแผ่นออริฟิสทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เหมาะสมสำหรับท่อที่มีขนาดน้อยกว่า 3 นิ้ว

ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อย (Coefficient of Discharge: C_d)

ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยได้มาจากสมการ Reader-Harris/Gallagher

$$C_d = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0.216\beta^8 + 0.000521\left(\frac{10^6\beta}{\mathrm{Re}_D}\right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5}\left(\frac{10^6}{\mathrm{Re}_D}\right)^{0.3}$$

$$+(0.043 + 0.08e^{-10L_1} - 0.123\mathrm{e}^{-7L_1})(1 - 0.11\mathrm{A})\frac{\beta^4}{1-\beta^4} - 0.031(\mathrm{M}_2 - 0.8\mathrm{M}_2{}^{1.1})\beta^{1.3} \qquad (2.17)$$

ในกรณีที่ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อมีค่าน้อยกว่า 71.12 มิลลิเมตร $(D < 71.12mm)$ ต้องเพิ่มสมการดังต่อไปนี้

$$+0.011(0.75 - \beta)(2.8 - \frac{D}{25.4})$$

เมื่อ

β คือ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิสกับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

Re_D คือ ตัวเลขเรย์โนลด์เป็นตัวเลขที่บ่งบอกลักษณะของการไหล

L_1 คือ ผลหารระหว่างระยะจุดต่อความดันของทางด้าน Upstream กับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

L_2 คือ ผลหารระหว่างระยะจุดต่อความดันของทางด้าน Downstream กับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_2 = \frac{2L_2}{1-\beta}$$

$$A = \left(\frac{19,000\beta}{\mathrm{Re}_D}\right)^{0.8}$$

ค่าของ L_1 และ L_2 ในสมการค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อย (Coefficient of Discharge) ขึ้นอยู่กับรูปแบบจุดต่อความดันทั้ง 3 รูปแบบตามมาตรฐาน ISO 5167 ที่มีการกล่าวไว้ รูปแบบอื่นๆที่นอกเหนือจากมาตรฐานไม่สามารถนำค่า L_1 และ L_2 มาคำนวณได้

1. จุดต่อวัดความดันที่ระยะ D และ 0.5D (D and D/2 Tappings)

$$L_1 = 1 \text{ และ } L_2 = 0.47$$

2. จุดต่อวัดความดันที่หน้าแปลน (Flange Tappings)

$$L_1 = L_2 = \frac{25.4}{D}$$

3. จุดต่อวัดความดันที่แผ่นออริฟิส (Corner Tappings)

$$L_1 = L_2 = 0$$

สัมประสิทธิ์การขยายตัว (Expansion Factor: ε)

สัมประสิทธิ์การขยายตัวหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\varepsilon = 1-(0.351+0.256\beta^4+0.93\beta^8)\left[1-\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{\kappa}}\right] \qquad (2.18)$$

เมื่อ β คือ อัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิสกับเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ

p_1 คือ ความดันด้านทางเข้า (Upstream)

p_2 คือ ความดันด้านทางออก (Downstream)

κ คือ ค่าอัตราส่วนความร้อนจำเพาะ

ในกรณีของของไหลที่ไม่สามารถบีบอัดตัวได้ (Incompressible) ซึ่งส่วนมากมักเป็นพวกของเหลวจะมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเท่ากับ 1 ($\varepsilon = 1$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

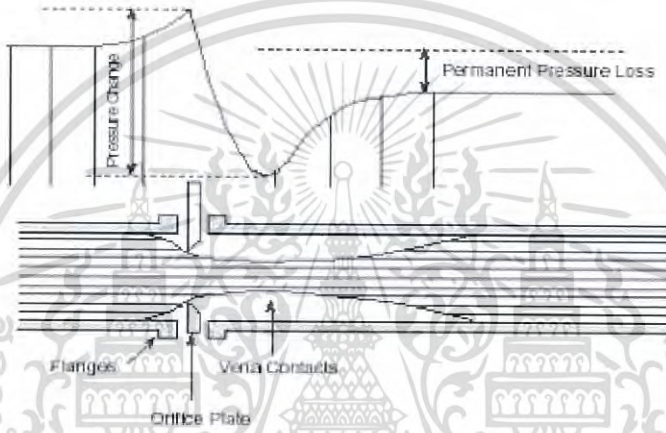
การสูญเสียความดันของแผ่นออริฟิส (Pressure Loss)

การวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิสเป็นการใช้มิเตอร์กีดขวางการไหล ซึ่งจะส่งผลทำให้ความดันทางด้านหน้า (Upstream) และด้านหลัง (Downstream) แตกต่างกัน หลังจากที่ของไหลผ่านแผ่นออริฟิสจะเกิดการสูญเสียความดันถาวรสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\Delta w = \frac{\sqrt{1-\beta^4(1-C_d{}^2)}-C_d\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4(1-C_d{}^2)}+C_d\beta^2}\Delta p \qquad (2.19)$$

หรือสามารถประมาณค่าได้ดังนี้

$$\frac{\Delta w}{\Delta p} = 1-\beta^{1.9} \qquad (2.20)$$



ภาพที่ 2.19 การสูญเสียความดันถาวรของแผ่นออริฟิส

การคำนวณช่องของแผ่นออริฟิส

ในการวัดอัตราการไหลด้วยแผ่นออริฟิสซึ่งใช้หลักการความดันแตกต่าง โดยค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นนี้เป็นสัดส่วนแบบรากที่สอง (Square Root) กับอัตราการไหล ความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นจะแปรผันตามขนาดช่องของแผ่นออริฟิส ถ้าช่องของแผ่นออริฟิสใหญ่ ความดันแตกต่างก็จะเกิดขึ้นน้อย ในทางกลับกัน ถ้าช่องของแผ่นออริฟิสมีขนาดเล็ก ความดันแตกต่างก็จะเกิดขึ้นมาก ดังนั้นในการใช้งานต้องมีการกำหนดความดันแตกต่างเสียก่อน (Allowable Pressure Drop) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิส (Bore Diameter) ในปัจจุบันนี้เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทอย่างมาก ทำให้สามารถใช้โปรแกรมในการคำนวณได้ ซึ่งโปรแกรมที่ใช้คำนวณมีการเขียนโปรแกรมสำหรับมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณโดยตรง ผู้ใช้งานจะต้องทราบข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้ เพื่อส่งให้บริษัทผู้จัดจำหน่ายคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชนิดของของไหล (Fluid Name) เช่น ไอน้ำ (Steam) ก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen Gas)

- สถานะของของไหล (Fluid State) แบ่งออกเป็น ของแข็ง (Solid) ของเหลว (Liquid) และก๊าซ (Gas)

- อัตราการไหลสูงสุด ปกติ ต่ำสุด (Maximum/ Normal/ Minimum Flow) ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของอัตราการไหลเชิงมวลหรืออัตราการไหลเชิงปริมาตร

- ความดันในขณะทำงาน (Operating Pressure)

- อุณหภูมิในขณะทำงาน (Operating Temperature)

- ความดันที่ออกแบบ (Design Pressure)

- อุณหภูมิที่ออกแบบ (Design Temperature)

สำหรับของไหลที่เป็นของเหลว ข้อมูลที่ต้องทราบเพิ่มเติมประกอบด้วย

- ค่าความหนาแน่น (Density) บางครั้งอาจจะบอกมาในรูปของค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว (Specific Gravity) เป็นอัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของของไหลกับความหนาแน่นของน้ำ โดยความหนาแน่นของน้ำมีค่า 1,000 kg / m^3

$$SG = \frac{\rho_f}{\rho_{water}} \tag{2.21}$$

- ค่าความหนืด (Viscosity)

สำหรับของไหลที่เป็นก๊าซ (Gas or Vapour) ข้อมูลที่ต้องทราบเพิ่มเติมประกอบด้วย

- น้ำหนักโมเลกุล (Molecular Weight)

- ความสามารถในการอัดตัว (Compressibility)

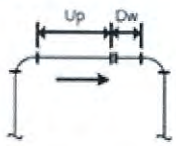
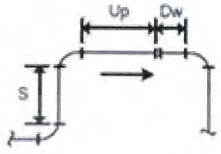
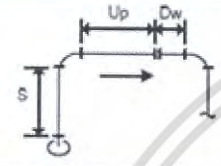
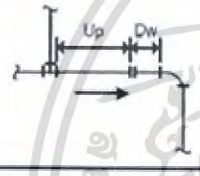
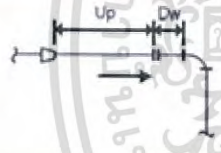
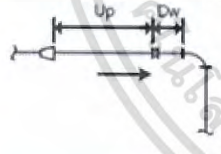
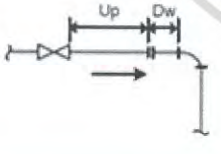
- อัตราส่วนความร้อนจำเพาะ (Specific Heat Ratio)

2.2.1.2 การติดตั้ง

แผ่นออริฟิส (Orifice Plate) ถูกติดตั้งในลักษณะกีดขวางการไหล โดยระนาบของแผ่นออริฟิสต้องตั้งฉากกับทิศทางของการไหลและมีรูปแบบของการไหล (Flow Profile) ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงมาก ดังนั้นอุปกรณ์การวัดชนิดนี้ต้องการระยะท่อทางตรง (Straight Run) ทั้งทางด้านหน้า (Upstream) และทางด้านหลัง (Downstream) ให้มีระยะเพียงพอตามมาตรฐานสากลที่มีการระบุไว้ ในการก่อสร้างมีรูปแบบโครงสร้างของท่อที่หลากหลาย ตัวอย่างบางส่วนแสดงดังตารางที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ตารางระยะท่อทางตรงของแผ่นออริฟิส สำหรับค่าเบต้าเท่ากับ 0.67

PIPING ARRANGEMENT	CONDITIONS	NON-CRITICAL		CRITICAL	
		Up	Dw	Up	Dw
	Single 90° Bend	20	7	44	3,5
	Two 90° Bends Same Plane				
	S: More Than 30 D	20	7	44	3,5
	S: Less Than 30 D & More Than 10 D	18	7	44	3,5
	S :Less Than 10 D	20	7	44	3,5
	Two 90° Bends in Perpendicular Planes				
	S: More Than 30 D	20	7	44	3,5
	S: Less Than 30 D & More Than 5 D	20	7	44	3,5
	S :Less Than 5 D (See ISO Table 3.b)	18	7	60	3,5
	Single Tee	18	7	36	3,5
	Concentric Reducer Max 2 D to D	9	7	12	3,5
	Concentric Expander Max 0.5 D to D	14	7	28	3,5
	Full Bore Ball or Gate Valve Fully Open	9	7	18	3,5

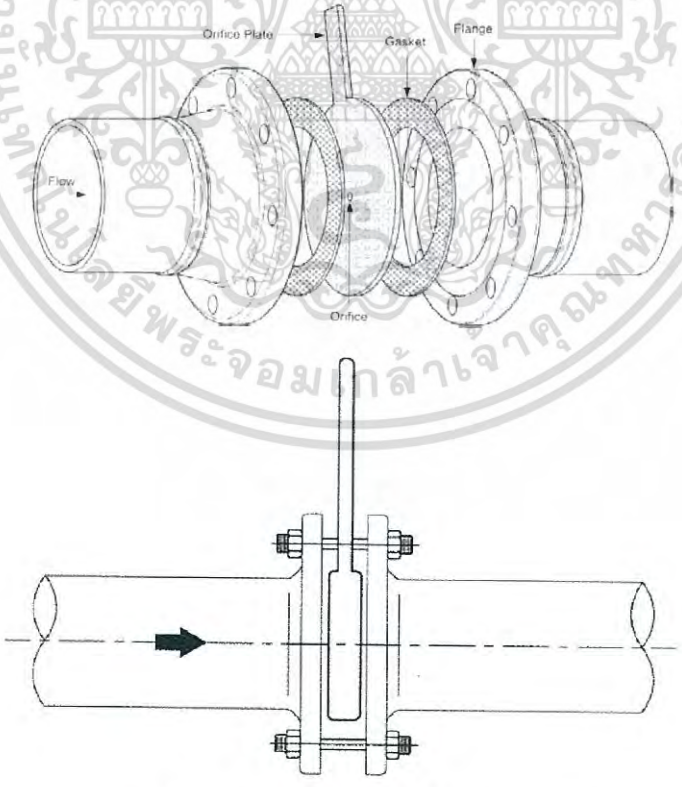
จากตารางที่ 2.1 สังเกตได้ว่าจะมีระยะแบ่งเป็น Critical และ Non-Critical ซึ่งระยะทั้งสองมีความแตกต่างกัน โดยกล่าวได้ว่าระยะ Critical เป็นค่าระยะท่อทางตรงที่ไม่มีความผิดพลาดต่อการวัด ส่วน Non-Critical เป็นค่าระยะท่อทางตรงที่มีค่าความผิดพลาด 0.5 เปอร์เซ็นต์ แต่สามารถอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการติดตั้งควรมีระยะท่อทางตรงที่มากพอ เพื่อไม่ให้รูปแบบการไหลในกระบวนการเกิดการเปลี่ยนแปลง ตามมาตรฐาน ISO 5167 ได้แบ่งระยะท่อทางตรงทั้งทางด้านหน้าและด้านหลัง ตามค่าเบต้าและรูปแบบของท่อ แสดงดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงระยะท่อทางตรงของแผ่นออริฟิส

Diameter ratio β	Upstream (inlet) side of orifice plate																						Downstream (outlet) side of the orifice plate	
	Single 90° bend Two 90° bends in any plane ($S > 30D$) [a]		Two 90° bends in the same plane: S-configuration ($30D \geqslant S > 10D$) [a]		Two 90° bends in the same plane: S-configuration ($10D \geqslant S$) [a]		Two 90° bends in perpendicular planes ($30D \geqslant S \geqslant 5D$) [a]		Two 90° bends in perpendicular planes ($5D > S$) [a, b]		Single 90° tee with or without an extension Mitre 90° bend		Single 45° bend Two 45° bends in the same plane: S-configuration ($S \geqslant 2D$) [a]		Concentric reducer $2D$ to D over a length of $1,5D$ to $3D$		Concentric expander $0,5D$ to D over a length of D to $2D$		Full bore ball valve or gate valve fully open		Abrupt symmetrical reduction		Thermometer pocket or well [c] of diameter $\leqslant 0,03D$ [d]		Fittings (columns 2 to 11) and the densitometer pocket	
1	2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14	
—	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]	A [e]	B [f]
$\leqslant 0,20$	6	3	10	9	10	9	19	18	34	17	3	9	7	9	5	9	6	9	12	6	30	15	5	3	4	2
0,40	16	3	10	9	10	9	44	18	50	25	9	3	30	9	5	9	12	8	12	6	30	15	5	3	6	3
0,50	22	9	18	10	22	10	44	18	75	34	19	9	30	18	8	5	20	9	12	6	30	15	5	3	6	3
0,60	42	13	30	18	42	18	44	18	65 [h]	25	29	18	30	18	9	5	26	11	14	7	30	15	5	3	7	3,5
0,67	44	20	44	18	44	20	44	20	60	18	36	18	44	18	12	6	28	14	18	9	30	15	5	3	7	3,5
0,75	44	20	44	18	44	22	44	20	75	18	44	18	44	18	13	8	36	18	24	12	30	15	5	3	8	4

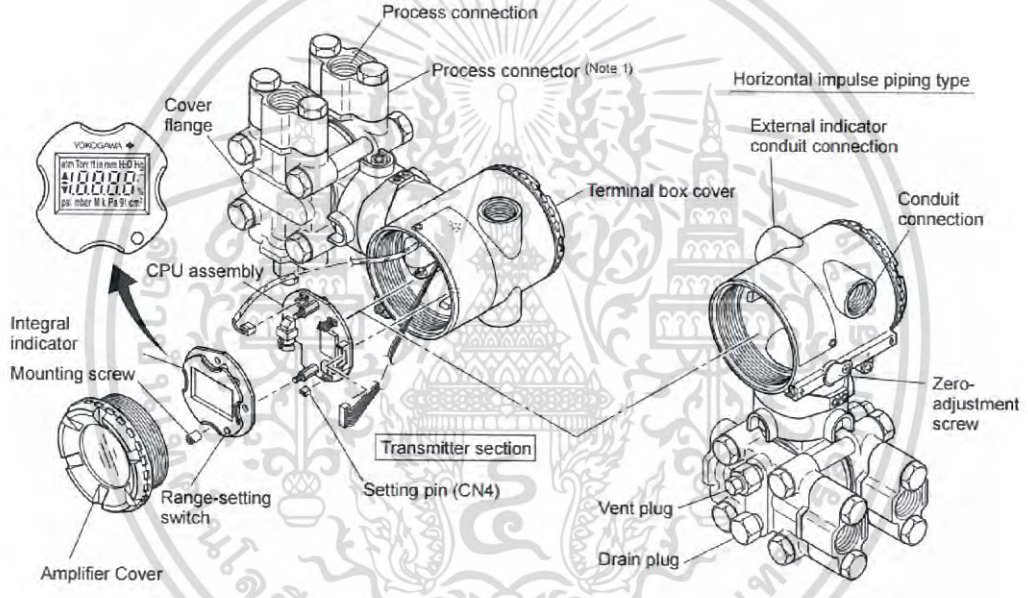
เมื่อทำการคำนวณระยะท่อทางตรงทั้งทางด้าน Upstream และ Downstream จากนั้นสามารถนำแผ่นออริฟิสมาติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยการติดตั้งต้องมีหน้าแปลน (Flange) ประกบทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่นออริฟิส ระหว่างหน้าแปลนทั้งสองมีประเก็น (Gasket) ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไหลของของเหลว โดยใช้สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) เป็นตัวยึดอุปกรณ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันแสดงดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 ลักษณะการติดตั้งแผ่นออริฟิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

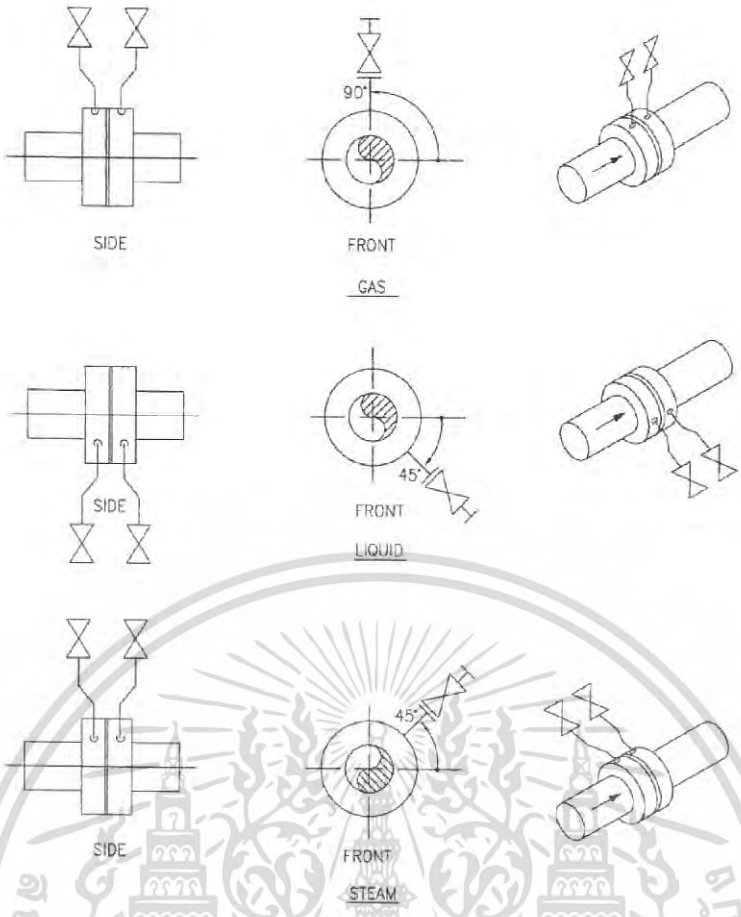
แผ่นออริฟิสไม่สามารถที่จะวัดค่าความดันที่เกิดจากการไหลได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องมีการต่อร่วมกับอุปกรณ์วัดความดันชนิดอื่น เพื่อวัดค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้น เช่น มาโนมิเตอร์รูปตัวยู ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง เป็นต้น ในทางอุตสาหกรรมแผ่นออริฟิสถูกต่อร่วมกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง โดยใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าความจุทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและระยะการเคลื่อนที่ของแผ่นไดอะแฟรม โครงสร้างประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรมถูกยึดติดไว้ เมื่อได้รับความดันไดอะแฟรมจะเกิดการโก่งตัวไปตามทิศทางของความดัน โดยระยะการโก่งตัวของไดอะแฟรม (d) แปรผันโดยตรงกับขนาดของค่าความดันที่เข้ามากระทำ ทรานส์มิตเตอร์อาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการสร้างสัญญาณทางไฟฟ้าให้อยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า 4-20 มิลลิแอมป์หรือแรงดันไฟฟ้า 1-5 โวลต์ เพื่อนำค่าสัญญาณที่ได้ไปทำการควบคุมระบบต่อไป



ภาพที่ 2.21 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

รูปแบบการติดตั้งแผ่นออริฟิสกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างแบ่งเป็นการติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) และการติดตั้งแบบระยะไกล (Remote) ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งรูปแบบใดจะต้องมีวาล์วชนิดหนึ่ง (Block Valve) ทำหน้าที่กั้นของไหลในระบบถูกติดตั้งไว้ เพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุงและนำทรานส์มิตเตอร์ไปสอบเทียบ ตำแหน่งของจุดสำหรับวัดความดันก็แตกต่างกันตามสถานะของของไหล ตัวอย่างจุดวัดความดันในท่อแนวนอนสามารถแสดงดังภาพที่ 2.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.22 ตำแหน่งจุดต่อความดันของของไหลแบบต่างๆ

1. การติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) เหมาะสำหรับการใช้ในกรณีที่ของไหลในกระบวนการเป็นของไหลที่ไม่มีตะกอน สะอาด ไม่เป็นสารกัดกร่อน โดยจะมีท่อ (Tube) ที่สามารถดัดงอได้เชื่อมระหว่างแผ่นออริฟิสกับทรานส์มิตเตอร์ ระยะความชันของท่อมีค่าประมาณ 1:12 นิ้ว ตามมาตรฐาน API RP 551 ที่มีการระบุไว้ การติดตั้งในทิศทางขึ้น (Slope Up) สำหรับของไหลที่เป็นก๊าซและการติดตั้งในทิศทางลง (Slope Down) สำหรับของไหลที่เป็นของเหลวหรือไอน้ำ การติดตั้งในลักษณะนี้ของไหลในกระบวนการจะต้องไหลผ่านวาล์วมานิโฟลด์ (Valve Manifold) ก่อนเข้าตัวอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ ประเภทของวาล์วมานิโฟลด์ (Valve Manifold) แบ่งเป็น 3 ปะเภท คือ

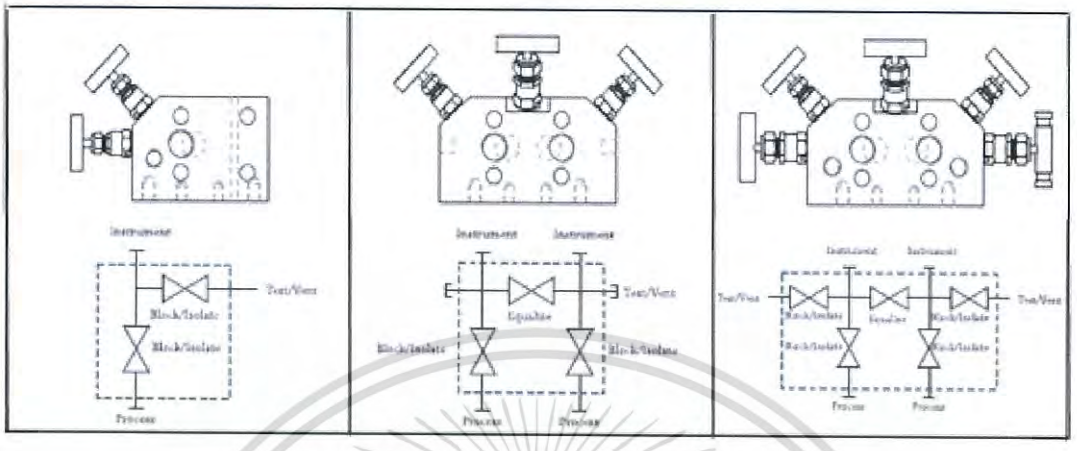
2 Valve Manifold หรือเรียกอีกอย่างว่า Block and Bleed ประกอบด้วย Isolate Valve และ Vent Valve อย่างละ 1 ตัว

3 Valve Manifold หรือเรียกอีกอย่างว่า Double Block and Bleed ประกอบด้วย Isolate Valve Equalize Valve และ Vent Valve อย่างละ 1 ตัว

5 Valve Manifold ประกอบด้วย Isolate Valve 2 ตัว Equalize Valve 1 ตัว และ Vent Valve 2 ตัว

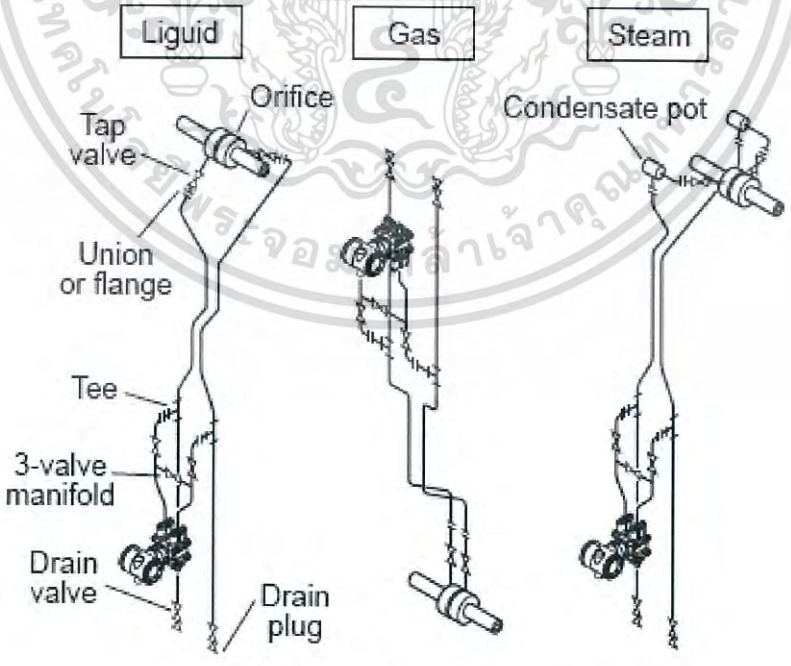
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ของ Valve Manifold คือ เพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุงและสอบเทียบโดยที่ไม่ต้องหยุดกระบวนการ โดย Isolate Valve และ Vent Valve มีหน้าที่ระบายแรงดันและของไหลออก ส่วน Equalize Valve มีหน้าที่สำหรับปรับค่าความดันทั้ง 2 ด้านให้มีค่าเท่ากัน



ภาพที่ 2.23 วาล์วมานิโฟลด์

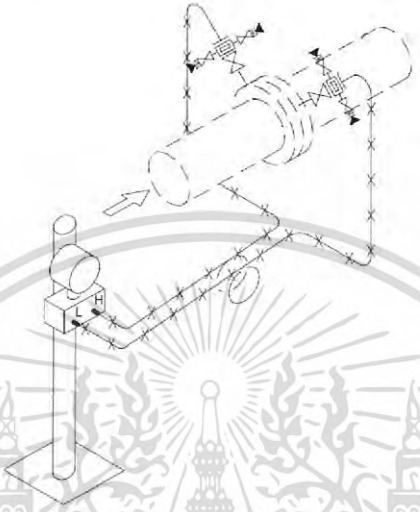
ในการติดตั้งของของไหลที่เป็นไอน้ำ (Steam) จะติดตั้ง Condensate Pot เพื่อป้องกันไอน้ำเข้าตัวทรานส์มิตเตอร์ เพราะไอน้ำอาจเป็นสาเหตุทำให้ทรานส์มิตเตอร์เสียหายได้ หน้าที่ของ Condensate Pot คือกักไอน้ำด้วยหลักการเติมของเหลวเข้าไปในท่อ โดย Condensate Pot จะไม่ยอมให้ไอน้ำไหลผ่านไปได้ ยกเว้นแต่ว่าควบแน่นกลายเป็นน้ำแล้วเท่านั้น



ภาพที่ 2.24 การติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การติดตั้งแบบระยะไกล (Remote) เหมาะสำหรับการใช้งานในกรณีที่ของไหลในกระบวนการมีตะกอน มีการกัดกร่อนและมีความหนืดสูง เพื่อไม่ให้ของไหลในกระบวนการเข้าสู่ตัวอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์จึงต้องมีไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seals) เป็นตัวป้องกันไม่ให้ของไหลในกระบวนการผ่านเข้าไปในท่อคัปพิลลารี่ (Capillary Tube) แล้วใช้คุณสมบัติการถ่ายเทแรงดันที่ไดอะแฟรมเข้าสู่ทรานส์มิตเตอร์



ภาพที่ 2.25 การติดตั้งแบบระยะไกล

2.2.1.3 การสอบเทียบ

การสอบเทียบจะทำการสอบเทียบที่ทรานส์มิตเตอร์ สามารถทำที่หน้างานได้โดยตรง ด้วยการปรับแต่งสัญญาณเอาท์พุตให้ตรงกับย่านการวัดความดัน เช่น ถ้าต้องการสอบเทียบย่านการวัดความดันมีค่า 5 ถึง 10 บาร์ ขั้นตอนการสอบเทียบมีดังนี้

1. ต่อแหล่งจ่ายไฟให้ทรานส์มิตเตอร์ทำงานในสภาวะปกติ
2. ใช้แหล่งจ่ายลมที่สามารถควบคุมได้ โดยป้อนความดันให้ 5 บาร์ ไปที่ทรานส์มิตเตอร์
3. ปรับซีโร่ (Zero) ของทรานส์มิตเตอร์ เพื่อให้ได้เอาท์พุตที่ 4 มิลลิแอมป์
4. ป้อนความดันที่ 10 บาร์ ไปที่ทรานส์มิตเตอร์
5. ปรับสแปน (Span) ของทรานส์มิตเตอร์ เพื่อให้ได้เอาท์พุตที่ 20 มิลลิแอมป์
6. ป้อนความดันที่ 7.5 บาร์ ซึ่งเป็นค่ากึ่งกลางไปที่ทรานส์มิตเตอร์
7. ปรับสัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาให้ได้ 12 มิลลิแอมป์ เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของทรานส์มิตเตอร์

ในเครื่องมือวัดความดันส่วนใหญ่ การปรับซีโร่และสแปนอาจเลื่อนไป เพราะฉะนั้นในการสอบเทียบจึงต้องมีการป้อนค่าความดันต่ำสุดและค่าความดันสูงสุดที่ต้องการสอบเทียบหลายๆ ครั้ง เพื่อทำให้การสอบเทียบมีความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของแผ่นออริฟิส

ข้อดี

1. มีราคาถูกและมีวัสดุหลายชนิดให้เลือกใช้
2. สะดวกต่อการติดตั้ง

ข้อเสีย

1. ต้องการระยะท่อทางตรง (Straight Run) ทั้งทางด้าน Upstream และ Downstream
2. ถ้าเลือกใช้วัสดุไม่เหมาะสม อาจจะทำให้โค้งงอหรือสึกหรอได้ง่าย เนื่องจากแผ่นออริฟิสต้องสัมผัสกับของไหลตลอดเวลา
3. มีการสูญเสียความดันถาวรสูง
4. มีคุณสมบัติเป็นรากที่สอง

2.2.2 การวัดอัตราการไหลด้วยมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter)

2.2.2.1 ทฤษฎีและหลักการ

ในอุตสาหกรรม การวัดอัตราการไหลเชิงมวลถูกใช้สำหรับกระบวนการซื้อ-ขาย เพราะว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงส่งผลให้ความหนาแน่นของของไหลเปลี่ยนแปลง เมื่อความหนาแน่นเปลี่ยนจะส่งผลต่ออัตราการไหลเชิงปริมาตร แต่ในทางกลับกันการวัดของไหลในรูปของมวลหรือน้ำหนัก ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อการวัดมวลหรือน้ำหนัก จากตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความหนาแน่นจะลดลง

ตารางที่ 2.3 ตารางค่าความหนาแน่นของน้ำ

Temp (°C)	Density (kg/m^3)
100	958.4
80	971.8
60	983.2
40	992.2
30	995.6502
25	997.0479
22	997.7735
20	998.2071
15	999.1026
10	999.7026
4	999.9720
0	999.8395
−10	998.117
−20	993.547
−30	983.854

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดอัตราการไหลเชิงมวล (Mass Flow Measurement)

ปรากฏการณ์โคริออลิสอยู่บนพื้นฐานของการหมุนเท่านั้น ซึ่งปรากฏการณ์นี้ถูกคิดค้นโดยนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ Gaspar Gustave de Coriolis แรงโคริออลิส (F_c) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวล ความเร็วของการหมุนและความเร็วในแนวรัศมี สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$F_c = 2 \cdot \Delta m(v \cdot \omega) \qquad (2.22)$$

เมื่อ F_c คือ แรงโคริออลิส

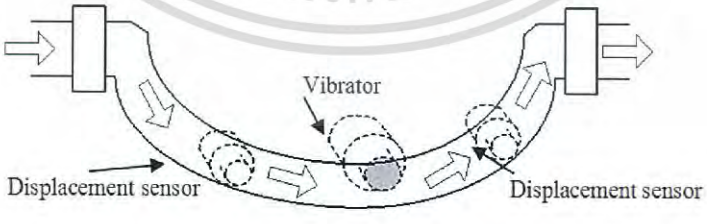
Δm คือ มวลที่กำลังเคลื่อนที่

v คือ ความเร็วในแนวรัศมี

ω คือ ความเร็วในระบบการหมุน

ภาพที่ 2.26 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

โครงสร้างภายในประกอบด้วย ท่อ 2 เส้นถูกวางขนานกัน มีเซ็นเซอร์ (Sensor) ใช้สำหรับวัดการเคลื่อนที่ จำนวน 2 ชุด และตัวกำเนิดการสั่น (Vibrator) ติดตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างเซ็นเซอร์วัดการเคลื่อนที่ทั้งสอง



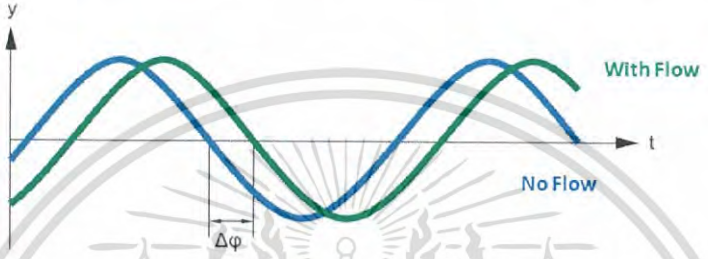
ภาพที่ 2.27 โครงสร้างของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

เมื่อไม่มีของไหลไหลผ่าน ท่อวัดทั้ง 2 เส้นที่วางขนานกันจะมีพฤติกรรมการสั่นเป็นรูปแบบกราฟไซน์ (Sine Wave) แต่เมื่อของไหลไหลผ่านท่ออ่อนรูปตัวยู แรงบิดตัว (Coriolis Force) เป็นสาเหตุทำให้ท่อเกิดการผิดรูปร่าง โดยการเปลี่ยนแปลงในท่อวัดถูกบันทึกในรูปของความต่างเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$(\Delta\phi)$ ด้วยเซ็นเซอร์ทั้งสองตัวที่อยู่ทางด้านเข้าและออก ค่าความต่างเฟสแปรผันโดยตรงกับอัตราการไหลเชิงมวลคือ ถ้ามีความต่างเฟสมาก อัตราการไหลเชิงมวลก็มากขึ้นตามไปด้วย

ภาพที่ 2.28 การบิดตัวของท่อวัดขณะมีของไหลและไม่มีของไหล

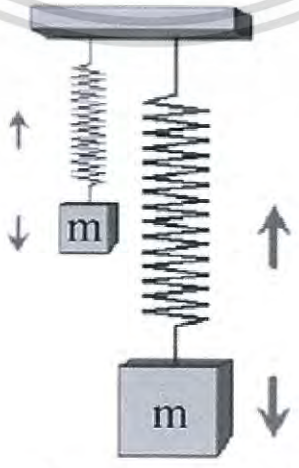


ภาพที่ 2.29 กราฟแสดงความต่างเฟสขณะมีของไหลและไม่มีของไหล

นอกจากนี้มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter) สามารถวัดความหนาแน่นและอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้อีกด้วย

การวัดความหนาแน่น (Density Measurement)

การวัดความหนาแน่นอยู่บนพื้นฐานของความถี่ที่ใช้สั่น ในกรณีปกติท่อวัดจะสั่นที่ความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency) แต่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงมวลของของไหลภายใน ท่อวัดจะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความถี่ที่ใช้ในการสั่นไปที่ค่าค่าหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงความถี่นี้ สามารถนำมาคำนวณหาค่าความหนาแน่นของของไหลได้



ภาพที่ 2.30 การยืดตัวของสปริงขณะที่มวลต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมวลเพิ่มขึ้น ความถี่ในการสั่นของระบบจะลดน้อยลง แต่ในทางกลับกัน เมื่อมวลลดลง ความถี่ในการสั่นของระบบจะเพิ่มขึ้น การจับสัญญาณความถี่ได้มาจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดการเคลื่อนที่ โดยความถี่ธรรมชาติสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$f_R = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{C}{m}} \tag{2.23}$$

$m = m_t + m_{fl}$ และ $m_{fl} = \rho_{fl} V_{fl}$

เมื่อ f_R คือ ความถี่ธรรมชาติหรือความถี่เรโซแนนต์

C คือ ค่าคงที่สปริงของท่อวัด

m คือ มวลทั้งหมดภายในท่อ

m_t คือ มวลของท่อวัด

m_{fl} คือ มวลของของไหลภายในท่อวัด

V_{fl} คือ ปริมาตรของของไหลภายในท่อ

ρ_{fl} คือ ความหนาแน่นของของไหลภายในท่อ

$$\rho_{fl} = \left[\frac{C}{V_{fl}(2\pi f_R)^2}\right] - \frac{m_t}{V_{fl}} \tag{2.24}$$

กำหนดให้ $K_1 = -\frac{m_t}{V_{fl}}$ และ $K_2 = \left[\frac{C}{4\pi^2 V_{fl}}\right]$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$\rho_{fl} = K_1 + \frac{K_2}{f_R^{\,2}} \tag{2.25}$$

นอกจากนี้ความถี่ยังสามารถหาได้จากการวัดคาบเวลาของท่อที่เกิดจากการสั่นได้อีกด้วย สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$f_R = \frac{1}{T_f} \tag{2.26}$$

ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density)

การหาค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (d) เป็นผลลัพธ์ทางการหารระหว่างความหนาแน่นของของไหลในกระบวนการและความหนาแน่นของน้ำภายใต้เงื่อนไขอ้างอิง สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$d = \frac{\rho_{fl}}{\rho_{w,ref}} \tag{2.27}$$

เมื่อ ρ_{fl} คือ ความหนาแน่นของของไหลในกระบวนการ

$\rho_{w,ref}$ คือ ความหนาแน่นของน้ำภายใต้เงื่อนไขอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตร (Volume Flow Measurement)

มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสสามารถวัดอัตราการไหลเชิงมวลและความหนาแน่นได้ ดังนั้นเมื่อทราบตัวแปรทั้งสองสามารถหาค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$q_V = \frac{q_m}{\rho} \tag{2.28}$$

ดังนั้นมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสจึงจัดเป็นแบบ Multivariable Measurement

ค่าความเที่ยงตรง (Accuracy)

ค่าความเที่ยงตรงของอัตราการไหลเชิงปริมาตรหาได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\varepsilon_v = \sqrt{(\varepsilon_m{}^2 + \varepsilon_\rho{}^2)} \tag{2.29}$$

เมื่อ ε_v คือ ความเที่ยงตรงของอัตราการไหลเชิงปริมาตร

ε_m คือ ความเที่ยงตรงของอัตราการไหลเชิงมวล

ε_ρ คือ ความเที่ยงตรงของความหนาแน่น

ตัวแปรทั้ง 3 ค่าต้องมีค่าความเที่ยงตรงในหน่วยของ % of Reading ทั้งหมด

ชนิดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

ชนิดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส แบ่งตามรูปทรงทางเรขาคณิตได้ 3 รูปแบบ มีดังนี้

1. ชนิดท่อคู่รูปทรงตัวยู (Dual Curved Tube) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า U-Tube มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาก เพราะว่ามีประสิทธิภาพสูงที่สุดคือ มีความไวต่อการไหลสูงสุด มีอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลสูงสุดและต่ำสุดที่กว้าง (Turndown Ratio) มีความเที่ยงตรงในการวัดความหนาแน่น

ภาพที่ 2.31 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อคู่รูปทรงตัวยู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดท่อคู่แบบเส้นโค้งชันเล็กน้อย (Slightly Curved Dual Tube) มีประสิทธิภาพในการวัดก๊าซ สามารถระบายน้ำได้ แต่มีความเที่ยงตรงในการวัดความหนาแน่นต่ำ

ภาพที่ 2.32 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อคู่แบบเส้นโค้งชันเล็กน้อย

3. ชนิดท่อตรงเส้นเดียว (Single Straight Tube) โครงสร้างภายในเป็นท่อเพียงเส้นเดียว ไม่ค่อยนิยมใช้มากนัก เพราะว่าประสิทธิภาพด้อยกว่า 2 ชนิดที่กล่าวมา แต่สะดวกต่อการติดตั้ง เพราะไม่มีส่วนที่ยื่นออกมาจากกระบวนการ

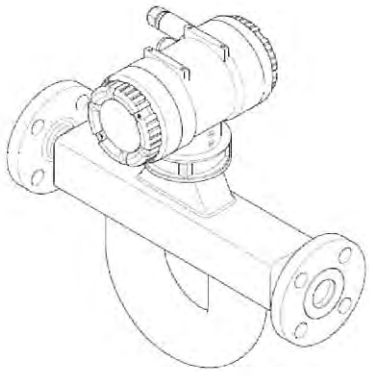
ภาพที่ 2.33 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสชนิดท่อตรงเส้นเดียว

2.2.2.2 การติดตั้ง

เนื่องจากการหมุนวนหรือการไหลที่ไม่เป็นระเบียบของของไหลในกระบวนการ ไม่มีผลต่อการวัด การติดตั้งจึงไม่ต้องการระยะท่อทางตรง (Straight Run) ทั้งทางด้านหน้า (Upstream) และทางด้านหลัง (Downstream) การติดตั้งมี 2 รูปแบบ คือ

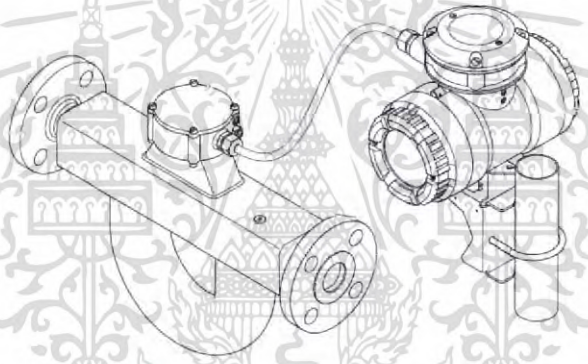
1. การติดตั้งแบบอินทิกรัล (Integral Type) ตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน เป็นรูปแบบที่มีความนิยมมากกว่า เพราะว่าสะดวกต่อการอ่านค่าซึ่งไม่ต้องเดินไปจุดอื่นและไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมของสายเคเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.34 การติดตั้งแบบอินทิกรัล

2. การติดตั้งแบบระยะไกล (Remote Type) ตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์ไม่ได้อยู่ติดกัน โดยมีสายเคเบิ้ลเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์ การติดตั้งแบบนี้ต้องมีอุปกรณ์ยึดประกอบด้วยท่อรูปตัวยูยึดติดกับสแตนเชี่ยนขนาด 2 นิ้ว



ภาพที่ 2.35 การติดตั้งแบบระยะไกล

2.2.2.3 การสอบเทียบ

มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสมีการสอบเทียบ โดยใช้วิธี Gravimetric ซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีการให้ค่าความเที่ยงตรงสูงสุดและเหมาะสำหรับการวัดของเหลว โดยการทดสอบเริ่มต้นจากบันทึกน้ำหนักของถังเก็บขณะไม่มีของไหล จากนั้นนำมิเตอร์ที่ต้องการสอบเทียบมาติดตั้งและเริ่มปล่อยของไหลเข้าไปในถังเก็บเป็นเวลา t วินาที หลังจากนั้นทำการบันทึกมวลของถังเก็บหลังจากทดลอง ความแตกต่างของมวลนี้สามารถนำมาหาอัตราการไหลเชิงมวลได้

$$\text{อัตราการไหลเชิงมวล} = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่งได้}}{\text{เวลา}} \qquad (2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.36 การสอบเทียบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

ข้อดีและข้อเสียของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

ข้อดี

1. มีความเที่ยงตรงในการวัดอัตราการไหลที่สูง
2. สามารถวัดได้ทั้งอัตราการไหลเชิงมวล อัตราการไหลเชิงปริมาตรและความหนาแน่น
3. สามารถใช้ได้กับของไหลทุกประเภท รวมทั้งของไหลที่มีความหนืดสูง
4. ไม่ต้องการระยะท่อทางตรง (Straight Run)

ข้อเสีย

1. ราคาแพง
2. มีความดันสูญเสียสูง
3. มีขนาดที่จำกัด ไม่เหมาะกับท่อที่มีขนาดใหญ่มากๆ

2.3 อุปกรณ์วัดระดับ

สำหรับในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต ประเภทอุตสาหกรรมการกลั่นและปิโตรเคมี รวมไปถึงอุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติ จะมีภาชนะเก็บผลิตภัณฑ์ เป็นอุปกรณ์ที่อยู่ในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งตามภาชนะต่างๆเหล่านี้จะต้องมีการแสดงค่าระดับของของเหลวและมีการควบคุมระดับอีกด้วย เพื่อให้ได้ความสูงอยู่ในระดับที่ต้องการ การวัดระดับอาจวัดได้ทั้งของแข็งและของเหลว ดังนั้นการใช้งานต้องคำนึงถึงสิ่งที่จะทำการตรวจวัดด้วย โดยเฉพาะการวัดระดับของของเหลวต้องพิจารณาว่าของเหลวชนิดนั้นมีความหนืดหรือไม่ มีการกัดกร่อนหรือไม่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดระดับที่ใช้ภายในอุตสาหกรรมมี 2 วิธี คือ

1. การวัดระดับโดยตรง (Direct) เป็นการวัดแบบง่ายๆ
2. การวัดระดับโดยอ้อม (Indirect) แบ่งเป็น หลักการแรงและความดันและหลักการทางไฟฟ้า

2.3.1 การวัดระดับโดยตรง (Direct)

การวัดระดับโดยตรงเป็นวิธีการวัดที่ประหยัด ง่ายและเชื่อถือได้ ในปัจจุบันแบบที่นิยมใช้ได้แก่ แบบกระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge) แบบลูกลอย (Float) และแบบดิสเพลสเซอร์ (Displacer)

2.3.1.1 กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกแก้วมองระดับหรือเกจวัดระดับแบบท่อแก้ว เป็นวิธีที่สามารถดูของเหลวได้โดยตรง ง่ายต่อการติดตั้งและปลอดภัยต่อการใช้งาน นิยมใช้กับภาชนะที่ไม่สูงมากนัก เกจวัดระดับแบบท่อแก้วประกอบด้วยท่อแก้วที่มีสเกลบอกระดับและถูกต่อไว้กับด้านล่างของภาชนะ เมื่อระดับของของเหลวในภาชนะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ระดับในท่อแก้วก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย ในกรณีที่เป็นแบบพิเศษจะสามารถใช้งานได้กับภาชนะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง กระจกมองระดับถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ มีวาล์วทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง

ภาพที่ 2.37 เกจวัดระดับแบบท่อแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจกแก้วมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้แทนแบบท่อแก้วใสประกอบด้วยแผ่นแก้วสะท้อนแสงและหลอดแก้วใส โดยที่แผ่นแก้วสะท้อนจะวางอยู่หลังหลอดแก้วใสและถูกเซาะให้เป็นร่องแบบมุมรูปฟันเลื่อย เพื่อมีไว้สะท้อนแสง ส่วนมุมด้านในของแผ่นแก้วที่เซาะเป็นร่องซึ่งถูกออกแบบให้พอดีกับแสงที่มาตกกระทบ เมื่อแสงตกกระทบอยู่ในช่วงระดับของของเหลว แสงจะถูกดูดกลืนไปหมดทำให้ดูมืด ส่วนที่อยู่สูงกว่าระดับของของเหลวจะสะท้อนกลับออกมาทำให้ดูโปร่งใสกว่า กระจกมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบเหมาะสำหรับใช้งานกับของเหลวที่ใสสะอาด ไม่มีสี มีค่าความหนืดต่ำ เพราะว่าถ้าของเหลวมีความหนืดสูง ของเหลวจะเกาะหรือเคลือบบนแผ่นแก้วทำให้อ่านระดับได้ยาก

ภาพที่ 2.38 เกจวัดระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ

ข้อดีและข้อเสียของกระจกแก้วมองระดับ

ข้อดี

1. สามารถอ่านระดับได้โดยตรง
2. ราคาถูก ติดตั้งง่าย สะดวกต่อการซ่อมบำรุง
3. สามารถใช้กับความดันได้สูงถึง 10,000 psi

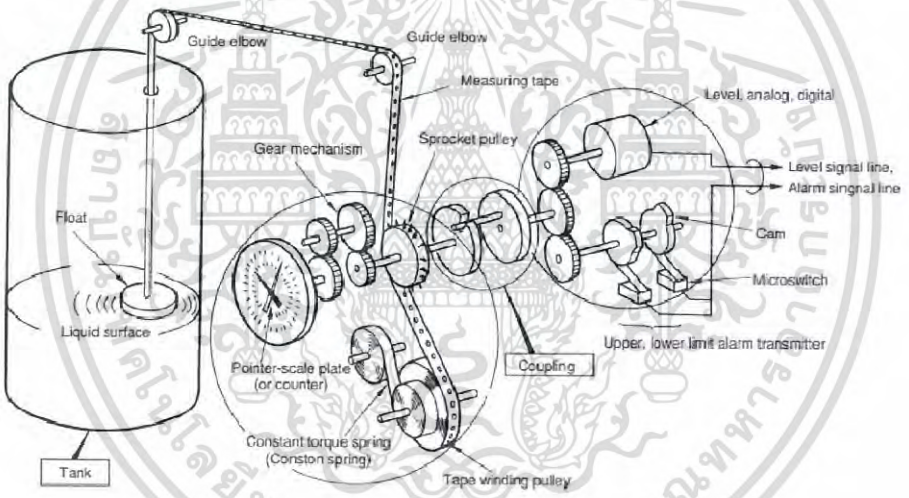
ข้อเสีย

1. ของเหลวที่มีความหนืดหรือมีสารอื่นปะปนมา ทำให้มีการตกตะกอนและเกิดการอุดตัน
2. สำหรับภาชนะที่สูง การวางมาตรวัดที่ซ้อนเหลื่อมกันเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก
3. ความเที่ยงตรงในการอ่านขึ้นอยู่กับความสะอาดของหลอดแก้วและของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 **ลูกลอย** (Float)

การวัดระดับของของเหลวโดยใช้หลักการของลูกลอยเป็นที่นิยมอย่างมาก เป็นการวัดการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง มีโครงสร้างง่ายๆ สามารถใช้ได้กับงานในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูง มีความสะดวกในการใช้งาน ในการวัดระดับของของเหลวจะอาศัยหลักการการลอยตัวของลูกลอย การที่ลูกลอยสามารถลอยตัวได้ สาเหตุเนื่องมาจากแรงที่กดลงมาซึ่งก็คือ น้ำหนักของลูกลอยซึ่งถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลก ต้องมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่ลูกลอยจมในของเหลว เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามระดับของของเหลว การอ่านค่าสามารถทำได้โดยนำลูกลอยต่อด้วยเชือก เส้นลวด โซ่หรือเทปคล้องผ่านรอกซึ่งถูกติดตั้งไว้กับเข็มชี้ระดับ การหมุนของรอกมีความสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกลอย ขณะที่ระดับเปลี่ยนแปลง ลูกลอยจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในแนวดิ่งส่งผลให้รอกหมุน แกนของรอกจะไปขยับเข็มชี้ที่ติดอยู่เพื่อแสดงค่าของระดับในขณะนั้น เกจวัดระดับชนิดนี้ไม่เหมาะกับการวัดระดับของเหลวในภาชนะปิด (Closed Tank)



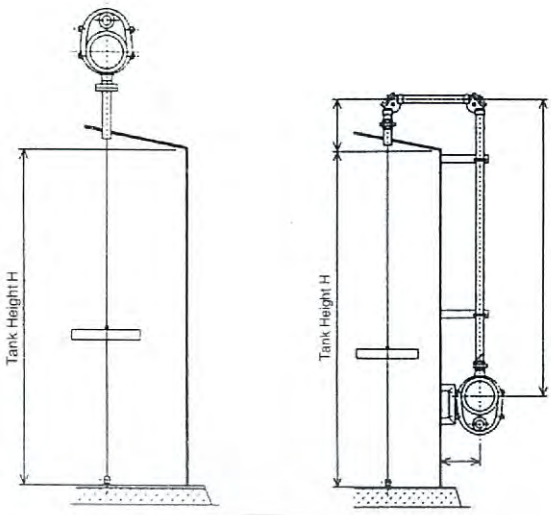
ภาพที่ 2.39 โครงสร้างเกจวัดระดับชนิดลูกลอย

ลักษณะการติดตั้ง มี 2 รูปแบบ คือ

1. การติดตั้งบนภาชนะ
2. การติดตั้งข้างภาชนะ

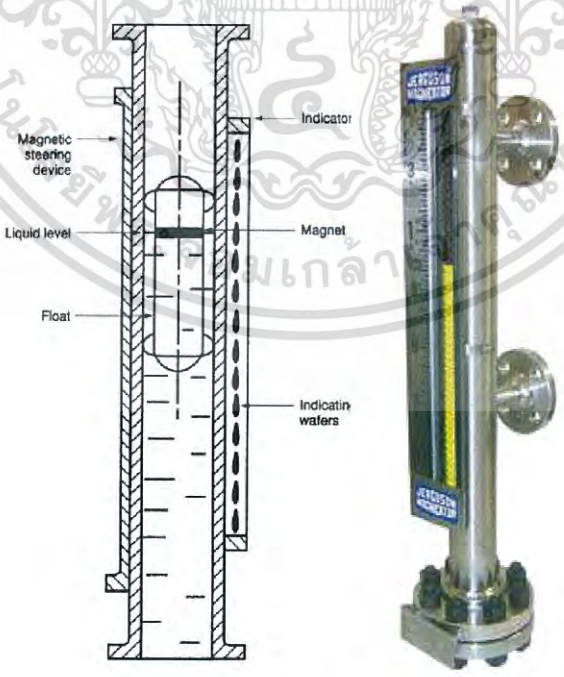
การติดตั้งข้างภาชนะเป็นรูปแบบการติดตั้งที่นิยมมากกว่า เนื่องจากอ่านค่าได้ง่ายเพราะอยู่ในระดับสายตาซึ่งแตกต่างจากการติดตั้งบนภาชนะ เพราะการอ่านค่าทำได้ยากต้องใช้คนขึ้นไปอ่านค่า ในทางอุตสาหกรรมภาชนะจะมีขนาดที่สูงมาก ทำให้การติดตั้งข้างภาชนะสะดวกกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.40 การติดตั้งเกจวัดระดับชนิดลูกลอย

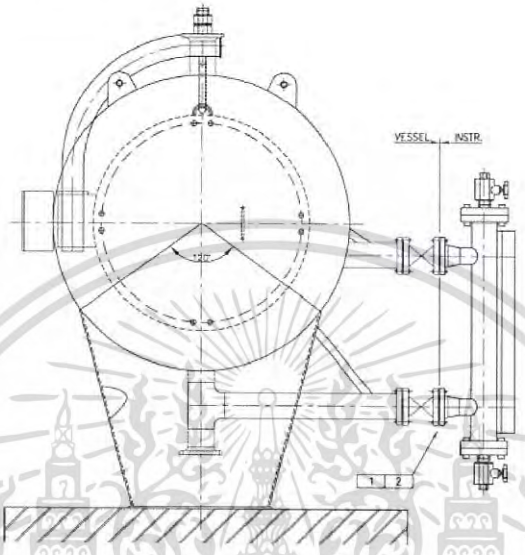
เกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก (Magnetic Level Gauge) ใช้ในกรณีที่ของเหลวที่ต้องการวัดมีอันตราย อาจจะเป็นสารพิษ มีการกัดกร่อน ถ้าเกิดการรั่วไหลออกมาข้างนอกจะเกิดอันตราย เครื่องมือวัดแบบนี้จะประกอบด้วยท่อรูปทรงกระบอกที่มีความแข็งแรง ทนทาน ไม่เป็นอุปกรณ์ที่ทำมาจากแม่เหล็กหรือต้านทานต่อเส้นแรงแม่เหล็ก ภายในท่อทรงกระบอกประกอบด้วยลูกลอยที่มีแม่เหล็กถาวรถูกติดอยู่ ลูกลอยสามารถเคลื่อนที่ขึ้นและลงได้ตามระดับ ด้านนอกจะมีที่ดูระดับประกอบเป็นแผ่นโลหะชิ้นเล็กๆที่เป็นสารแม่เหล็กตั้งเรียงกันอยู่ตามแนวระดับ



ภาพที่ 2.41 เกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการติดตั้งจำเป็นต้องมีการแยกส่วนที่วัดออกจากตัวที่อ่านค่า เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วไหลได้ โดยมีวาล์วติดตั้งทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุง ขณะที่ลูกลอยเคลื่อนที่ไปอยู่จุดใด สนามแม่เหล็กจากลูกลอยจะทำให้แผ่นโลหะจุดนั้นถูกดูดเอียงทำมุม เพื่อแสดงระดับของของเหลว การใช้เกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็กไม่เหมาะสำหรับของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง เพราะจะทำให้แม่เหล็กเสื่อมเร็วขึ้น



ภาพที่ 2.42 การติดตั้งเกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก

2.3.1.3 ดิสเพลสเซอร์ (Displacer)

การวัดระดับโดยใช้ดิสเพลสเซอร์ ใช้การแทนที่ของวัตถุด้วยของเหลว โดยอาศัยหลักการของอาร์คิมิดิสที่กล่าวไว้ว่า วัตถุอันหนึ่งถูกจมลงไปในของเหลวทั้งอันหรือบางส่วนถูกพยุงด้วยแรงแรงหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับของเหลวที่ถูกแทนที่โดยวัดการเปลี่ยนแปลงของแรงพยุง (Buoyancy) ที่กระทำต่อวัตถุ วัตถุที่ใช้ทำเป็นตัวรับรู้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกจุ่มอยู่ในของเหลวที่ต้องการทราบระดับ

ภาพที่ 2.43 ดิสเพลสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

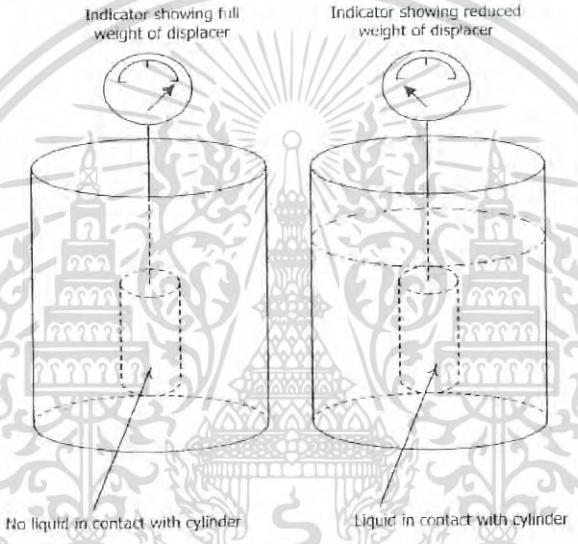
วัตถุทรงกระบอกมีชื่อเรียกทางเทคนิคว่า “ดิสเพลสเซอร์” ถูกแขวนไว้อยู่กับตาชั่งน้ำหนักของทรงกระบอก เมื่อชั่งในอากาศจะมีน้ำหนัก W แต่เมื่อนำวัตถุทรงกระบอกไปชั่งในของเหลวก็จะมีน้ำหนักลดลงเหลือ w ดังนั้นแรงที่ทำให้น้ำหนักของวัตถุทรงกระบอกเปลี่ยนแปลงไปคือ แรงพยุงซึ่งกระทำต่อทรงกระบอกในทิศทางตรงกันข้ามกับน้ำหนัก สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$F = W - w \tag{2.31}$$

เมื่อ F คือ แรงพยุง

W คือ น้ำหนักของวัตถุทรงกระบอกเมื่อชั่งในอากาศ

w คือ น้ำหนักของวัตถุทรงกระบอกเมื่อชั่งในของเหลว



ภาพที่ 2.44 การชั่งน้ำหนักในกรณีที่มีของเหลวและไม่มีของเหลว

ถ้าพื้นที่หน้าตัดของดิสเพลสเซอร์และความหนาแน่นของของเหลวคงที่ การเปลี่ยนแปลงระดับของของเหลวในภาชนะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของดิสเพลสเซอร์ ดังนั้นในการวัดระดับจึงวัดจากการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของดิสเพลสเซอร์ โครงสร้างประกอบด้วยดิสเพลสเซอร์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าของเหลวในกระบวนการและถูกแขวนไว้บนที่มีสเกลบอกระดับ เมื่อระดับของเหลวต่ำกว่าตำแหน่งดิสเพลสเซอร์จะแสดงน้ำหนักของดิสเพลสเซอร์ แต่ถ้าระดับเพิ่มขึ้นน้ำหนักของดิสเพลสเซอร์จะลดลง

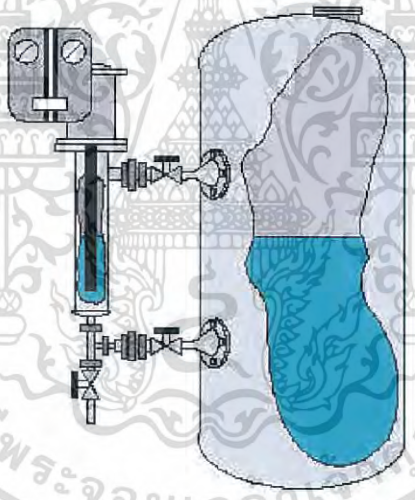
การวัดระดับด้วยการใช้ดิสเพลสเซอร์อาจเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ เมื่อความหนาแน่นของของเหลวที่วัดระดับเปลี่ยนแปลง เนื่องจากอุณหภูมิของของเหลวเปลี่ยนไป ทำให้แรงพยุงที่กระทำต่อดิสเพลสเซอร์เปลี่ยนไปด้วย ทำให้ค่าที่สอบเทียบในตอนแรกอ่านค่าได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง ดังนั้นวิธีการลดข้อผิดพลาดคือ ภายในดิสเพลสเซอร์ซึ่งปกติจะกลวงจะถูกบรรจุด้วยของเหลวชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันกับของเหลวที่ต้องการวัดระดับ ส่วนด้านบนจะมีเบลโลว์ (Bellow) ทำหน้าที่ยืดและขยายตัวตามอุณหภูมิของของเหลวที่ทำการวัด เมื่อของเหลวที่ทำการวัดมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นของของเหลวลดน้อยลง แรงพยุงที่กระทำต่อดิสเพลสเซอร์ก็น้อยลงตามไปด้วย เมื่อทำการชดเชยผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิแล้ว ดิสเพลสเซอร์ที่ถูกบรรจุด้วยของเหลวชนิดเดียวกันจะขยายตัวยืดเบลโลว์ออก

การใช้ดิสเพลสเซอร์วัดระดับรอยต่อของของเหลวสองชนิดที่แยกชั้นกัน

ในงานที่ต้องการวัดระดับรอยต่อของของเหลวทั้งสองชนิดที่แยกชั้นกันอยู่อันเนื่องมาจากความถ่วงจำเพาะไม่เท่ากัน เช่น น้ำกับน้ำมัน เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมีมากกว่าจะทำให้น้ำมันลอยตัวอยู่บนผิวน้ำ ซึ่งสามารถใช้วัดระดับของน้ำได้ แสดงดังภาพที่ 2.45 ในกรณีนี้ดิสเพลสเซอร์จะต้องจมอยู่ตลอดเวลา ในชั้นของรอยต่อของของเหลวทั้งสอง ดิสเพลสเซอร์จะขยับขึ้นลงตามระดับชั้นของรอยต่อตลอดเวลา เพื่อรักษาจุดสมดุลของตัวมันเอง ช่วงระดับของรอยต่อที่วัดได้จะอยู่ในช่วงระดับของดิสเพลสเซอร์เท่านั้น



ภาพที่ 2.45 การวัดระดับรอยต่อโดยใช้ดิสเพลสเซอร์

ข้อดีและข้อเสียของดิสเพลสเซอร์

ข้อดี

1. มีความน่าเชื่อถือสำหรับของเหลวที่สะอาด
2. สามารถให้ความเที่ยงตรงที่ดี
3. เหมาะสำหรับการวัดระดับที่เชื่อมต่อกันระหว่างของเหลวสองชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย

1. ใช้ได้กับของเหลวที่สะอาดและไม่มีความหนืด
2. ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง
3. ในกรณีที่ติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ การอ่านระดับอาจเกิดความผิดพลาดได้ เนื่องจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของของเหลวในภาชนะและอุณหภูมิในแชมเบอร์
4. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของของเหลวในระบบ การวัดอาจมีความผิดพลาด

2.3.2 การวัดระดับโดยอ้อม (Indirect)

การวัดระดับโดยอ้อมเป็นการใช้หลักการอื่นๆ จากนั้นใช้วิธีทางคณิตศาสตร์มาคำนวณหาค่าระดับ ประกอบด้วย 2 หลักการที่ใช้ คือ หลักการแรงและความดันและหลักการทางไฟฟ้า

2.3.2.1 หลักการแรงและความดัน

ของเหลวที่อยู่ภายในภาชนะจะมีแรงอันหนึ่งที่เกิดขึ้นกับผนังของภาชนะ โดยแรงนี้จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสูงของของเหลวในภาชนะ สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. **วิธีเกจวัดความดัน** (Pressure Gauge Method)

วิธีเกจวัดความดันเป็นวิธีที่ง่ายและเหมาะกับการวัดระดับในภาชนะเปิด โดยสามารถวัดความดันที่เกิดจากความสูงของระดับของของเหลว สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังสมการต่อไปนี้

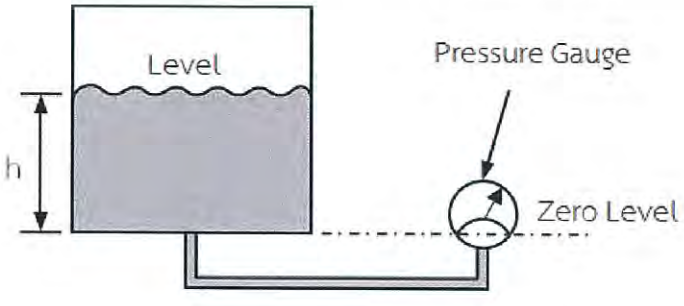
$$P = \rho g h \tag{2.32}$$

เมื่อ P คือ ความดันเนื่องมาจากความสูงของของเหลว

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

h คือ ความสูงของของเหลว



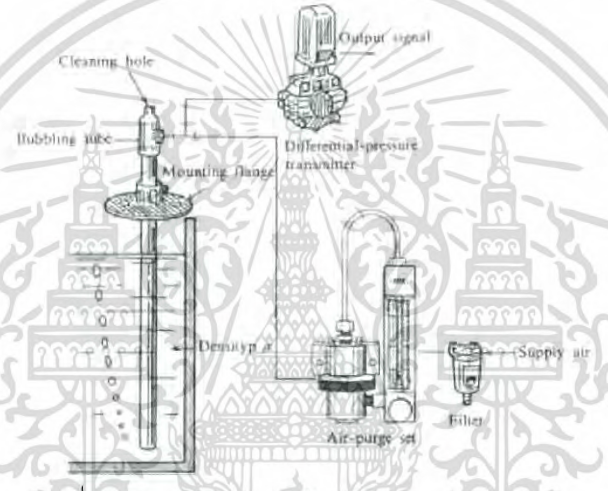
ภาพที่ 2.46 การวัดระดับด้วยเกจวัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการวัดแบบนี้ประกอบด้วยเกจวัดความดันซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่ระดับต่ำสุดของภาชนะ แสดงดังภาพที่ 2.46 เมื่อระดับของของเหลวในภาชนะเพิ่มสูงขึ้น ความดันก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าในกรณีที่ของเหลวมีการกัดกร่อนจะมีเครื่องกั้นของเหลว (Liquid Seal) ทำหน้าที่ส่งถ่ายความดันไปที่เกจวัดความดัน โดยการกั้นมีประโยชน์คือ ป้องกันการสัมผัสกับเกจวัดความดัน ของเหลวที่บรรจุในเครื่องกั้นของเหลวต้องไม่ทำปฏิกิริยากับของเหลวในกระบวนการ

2. วิธีท่อปล่อยอากาศ (Air Purge Tube)

วิธีท่อปล่อยอากาศบางครั้งอาจเรียกว่า "แอร์บับเบลอร์" (Air Bubbler) เป็นวิธีการวัดแบบง่ายๆ สามารถใช้ได้กับของเหลวที่สกปรก มีการกัดกร่อน เพราะว่าอุปกรณ์ไม่ได้สัมผัสกับของเหลวโดยตรง



ภาพที่ 2.47 การวัดระดับด้วยวิธีท่อปล่อยอากาศ

วิธีท่อปล่อยอากาศ มีคุณสมบัติทางเคมีที่ทนต่อการกัดกร่อนของเหลวได้ดี ติดตั้งตามแนวความสูงของภาชนะ ด้านล่างห่างจากระดับก้นภาชนะหรือตกตะกอนประมาณ 2 ถึง 3 นิ้ว ด้านบนมีระบบอัดอากาศป้อนลงมาสู่ท่อนี้ตลอดเวลา ก๊าซที่นิยมใช้คือ ไนโตรเจน (Nitrogen Gas) หรืออากาศ (Instrument Air) เพราะว่าไม่ทำปฏิกิริยากับของเหลวในระบบ ก๊าซที่ป้อนลงมาจะผ่านวาล์วรักษาความดัน (Regulator Valve) มีโรตามิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลของก๊าซ เพื่อตรวจสอบว่าก๊าซมีการไหลผ่านในระบบอยู่ตลอดเวลา อากาศถูกปล่อยไหลออกจากปลายท่อซึ่งแสดงในรูปของฟองอากาศ ความดันอากาศที่เหลืออยู่จะชี้กลับไปที่เครื่องแสดงความดันเรียกว่า "ความดันย้อนกลับ" (Back Pressure) เมื่อไม่มีระดับของของเหลวในภาชนะ อากาศจะไหลออกที่ปลายท่อหรือเรียกว่าไม่มีความดันย้อนกลับ แต่เมื่อระดับของของเหลวเพิ่มสูงขึ้น ลมจะออกจากปลายท่อได้น้อยลงเพราะมีการต้านการไหล ความดันย้อนกลับนี้จะทำให้เข็มชี้แสดงค่าความดันโดยความดันย้อนกลับมีค่าเพิ่มเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. **วิธีความดันแตกต่าง** (Differential Pressure Method)

การวัดระดับด้วยวิธีความดันแตกต่างเป็นวิธีที่นิยมมากภายในอุตสาหกรรม การวัดระดับด้วยวิธีแบบนี้จะพบว่าความดันของของเหลวในกระบวนการมีค่าแปรผันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว (Specific Gravity: SG) และระดับความสูง (h) แต่ในกรณีทั่วไปค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าคงที่ เช่น ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่สภาวะมาตรฐานมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นค่าความดันมีผลกับความสูงของระดับ สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$P = SG \times h \qquad (2.33)$$

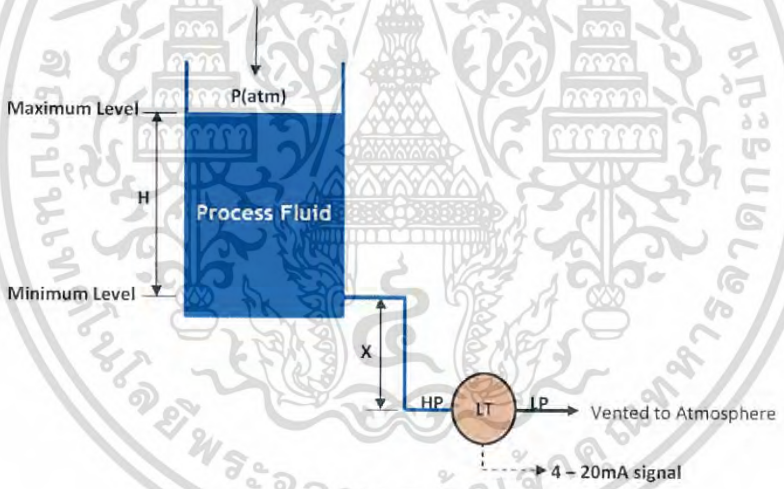
เมื่อ P คือ ความดันเนื่องมาจากความสูงของของเหลวในหน่วยของนิ้วน้ำหรือมิลลิเมตรน้ำ

SG คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว

h คือ ความสูงของของเหลว

การคำนวณหาค่าความดัน เพื่อนำไปหาช่วงการวัด (Span) แบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ การคำนวณในภาชนะเปิด (Open Tank) และภาชนะปิด (Closed Tank)

- การคำนวณในภาชนะเปิด (Open Tank)



ภาพที่ 2.48 การวัดระดับในภาชนะเปิด

การวัดระดับในภาชนะเปิด ทรานส์มิตเตอร์ติดตั้งไว้ใกล้กับก้นภาชนะ โดยด้านความดันสูงต่อเข้ากับจุดต่อด้านล่างของภาชนะ (Lower Nozzle) ส่วนด้านความดันต่ำเปิดไว้ที่อากาศภายนอก จากภาพที่ 2.48 สามารถคำนวณได้ดังนี้

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG \times X) + (\mathrm{SG} \times H) + \mathrm{atm}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = atm$

ความดันแตกต่าง (Differential Pressure) $\Delta P = HP - LP$

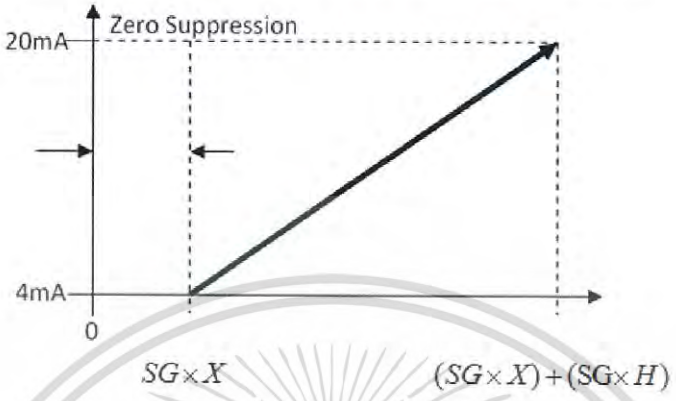
$$\Delta P = (SG \times X) + (\mathrm{SG} \times H)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

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

เนื่องจากระดับการวัดที่ 0 เปอร์เซ็นต์อยู่สูงกว่าตำแหน่งที่ทรานส์มิตเตอร์ถูกติดตั้ง ดังนั้น ในการสอบเทียบจึงต้องทำการกดซีโร่ของย่านการวัดลง (Zero Suppression)



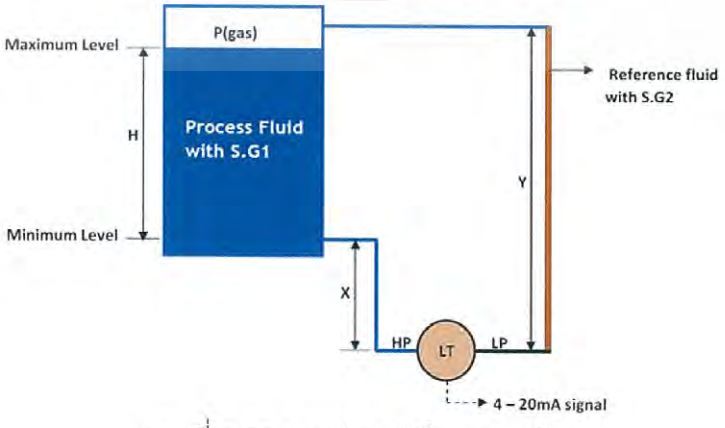
ภาพที่ 2.49 การกดซีโร่

- การคำนวณในภาชนะปิด (Closed Tank)

การวัดระดับในภาชนะปิด ความดันที่อยู่สูงกว่าของเหลวมีผลต่อความดันที่ก้นภาชนะ เพื่อให้เกิดการวัดที่ถูกต้องจึงสามารถแก้ไขได้โดยนำจุดต่อด้านบนของภาชนะต่อเข้ากับความดันด้านต่ำของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

ถ้าในกรณีที่ก๊าซที่อยู่เหนือระดับของของเหลวไม่มีการควบแน่น ท่อที่ต่อกับด้านความดันต่ำของทรานส์มิตเตอร์จะว่างเปล่าเรียกการต่อแบบนี้ว่า "ขาแห้ง" (Dry Leg)

ถ้าในกรณีที่ก๊าซที่อยู่เหนือระดับของของเหลวมีการควบแน่น ท่อที่ต่อเข้ากับด้านความดันต่ำของทรานส์มิตเตอร์จะบรรจุของเหลวอ้างอิง (Reference Fluid) ที่ทราบค่าความถ่วงจำเพาะจนเต็ม เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความสูงของของเหลวบนจุดต่อความดันต่ำเรียกการต่อแบบนี้ว่า "ขาเปียก" (Wet Leg)



ภาพที่ 2.50 การวัดระดับในภาชนะปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันด้านสูง (High Pressure) $HP = (SG_1 \times H) + (\mathrm{SG}_1 \times X) + P_{gas}$

ความดันด้านต่ำ (Low Pressure) $LP = (\mathrm{SG}_2 \times Y) + \mathrm{P}_{gas}$

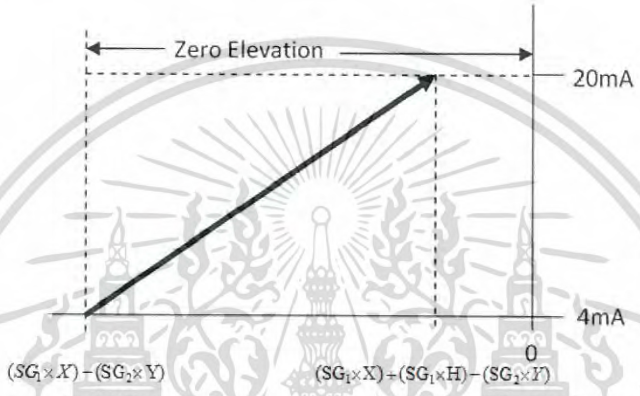
ความดันแตกต่าง (Differential Pressure) $\Delta P = HP - LP$

$$\Delta P = (SG_1 \times H) + (\mathrm{SG}_1 \times \mathrm{X}) - (\mathrm{SG}_2 \times Y)$$

เพราะฉะนั้นย่านการวัด (Span)

$$Span = (SG_1 \times X) - (\mathrm{SG}_2 \times \mathrm{Y}) \text{ ถึง } (\mathrm{SG}_1 \times \mathrm{X}) + (\mathrm{SG}_1 \times \mathrm{H}) - (\mathrm{SG}_2 \times Y)$$

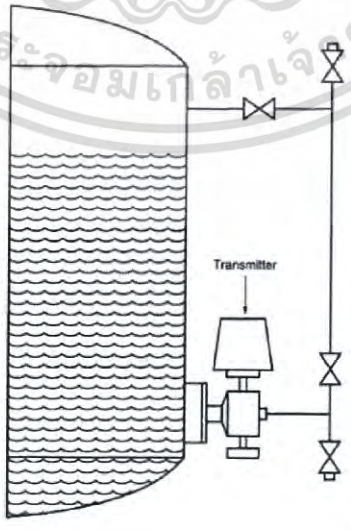
ความดันทางด้านต่ำของทรานส์มิตเตอร์มีค่ามากกว่าความดันทางด้านสูง ดังนั้นสามารถแก้ไขได้โดยการยกซีโร่ขึ้น (Zero Elevation)



ภาพที่ 2.51 การยกซีโร่

การติดตั้ง

อุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการวัดระดับของของเหลวในภาชนะ

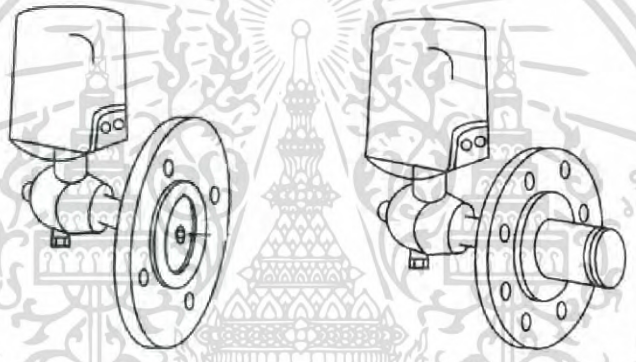


ภาพที่ 2.52 การติดตั้งอุปกรณ์วัดความดันแตกต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งและใช้งานโดยทั่วไป ด้านความดันสูง (High Pressure) ของอุปกรณ์จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของภาชนะ ส่วนทางด้านความดันต่ำ (Low Pressure) จะถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านสูงสุดของภาชนะโดยมีการติดตั้งวาล์ว เพื่อให้สามารถถอดอุปกรณ์ออกมาซ่อมบำรุงหรือสามารถแยกส่วนออกจากภาชนะ

ไดอะแฟรม (Diaphragm) เป็นอุปกรณ์วัดความดันชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางกลด้วยหลักการยืดตัวหรือโก่งตัวของวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นหรือถูกเรียกว่า "อุปกรณ์วัดความดันแบบอิลาสติก" โดยส่งถ่ายความดันมาที่ตัวอุปกรณ์วัดโดยไม่สัมผัสกันโดยตรง โครงสร้างภายในประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรมพร้อมกับของเหลวที่บรรจุอยู่ภายใน ส่วนมากเป็น Silicone Oil เมื่อมีของเหลวเข้ามา ความดันจะถูกส่งผ่านมาที่ไดอะแฟรมและของเหลวที่บรรจุ หลังจากนั้นความดันจะไปเข้าที่ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง โดยไดอะแฟรมมี 2 ลักษณะคือ แบบหน้าเรียบ (Flush Mounted) หรือแบบหน้ายื่น (Extended)



ก. แบบหน้าเรียบ ข. แบบหน้ายื่น

ภาพที่ 2.53 ลักษณะของไดอะแฟรม

ข้อดีและข้อเสียของอุปกรณ์การวัดความดันแตกต่าง

ข้อดี

1. อุปกรณ์มีราคาไม่แพง
2. สะดวกและติดตั้งง่าย
3. เหมาะกับการใช้งานหลายประเภทและง่ายต่อการตรวจสอบที่บริเวณใช้งาน

ข้อเสีย

1. ไม่สามารถรู้ระดับของเหลวที่แท้จริง ถ้าไม่มีการชดเชยการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงจำเพาะ การกลั่นตัว การกลายเป็นไอและการอุดตันในท่อที่ต่อไปยังอุปกรณ์ทำให้เกิดความผิดพลาดในการอ่านค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 **หลักการทางไฟฟ้า**

1. **การวัดระดับโดยการวัดค่าความจุทางไฟฟ้า** (Capacitance)

การวัดระดับโดยการวัดค่าความจุทางไฟฟ้าอาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงค่าไดอิเล็ก-ทริกของตัวกลางที่อยู่ระหว่างโพรบวัด โครงสร้างประกอบด้วยโพรบวัดซึ่งทำมาจากแท่งโลหะถูกจุ่มลงไปในของเหลวที่ต้องการวัดระดับ ในสภาวะที่ไม่มีของเหลวอยู่ในภาชนะ ค่าไดอิเล็กทริกที่อยู่ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองเป็นค่าไดอิเล็กทริกของอากาศ เมื่อระดับของเหลวเพิ่มขึ้นค่าไดอิเล็กทริกระหว่างแผ่นเพลตจะเปลี่ยนเป็นค่าไดอิเล็กทริกของอากาศและของเหลว

ระดับของเหลวภายในภาชนะจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าไดอิเล็กทริกที่อยู่ระหว่างแผ่นเพลตทั้งสองแผ่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้

ภาพที่ 2.54 โพรบวัดค่าความจุทางไฟฟ้า

สารทุกชนิดมีค่าทางไดอิเล็กทริกที่ต่างกัน มักจะเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น ค่าความจุระหว่างแผ่นเพลตทั้งสอง สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

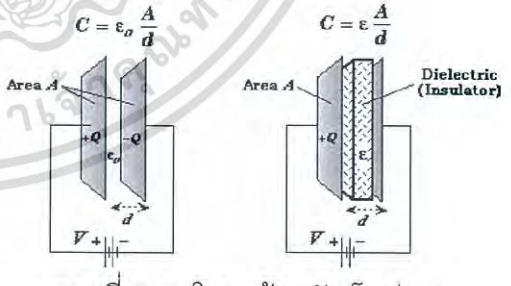
$$C = \frac{\varepsilon A}{d} \qquad (2.34)$$

เมื่อ C คือ ค่าความจุทางไฟฟ้า

ε คือ ค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริก

A คือ พื้นที่หน้าตัดของแผ่นเพลต

d คือ ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต



ภาพที่ 2.55 โครงสร้างตัวเก็บประจุ

เนื่องจากค่าพื้นที่หน้าตัดแผ่นเพลต (A) และระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต (d) มีค่าคงที่ ดังนั้นค่าความจุทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปตามระดับของสารตัวกลางที่เข้ามาแทนที่อากาศ หลักการวัดระดับด้วยค่าความจุทางไฟฟ้าจึงเหมาะกับสารตัวกลางที่มีค่าทางไดอิเล็กทริกสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริก

Material	Dielectric constant K
Vacuum	1.0000
Air (1 atm)	1.0006
Paraffin	2.2
Polystyrene	2.6
Vinyl (plastic)	2–4
Paper	3.7
Quartz	4.3
Oil	4
Glass, Pyrex	5
Rubber, neoprene	6.7
Porcelain	6–8
Mica	7
Water (liquid)	80
Strontium titanate	300

โพรบวัดความจุทางไฟฟ้าแบ่งเป็น 3 แบบด้วยกันคือ แบบตรงท่อนเดียว (Rigid) แบบอ่อน (Flexible) และแบบตรงท่อนเดียวมี Sleeve

1. โพรบวัดแบบตรงท่อนเดียว (Rigid) โดยปกติจะเคลือบด้วยเทฟลอนเหมาะสำหรับใช้วัดระดับของของเหลว เมล็ดพืช เป็นต้น โดยสารที่ต้องการวัดระดับอาจเป็นสารที่มีค่าความนำไฟฟ้าต่ำหรือสูงก็ได้ โพรบวัดแบบเปลือยที่ไม่ได้หุ้มฉนวนเหมาะสำหรับใช้กับสารที่มีค่าความนำไฟฟ้าและค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริกต่ำ โพรบวัดแบบนี้มีข้อเสียคือ ยุ่งยากขณะขนส่งเพราะมีขนาดยาว

2. โพรบวัดแบบอ่อน (Flexible) เหมาะสำหรับช่วงการวัดระดับที่สูงกว่า 12 ฟุตขึ้นไป สามารถม้วนได้ทำให้ง่ายต่อการขนส่งและติดตั้ง

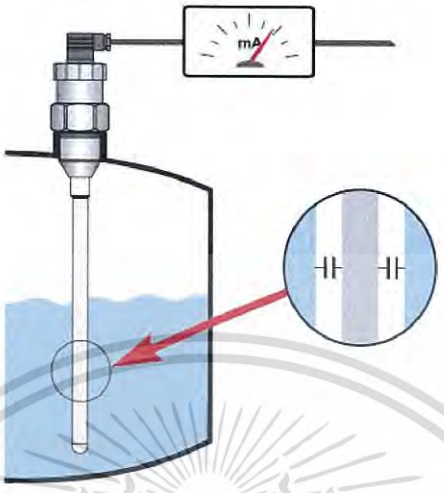
3. โพรบวัดแบบตรงท่อนเดียวที่มี Sleeve มีโลหะห่อหุ้มอยู่รอบโพรบวัด เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงค่าของประจุทางไฟฟ้าเป็นไปอย่างเชิงเส้น โดยไม่ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของภาชนะ เหมาะสำหรับการวัดระดับของของเหลวเท่านั้น

สิ่งที่ต้องระมัดระวังและคำนึงถึง

1. ค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริกจะเปลี่ยนตามอุณหภูมิ ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของระบบในสภาวะใช้งานว่าอยู่ในย่านใด มีการเปลี่ยนแปลงมากหรือไม่
2. ค่าความชื้นส่งผลต่อค่าคงที่ทางไดอิเล็กทริก ส่งผลต่อการวัดด้วยเช่นกัน
3. ค่าความจุระหว่างภาชนะเปล่าและตอนสารเต็มภาชนะต้องมีค่ามากกว่า 10 pF
4. โพรบวัดที่ใช้จะต้องหุ้มฉนวนให้ดี เพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งควรติดตั้งโพรบวัดตำแหน่งที่ต้องการวัด โดยสามารถติดตั้งได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ไม่ควรติดตั้งในตำแหน่งที่สัมผัสกับสารที่ไหลเข้าหรือไหลออกโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดได้และไม่ควรติดตั้งบริเวณที่เป็นมุม



ภาพที่ 2.56 การติดตั้งโพรบวัดค่าความจุทางไฟฟ้า

ข้อดีและข้อเสียของโพรบวัดค่าความจุทางไฟฟ้า

ข้อดี

1. มีความไวสูงและไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่
2. โพรบวัดสามารถออกแบบให้ต้านทานการกัดกร่อน ง่ายต่อการทำความสะอาด

ข้อเสีย

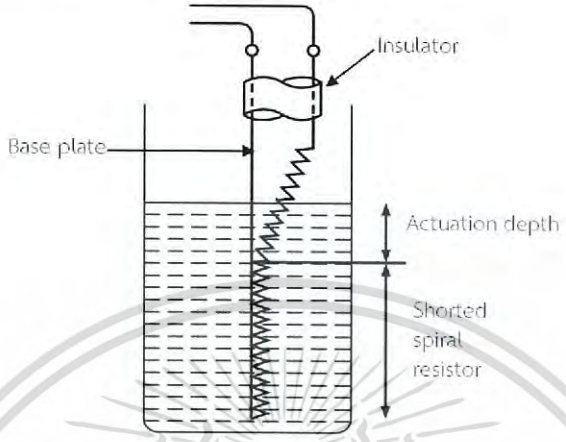
1. ความไวของโพรบวัดมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
2. ของเหลวที่ถูกวัดต้องมีค่าทางไดอิเล็กทริกที่คงที่
3. คุณสมบัติของโพรบวัดจะมีผลต่อสิ่งสกปรก

2. **การวัดระดับโดยการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า** (Resistance)

โครงสร้างของการวัดระดับโดยการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าประกอบไปด้วยขดลวดความต้านทาน มักถูกทำด้วยลวดนิโครมและแถบตัวนำหุ้มด้วยฉนวนไฟฟ้า บริเวณปลายด้านล่างของเครื่องมือวัดปิดสนิทเพื่อป้องกันของเหลวซึมเข้าไปในตัวอุปกรณ์ เมื่อจุ่มแถบตัวนำลงไปในของเหลวที่ต้องการวัดระดับ ส่วนที่จมอยู่ในของเหลวจะถูกของเหลวบีบให้แถบความต้านทานติดกับแกนตัวนำทำให้ค่าความต้านทานลดลง ค่าความต้านทานจะลดลงตามระดับการเพิ่มขึ้นของของเหลว การวัดระดับด้วยวิธีนี้ไม่เหมาะกับการใช้วัดระดับของแข็งและการวัดระดับในภาชนะปิดที่มีความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัววัดแบบนี้ถูกเรียกว่า “Metritape” ประกอบไปด้วยขดลวดความต้านทานทั้งหมด 4 ชั้น ชั้นแรกเป็นเสมือนไดอะแฟรมสำหรับบีบอัดตัว เมื่อจมอยู่ในสารที่ต้องการวัดระดับและวัสดุที่ใช้ทนต่อการเสียดสี กัดกร่อน ชั้นที่ 2 เป็นชั้นป้องกันตัววัดเหมือนชั้นแรก ชั้นที่ 3 เป็นชั้นป้องกันความชื้น ชั้นที่ 4 มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า



ภาพที่ 2.57 โครงสร้างของการวัดระดับโดยการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า

ภาพที่ 2.58 โครงสร้างของ Metritape

3. **การวัดระดับโดยการวัดค่าความนำทางไฟฟ้า** (Conductance)

โครงสร้างประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าขั้วหนึ่งต่อเข้ากับตัวภาชนะที่เป็นโลหะ อีกขั้วหนึ่งถูกต่อเข้ากับโพรบตามความสูงที่ต้องการ เมื่อระดับของเหลวที่มีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้นจนถึงตัวนำอีกขั้วหนึ่งจะเกิดการเชื่อมต่อครบวงจร

ในการใช้งานควรติดตั้งโพรบวัดให้อยู่ภายในตัวภาชนะและบริเวณส่วนหัวด้านบนต้องอยู่เสมอกับพื้นผิวของภาชนะ เพื่อป้องกันการอุดตันจากสารแขวนลอย การวัดด้วยวิธีนี้เหมาะสำหรับของเหลวที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.59 โพรบวัดค่าความนำทางไฟฟ้า

4. การวัดระดับโดยอัลตร้าโซนิก (Ultrasonic)

อัลตร้าโซนิกคือคลื่นเสียงชนิดหนึ่งที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz เป็นย่านที่หูมนุษย์ไม่ได้ยิน และมีระดับพลังงานต่ำมากเพียงไม่กี่มิลลิวัตต์เท่านั้น ความเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของคลื่น ความหนาแน่นและคุณสมบัติการยืดหยุ่นของตัวกลาง (Elastic Constant) ที่คลื่นเสียงนั้นเดินทางผ่าน

ความเข้มของเสียงและระดับความดันของคลื่นเสียง (Sound Pressure) จะถูกวัดในหน่วยของเดซิเบล (dB) สามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$i = 10\log\frac{I}{I_0} \tag{2.35}$$

เมื่อ i คือ ความเข้มของเสียง

I คือ ความเข้มของเสียงที่วัดได้

I_0 คือ ความเข้มของเสียงอ้างอิง (Reference) ที่ความถี่ 1,000 Hz มีค่า $10^{-6} W/cm^2$

นอกจากนี้เรายังสามารถหาความเข้มของเสียงได้จากความดัน โดยสามารถเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\rho = 10\log\frac{P}{P_0} \tag{2.36}$$

เมื่อ ρ คือ ความเข้มของเสียง

P คือ ความดันของเสียงที่วัดได้

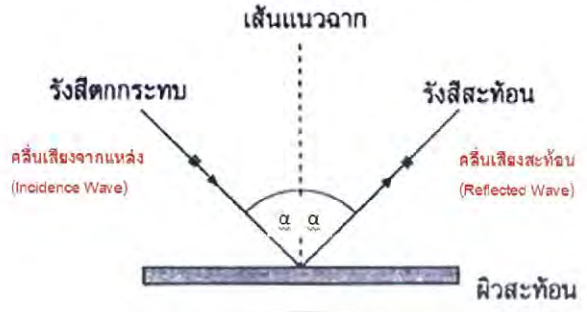
P_0 คือ ความดันของเสียงอ้างอิง (Reference) มีค่า $2\times10^{-4}\ dyne/cm^2$

เมื่อคลื่นเสียงวิ่งอยู่ในตัวกลางไปกระทบกับของแข็ง เช่น กำแพง หน้าผา หรือพื้นผิวของของเหลว บางส่วนของคลื่นเสียงเท่านั้นจะแทรกผ่านเข้าไปสารนั้นๆ ส่วนใหญ่จะสะท้อนกลับ ที่เรียกว่า "เอคโค่" (Echo) การสะท้อนของเสียงมีลักษณะเหมือนการสะท้อนของแสงคือ

มุมสะท้อน = มุมตกกระทบ $(\alpha_r = \alpha_e)$

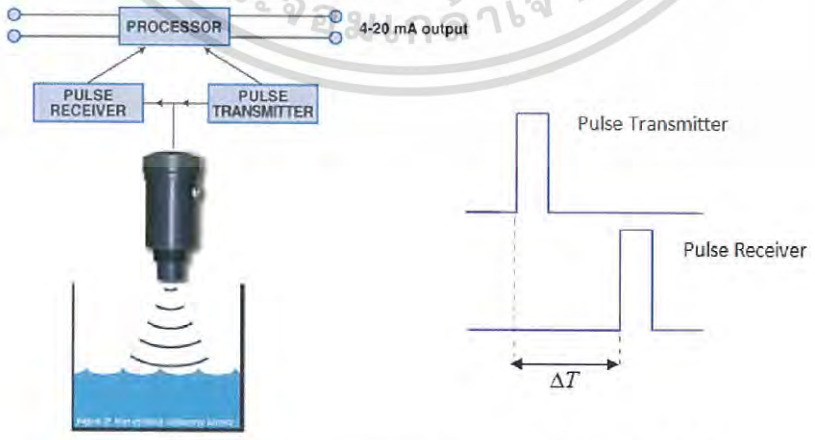
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของการสะท้อนแสดงดังภาพที่ 2.60 เมื่อเสียงกระทบกับของแข็งทรงกลม ทิศทางการสะท้อนขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ ทำให้เสียงกระจายไปในทิศทางต่างๆ แต่สำหรับวัตถุแผ่นเรียบ คลื่นเสียงที่มาตกกระทบส่วนใหญ่จะสะท้อนออกจากระนาบอย่างมีระเบียบ



ภาพที่ 2.60 การสะท้อนของคลื่น

เครื่องมือวัดระดับแบบอัลตร้าโซนิกเริ่มมีใช้ครั้งแรกประมาณปี ค.ศ. 1960 มีทั้งแบบวัดต่อเนื่องและวัดเป็นจุด คลื่นความถี่ที่ใช้งานอยู่ระหว่าง 20 KHz ถึง 40 KHz สัญญาณจะถูกส่งออกมาเป็นห้วงๆ โดยมีตัวส่ง (Transmitter) และตัวรับ (Receiver) คอยรับสัญญาณการสะท้อนกลับแต่ละห้วงเวลาที่ใช้ในการเดินทางตั้งแต่ออกจากตัวส่งจนกลับถึงตัวรับ สัญญาณจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทางหรือระดับที่ต้องการวัด นั่นคือถ้าในภาชนะมีระดับต่ำ ช่วงเวลาที่คลื่นใช้เวลาเดินทางก็จะนานกว่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ระดับในภาชนะสูง เวลาที่ใช้ในการเดินทางของคลื่นเสียงขึ้นกับสภาพของตัวกลางที่คลื่นเสียงผ่าน การเลือกใช้เครื่องมือวัดระดับแบบใช้คลื่นเสียงต้องจำกัดย่านการใช้งานให้อยู่ในช่วงแคบๆ เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการวัดระยะทาง ในการวัดระดับของสารที่เป็นฝุ่นผง ตัวรับและตัวส่งจะถูกติดตั้งอยู่ด้านบนของภาชนะ ส่วนในกรณีที่เป็นของเหลว ตัวรับและตัวส่งจะอยู่ส่วนบนหรือส่วนล่างก็ได้



ภาพที่ 2.61 หลักการทำงานของการวัดระดับโดยอัลตร้าโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีและข้อเสียของอัลตร้าโซนิก

ข้อดี

1. ไม่มีส่วนประกอบที่เคลื่อนที่
2. สามารถวัดระดับได้โดยไม่สัมผัสกับวัตถุ
3. สามารถวัดระดับของเหลวที่มีอันตราย มีการกัดกร่อนได้

ข้อเสีย

1. ไม่เหมาะสมกับถังที่มีควันหรือความชื้นมากๆ เพราะจะทำให้สัญญาณกระจายออกไป
2. วัตถุที่นำมาตรวจวัดต้องไม่ดูดกลืนเสียง

5. **การวัดระดับโดยการแผ่ของสารกัมมันตภาพรังสี** (Nuclear Radiation)

วิธีการวัดระดับโดยการแผ่ของสารกัมมันตภาพรังสีเหมาะสำหรับใช้วัดระดับในงานที่มีปัญหา เช่น เครื่องมือวัดต้องสัมผัสสารที่เหนียว มีการกัดกร่อน มีอุณหภูมิและความดันที่สูง ทำให้มีผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่ทำการวัด อาจมีอายุการใช้งานที่สั้นลง

การวัดระดับโดยการแผ่รังสีจะใช้สารกัมมันตภาพรังสี เช่น เรเดียม 226 ซีเซียม 137 และโคบอลต์ 60 ซึ่งโดยธรรมชาติรังสีจะแผ่รังสีหลายย่านความถี่ออกมา เช่น แอลฟา เบต้า และแกมม่า รังสีที่ใช้ในการวัดระดับคือ แกมม่า เนื่องมาจากรังสีแอลฟาจะไม่สามารถทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อสาร จึงไม่เพียงพอต่อการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรม รังสีเบต้าสามารถทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อสารได้บางส่วน มักพบกับงานที่มีพื้นผิวไม่หนานัก ส่วนรังสีแกมม่าให้การทะลุทะลวงเข้าไปในเนื้อของสารดีที่สุด

รังสีแกมม่าเป็นคลื่นไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นและมีความถี่สูง ในทางอุตสาหกรรมการวัดความเข้มของการแผ่รังสีจะอยู่ในรูปของ Millitroentgen ต่อชั่วโมง (MR/ Hr) โดยคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$D = \frac{1000 \times KM_c}{d^2} \qquad (2.37)$$

เมื่อ D คือ ความเข้มข้นของการแผ่รังสีในหน่วยของ MR/ Hr

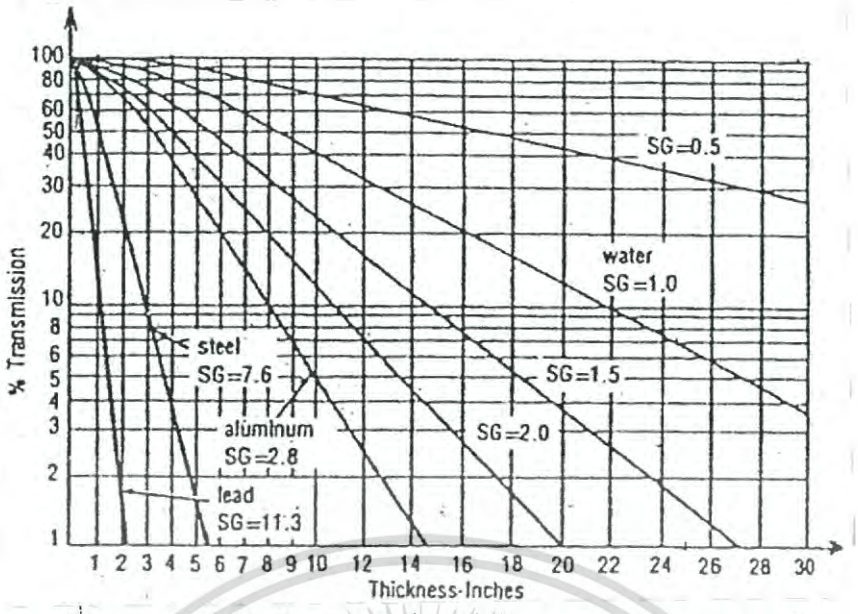
K คือ ค่ามิลลิคูรีจากตัวส่ง

M_c คือ ค่าคงที่ ในกรณีของเรเดียม 226 มีค่า 1.3 ซีเซียม 137 มีค่า 0.6
โคบอลต์ 60 มีค่า 2

d คือ ระยะทางจากตัวส่ง

การกำหนดความเข้มในการแผ่รังสีของตัวส่ง แสดงดังภาพที่ 2.62 เป็นการแสดงความเข้มของรังสีที่ลดลงตามระยะทางและชนิดความหนาวัสดุของซีเซียม 137

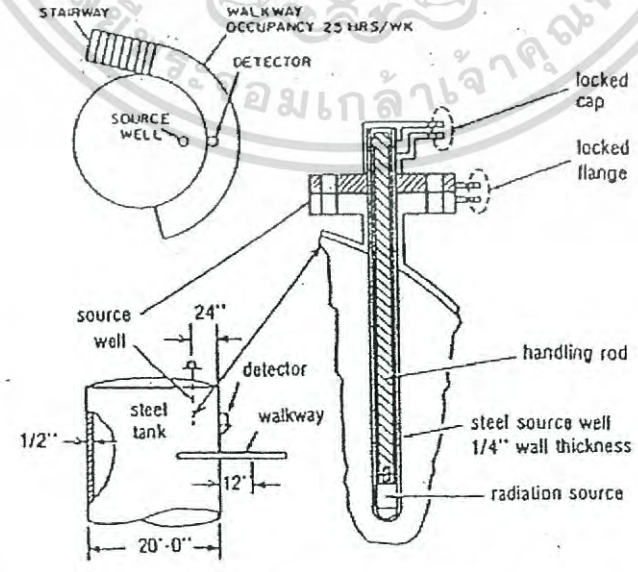
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.62 การส่งกัมมันตภาพรังสีของซีเซียม 137 ผ่านวัสดุหลายชนิด

โลหะที่มีความเข้มของรังสีลดลงอย่างรวดเร็วคือ ตะกั่ว (Lead) ด้วยความหนาเพียง 2 นิ้วกว่าๆ ความเข้มของรังสีจะลดลงหมดจนไม่เหลือผ่านออกมาเลย ดังนั้นตะกั่วจึงเป็นโลหะที่ใช้ทำภาชนะสำหรับเก็บสารกัมมันตภาพรังสีได้ดี ความเข้มข้นของรังสีที่ระยะรัศมีที่เท่ากัน สารที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่าจะดูดซึมพลังงานไปได้มากกว่า

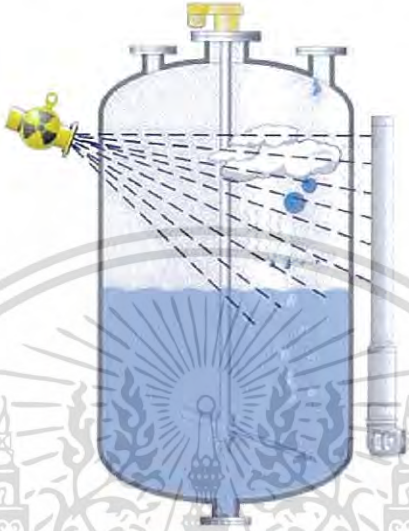
การเลือกใช้ปริมาณสารกัมมันตภาพรังสีสำหรับใช้วัดระดับในอุตสาหกรรม มีข้อกำหนดคือ ต้องให้ความเข้มที่ตัวรับมีค่าอย่างน้อย 2 Millitroentgen ต่อชั่วโมง (MR/ Hr) เมื่อระดับของสารที่ต้องการวัดยังสูงไม่ถึงตัวรับและจะมีค่าเปลี่ยนไปอย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อระดับอยู่สูงพ้นตัวรับ



ภาพที่ 2.63 ตัวอย่างการเลือกใช้ปริมาณของซีเซียม 137 ในการวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปการวัดแบบนี้แหล่งกำเนิดรังสีแกมม่าถูกติดตั้งไว้อีกด้านหนึ่งของผนัง ส่วนผนังอีกทางด้านหนึ่งจะติดตั้งชุดท่อ Geiger-Miller ขณะที่รังสีแกมม่าผ่านตัวกลางความเข้มข้นจะลดลง ซึ่งของแข็งหรือของเหลวจะให้ความเข้มข้นลดลงมากกว่าอากาศ ดังนั้นถ้าระดับเพิ่มขึ้นสัญญาณของการแผ่รังสีจะลดลง โดยการเลือกใช้ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ปริมาณของสารกัมมันตภาพรังสี ขนาดของภาชนะ ระยะระหว่างตัวกำเนิดรังสีและตัวรับ



ภาพที่ 2.64 การวัดระดับโดยการแผ่ของสารกัมมันตภาพรังสี

ข้อดีและข้อเสียของการวัดระดับโดยการแผ่ของสารกัมมันตภาพรังสี

ข้อดี

1. ไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งสัมผัสกับกระบวนการ ดังนั้นเหมาะสำหรับงานวัดระดับที่มีการกัดร่อน อุณหภูมิและความดันสูง
2. ไม่มีโครงสร้างที่ซับซ้อน

ข้อเสีย

1. มีราคาแพง
2. มีโอกาสเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นต้องมีการจัดเตรียมคู่มือการใช้งาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการใช้งานต่างๆ

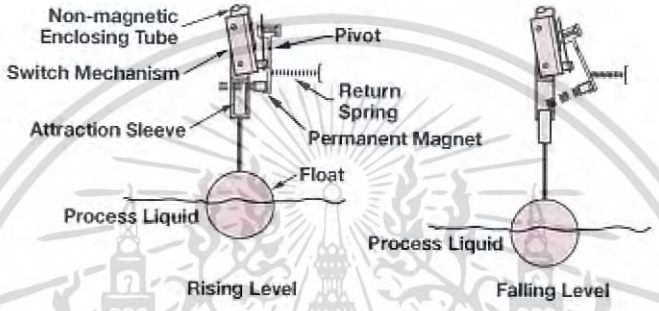
6. **สวิตช์วัดระดับ** (Level Switch)

สวิตช์วัดระดับใช้เพื่อบอกระดับสูงสุดหรือต่ำสุดภายในภาชนะ ถูกใช้เพื่อควบคุมและส่งสัญญาณเตือน ในงานอุตสาหกรรมมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ส่วนใหญ่มี 2 ชนิดคือ สวิตช์วัดระดับแบบลูกลอยและสวิตช์วัดระดับแบบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สวิตช์วัดระดับแบบลูกลอย (Float Level Switch)

สวิตช์วัดระดับแบบลูกลอยเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมรูปแบบหนึ่ง โดยใช้ลูกลอยติดกับแท่งแม่เหล็กถาวร เปลี่ยนระดับขึ้นลงตามของเหลวที่อยู่ในกระบวนการ ที่ตัวลูกลอยมีแกนติดอยู่ ดังนั้นแกนนี้จะเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งไปตามระดับด้วยปลายด้านบนของแกน แท่งแม่เหล็กถาวรที่ติดอยู่กับแกน ส่วนสวิตช์แม่เหล็กถูกติดตั้งไว้ภายนอก เมื่อระดับของของเหลวสูงขึ้นจนแท่งแม่เหล็กถาวรที่ติดอยู่กับแกนสูงขึ้น จนอยู่ในระดับเดียวกับสวิตช์แม่เหล็กด้านนอก มันจะถูกดูดให้เข้าใกล้กันและเกิดการทำงาน ข้อดีของการใช้สวิตช์แบบลูกลอยคือ สวิตช์แม่เหล็กและตัวลูกลอยแยกออกจากกัน ทำให้ลดการเกิดอันตรายจากไฟรั่ว



ภาพที่ 2.65 สวิตช์วัดระดับแบบลูกลอย

- สวิตช์วัดระดับแบบความถี่ (Vibration Level Switch)

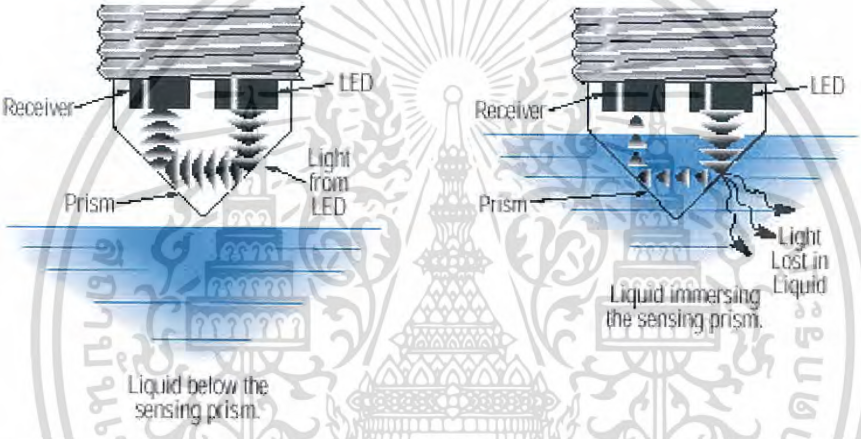
สวิตช์วัดระดับแบบความถี่ ทำงานโดยอาศัยหลักการวัดค่าความแตกต่างของความถี่ที่เกิดจากการหน่วง เมื่ออุปกรณ์วัดสัมผัสกับตัวกลางในกระบวนการสามารถวัดได้ทั้งตัวกลางที่อยู่ในสถานะของเหลวและของแข็ง โครงสร้างประกอบด้วยโพรบวัดที่มีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายใบมีด ซึ่งเป็นส่วนสัมผัสกับตัวกลางและวงจรกำเนิดความถี่จากอุปกรณ์เปียโซอิเล็กทริก เมื่อระดับของตัวกลางเพิ่มขึ้นจนสัมผัสกับระยะที่โพรบวัดทำงาน ความถี่จะถูกหน่วงทำให้ค่าที่วัดได้แตกต่างกับค่าความถี่ที่ป้อนให้ในสภาวะปกติ

ภาพที่ 2.66 สวิตช์วัดระดับแบบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **การวัดระดับโดยใช้คลื่นอินฟาเรด** (Infared)

การวัดระดับโดยใช้คลื่นอินฟาเรดใช้หลักการดูดซึมและหักเหของคลื่นรังสีอินฟาเรดในตัวกลางที่เป็นน้ำและอากาศแตกต่างกันมาใช้ในงานอุตสาหกรรมวัดระดับ แสดงดังภาพที่ 2.67 เมื่อแสงจากไดโอดเปล่งแสงส่องผ่านผลึกควอตซ์ซึ่งมีปลายเป็นมุมแหลมเพื่อหักเหแสงอินฟาเรด ในกรณีที่ผลึกควอตซ์ลอยอยู่ในอากาศ เพื่อให้เกิดแสงสะท้อนกลับมายังโฟโต้ไดโอด สัญญาณที่ตรวจจับได้นี้แสดงว่าน้ำยังอยู่ต่ำกว่าจุดที่ติดตั้งตัววัด แต่ถ้าระดับน้ำสูงขึ้นจนถึงตัววัด คลื่นแสงอินฟาเรดจะถูกหักเหให้กระจายไปในของเหลว ไม่สามารถสะท้อนกลับมายังโฟโต้ไดโอด จึงทำให้โฟโต้ไดโอดไม่ทำงาน การวัดระดับด้วยวิธีนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น การวัดระดับน้ำในถัง ถังบรรจุสารเคมี การวัดจะให้ความน่าเชื่อถือสูง โดยไม่ขึ้นกับน้ำหนัก ความนำไฟฟ้าของของเหลวชนิดนั้นแต่สามารถวัดแบบจุดได้เท่านั้น



ภาพที่ 2.67 การวัดระดับโดยใช้คลื่นอินฟาเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการศึกษาข้อกำหนดต่างๆ การกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์การวัด จนไปถึงขั้นตอนดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์ ซึ่งผู้ออกแบบต้องทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน การจัดทำเอกสารต่างๆ เพื่อให้ได้อุปกรณ์การวัดที่เหมาะสมและมีราคาถูกที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่สำคัญของการทำธุรกิจแบบรับเหมาก่อสร้าง

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาข้อกำหนดต่างๆของโครงการ (Invitation to Bid: ITB) โดยเป็นเอกสารที่บอกข้อกำหนดทั่วไปของโครงการเช่น เลขที่ของโครงการ ชื่อโครงการ สถานที่ก่อสร้าง เจ้าของโครงการ ผู้รับผิดชอบในการจัดซื้ออุปกรณ์และก่อสร้าง เป็นต้น รวมไปถึงข้อกำหนดของอุปกรณ์การวัดที่มีความสำคัญต่อการเลือกใช้งาน โดยข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้จะอ้างอิงตามมาตรฐานสากลที่มีการยอมรับ เช่น ในกรณีของแผ่นออริฟิส การเลือกใช้ การติดตั้งและการคำนวณต้องเป็นไปตามมาตรฐาน ISO 5167 และ ASME B16.36

2. ศึกษากระบวนการต่างๆ ภายในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ตั้งแต่กระบวนการซื้อเชื้อเพลิง ระบบกังหันก๊าซ ระบบกังหันไอน้ำ กระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนของน้ำ จนกระทั่งกระบวนการผลิตไฟฟ้าออกมา การศึกษาในขั้นนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้ทราบหน้าที่การทำงานต่างๆภายในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

3. ศึกษากระบวนการที่มีอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับติดตั้งอยู่ เพื่อให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ในการติดตั้งอุปกรณ์ชนิดนั้นและศึกษาสภาพแวดล้อมของกระบวนการ เช่น ของไหลในกระบวนการคืออะไร สถานะเป็นอย่างไร มีการกัดกร่อนหรือไม่ ควรใช้วัสดุประเภทใด เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์การวัด ลักษณะการติดตั้งควรเป็นแบบใด เช่น ในกรณีของเกจวัดระดับแบบใช้แม่เหล็ก (Magnetic Level Gauge) จะมีการต่อ Nozzle และ Block Valve ออกมาจากตัวถัง เพื่อง่ายต่อการซ่อมบำรุง

4. ศึกษาหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาถึงการออกแบบและติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์การวัด

1. เมื่อได้รับ Piping and Instrument Diagram (P&ID) จัดทำเอกสารรายการอุปกรณ์การวัด (Instrument Index) เป็นเอกสารที่แบ่งประเภทของอุปกรณ์การวัด สามารถแบ่งออกเป็น อุปกรณ์วัดความดัน (Pressure) อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ (Temperature) อุปกรณ์วัดระดับ (Level) อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (Flow) อุปกรณ์วัดวิเคราะห์ (Analyzer) วาล์ว (Valve) อุปกรณ์ป้องกัน (Safety Device) ทำให้ผู้ออกแบบทราบว่ามีอุปกรณ์แต่ละประเภทกี่ตัว นอกจากนี้ยังใช้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในการทำงานขั้นต่อไป

2. การติดต่อกับแผนกอื่นในบริษัท เพื่อขอข้อมูลมาทำรายละเอียดอุปกรณ์การวัด

- ติดต่อกับแผนกกระบวนการ เพื่อขอข้อมูลทางด้านกระบวนการ ประกอบด้วย ชื่อของไหลในกระบวนการ สถานะของของไหล ความหนาแน่น ความหนืด อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ เพราะว่าอุปกรณ์แต่ละชนิด มีข้อจำกัดในการใช้งานที่แตกต่างกันไป เมื่อได้รับข้อมูลทางด้านกระบวนการมาจะเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาถึงการออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์การวัด

- ติดต่อกับแผนกไฟฟ้า เพื่อขอข้อมูลการแบ่งเขตพื้นที่ระหว่างพื้นที่ที่อยู่ในเขตอันตราย (Hazardous Area) และพื้นที่ที่ไม่อยู่ในเขตอันตราย (Non-Hazardous Area) โดยพื้นที่ที่อยู่ในเขตอันตรายสามารถแบ่งออกได้ 3 โซน คือ โซน 0 โซน 1 และโซน 2 ซึ่งความแตกต่างของการแบ่งเขตพื้นที่ทั้งสองมีผลต่อการเลือกอุปกรณ์การวัดที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ เพราะอาจเกิดการติดไฟและระเบิดได้

- ติดต่อกับแผนกเครื่องกล เพื่อทำการยืนยันหมายเลขจุดต่อบนถังหรือภาชนะ (Nozzle) ภายในกระบวนการและกำหนดขนาดการเชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) เช่น ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ (Differential Pressure Level Transmitter) มีการเชื่อมต่อกับกระบวนการคือ 3" ANSI150 #RF สามารถอธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 3 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

3. จัดทำเอกสารรายละเอียดอุปกรณ์การวัด (Instrument Specification Sheet) โดยต้องกรอกข้อมูลให้ครบถ้วน เพื่อจัดส่งให้กับบริษัทผู้จัดจำหน่ายและขอใบเสนอราคาของอุปกรณ์ชนิดนั้นๆ โดยรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

- ข้อมูลทั่วไปได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วย เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ สถานที่ตั้งอุปกรณ์ เลขที่หน้าเอกสาร P&ID หมายเลขประจำตัวท่อหรือถัง ขนาดของท่อ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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	Pipe Calss				

ภาพที่ 3.1 รูปแบบข้อมูลทั่วไป

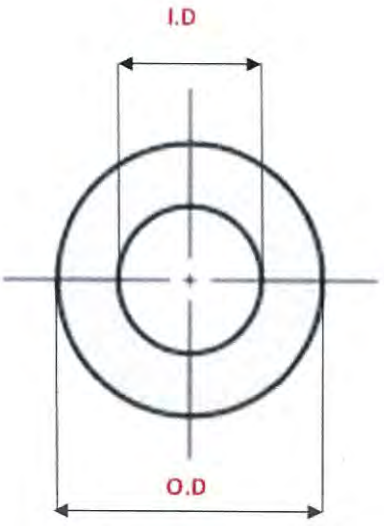
ในส่วนของข้อมูลทั่วไป ผู้ออกแบบจะต้องทำการคำนวณหาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Internal Diameter) โดยสามารถหาได้จากการเปิดตารางท่อ ข้อมูลที่จะต้องทราบคือ ขนาดของท่อ (Line Size) ความหนาของผนังท่อ (Pipe Schedule) และคลาสของท่อ (Pipe Class) ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจาก P&ID และ Piping Specifications

ตารางที่ 3.1 ตารางท่อ

Pipe Size		Pipe OD	Sch # 5S	Sch # 10S	Sch # 10	Sch # 20	Sch # 30	Sch # 40S	Sch # STD	Sch # 40	Sch # 60	Sch # 80S	Sch # XS	Sch # 80	Sch # 100	Sch # 120	Sch # 140	Sch # 160	Sch # XXS
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1/8"	1	10.30	-	1.20	1.24	-	-	-	1.73	1.73	-	-	2.41	2.41	-	-	-	-	-
1/4"	2	13.70	-	1.65	1.65	-	-	-	2.24	2.24	-	-	3.02	3.02	-	-	-	-	-
3/8"	3	17.10	-	1.65	1.65	-	-	-	2.31	2.31	-	-	3.20	3.20	-	-	-	-	-
1/2"	4	21.34	1.65	2.11	2.11	-	-	2.77	2.77	2.77	-	3.73	3.73	3.73	-	-	-	4.77	7.47
3/4"	5	26.67	1.65	2.11	2.11	-	-	2.87	2.87	2.87	-	3.91	3.91	3.91	-	-	-	5.56	7.82
1"	6	33.40	1.65	2.77	2.77	-	-	3.38	3.38	3.38	-	4.55	4.55	4.55	-	-	-	6.35	9.09
1-1/2"	7	48.26	1.65	2.77	2.77	-	-	3.68	3.68	3.68	-	5.08	5.08	5.08	-	-	-	7.14	10.16
2"	8	60.32	1.65	2.77	2.77	-	-	3.91	3.91	3.91	-	5.54	5.54	5.54	-	-	-	8.24	11.07
3"	9	88.90	2.11	3.05	3.05	-	-	5.49	5.49	5.49	-	7.62	7.62	7.62	-	-	-	11.12	15.24
4"	10	114.30	2.11	3.05	3.05	-	-	6.02	6.02	6.02	-	8.56	8.56	8.56	-	11.12	-	13.49	17.12
6"	11	168.27	2.77	3.40	-	-	-	7.11	7.11	7.11	-	10.97	10.97	10.97	-	14.27	-	18.26	21.95
8"	12	219.07	2.77	3.76	-	6.35	7.04	8.18	8.18	8.18	10.31	12.70	12.70	12.70	15.08	18.26	20.63	23.01	22.22
10"	13	273.05	3.40	4.19	-	6.35	7.80	9.27	9.27	9.27	12.70	12.70	12.70	15.08	18.26	21.44	25.40	28.57	25.40
12"	14	323.85	3.96	4.57	-	6.35	8.38	9.52	9.52	10.31	14.27	12.70	12.70	17.47	21.44	25.40	28.57	33.32	25.40
14"	15	355.60	3.96	4.77	6.35	7.92	9.52	-	9.52	11.12	15.09	-	12.70	19.05	23.82	27.79	31.75	35.71	-
16"	16	406.40	4.19	4.77	6.35	7.92	9.52	-	9.52	12.70	16.66	-	12.70	21.44	26.19	30.96	36.53	40.49	-
18"	17	457.20	4.19	4.77	6.35	7.92	11.12	-	9.52	14.27	19.05	-	12.70	23.82	29.36	34.92	39.67	45.24	-
20"	18	508.00	4.77	5.54	6.35	9.52	12.70	-	9.52	15.08	20.62	-	12.70	26.19	32.54	38.10	44.45	50.01	-
22"	19	558.80	4.77	5.54	6.35	9.52	12.70	-	9.52	15.87	22.22	-	12.70	28.57	34.92	41.27	47.62	53.97	-
24"	20	609.60	5.54	6.35	6.35	9.52	14.27	-	9.52	17.47	24.61	-	12.70	30.96	38.89	46.02	52.37	59.54	-
26"	21	660.40	-	-	7.92	12.70	-	-	9.52	-	26.40	-	12.70	-	-	-	-	-	-

ตัวอย่างเช่น ท่อขนาด 2 นิ้ว (DN 50) มีความหนาของผนังท่อ (Pipe Schedule) คือ 80S จากการเปิดตารางพบว่า ท่อมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (Outsize Diameter) 60.32 มิลลิเมตร มีความหนาของผนังท่อ (Thickness) 5.54 มิลลิเมตร ดังนั้นสามารถหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Internal Diameter) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$I.D = O.D - 2(Thickness)$$

$$I.D = 60.32 - 2(5.54)$$

$$I.D = 49.24mm$$

เพราะฉะนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Internal Diameter) มีขนาด 49.24 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.2 ภาพตัดขวางของท่อ

- ข้อมูลด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วย ชื่อของของไหล สถานะของของไหล ความหนาแน่น ความหนืด อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ เป็นต้น

Process Conditions	8	Fluid	Fluid Phase				
	9			Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Flow					
	11	Temperature					
	12	Pressure					
	13	Density					
	14	Viscosity					
	15	Design Temperature	Units				
	16	Design Pressure	Units				

ภาพที่ 3.3 รูปแบบข้อมูลกระบวนการ

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ต้องเลือกให้สอดคล้องกับข้อมูลด้านกระบวนการและไม่เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์หรือกระบวนการอื่นๆ โดยอุปกรณ์การวัดแต่ละชนิดจะมีข้อมูลที่แตกต่างกันออกไป ภายในขั้นตอนนี้ผู้ออกแบบต้องระมัดระวังในการกรอกข้อมูล โดยไม่มีความจำเป็นต้องกรอกข้อมูลที่ระบุเฉพาะเจาะจงมากเกินไป เพราะอาจจะเป็นการกำหนดที่มากเกินไป ทำให้บริษัทผู้จัดจำหน่ายไม่สามารถหาอุปกรณ์มาจำหน่ายได้

การออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter)

ในการออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสมีทั้งหมด 5 ตัว โดยแบ่งเป็น 1 ตัวถูกติดตั้งระหว่างท่อขนส่งกับถังพัก ส่วนอีก 4 ตัวถูกติดตั้งก่อนเข้ากังหันก๊าซ ของไหลในกระบวนการเป็นน้ำมันดีเซล ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โครงสร้างของเซ็นเซอร์ : ท่อลักษณะตัวยู
- วัสดุที่ใช้ทำท่อวัดและห่อหุ้มท่อวัด : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ความดันสูญเสียถาวร : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่ายแต่ต้องไม่เกิน 0.3 บาร์เกจ
- ชนิดของทรานส์มิตเตอร์ : แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากอะลูมิเนียม
- แหล่งจ่ายไฟ : 4 Wires 230 V AC เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ค่าความเที่ยงตรง : ± 0.5 % of Reading หรือดีกว่านี้
- สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน : IP 65 หรือดีกว่านี้

การออกแบบแผ่นออริฟิส (Orifice Plate)

ในการออกแบบแผ่นออริฟิสมีทั้งหมด 6 แผ่น โดยแบ่งเป็น 1 แผ่นถูกติดตั้งระหว่างปั๊มน้ำถึงถังพักน้ำหล่อเย็น อีก 2 แผ่นถูกติดตั้งระหว่างปั๊มน้ำถึงถังพักน้ำบริสุทธิ์ ส่วนอีก 3 แผ่นถูกติดตั้งระหว่างปั๊มน้ำถึงถังพักน้ำมันดีเซล ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

- ชนิดของแผ่นออริฟิส : ชนิดจุดศูนย์กลางร่วม
- วัสดุที่ใช้ทำแผ่นออริฟิส : ทำมาจากเหล็กกกล้าไร้สนิม
- ความหนาของแผ่นออริฟิส : 3 มิลลิเมตร เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ย่านการวัดความดันแตกต่าง : 0 ถึง 2,500 มิลลิเมตรน้ำ

ขนาดช่องของแผ่นออริฟิส ค่าเบต้าและความดันสูญเสียถาวรได้มาจากการคำนวณ โดยค่าที่คำนวณได้จะถูกใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจากบริษัทผู้จัดจำหน่ายตามรูปแบบข้อกำหนดของโครงการ ค่าเบต้าควรจะอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.75 และความดันสูญเสียถาวรต้องไม่เกิน 0.3 บาร์ การคำนวณอยู่บนพื้นฐานสมการอัตราการไหลเชิงมวลตามมาตรฐาน ISO 5167

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho} \qquad (3.1)$$

เมื่อ q_m คือ อัตราการไหลเชิงมวล มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อวินาที (kg/s)

d คือ เส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิส มีหน่วยเป็นเมตร (m)

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

β คือ อัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลาง

ρ คือ ความหนาแน่น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

ΔP คือ ค่าความดันแตกต่างมาตรฐานที่กำหนด มีหน่วยเป็นปาสคาล (Pa)

C_d คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อย

ε คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว

$$q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \frac{D^2}{D^2} \sqrt{2\Delta P \rho}$$

เมื่อ $\beta = \frac{d}{D}$ จัดรูปสมการใหม่ได้

$$q_m = \frac{C_d}{\sqrt{1-\beta^4}} \varepsilon \frac{\pi}{4} \beta^2 D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}$$

ย้ายข้างสมการ $\dfrac{\sqrt{1-\beta^4}}{\beta^2} = \dfrac{C_d \varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}}{q_m}$

กำหนดให้ $K = \dfrac{q_m}{C_d \varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2\Delta P \rho}}$ (3.2)

จะได้ว่า $\dfrac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = K$

$$\beta^2 = K\sqrt{1-\beta^4}$$

$$\beta^4 = K^2(1-\beta^4)$$

$$\beta^4 = \frac{K^2}{(1+K^2)}$$

$$\beta = \sqrt{\sqrt{\frac{K^2}{1+K^2}}} \qquad (3.3)$$

เมื่อทราบค่าเบต้า (β) แล้วสามารถคำนวณหาขนาดช่องของแผ่นออริฟิสได้จาก

$$d = \beta \cdot D \qquad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการหาค่าขนาดช่องของแผ่นออริฟิส ค่าเบต้าและความดันสูญเสียถาวร ในกรณีของแผ่นออริฟิสที่ถูกติดตั้งระหว่างปั๊มน้ำถึงถังพักน้ำหล่อเย็น ซึ่งมีข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการคำนวณดังต่อไปนี้

1) อัตราการไหลต่ำสุด ขณะทำงานและสูงสุด 75.5 150 และ 210 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2) ย่านการวัดอัตราการไหล 0 ถึง 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
3) ความหนาแน่น 995 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
4) ย่านการวัดความดันแตกต่าง 0 ถึง 2,500 มิลลิเมตรน้ำ หรือ 0 ถึง 250 มิลลิบาร์
5) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ 254.51 มิลลิเมตร หรือ 0.25451 เมตร
6) ค่าสัมประสิทธิ์ของการปล่อยมีค่า 0.6
7) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวมีค่า 1 เนื่องจากของไหลในกระบวนการมีสถานะเป็นของเหลว

ทำการแปลงหน่วยค่าของตัวแปรต่างๆให้อยู่ในหน่วยตามมาตรฐาน ISO 5167

จากสมการ $$q_v = \frac{q_m}{\rho} \qquad (3.5)$$

$$q_m = 250 \times 995 = 248,750 \ kg/hr$$

ทำการแปลงหน่วยจากกิโลกรัมต่อชั่วโมงเป็นกิโลกรัมต่อวินาที โดย 1 ชั่วโมง มี 3,600 วินาที

$$q_m = \frac{248,750}{3,600} = 69.0972 \ kg/\mathrm{s}$$

ย่านการวัดความดันแตกต่าง การแปลงหน่วยใช้วิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์ จากความสัมพันธ์

$1.013 \ bar$ มีค่าเท่ากับ $10^5 \ Pa$

$0.25 \ bar$ มีค่าเท่ากับ $\frac{0.25 \times 10^5}{1.013} = 24,679.17 \ Pa$

จากสมการที่ (3.2) $$K = \frac{q_m}{C_d \varepsilon \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{2 \Delta P \rho}}$$

$$K = \frac{69.0972}{0.6 \times 1 \times \frac{\pi}{4} \times (0.25451)^2 \times \sqrt{2 \times 24,679.17 \times 995}} = 0.323$$

จากสมการที่ (3.3) $$\beta = \sqrt{\sqrt{\frac{K^2}{1+K^2}}} = \sqrt{\sqrt{\frac{0.323^2}{1+0.323^2}}} = 0.5544$$

หาค่าเส้นผ่าศูนย์กลางช่องของแผ่นออริฟิส จากสมการที่ (3.4)

$$d = \beta \cdot D = 0.5544 \times 254.51 = 141.1 \ mm$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าความดันสูญเสียถาวร $$\Delta W = \Delta P_{@\,fullsacle}(1-\beta^{1.9})\left(\frac{Q_t}{Q_{fullscale}}\right)^2 \qquad (3.6)$$

$$\Delta W = 24,679.17(1-0.5544^{1.9})\left(\frac{69.0972}{69.0972}\right)^2 = 1,663.29\ Pa$$

$$\Delta W = 0.168\ bar$$

จากการคำนวณพบว่าทั้งค่าเบต้าและค่าความดันสูญเสียถาวรเป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ ดังนั้นจึงกรอกข้อมูลค่าที่คำนวณได้ลงในเอกสารรายละเอียดอุปกรณ์การวัด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากบริษัทผู้จัดจำหน่าย

การออกแบบเกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge)

ในการออกแบบเกจวัดระดับชนิดลูกลอยมีทั้งหมด 2 ชุด ซึ่งถูกติดตั้งตรงถังพักน้ำมันดีเซล การวัดระดับสูงสุดอยู่ที่ 20,100 มิลลิเมตร หรือ 20.1 เมตรวัดจากก้นถัง ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

- ระยะช่วงการวัดของอุปกรณ์ : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่ายแต่ต้องครอบคลุมระดับสูงสุด
- ค่าความเที่ยงตรง : ± 4 มิลลิเมตร หรือดีกว่านี้
- ชนิดของเกจวัดระดับ : ชนิดเข็มชี้แสดงค่า
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มเกจวัดระดับ : ทำมาจากอะลูมิเนียม
- วัสดุที่ใช้ทำลูกลอย เทปวัดระดับ เส้นลวดและที่ยึดเส้นลวด : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- มาตรฐานการป้องกัน : IP 65 หรือดีกว่านี้
- เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่าย
- สีของเกจวัดระดับ : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่าย

การออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ
(Differential Pressure Level Transmitter)

ในการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับมีทั้งหมด 3 เครื่อง โดยถูกติดตั้งไว้ที่ถังพักน้ำมันดีเซลจำนวน 2 เครื่อง ส่วนอีก 1 เครื่องถูกติดตั้งไว้ที่ถังพักน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

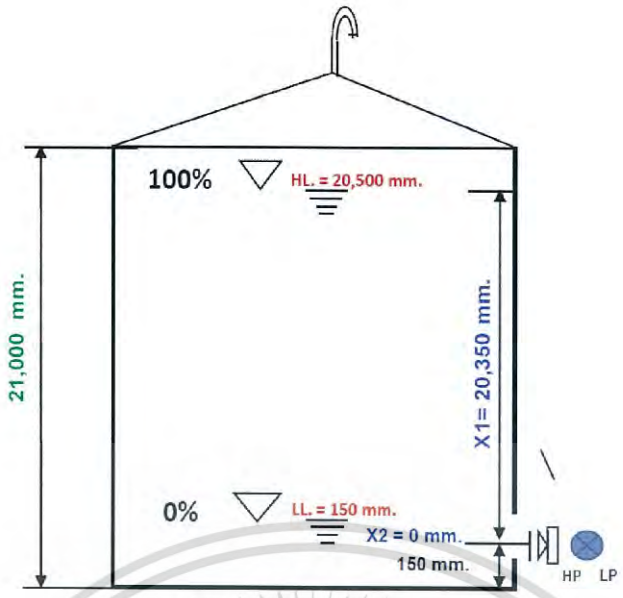
- ย่านการวัดของอุปกรณ์ : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่ายแต่ต้องครอบคลุมย่านการสอบเทียบของอุปกรณ์ที่ได้มาจากการคำนวณ
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากอะลูมิเนียม
- อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : ไดอะแฟรม
- วัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ของเหลวที่เติมลงไประหว่างเซ็นเซอร์วัดความดัน : Silicone Oil
- แหล่งจ่ายไฟ : 2 Wires 24 V DC Loop Powered เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน : IP 65 หรือดีกว่านี้
- ค่าความเที่ยงตรง : ± 0.1 % of Span หรือดีกว่านี้
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

ผู้ออกแบบใช้ไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal) เพื่อป้องกันของไหลภายในกระบวนการสัมผัสกับเซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

- ขนาดของไดอะแฟรม : 3 นิ้ว เพราะเป็นขนาดหน้าสัมผัสที่มีความเที่ยงตรงในการวัดและสามารถยอมรับได้ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของโครงการ
- วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ของเหลวที่เติมลงไประหว่างไดอะแฟรม : Silicone Oil
- การแสดงผลจอแอลซีดี : ต้องการจอแสดงผลแอลซีดี เพื่ออ่านค่าได้จากหน้างาน

กรณีของถังพักน้ำมันดีเซล ซึ่งมีความสูงทั้งหมด 21,000 มิลลิเมตร หรือ 21 เมตร กำหนดให้เอาท์พุตของทรานส์มิตเตอร์มีค่า 4 มิลลิแอมป์ (mA) ที่ระดับความสูง 150 มิลลิเมตร วัดจากก้นภาชนะเป็นตำแหน่งที่ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างติดตั้งอยู่ ส่วนเอาท์พุตของทรานส์มิตเตอร์มีค่า 20 มิลลิแอมป์ (mA) ที่ระดับความสูง 20,500 มิลลิเมตร วัดจากก้นภาชนะเป็นตำแหน่งของช่องระบายการไหลของน้ำ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำมันดีเซลมีค่า 0.87 ดังนั้นในการคำนวณช่วงการวัด (Span) สามารถคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 ความสูงของถังน้ำมันดีเซล

จากสมการ $P = SG \times h$ เมื่อความสูงเป็นหน่วยมิลลิเมตร ดังนั้นความดันที่วัดได้จะอยู่ในหน่วยของมิลลิเมตรน้ำ (mmH_2O)

เอาท์พุตของทรานส์มิตเตอร์มีค่า 4 มิลลิแอมป์ (mA) มีค่าความดัน

$$P = SG \times X_2$$

$$P = 0.87 \times 0$$

$$P = 0\ mmH_2O$$

เอาท์พุตของทรานส์มิตเตอร์มีค่า 20 มิลลิแอมป์ (mA) มีค่าความดัน

$$P = SG \times (X_1 + X_2)$$

$$P = 0.87 \times (20{,}350 + 0)$$

$$P = 17{,}704.5\ mmH_2O$$

ช่วงการวัด (Span)

$$P = SG \times X_1$$

$$P = 0.87 \times 20{,}350$$

$$P = 17{,}704.5\ mmH_2O$$

ดังนั้นถังน้ำมันดีเซลมีช่วงการวัดตั้งแต่ 0 ถึง 17,704.5 มิลลิเมตรน้ำ (mmH_2O) ในการเลือกใช้งาน เราต้องเลือกทรานส์มิตเตอร์ที่มีย่านการวัดครอบคลุมค่าที่เราคำนวณได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตารางการคำนวณช่วงการวัด

Distance From Buttom Tank	Transmitter DP mmH_2O	Transmitter Output mA	DCS Display %
20,500.00	17,704.50	20.00	100.00
15,412.50	13,278.38	16.00	75.00
10,325.00	8,852.25	12.00	50.00
5,237.50	4,426.13	8.00	25.00
150.00	0.00	4.00	0.00

การออกแบบสวิตช์วัดระดับ (Level Switch)

ในการออกแบบสวิตช์วัดระดับมีทั้งหมด 7 ตัว โดยแบ่งเป็น 4 ตัวถูกติดตั้งที่ถังพักน้ำมันดีเซลแต่ละถัง ส่วนอีก 3 ตัวถูกติดตั้งที่ถังกรองน้ำมันดีเซลแต่ละถัง โดยสวิตช์วัดระดับทุกตัวถูกติดตั้งข้างถัง ดังนั้นการออกแบบจึงมีข้อกำหนดดังนี้

- ชนิดของสวิตช์ : Tuning Fork เป็นสวิตช์วัดระดับแบบใช้ความถี่เปลี่ยนแปลง
- วัสดุที่ใช้ทำโพรบวัด : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ความยาวของก้านโพรบวัด : 250 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 150 มิลลิเมตรเป็นความยาวของจุดต่อข้างถัง (Nozzle) ส่วนอีก 100 มิลลิเมตรเป็นระยะที่โพรบวัดจุ่มลงไปในถัง
- แหล่งจ่ายไฟ : 24 V DC
- วัสดุที่ใช้ทำตัวห่อหุ้มสวิตช์วัดระดับ : ทำมาจากอะลูมิเนียม
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน : IP 65 หรือดีกว่านี้
- ระยะที่โพรบวัดไม่สามารถทำงานได้ : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่าย
- เส้นผ่าศูนย์กลางของโพรบวัด : ตามบริษัทผู้จัดจำหน่าย
- สวิตช์วัดระดับทุกตัวถูกต่อร่วมกับตัวขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์

1. เมื่อกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดเรียบร้อยแล้ว จัดทำการส่งเอกสารและขอใบเสนอราคาไปยังบริษัทผู้จัดจำหน่าย โดยดำเนินการส่งให้ผู้จัดจำหน่ายอย่างน้อย 3 ราย ต่ออุปกรณ์การวัด 1 ชนิด

2. ติดตามขอเอกสารใบเสนอราคาจากบริษัทผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายที่ขอในตอนแรก ในบางกรณีผู้จัดจำหน่ายบางรายไม่ส่งเอกสารภายในระยะเวลาที่กำหนด ทำให้ต้องตัดสิทธิ์บริษัทผู้จัดจำหน่ายรายนั้นทิ้งไป เพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้าในการทำงานขั้นต่อไป

3. เมื่อได้รับใบเสนอราคาแล้ว ตรวจสอบเอกสารที่ทางบริษัทผู้จัดจำหน่ายแนบมา ทำการตรวจสอบว่าข้อมูลที่ได้รับมาตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบหรือไม่ ซึ่งภายในขั้นตอนนี้จะมีการเจรจากับผู้จัดจำหน่าย เพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์การวัดที่เสนอมา

4. จัดทำเอกสารแสดงการเปรียบเทียบราคา (Commercial Bid Tabulation) ภายในเอกสารนี้จะประกอบด้วย ข้อมูลของอุปกรณ์การวัดชนิดนั้นและราคาที่แต่ละบริษัทผู้จัดจำหน่ายส่งมา โดยนำมาเปรียบเทียบ เพื่อหาอุปกรณ์ที่ตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบและมีราคาถูกที่สุด

5. หลังจากทำการเปรียบเทียบราคาแล้ว ฝ่ายจัดซื้อ (Procurement) จะเรียกบริษัทผู้จัดจำหน่ายเข้ามาพบ เพื่อเจรจาตกลงการซื้อ-ขาย เมื่อเลือกบริษัทผู้จัดจำหน่ายได้แล้ว จัดทำเอกสารใบสั่งซื้ออุปกรณ์ (Internal Purchase Order: IPO) และทำการแก้ไขข้อมูลในเอกสารรายละเอียดของอุปกรณ์การวัด (Instrument Specification Sheet) ให้ตรงกับสิ่งที่บริษัทผู้จัดจำหน่ายรายนั้นเสนอมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินการออกแบบและติดตั้งทางวิศวกรรม

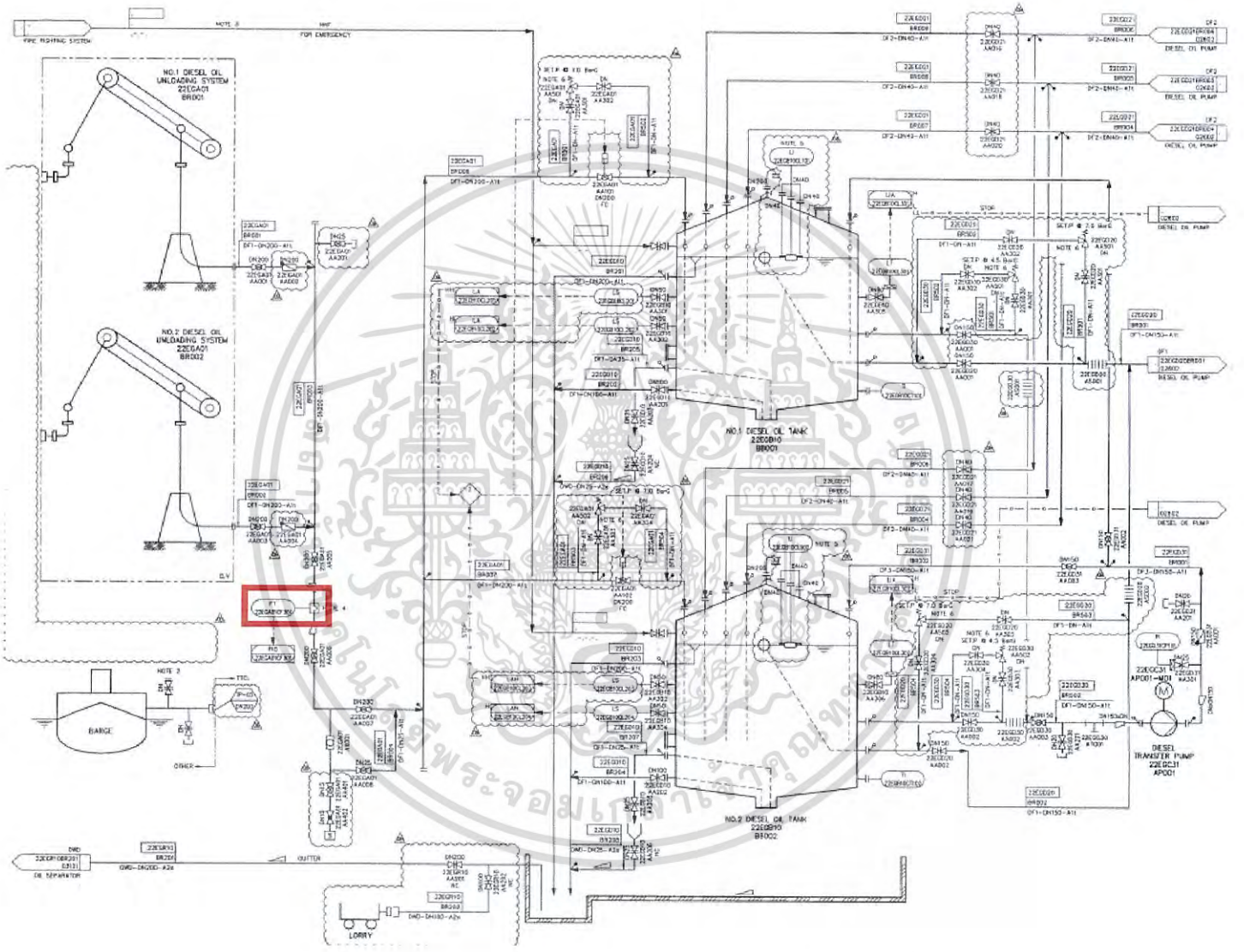
ในบทนี้จะกล่าวถึงเหตุผลในการติดตั้งอุปกรณ์การวัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ การเลือกชนิดของอุปกรณ์และอธิบายถึงรายละเอียดของอุปกรณ์การวัดที่เลือกใช้ รวมไปถึงการติดตั้ง ซึ่งอุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบด้วยมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter) และแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) ส่วนอุปกรณ์วัดระดับประกอบด้วยเกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge) สวิตช์วัดระดับ (Level Switch) และทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Level Transmitter)

4.1 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Flow Meter)

4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากภาพที่ 4.1 กระบวนการนี้เป็นกระบวนการซื้อ-ขาย น้ำมันดีเซล โดยขั้นตอนเริ่มจากน้ำมันดีเซลไหลผ่านท่อหลังจากนั้นจะถูกเข้าไปเก็บในถังพักก่อนที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงมีความจำเป็นที่ต้องมีการวัดอัตราการไหลที่ไหลผ่านท่อ โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้คือมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส เพราะว่ามีความเที่ยงตรงที่สูงและสามารถวัดอัตราการไหลเชิงมวลได้ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะส่งผลต่อความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลทำให้การวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรจึงไม่เหมาะสมกับกระบวนการนี้ ทำให้เกิดความเสียเปรียบทางการค้าระหว่างฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง แต่ถ้าเป็นการวัดอัตราการไหลเชิงมวล ถึงแม้ว่าอุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลง แต่มวลหรือน้ำหนักจะไม่เปลี่ยน จึงเหมาะกับกระบวนการวัดที่เกี่ยวกับการซื้อ-ขาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.1 กระบวนการที่มีมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสติดตั้งอยู่

4.1.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : FT-22EGA01CF301
   - FT หมายถึง Flow Transmitter
   - 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
   - EGA หมายถึง ระบบการรับเชื้อเพลิง
   - 01 หมายถึง หมายเลขของระบบ
   - CF หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับอัตราการไหล
   - 301 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ : อยู่ระหว่างท่อขนส่งน้ำมันดีเซลกับถังพัก
3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID : B-P-450-02601
4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง : ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ DCS (Distributed Control System)
5) หมายเลขของท่อ ขนาดของท่อ และความหนาของผนังท่อ : 22EGA01BR003, DF1-DN300-A1t ท่อมีขนาด 12 นิ้ว ความหนาของผนังท่อคือ Standard (STD)
   22EGA01BR003 เป็นรหัส KKS (Kraftwerk Kennezeichen System) อ่านได้ดังนี้
   - 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
   - EGA หมายถึง ระบบการรับเชื้อเพลิง
   - 01 หมายถึง หมายเลขของระบบ
   - BR หมายถึง อุปกรณ์ภายในระบบคือ ระบบท่อ
   - 003 หมายถึง หมายเลขของระบบท่อ สำหรับท่อในกระบวนการย่อย

   การอ่านอีกรูปแบบหนึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายกว่ารหัส KKS เช่น รหัสในกระบวนการนี้คือ DF1-DN300-A1t
   - DF1 หมายถึง น้ำมันดีเซลก่อนการใช้งานที่ปั๊ม
   - DN 300 หมายถึง ขนาดของท่อตามมาตรฐาน ISO มีขนาด 300 มิลลิเมตร
   - A1t หมายถึง คลาสของท่อ
6) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ : 304.81 มิลลิเมตร ได้จากการคำนวณดังที่กล่าวในบทที่ 3
7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ : ท่อเหล็กคาร์บอน สามารถทนความดันและอุณหภูมิได้สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล : น้ำมันดีเซล สถานะของเหลว
2) อัตราการไหลต่ำสุด ขณะทำงานและสูงสุด : 400 650 และ 1,000 ตันต่อชั่วโมง ตามลำดับ
3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน : 32 องศาเซลเซียส และ 6.5 บาร์เกจ ตามลำดับ
4) ความหนาแน่นและความหนืด : 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 2.6 เซนติพ้อยส์ ตามลำดับ
5) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ : 55 องศาเซลเซียส และ 10 บาร์เกจ ตามลำดับ
6) ความดันสูญเสียที่ยอมรับได้ : 0.3 บาร์เกจ

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดและทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) โครงสร้างของเซ็นเซอร์ : ท่อลักษณะตัวยู
2) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : 12" ANSI150 #RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 12 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)
3) วัสดุที่ใช้ทำท่อวัดและห่อหุ้มท่อวัด : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น
4) ชนิดของทรานส์มิตเตอร์ : แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
5) การเชื่อมต่อสายเคเบิ้ลและความยาวของสายเคเบิ้ล : ไม่มีการใช้งานในส่วนนี้ เนื่องจากเป็นการติดตั้งในรูปแบบ Integral ถ้าเป็นในกรณีการติดตั้งแบบ Remote จะมีการใช้งาน
6) แหล่งจ่ายไฟ : 4 Wires 230 V AC แบ่งได้เป็น 2 สาย สำหรับแหล่งจ่ายไฟ ส่วนอีก 2 สาย สำหรับส่งสัญญาณ
7) ย่านการวัด : 0 ถึง 1,000 ตันต่อชั่วโมง
8) ค่าความเที่ยงตรง : ± 0.1% of Reading เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
9) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
10) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากอะลูมิเนียม
11) การป้องกันการระเบิด : EExd ทนต่อไฟและทนต่อการระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) มาตรฐานการป้องกัน : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสเป็น IP 67 หมายเลข 6 คือ สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 7 คือ ป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำท่วมได้ชั่วคราว

13) ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นมาตรฐานเกลียวระบบ ISO ใช้เชื่อมต่อสายไฟกับทรานส์มิตเตอร์

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ ใบรับรองการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์การวัดและการทดสอบที่โรงงานผลิต

เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสแต่ละตัวมีลักษณะคล้ายกัน เนื่องจากของไหลในกระบวนการเป็นน้ำมันดีเซลทั้งสิ้น ดังนั้นผู้ออกแบบจึงยกตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส แสดงดังภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

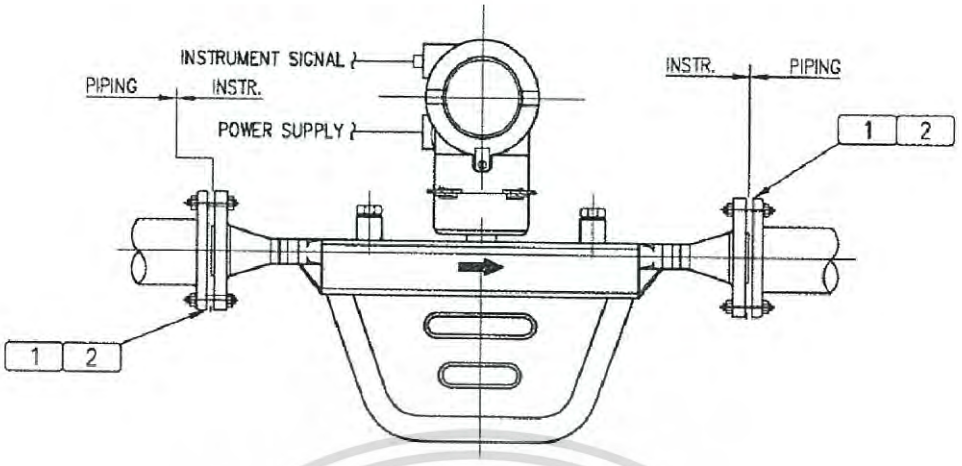
General	1	Tag Number			FT-22EGA01CF301				
	2	Service			Diesel Oil Unloading System to Diesel Oil Tank				
	3	P&I D No.			B-P-450-02601				
	4	Area Classification	Location		Non-Hazadous		Field-DCS		
	5	Line No.	Line Size	Schedule	22EGA01BR003-DF1-DN300-A1t		DN300		STD
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		304.81 mm		A106 Gr.B		
	7	Pipe Class			A1t				
Process Conditions	8	Fluid	Fluid Phase		Diesel Oil		Liquid		
	9				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**	
	10	Flow			400	650	1000	t/hr	
	11	Temperature				32		°C	
	12	Pressure				6.5		bar-g	
	13	Density				870		kg/m^3	
	14	Viscosity				2.6		cP	
	15	Allowable Pressure loss			0.3 bar-g				
	16	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-		
	17	Ambient Temperature			32 °C				
	18	Design Temperature			55 °C				
	19	Design Pressure			10 bar-g				
Sensor	20	Construction Type			U-Tube				
	21	Model			See Line 47				
	22	Process Conn. Size	Rating		12"		ANSI 150 #RF		
	23	Nominal Size	Internal Diameter		By Vendor		By Vendor		
	24	Material			316L SST				
	25	Housing Material	Distance to transm.		304L SST		-		
	26	Permanent pressure loss at full scale			0.3 bar-g				
	27	Cable Entry	Cable Length		-		-		
	28	Explosion Protection	Enclosure		-		IP67		
Transmitter	29	Mounting			Integral Type				
	30	Model	Power supply		See Line 47		230 V AC		
	31	Scale Range			0-1000 t/hr				
	32	Accuracy			± 0.1% of Reading				
	33	Analog Output	Digital Communication		4-20 mA		HART Protocol		
	34	Housing Material	Local Display		Aluminum		Yes		
	35	Explosion Protection	Enclosure		-		IP67		
	36	Signal	Power		M20		M20		
Options	37	Batch Controller	Heat Tracing		-		-		
	38	Remote LCD Display			-				
Purchase	39	Manufacturer							
	40	Model : Sensor/ Transmitter							
	41	Purehase Order No.	Requisition No.						
	42	Serial Number : Sensor / Transmitter							
Additional	43	Drawing No.							
	44	Certification			Material, Calibration, Test Certificate, Pressure Test				
	45	Surge Protection			-				

Note : 1.SST tag plate to be stamped with Tag No., Manufacturer's name, Model No., shall be provided on the instrument
2.Coriolis Flow Meter shall be compacted with totalizer function.
3.Line 22 and 23 shall be sizing by vendor.
4.Coriolis Flow Meter shall be custody type.

ภาพที่ 4.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ลักษณะการติดตั้ง



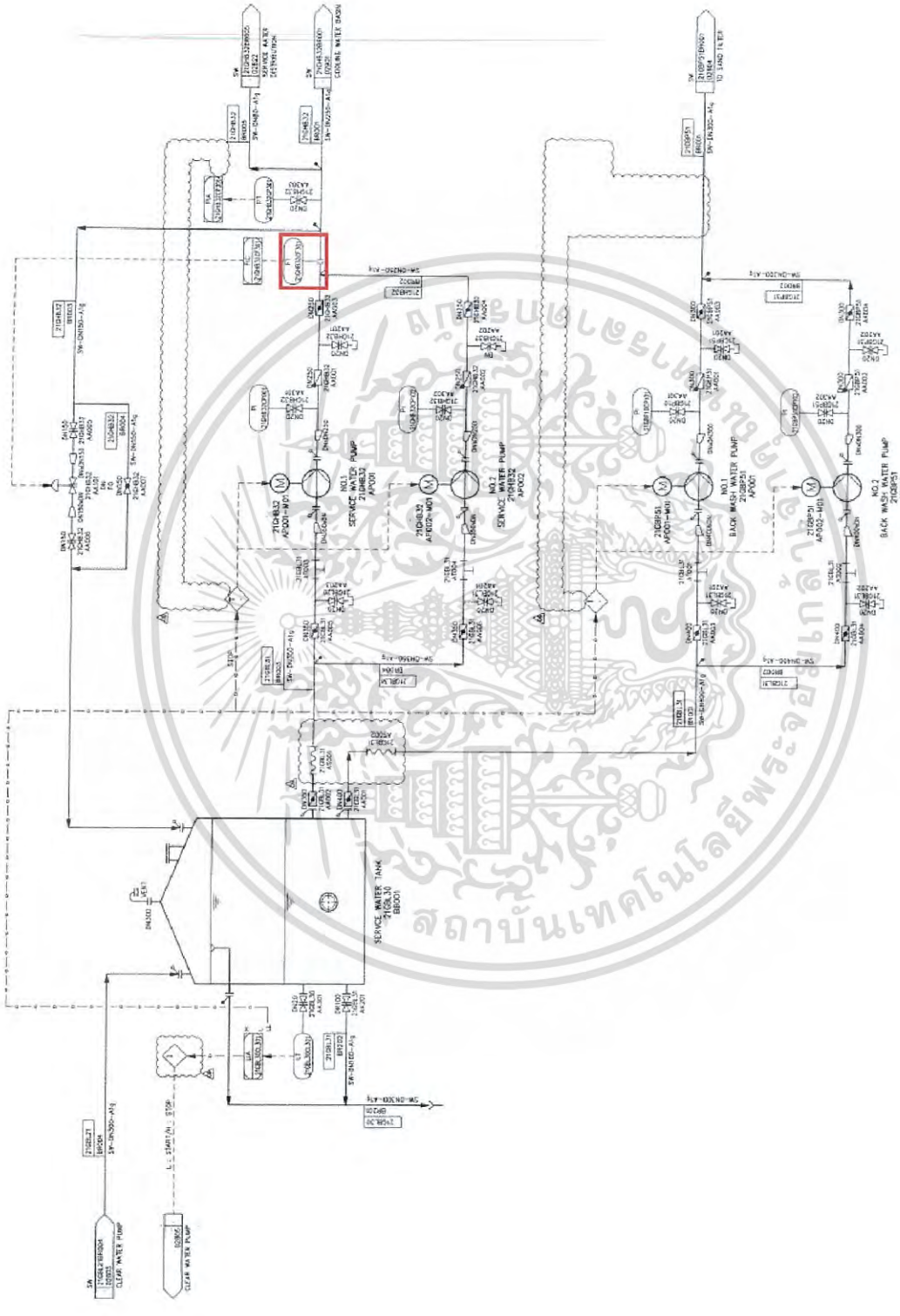
ภาพที่ 4.3 รูปแบบการติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว
หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสถูกติดตั้งอยู่ภายในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งในรูปแบบอินทิกรัล (Integral Type) คืออุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์และเซ็นเซอร์อยู่ด้วยกัน ซึ่งทางแผนกระบบท่อ (Piping) จะเตรียมหน้าแปลน (Flange) เพื่อนำมาเชื่อมต่อกับหน้าแปลนของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส โดยใช้สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) ทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน ที่ตัวทรานส์มิตเตอร์จะมีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟและสัญญาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 สาย สำหรับแหล่งจ่ายไฟซึ่งได้มาจากตู้ PDP (Power Distribution Panel) ส่วนอีก 2 สายสำหรับส่งสัญญาณเข้า DCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แผ่นออริฟิส (Orifice Plate)



ภาพที่ 4.4 ตำแหน่งที่ติดตั้งแผ่นออริฟิสในระบบ

4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากภาพที่ 4.4 เป็นกระบวนการของน้ำประปา (Service Water) โดยเริ่มจากการสูบน้ำประปามาเก็บไว้ที่ถังพักขนาดใหญ่หลังจากนั้นน้ำประปาจะถูกแบ่งนำมาใช้งาน มีปั๊มทำหน้าที่สูบน้ำประปาออกมาจากถังพัก เพื่อส่งต่อไปใช้งานที่ส่วนอื่นๆภายในโรงไฟฟ้า เมื่อสูบน้ำเข้ามาจะมีความดันของน้ำประปาที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีอัตราการไหลเพิ่มขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องนำแผ่นออริฟิสมาติดตั้งในลักษณะกีดขวางการไหล เพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำประปาให้ลดน้อยลง ถ้าไม่เกิดการควบคุม หลังจากที่ปั๊มทำงานจะมีความดันที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อความดันเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่ออัตราการไหลที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อกระบวนการอื่นๆได้ การเลือกใช้แผ่นออริฟิสเพราะว่า มีราคาถูก สะดวกต่อการติดตั้งและบำรุงรักษา ชนิดของแผ่นออริฟิสที่เลือกใช้คือแผ่นออริฟิสแบบศูนย์กลางร่วม เพราะเป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดและของไหลในกระบวนการเป็นน้ำประปาซึ่งมีค่าความหนืดต่ำจึงเหมาะกับการเลือกใช้ชนิดนี้

เนื่องจากในกระบวนการนี้แผ่นออริฟิสมีการต่อร่วมกับอุปกรณ์วัดความดันแตกต่างซึ่งก็คือ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) เพื่อแปลงค่าของการวัดให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้ามาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ ดังนั้นเอกสารรายละเอียดของอุปกรณ์จึงแยกทำเป็น 2 ส่วน คือ เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิสและเอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง

4.2.2 เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิส

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : FE-21GHB32CF301
    - FE หมายถึง Flow Element
    - 21 หมายถึง ระบบกังหันก๊าซภายในโรงไฟฟ้า
    - GHB หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาให้กับระบบอื่นๆ
    - 32 หมายถึง หมายเลขของระบบ
    - CF หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับอัตราการไหล
    - 301 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ : ระหว่างปั๊มน้ำถึงถังพักน้ำหล่อเย็น
3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID : B-P-450-02821
4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง : ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งภายในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หมายเลขของท่อ ขนาดของท่อ และความหนาของผนังท่อ : 21GHB32BR001, SW-DN250-A1g ท่อมีขนาด 10 นิ้ว ความหนาของผนังท่อคือ 40

21GHB32BR001 เป็นรหัส KKS (Kraftwerk Kennezeichen System) อ่านได้ดังนี้

- 21 หมายถึง ระบบกังหันก๊าซภายในโรงไฟฟ้า
- GHB หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาให้กับระบบอื่นๆ
- 32 หมายถึง หมายเลขของระบบ
- BR หมายถึง อุปกรณ์ภายในระบบคือ ระบบท่อ
- 001 หมายถึง หมายเลขของระบบท่อ สำหรับท่อในกระบวนการย่อย

การอ่านอีกรูปแบบหนึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายกว่ารหัส KKS เช่น รหัสในกระบวนการนี้คือ SW-DN250-A1g

- SW หมายถึง น้ำประปา
- DN 250 หมายถึง ขนาดของท่อตามมาตรฐาน ISO มีขนาด 250 มิลลิเมตร
- A1g หมายถึง คลาสของท่อ

6) เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ : 254.51 มิลลิเมตร ได้จากการคำนวณดังที่กล่าวในบทที่ 3

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ : ท่อเหล็กคาร์บอนชุบสังกะสี

- ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล : น้ำประปา สถานะของเหลว
2) อัตราการไหลต่ำสุด ขณะทำงานและสูงสุด : 75.5 150 และ 210 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ
3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน : 32 องศาเซลเซียส และ 5.5 บาร์เกจ ตามลำดับ
4) ความหนาแน่นและความหนืด : 995 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.757 เซนติพ้อยส์ ตามลำดับ
5) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ : 70 องศาเซลเซียส และ 10 บาร์เกจ ตามลำดับ
6) ความดันตกคร่อมที่ยอมรับได้ : 0.3 บาร์

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชนิดของแผ่นออริฟิส : ชนิดจุดศูนย์กลางร่วม
2) วัสดุที่ใช้ทำแผ่นออริฟิส : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น
3) ความหนาของแผ่นออริฟิส : 3 มิลลิเมตร
4) ขนาดช่องของแผ่นออริฟิส : 141.1 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) ค่าเบต้า : 0.55 เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

6) ย่านความดันแตกต่าง : 2,500 มิลลิเมตรน้ำหรือ 0.25 บาร์

7) ความดันสูญเสียถาวรจากการคำนวณ : 0.17 บาร์

8) มาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ : ISO 5167

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : 10" ANSI300 #RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 10 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 300 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

2) ชนิดของหน้าแปลน : หน้าแปลนคอเชื่อม (Weld Neck)

3) วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

4) รูปแบบจุดต่อความดัน : จุดต่อความดันที่หน้าแปลน (Flange Taps)

5) การเชื่อมต่อเข้ากับทรานส์มิตเตอร์ : ขนาด 1/2 นิ้ว เกลียวชนิด NPT

6) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุ

เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิสแต่ละแผ่นมีลักษณะคล้ายกัน แตกต่างกันตรงที่ค่าเบต้า ค่าขนาดช่องของแผ่นออริฟิสและค่าความดันสูญเสียถาวร ซึ่งได้มาจากการคำนวณดังที่กล่าวในบทที่ 3 ดังนั้นผู้ออกแบบจึงยกตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิส แสดงดังภาพที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General	1	Tag Number				FE-21GHB32CF301				
	2	Service				Service Water Pump to Cooling Water Basin				
	3	P&ID No.				B-P-450-02821				
	4	Area Classification	Location			Non-Hazardous		Field		
	5	Line No.	Line Size	Schedule		21GHB32BR001-SW-DN250-A1g		DN250	40	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material			254.51 mm		A53 Gr.B		
	7	Pipe Class				A1g				
Process Conditions	8	Fluid Name	Fluid Phase			Service Water		Liquid		
	9					Minimum	Normal	Maximum	Units	
	10	Flow				75.5	150	210	m^3/hr	
	11	Temperature					32		°C	
	12	Pressure					5.5		bar-g	
	13	Density					995		kg/m^3	
	14	Viscosity					0.757		cP	
	15	Allowable Pressure Drop				0.3	bar			
	16	Mollecular Weight				-				
	17	Compressibility Factor (Z)				1				
	18	Ratio of Specific Heat (Cp/Cv)				-				
	19	Corrosive	Erosive	Toxic		-	-	-		
	20	Design Tempeature				70	°C			
	21	Design Pressure				10	bar-g			
Orifice Plate	22	Type				Concentric Square Edge				
	23	Material				316L SST				
	24	Thickness				3	mm			
	25	Bore Diameter (d)				141.1	mm			
	26	Beta Ratio (B)				0.55				
	27	Drain Hole	Vent Hole			-	-			
	28	Flow Full Scale				250	m^3/hr			
	29	Differential Pressure Range				0-2500	mmH2O			
	30	Calculated Permanent Pressure Loss				0.17	bar			
	31	Standard				ISO 5167				
Orifice Flanges	32	Size	Rating			10"		ANSI 300 #RF		
	33	Type				Weld Neck				
	34	Flange Material				316 SST				
	35	Taps Type				Flange Tap				
	36	Taps Size				-				
	37	Taps Orientation				Horizontal Liquid				
	38	Flange Supplied By				Piping				
	39	Upstream Length	Downstream Length			-		-		
	40	Process Connection	Trans. Connections			-		1/2" NPT		
	41									
	42									
Purchase	43	Manufacturer								
	44	Model: Plate								
	45	Model : Flange								
	46	Purchase Order No.	Requisition No.							
	47	Serial Number								
Additional	48	Drawing No.								
	49	Certification				Material				
	50									

Notes: 1. SST tag plate to be stamped with tag no.,Manufacturer"s name,Model no.,Calibration range shall be provided on the instrument.

ภาพที่ 4.5 เอกสารรายละเอียดของแผ่นออริฟิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง สำหรับวัดอัตราการไหล

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : FT-21GHB32CF301
   - FT หมายถึง Flow Transmitter
   - 21 หมายถึง ระบบกังหันก๊าซภายในโรงไฟฟ้า
   - GHB หมายถึง ระบบจ่ายน้ำประปาให้กับระบบอื่นๆ
   - 32 หมายถึง หมายเลขของระบบ
   - CF หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับอัตราการไหล
   - 301 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) บริเวณที่ติดตั้ง : ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ DCS

ข้อมูลทั่วไปที่ไม่ถูกกล่าวถึงและข้อมูลทางด้านกระบวนการทั้งหมดจะเป็นข้อมูลเดียวกันกับข้อมูลของแผ่นออริฟิส

- ข้อมูลอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ย่านการวัดของอุปกรณ์ : 0 ถึง 250 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
2) ช่วงการสอบเทียบ : 0 ถึง 2,500 มิลลิเมตรน้ำ
3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากโลหะผสมอะลูมิเนียม
4) อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : แคปซูล
5) วัสดุของเซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : Hastelloy C-276 โลหะผสมนิกเกิล โมลิบินัม โครเมียมและทังสแตน มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนสูง
6) วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิตเตอร์ : ASTM CF-8M เป็นมาตรฐาน American Society for Testing and Material International เทียบเท่ากับเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
7) วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
8) อัตราการทนแรงดันสูงสุดของตัวทรานส์มิตเตอร์ : 69 เมกะปาสคาล
9) วัสดุที่ใช้ทำยางกันรอยรั่ว (O-ring) : Buna-N คือยางไนไตรล์ มีคุณสมบัติต้านทานน้ำ น้ำมัน รวมถึงสารเคมีได้ดี
10) ของเหลวที่เติมลงไประหว่างตัวเซ็นเซอร์วัดความดัน : Silicone Oil
11) แหล่งจ่ายไฟ : 2 Wires 24 V DC Loop Powered หมายถึง แหล่งจ่ายไฟ 2 สาย สามารถรับไฟและส่งสัญญาณโดยใช้สายไฟเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

13) ค่าความเที่ยงตรง : ± 0.055% of Span เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

14) การป้องกันการระเบิด : EExd ทนต่อไฟและทนต่อการระเบิด

15) มาตรฐานการป้องกัน : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างเป็น IP 66 หมายเลข 6 หลักแรกคือ สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 6 หลักที่สองคือ ป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ฉีดมาในทุกทิศทาง

16) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : เป็นการติดตั้งลักษณะอิมพัลส์ไลน์ จึงมีการเชื่อมต่อกับวาล์วมานิโฟลด์ (Manifold Valve)

17) ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นมาตรฐานเกลียวระบบ ISO ใช้เชื่อมต่อสายไฟกับทรานส์มิตเตอร์

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การแสดงผลจอแอลซีดี : ต้องการจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อสามารถอ่านค่าจากหน้างานได้

2) ชนิดของวาล์วมานิโฟลด์ : วาล์ว 5 ทาง ประกอบไปด้วย Isolate Valve 2 ตัว Vent Valve 2 ตัว และ Equalize Valve 1 ตัว

3) วัสดุที่ใช้ทำวาล์วมานิโฟลด์ : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

4) อุปกรณ์ยึดติดทรานส์มิตเตอร์ : ต้องการข้อต่อรูปตัวยูใช้ยึดติดกับสแตนเชี่ยนขนาด 2 นิ้ว

5) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์การวัดและใบรับรองการสอบเทียบ

ตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดอัตราการไหล แสดงดังภาพที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

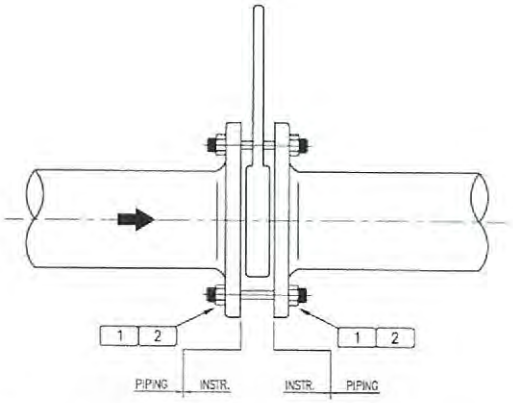
General	1	Tag Number			FT-21GHB32CF301					
	2	Service			Service Water to Cooling Water Basin					
	3	P&ID No.			B-P-450-02821					
	4	Area Classification	Location		Non-Hazardous		Field - DCS			
	5	Line No.	Line Size	Schedule	21GHB32BR001-SW-DN250-A1g		DN250		40	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		254.51 mm		A53 Gr.B			
	7	Pipe Class			A1g					
Process Conditions	8	Fluid Name	Fluid Phase		Service Water		Liquid			
	9				Minimum	Normal	Maximum	Units		
	10	Flow			95.5	171.5	240	m^3/hr		
	11	Temperature				32		°C		
	12	Pressure				5.5		bar-g		
	13	Density				995		kg/m^3		
	14	Viscosity				0.757		cP		
	15	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-			
	16	Design Temperature			70	°C				
	17	Design Pressure			10	bar-g				
Transmitter	18	Flow Range	: Min	Max	0	m^3/hr	250	m^3/hr		
	19	Calibration Range	: Min	Max	0	mmH2O	2,500	mmH2O		
	20	Housing Material			Cast Aluminum Alloy					
	21	Element Type	Element Material		Capsule		Hastelloy C-276			
	22	Body Material	Body Rating		ASTM CF-8M		69 MPa			
	23	Process Flanges Material	Vent Valve Material		316 SST		See Manifold Valve Detail			
	24	Wetted O-Rings Material			Buna-N					
	25	Fill Fluid			Silicone Oil					
	26	Power Supply	Output		2 wire 24 Vdc loop powered		4-20 mA with HART Protocal			
	27	Explosion Protection	Enclosure		EExd		IP 66			
	28	System Accuracy			± 0.055 % of Span					
	29	Process Connection	Electrical Connection		See Manifold Valve Detail		M20			
	30									
Diaphragm Seal	31	Process Connection	: Upper	Lower	-		-			
	32	Rating			-					
	33	Diaphragm Material	: Upper	Lower	-		-			
	34	Upper Housing Material			-					
	35	Lower Housing Material			-					
	36	Fill Fluid	Flushing Connection		-		-			
	37	Capillary Material			-					
	38	Capillary Type	Capillary Length		-		-			
Options	39	LCD Display			Integral LCD Display					
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.		-		-			
	41	Hydrostatic Testing			-					
	42	Cleaning			-					
	43	Calibration			Yes					
	44	Manifold Valve: Type	Material		5-Ways		316 SST			
	45	Mounting Bracket			Mounting Bracket with 2" Pipe					
Purchase	46	Manufacturer								
	47	Model								
	48	Detail Model								
	49	Purchase Order No.	Requisition No.							
	50	Serial Number								
Additional	51	Drawing No.			-					
	52	Certification			Calibration, Material and Inspection					
	53	Surge Protection			-					
	54	Crippled Mode Detection			-					

Notes: 1. SST tag plate to be stamped with tag no.,Manufacturer's name,Model no.,Calibration range shall be provided on the instrument.

ภาพที่ 4.6 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

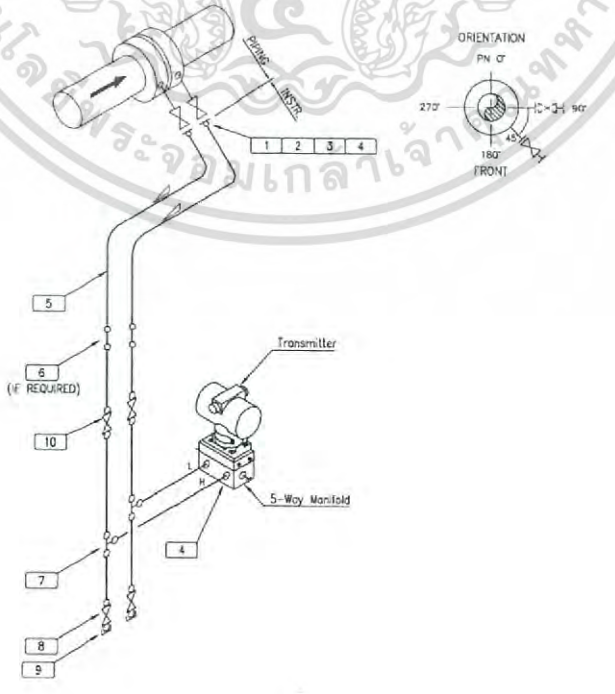
4.2.4 ลักษณะการติดตั้ง



ภาพที่ 4.7 รูปแบบการติดตั้งแผ่นออริฟิสในกระบวนการ

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว
หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

แผ่นออริฟิสถูกติดตั้งในกระบวนการ โดยติดตั้งในลักษณะกีดขวางการไหล โดยทั้งสองด้านของแผ่นออริฟิส (Orifice Plate) จะมีหน้าแปลน (Flange) และประเก็น (Gasket) ประกบทั้งด้านหน้าและด้านหลังของแผ่น หลังจากนั้นทำการยึดอุปกรณ์ทั้ง 3 ชนิดด้วยสลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) แสดงดังภาพที่ 4.7 ในการติดตั้งจะมีการเชื่อมต่อระหว่างจุดที่แท็ปกับอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ในลักษณะติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์แสดงดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 รูปแบบการติดตั้งในลักษณะอิมพัลส์ไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว

หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อตหกเหลี่ยม (Bolt and Hex Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

หมายเลข 3 คือ หน้าแปลนที่มีช่องเป็นเกลียว (Thread Flange) ลักษณะเกลียว NPT

หมายเลข 4 คือ ข้อต่อตัวผู้ (Male Connector)

หมายเลข 5 คือ ท่อ (Tube)

หมายเลข 6 คือ ข้อต่อสองทาง (Union)

หมายเลข 7 คือ ข้อต่อสามทาง (Union Tee)

หมายเลข 8 คือ วาล์ว (Ball Valve)

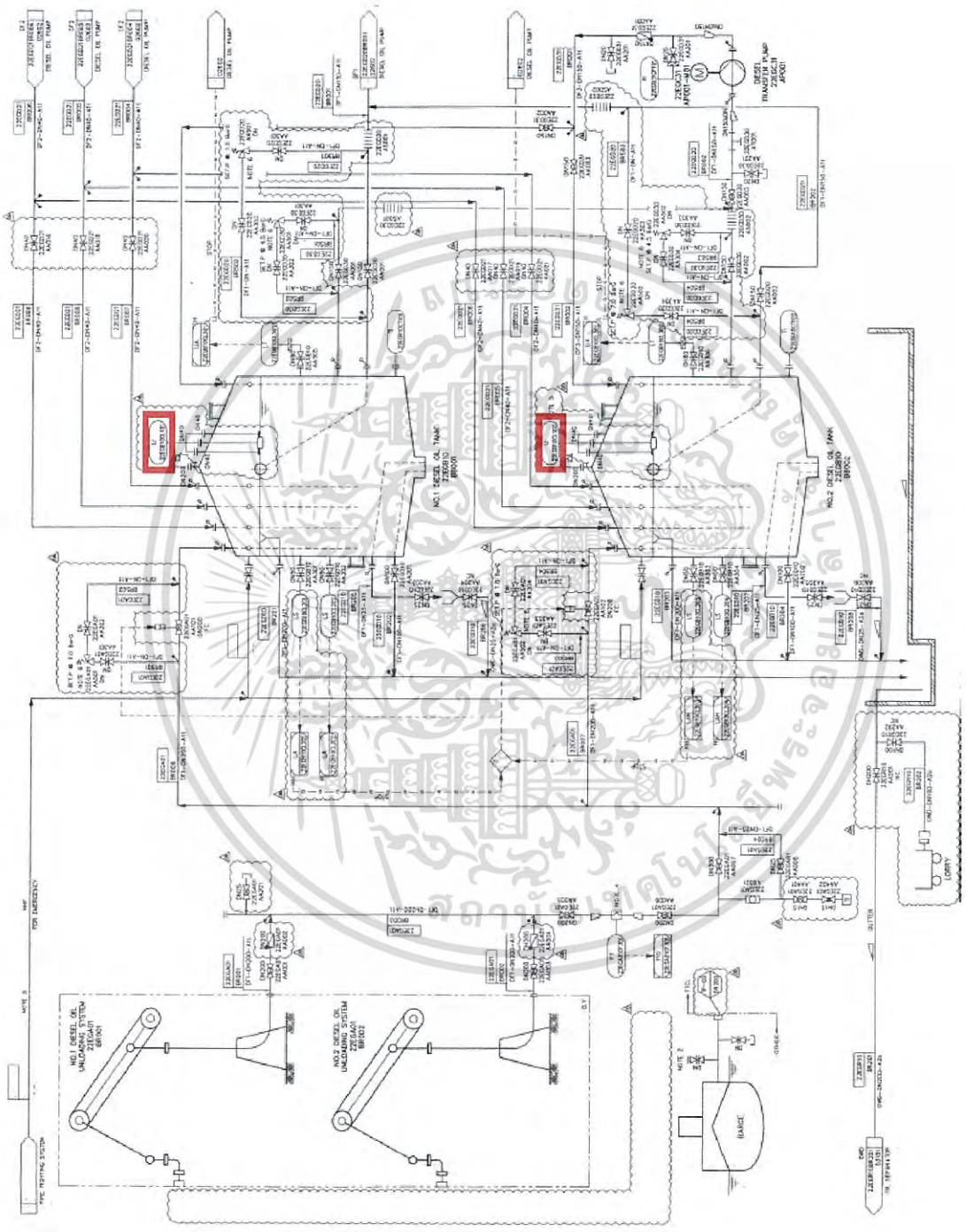
หมายเลข 9 คือ ท่อที่ใช้สำหรับอุดรู (Plug Tube)

หมายเลข 10 คือ วาล์ว (Needle Valve)

การติดตั้งในรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) ถูกใช้ในกรณีที่ของไหลในกระบวนการเป็นของไหลที่สะอาด ไม่มีตะกอน ไม่ได้เป็นสารกัดกร่อนและไม่มีความหนืด จากภาพที่ 4.8 รูปแบบจุดต่อความดันเป็นลักษณะจุดต่อความดันที่หน้าแปลน (Flange Tappings) โดยกรณีนี้ของไหลในกระบวนการคือ น้ำประปา ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว ดังนั้นการติดตั้งจะถูกแท็ปลงมา 45 องศา หลังจากนั้นจะมีวาล์วกั้น (Block Valve) ติดตั้งไว้ เพื่อใช้สำหรับในกรณีที่ต้องการซ่อมบำรุงหรือนำทรานส์มิตเตอร์ไปสอบเทียบ โดยท่อที่เชื่อมระหว่างแผ่นออริฟิสกับทรานส์มิตเตอร์ต้องเป็นท่อ (Tube) ที่สามารถบิดตัวได้ ในการติดตั้งจะต้องมีระยะความชันลดลง (Slope Down) ในอัตราส่วนอย่างน้อย 1 ต่อ 12 นิ้ว ตามมาตรฐาน API RP 551 ที่มีการระบุไว้และมีการติดตั้งวาล์วมานิโฟลด์ที่ทรานส์มิตเตอร์เป็นลักษณะวาล์ว 5 ทาง ประกอบไปด้วย Isolate Valve 2 ตัว Vent Valve 2 ตัว และ Equalize Valve 1 ตัว ไว้ใช้ในการซ่อมบำรุงหรือสอบเทียบ เพราะในทางปฏิบัติเมื่อเราปิดวาล์วกั้นแล้ว ภายในท่อก่อนถึงตัวทรานส์มิตเตอร์ยังคงมีความดันและของไหลในกระบวนการหลงเหลืออยู่ จึงต้องกำจัดความดันและของไหลนี้ออกไป โดยใช้ Isolate Valve และ Vent Valve ทำหน้าที่ในการระบายออก ส่วน Equalize Valve มีหน้าที่ปรับความดันทั้ง 2 ข้างของทรานส์มิตเตอร์ให้มีค่าความดันเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 เกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge)



ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงภาพที่มีเกจวัดระดับชนิดลูกลอยติดตั้งอยู่

4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากภาพที่ 4.9 เป็นกระบวนการภายหลังจากการซื้อ-ขาย น้ำมันดีเซล โดยน้ำมันดีเซลที่ได้จะถูกเก็บไว้ภายในถังพักที่มีขนาดใหญ่ก่อนที่จะส่งไปใช้บริเวณกังหันก๊าซเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อไม่ให้น้ำมันดีเซลมีมากเกินไปจนล้นออกมาและกระทบกับกระบวนการอื่นๆ จึงมีความจำเป็นต้องมีกระบวนการวัดและควบคุมระดับของน้ำมันดีเซลภายในถังพัก อุปกรณ์ที่ใช้วัดระดับภายในถังพักจะประกอบไปด้วย เกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge) ใช้สำหรับอ่านค่าระดับและทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Level Transmitter) ใช้สำหรับการควบคุมระดับ เนื่องจากถังพักน้ำมันดีเซลมีความสูงมากๆจึงเลือกใช้เกจวัดระดับชนิดลูกลอย (Float Tank Gauge) เพราะว่ามีค่าความเที่ยงตรงสูงและสามารถทราบค่าระดับจากหน้างานในทันทีว่าขณะนั้นมีความสูงของน้ำมันดีเซลเท่าไหร่ซึ่งมีความแตกต่างกับการเลือกใช้เกจวัดระดับลูกลอยแบบใช้แม่เหล็ก (Magnetic Level Gauge) ซึ่งสามารถบอกระดับได้เช่นเดียวกันแต่จะไม่เหมาะกับกระบวนการที่ถังมีความสูง เพราะต้องวางมาตรวัดเหลื่อมกัน

4.3.2 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอย

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : LI-22EGB10CL101
   - LI หมายถึง Level Indicator
   - 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
   - EGB หมายถึง ระบบถังเก็บหรือถังพักน้ำมันดีเซล
   - 10 หมายถึง หมายเลขของระบบ
   - CL หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับระดับ
   - 101 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ : ถังเก็บน้ำมันดีเซล ถังที่ 1
3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID : B-P-450-02601
4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง : ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งภายในกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หมายเลขของถัง : 22EGB10BB001 เป็นรหัส KKS (Kraftwerk Kennezeichen System) อ่านได้ดังนี้

- 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
- EGB หมายถึง ระบบถังเก็บหรือถังพักน้ำมันดีเซล
- 10 หมายถึง หมายเลขของระบบ
- BB หมายถึง อุปกรณ์ภายในระบบคือ ถังเก็บหรือถังพัก
- 001 หมายถึง หมายเลขของถังเก็บหรือถังพัก

6) วัสดุที่ใช้ทำถัง : ทำมาจากเหล็กคาร์บอน

7) หมายเลขจุดต่อบนถัง : หมายเลข 16

- ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล : น้ำมันดีเซล สถานะของเหลว

2) ระดับที่ต้องการวัดต่ำสุดและสูงสุด : 450 และ 20,100 มิลลิเมตร ตามลำดับ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน : 32 องศาเซลเซียส และ ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ

4) ความหนาแน่นและความหนืด : 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 2.6 เซนติพ้อยส์ ตามลำดับ

5) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ : 55 องศาเซลเซียส และ 10 บาร์เกจ ตามลำดับ

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชนิดของอุปกรณ์ : ชนิดลูกลอย

2) ระยะช่วงการวัดของอุปกรณ์ : 0 ถึง 27,000 มิลลิเมตร หรือ 27 เมตร

3) ค่าความเที่ยงตรง : ± 4 มิลลิเมตร

4) ชนิดของเกจวัดระดับ : ชนิดเข็มชี้แสดงค่าตามระดับของของเหลวในระบบ

5) สีของเกจวัดระดับ : สีเงิน

6) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : 1-1/2" ANSI150 #RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 1-1/2 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

7) เส้นผ่าศูนย์กลางของลูกลอย : 432 มิลลิเมตร

8) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มเกจวัดระดับ : Aluminum Die Cast โลหะผสมอะลูมิเนียมและซิลิคอนถูกหล่อขึ้นรูปด้วยแรงดันสูง

9) วัสดุที่ใช้ทำลูกลอย (Float) เทปวัดระดับ (Measuring Tape) เส้นลวด (Guide Wire) และที่ยึดเส้นลวด (Anchor) : ทำม้าจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) มาตรฐานการป้องกัน : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของเกจวัดระดับชนิดลูกลอยเป็น IP 66 หมายเลข 6 หลักแรกคือสามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 6 หลักที่สองคือ ป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ฉีดมาในทุกทิศทาง

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) อุปกรณ์ยึดติดเกจวัดระดับ : ต้องการข้อต่อรูปตัวยูใช้ยึดติดกับสแตนเชี่ยนขนาด 2 นิ้ว
2) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุและใบรับรองการสอบเทียบ

เอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอยมีลักษณะคล้ายกัน เนื่องมาจากอุปกรณ์ถูกติดตั้งที่ถังพักน้ำมันดีเซลทั้งสิ้น ดังนั้นผู้ออกแบบจึงยกตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอย แสดงดังภาพที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

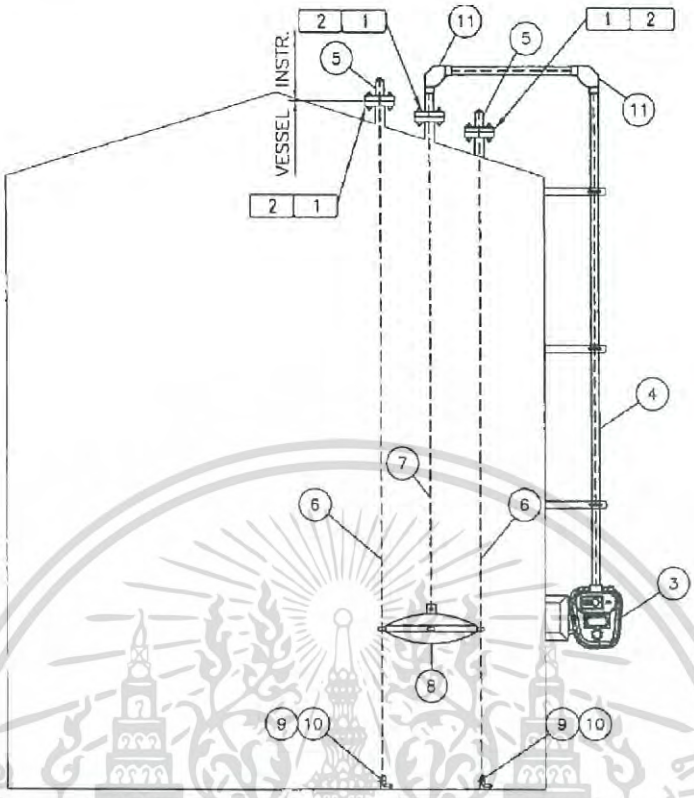
General	1	Tag Number				LI-22EGB10CL101			
	2	Service				No.1 Diesel Oil Tank			
	3	P&I D No.				B-P-450-02601			
	4	Area Classification	Location			Non Hazardous		Field	
	5	Vessel No.	Material			22EGB10BB001		A283 Gr.C	
	6	Nozzle No.				N-16			
Process Conditions	7	Upper Fluid	Fluid Phase			Air		Gas	
	8	Lower Fluid	Fluid Phase			Diesel Oil		Liquid	
	9					Minimum	Normal	Maximum	Unit
	10	Level				450	-	20100	mm
	11	Temperature					32		°C
	12	Pressure				-	ATM		bar-g
	13	Density					870		kg/m³
	14	Viscosity					2.6		cP
	15	Design Temperature				55	°C		
	16	Design Pressure				10	bar-g		
Gauge / Indicator	17	Instrument Type				Float Type			
	18	Measuring Range	Unit			0-27000		mm	
	19	Accuracy				+/-4mm			
	20	Indicator Type				Dial and Counter			
	21	Installation				Top of Tank, See Note 2			
	22	Case Color				Silver			
	23	Indicator Connection				1-1/2" ANSI 150 # RF			
	24	Tank Entry Connection				1-1/2" ANSI 150 # RF			
	25	Guide Wire Top Connection				1-1/2" ANSI 150 # RF			
	26	Dimension of Float				432 mm			
	27	Indicator Material				Aluminium Die Cast			
	28	Float Material				316 SST			
	29	Measuring Tape Material				316 SST			
	30	Guide Wire Material				316 SST			
	31	Anchor Top/Bottom Material				316 SST			
	32	Enclosure Class				IP66			
	33								
Trainsmitter / Switch	34	Mounting				-			
	35	Power Supply	Electrical Connection			-		-	
	36	Output Signal				-			
	37	Explosion Protection	Enclosure			-		-	
	38	Calibration Min.	Max			-		-	
	39	Alarm Contact	No.	Form	Voltage	-	-		-
	40		Rating	Action	Current	-	-		-
Options	41	LCD Display	Remote LCD Display			-		-	
	42	Cleaning	Mounting Bracket			-		Mounting Bracket with 2" pipe	
	43	Certification				Calibration and Material			
Purchase	44	Manufacturer							
	45	Model No.							
	46	Requisition No.							
	47	Purchase Order No.							

Notes: 1.SST tag plate to be stamped with Tag No., Manufacturer"s name, Model No., Calibration range shall be provided on the Instrument
2. Indicator shall be located at the ground floor.

ภาพที่ 4.10 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดระดับชนิดลูกลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ลักษณะการติดตั้ง



ภาพที่ 4.11 รูปแบบการติดตั้งเกจวัดระดับชนิดลูกลอย

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว

หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

หมายเลข 3 คือ เกจวัดระดับและตัวยึดเกจวัดระดับ (Gauge and Gauge Support)

หมายเลข 4 คือ ท่อ (Pipe) ใช้สำหรับนำมาเชื่อมต่อกับเกจวัดระดับ ขนาด 1-1/2 นิ้ว

หมายเลข 5 คือ ที่ยึดเส้นลวดด้านบน (Top Anchor) มีหน้าที่ยึดเส้นลวดให้ตึง

หมายเลข 6 คือ เส้นลวด (Guide Wire) มีหน้าที่สำหรับยึดให้ลูกลอยเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง

หมายเลข 7 คือ เทปวัดระดับ (Measuring Tape)

หมายเลข 8 คือ ลูกลอย (Float)

หมายเลข 9 คือ ที่ยึดเส้นลวดด้านล่าง (Bottom Anchor) มีหน้าที่ยึดเส้นลวดให้ตึง

หมายเลข 10 คือ สลักเกลียวและน็อตหกเหลี่ยม (Bolt and Hex Nut)

หมายเลข 11 คือ ข้อต่อ 90 องศา (Elbow)

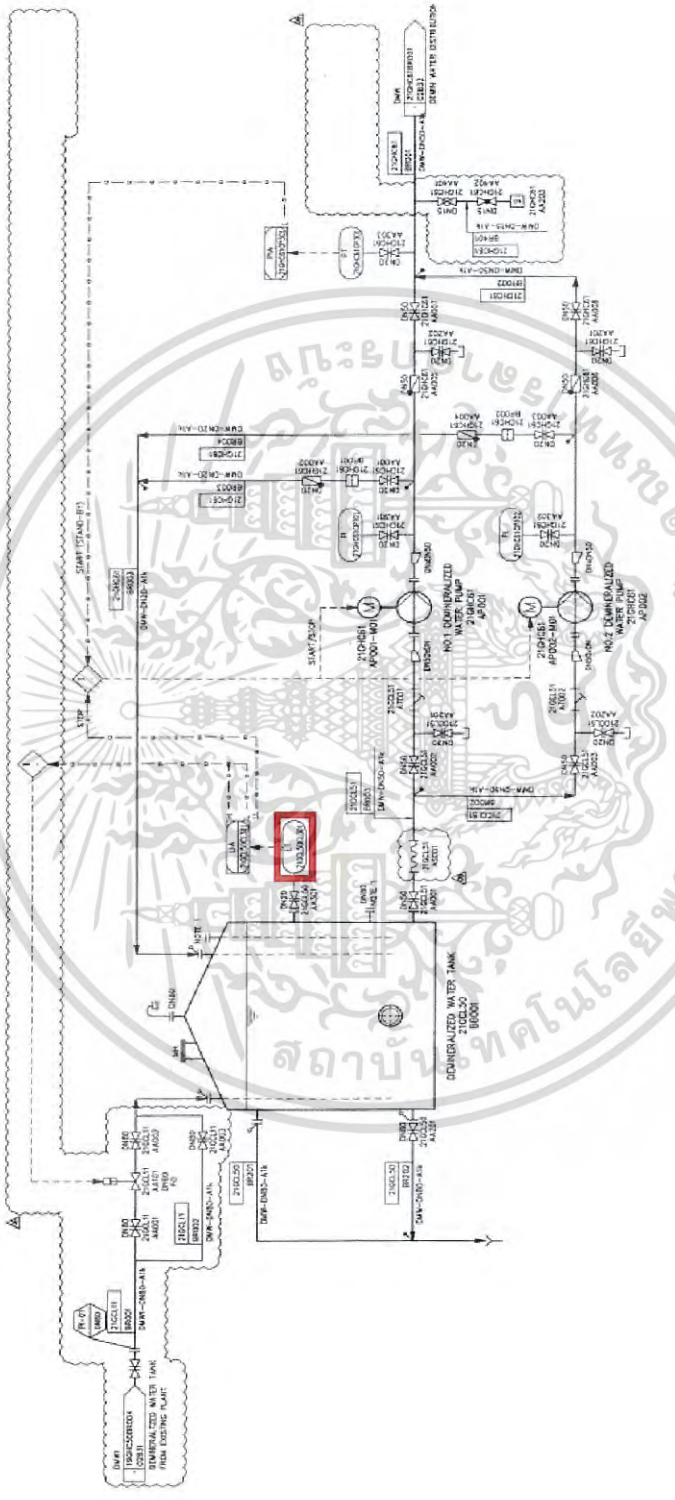
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกจวัดระดับถูกติดตั้งข้างถังอยู่ในระดับสายตาทำให้มีความสะดวกต่อการอ่านค่าจากหน้างาน โดยลูกลอยถูกติดตั้งภายในถัง มีจุดต่อบนถัง (Nozzle) 3 จุด แบ่งเป็นจุดต่อสำหรับเส้นลวดยึด (Guide Wire) 2 จุด อีกจุดหนึ่งสำหรับเทปวัดระดับ (Measuring Tape) เมื่อระดับของของเหลวเปลี่ยนแปลงจะทำให้ลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้นและลงตามระดับของของเหลว ซึ่งเกจวัดระดับสามารถอ่านค่าทำได้โดยนำลูกลอยต่อด้วยเทปวัดระดับคล้องผ่านรอกซึ่งถูกติดตั้งไว้กับเข็มชี้ระดับ การหมุนของรอกจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกลอย ในขณะที่ระดับเปลี่ยนแปลงลูกลอยจะเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงในแนวดิ่งส่งผลให้รอกหมุน แกนของรอกจะไปขยับเข็มชี้ที่ติดอยู่เพื่อแสดงค่าของระดับในขณะนั้น การเคลื่อนที่ของลูกลอยสำคัญมากจึงจำเป็นต้องใช้เส้นลวด (Guide Wire) สำหรับคล้องผ่านรูข้างๆลูกลอย แล้วยึดกับจุดยึดทั้งด้านบนและล่าง (Top and Bottom Anchor) เพื่อให้เส้นลวดตึง เหตุผลในการยึดลูกลอยให้ตึง เพื่อป้องกันไม่ให้ลูกลอยส่ายไปด้านซ้ายหรือขวา ทำให้การวัดมีความเที่ยงตรงเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ

(Differential Pressure Level Transmitter)



ภาพที่ 4.12 กระบวนการที่มีทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับติดตั้งอยู่

4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากภาพที่ 4.12 เป็นกระบวนการภายหลังจากที่นำน้ำประปา (Service Water) มาผ่านกระบวนการต่างๆจนได้น้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ (Demineralized Water) ซึ่งเป็นน้ำที่ใช้ภายในโรงไฟฟ้า มีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องผ่านการกรองเพื่อไม่ให้มีไอออนหลงเหลืออยู่เพราะไอออนจะทำปฏิกิริยากับเหล็กภายใน Heat Recovery Steam Generator ส่งผลให้เกิดสนิมและผุกร่อนและส่งผลกระทบต่อกระบวนการ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการกรองไอออนเหล่านี้ออกไป เมื่อผ่านการกรองแล้วจะถูกเก็บไว้ในถังพักที่มีขนาดใหญ่ก่อนที่จะส่งเข้าไปใช้งานในกระบวนการหม้อต้มไอน้ำ ภายในถังพักจึงมีอุปกรณ์วัดระดับติดตั้งอยู่ เพื่อง่ายต่อการควบคุมกระบวนการไม่ให้มีปริมาณของน้ำบริสุทธิ์ที่มากเกินไป จึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับที่ใช้ควบคุมการทำงานซึ่งก็คือ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง เพราะมีราคาถูก สะดวกต่อการใช้งาน ติดตั้งได้ง่าย เหมาะสำหรับกับการใช้งานหลายประเภท โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบระดับและส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของปั๊ม เพื่อระบายน้ำบริสุทธิ์ออกไปใช้งานและควบคุมวาล์วในการเติมน้ำบริสุทธิ์เข้าถังพักให้อยู่ในระดับที่กำหนด

4.4.2 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : LT-21GCL50CL301
    - LT หมายถึง Level Transmitter
    - 21 หมายถึง ระบบถังหันก๊าซภายในโรงไฟฟ้า
    - GCL หมายถึง ระบบถังเก็บหรือถังพักน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ
    - 50 หมายถึง หมายเลขของระบบ
    - CL หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับระดับ
    - 301 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ : ถังเก็บน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ
3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID : B-P-450-02832
4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง : ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ DCS (Distributed Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หมายเลขของถัง : 21GCL50BB001 เป็นรหัส KKS (Kraftwerk Kennezeichen System) อ่านได้ดังนี้

- 21 หมายถึง ระบบกังหันก๊าซภายในโรงไฟฟ้า
- GCL หมายถึง ระบบถังเก็บหรือถังพักน้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ
- 50 หมายถึง หมายเลขของระบบ
- BB หมายถึง อุปกรณ์ภายในระบบคือ ถังเก็บหรือถังพัก
- 001 หมายถึง หมายเลขของถังเก็บหรือถังพัก

6) หมายเลขจุดต่อบนถัง : หมายเลข 6

- ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล : น้ำบริสุทธิ์หรือน้ำปราศจากแร่ธาตุ สถานะของเหลว
2) ระดับที่ต้องการวัดกรณีต่ำสุด ปกติ และสูงสุด : 450 5,250 และ 8,400 มิลลิเมตร ตามลำดับ
3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน : 32 องศาเซลเซียส และ ความดันบรรยากาศ ตามลำดับ
4) ความหนาแน่นและความหนืด : 995 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 0.8 เซนติพ้อยส์ ตามลำดับ
5) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ : 55 องศาเซลเซียส และ 7.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

- ข้อมูลอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ย่านการวัดของอุปกรณ์ : -50,800 ถึง 50,800 มิลลิเมตรน้ำ
2) ช่วงการสอบเทียบ : 0 ถึง 8,308.25 มิลลิเมตรน้ำ ได้จากการคำนวณ ดังที่กล่าวในบทที่ 3
3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ : ทำมาจากโลหะผสมอะลูมิเนียม
4) อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : แคปซูล
5) วัสดุของเซ็นเซอร์วัดความดันในตัวทรานส์มิตเตอร์ : Hastelloy C-276 โลหะผสมนิกเกิล โมลิบินัม โครเมียมและทังสแตน มีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนสูง
6) วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิตเตอร์ : ASTM CF-8M เป็นมาตรฐาน American Society for Testing and Material International เทียบเท่ากับเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
7) วัสดุที่ใช้ทำหน้าแปลน : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)
8) อัตราการทนแรงดันสูงสุดของตัวทรานส์มิตเตอร์ : 69 เมกะปาสคาล
9) วัสดุที่ใช้ทำยางกันรอยรั่ว (O-ring) : Buna-N คือยางไนไตรล์ มีคุณสมบัติต้านทานน้ำ น้ำมัน รวมถึงสารเคมีได้ดี
10) ของเหลวที่เติมลงไประหว่างตัวเซ็นเซอร์วัดความดัน : Silicone Oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) แหล่งจ่ายไฟ : 2 Wires 24 V DC Loop Powered หมายถึง แหล่งจ่ายไฟ 2 สาย สามารถรับไฟและส่งสัญญาณโดยใช้สายไฟเดียวกัน

12) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้ : 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

13) ค่าความเที่ยงตรง : ± 0.075% of Span เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

14) การป้องกันการระเบิด : EExd ทนต่อไฟและทนต่อการระเบิด

15) มาตรฐานการป้องกัน : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างเป็น IP 66 หมายเลข 6 หลักแรกคือ สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 6 หลักที่สองคือ ป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ฉีดมาในทุกทิศทาง

16) ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นมาตรฐานเกลียวระบบ ISO ใช้เชื่อมต่อสายไฟกับทรานส์มิตเตอร์

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : 3" ANSI150 #RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 3 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

2) วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรม : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

3) ของเหลวที่เติมลงไประหว่างไดอะแฟรม : Silicone Oil

4) การแสดงผลจอแอลซีดี : ต้องการจอแสดงผลแอลซีดี เพื่อสามารถอ่านค่าจากหน้างานได้

5) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์การวัดและใบรับรองการสอบเทียบ

เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างมีลักษณะคล้ายกัน แตกต่างกันที่ข้อมูลช่วงการสอบเทียบซึ่งได้มาจากการคำนวณ ดังที่กล่าวในบทที่ 3 ดังนั้นผู้ออกแบบจึงยกตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับแสดงดังภาพที่ 4.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

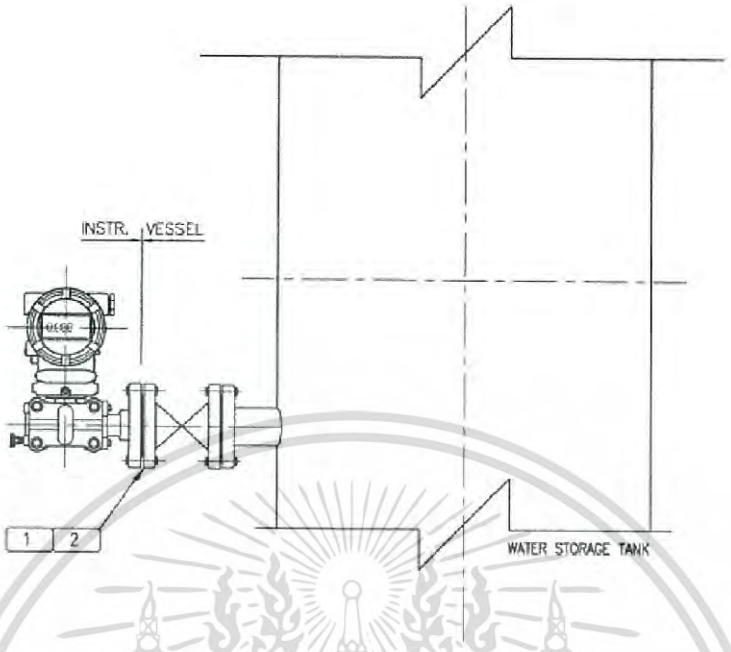
General	1	Tag Number			LT-21GCL50CL301				
	2	Service			Demineralized Water Tank				
	3	P&ID No.			B-P-450-02832				
	4	Area Classification	Location		Non-Hazadous		Field - DCS		
	5	Line No.	Line Size	Schedule	-		-		-
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		-		-		
	7	Equipment No.	Nozzle No.		21GCL50BB001		N-6		
Process Conditions	8	Fluid Name	Fluid Phase		Demineralized Water		Liquid		
	9				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**	
	10	Level			450	5250	8400	mm.	
	11	Temperature				32		°C	
	12	Pressure				ATM		bar-g	
	13	Density				995		kg/m³	
	14	Viscosity				0.8		cP	
	15	Corrosive	Erosive	Toxic	-		-		-
	16	Design Temperature			55	°C			
	17	Design Pressure			7.5	bar-g			
Transmitter	18	Instrument Range : Min	Max.		-50,800	mmH2O	50,800	mmH2O	
	19	Calibration Range : Min	Max.		0	mmH2O	8,308.25	mmH2O	
	20	Housing Material			Cast Aluminum Alloy				
	21	Element Type	Element Material		Capsule		Hastelloy C-276		
	22	Body Material	Body Rating		ASTM CF-8M		69 MPa		
	23	Process Flanges Material	Vent Valve Material		316 SST		-		
	24	Wetted O-Rings Material			Buna-N				
	25	Fill Fluid			Silicone Oil				
	26	Power Supply	Output		2 wire 24 Vdc loop powered		4-20 mA with HART Protocol		
	27	Explosion Protection	Enclosure		EExd		IP 66		
	28	System Accuracy			+/- 0.075% of Span				
	29	Process Connection	Electrical Connection		See Diaphragm Seal		M20		
	30								
Diaphragm Seal	31	Process Connection	Rating		3"		ANSI 150 # RF		
	32	Diaphragm Material			316L SST				
	33	Upper Housing Material			316 SST				
	34	Lower Housing Material			-				
	35	Fill Fluid	Flushing Connection		Silicone Oil		-		
	36	Capillary Material			-				
	37	Capillary Type	Capillary Length		-		-		
	38								
	39								
Options	40	LCD Display			Integral LCD Display				
	41	Remote LCD Display			-		-		
	42	Hydrostatic Testing			-				
	43	Cleaning			-				
	44	Surge Protection			-				
	45	Manifold Valve	Material	Process Connection	-		-		-
	46	Mounting Bracket			-				
Purchase	47	Manufacturer	Model						
	48	Detailed Model							
	49	Purchase Order No.	Requisition No.						
	50	Serial Number							
Additional	51	Drawing No.			-				
	52	Certification			Material, Calibration, Inspection				
	53	Information Drawing No.			-				
	54	Crippled Mode Detection			-				

Notes: 1.SST tag plate to be stamped with Tag No., Manufacturer"s name, Model No., Calibration range shall be provided on the Instrument.
2. Local Display of DP Level Transmitter will indicate 0-100%

ภาพที่ 4.13 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ลักษณะการติดตั้ง



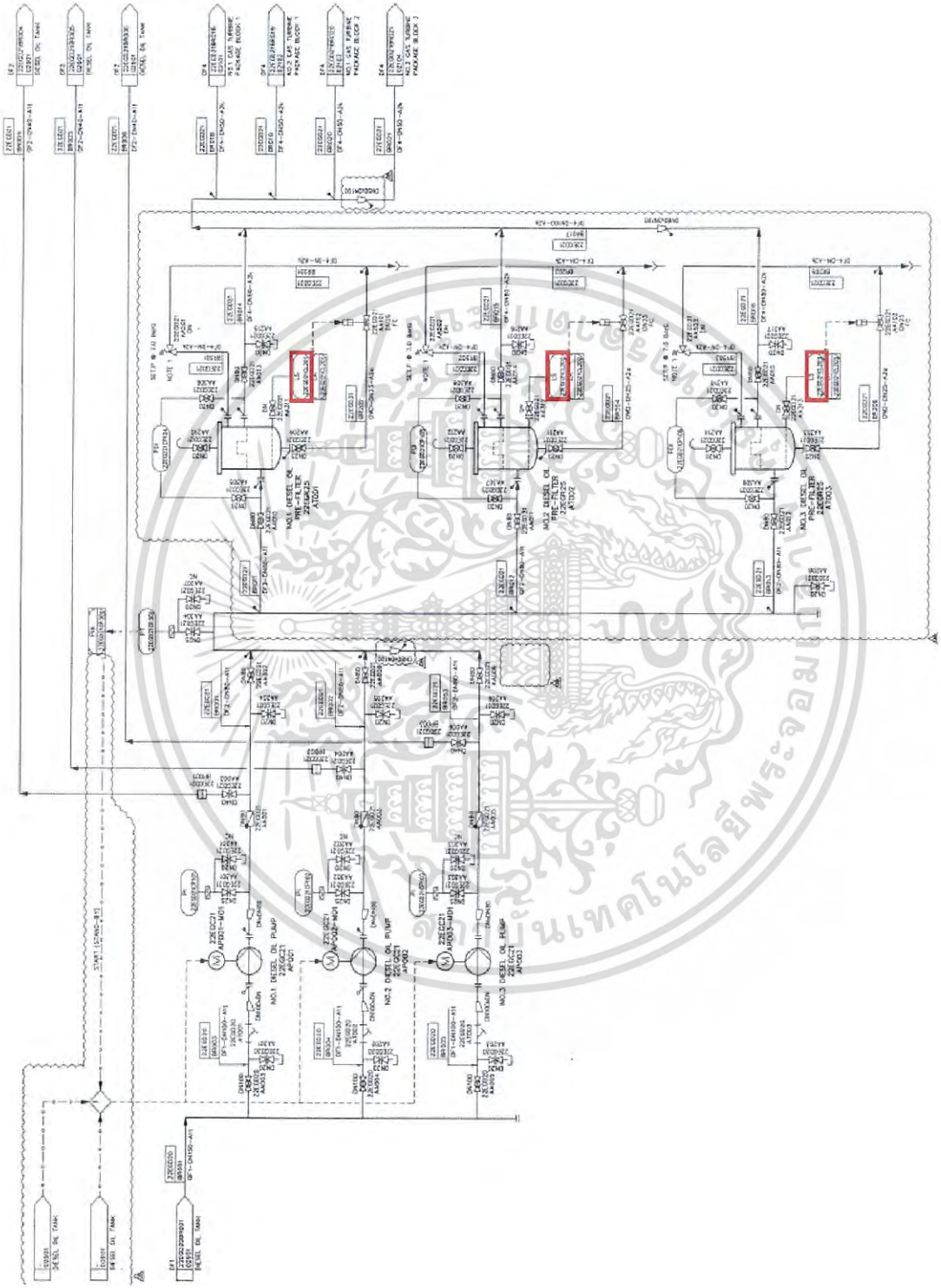
ภาพที่ 4.14 รูปแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างสำหรับวัดระดับ

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว
หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

จากภาพที่ 4.14 เป็นกรณีของการวัดระดับในภาชนะเปิด (Open Tank) ด้านความดันสูงของทรานส์มิตเตอร์ถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของภาชนะ ส่วนทางด้านความดันต่ำไม่ถูกต่อกับสิ่งใด แต่ถ้ากรณีที่เป็นภาชนะปิด (Closed Tank) ด้านความดันสูงของทรานส์มิตเตอร์ถูกต่ออยู่กับจุดต่อด้านต่ำสุดของภาชนะ ส่วนทางด้านความดันต่ำจะถูกต่อกับจุดต่อด้านสูงสุดของภาชนะพร้อมกับบรรจุของเหลวที่ทราบค่าความถ่วงจำเพาะ เพื่อลดความผิดพลาดผลของความดันไอที่มีผลต่อการวัดระดับ ค่าความดันที่วัดได้จะแปรผันโดยตรงกับระดับความสูงของของเหลวภายในกระบวนการ ในการติดตั้งอุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ถูกต่อร่วมกับไดอะแฟรมแบบหน้าเรียบ เพื่อเป็นการป้องกันของไหลในกระบวนการสัมผัสกับอุปกรณ์การวัด โดยจะต้องมีวาล์วกั้น (Block Valve) ติดตั้งเพื่อสะดวกต่อการซ่อมบำรุงหรือต้องการสอบเทียบอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สวิตช์วัดระดับ (Level Switch)



ภาพที่ 4.15 ระบบการที่ติดสวิตช์วัดระดับติดตั้งอยู่

4.5.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากภาพที่ 4.15 เป็นกระบวนการกรองน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pre Filter) เพื่อนำน้ำมันดีเซลไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการเผาไหม้ที่กังหันก๊าซ (Gas Turbine) มีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องกรองเอาอนุภาคเล็กๆที่เจือปนมากับน้ำมันออกก่อน เช่น ฝุ่น น้ำ เป็นต้น เพราะน้ำเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนต่ออุปกรณ์ส่งผลให้เกิดการสึกหรอและเสียหายเร็วกว่ากำหนด ภายในถังกรองจะมีไส้กรองทำหน้าที่กรองฝุ่นและแยกน้ำออก เพื่อให้ได้น้ำมันที่พร้อมนำไปใช้งาน การติดตั้งสวิตช์วัดระดับมีหน้าที่ตรวจสอบความสูงของน้ำไม่ให้ไปรวมกับน้ำมันดีเซล เมื่อระดับน้ำสูงถึงระดับที่กำหนดจะส่งสัญญาณไปที่ตัววาล์ว เพื่อระบายน้ำออกจากตัวถังกรอง กระบวนการนี้ไม่เหมาะกับสวิตช์วัดระดับแบบลูกลอย เพราะติดตั้งได้ยากและยากต่อการซ่อมบำรุง จึงเลือกใช้สวิตช์วัดระดับแบบใช้ความถี่แทน เพราะติดตั้งง่ายกว่าเพียงแค่เสียบก้านโพรบไว้ข้างถังกรองและสะดวกต่อการซ่อมบำรุง

4.5.2 เอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับ

- ข้อมูลทั่วไป ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์ : LS-22EGD21CL201
   - LS หมายถึง Level Switch
   - 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
   - EGD หมายถึง ระบบท่อส่งผ่านน้ำมันดีเซล
   - 21 หมายถึง หมายเลขของระบบ
   - CL หมายถึง การควบคุมที่เกี่ยวกับระดับ
   - 201 หมายถึง หมายเลขวงรอบการควบคุม
2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ : ถังกรองน้ำมันดีเซล ถังที่ 1
3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID : B-P-450-02602
4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตรายและบริเวณที่ติดตั้ง : ไม่อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ DCS (Distributed Control System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หมายเลขของถัง : 22EGR25AT001 เป็นรหัส KKS (Kraftwerk Kennezeichen System) อ่านได้ดังนี้

- 22 หมายถึง ระบบเชื้อเพลิงภายในโรงไฟฟ้า
- EGR หมายถึง ระบบถังกรองน้ำมันดีเซล
- 25 หมายถึง หมายเลขของระบบ
- AT หมายถึง อุปกรณ์ภายในระบบคือ อุปกรณ์ทำความสะอาด ทำการกรอง
- 001 หมายถึง หมายเลขของอุปกรณ์ทำความสะอาด ทำการกรอง

6) วัสดุที่ใช้ทำถัง : ทำมาจากอะลูมิเนียม

7) หมายเลขจุดต่อบนถัง : หมายเลข 6

- ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล : น้ำมันดีเซล สถานะของเหลว

2) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน : 32 องศาเซลเซียส และ 5.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

3) ความหนาแน่นและความหนืด : 870 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 2.6 เซนติพ้อยส์ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ : 55 องศาเซลเซียส และ 9.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ : 2" ANSI150 #RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 2 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 150 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 150 psi รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

2) ชนิดของสวิตช์ : Tuning Fork เป็นสวิตช์วัดระดับแบบใช้ความถี่

3) รูปแบบการติดตั้ง : ติดตั้งด้านข้างของถังกรอง

4) วัสดุที่ใช้ทำโพรบวัด : ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น

5) ความยาวของก้านโพรบวัด : 250 มิลลิเมตร แบ่งเป็น 150 มิลลิเมตรเป็นความยาวของจุดต่อข้างถัง (Nozzle) ส่วนอีก 100 มิลลิเมตร เป็นระยะที่โพรบจุ่มลงไปในถัง

6) ระยะที่ตัวโพรบไม่สามารถทำงานได้ : 4 มิลลิเมตร

7) เส้นผ่าศูนย์กลางของโพรบวัด : 21.5 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) การป้องกันการระเบิด : Exia IIC T6 เป็นไปตามมาตรฐานทางยุโรปคือ IEC ย่อมาจาก International Electrotechnical Commission สามารถกล่าวได้ดังนี้

- Ex ia (Intrinsic Safety) หมายถึง อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสและแรงดันไฟฟ้าต่ำมากจนกระทั่งผลของการลัดวงจรภายในอุปกรณ์จะไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่มากเพียงพอ จนทำให้ก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้
- IIC เป็นการจัดประเภทของก๊าซ โดย IIC หมายถึง ก๊าซและไอระเหยของสารไวไฟโดยมีค่าความกว้างของช่องที่สามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟ (Maximum Experimental Safe Gap: MESG) ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร หรือมีค่ากระแสไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดการสปาร์ก (Minimum Ignition Current: MIC) ต้องไม่เกิน 0.8 มิลลิแอมป์
- T6 เป็นการแบ่งระดับอุณหภูมิสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นบนพื้นผิวของสิ่งที่ห่อหุ้ม โดย T6 เป็นระดับที่ดีที่สุด ระดับอุณหภูมิคือ 85 องศาเซลเซียส

9) มาตรฐานการป้องกัน : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของสวิตช์วัดระดับเป็น IP 66 หมายเลข 6 หลักแรกคือ สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์ ส่วนหมายเลข 6 หลักที่สองคือ ป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำที่ฉีดมาในทุกทิศทาง

10) แหล่งจ่ายไฟ : 24 โวลต์

11) ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า : M20 เป็นมาตรฐานเกลียวระบบ ISO ใช้เชื่อมต่อสายไฟกับสวิตช์วัดระดับ

12) วัสดุที่ใช้ทำตัวห่อหุ้มสวิตช์วัดระดับ : ทำมาจากอะลูมิเนียม

13) สถานะการทำงานของสวิตช์ : เปิดวงจร เมื่อเกิดระดับที่สูงเกินกว่าที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) แหล่งที่ติดตั้งของตัวขยายสัญญาณ : ติดตั้งภายในตู้ Rack Room
2) มาตรฐานการป้องกันของตัวขยายสัญญาณ : IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่ใช้ในการป้องกันสิ่งที่อยู่ภายใน ซึ่งระดับการป้องกันจะแสดงด้วยตัวเลข 2 หลัก หลักแรกเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของแข็ง ส่วนหลักที่สองเป็นการป้องกันการสัมผัสและอันตรายจากของเหลว ในกรณีของตัวขยายสัญญาณเป็น IP 20 หมายเลข 2 คือ สามารถป้องกันของแข็งที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่าหรือเท่ากับ 12 มิลลิเมตรที่มาตกกระทบไม่ให้ลอดผ่านเข้าไปได้ ส่วนหมายเลข 0 คือ ไม่สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากน้ำ
3) แหล่งจ่ายไฟให้ตัวขยายสัญญาณ : 20 ถึง 60 โวลต์
4) เอาท์พุต : หน้าคอนแทคแบบ SPDT (Single Pole Double Throw) เป็นสวิตซ์สองทางเปลี่ยนสลับการต่อ เพื่อให้กระแสไหลผ่านได้ไปยังตำแหน่งที่เลือก
5) ใบรับรองคุณภาพ : ต้องการใบรับรองวัสดุและใบรับรองการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์การวัด

เอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับมีลักษณะคล้ายกัน เนื่องมาจากถูกติดตั้งที่ถังพักน้ำมันดีเซลและถังกรองน้ำมันดีเซล ดังนั้นผู้ออกแบบจึงยกตัวอย่างเอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับแสดงดังภาพที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

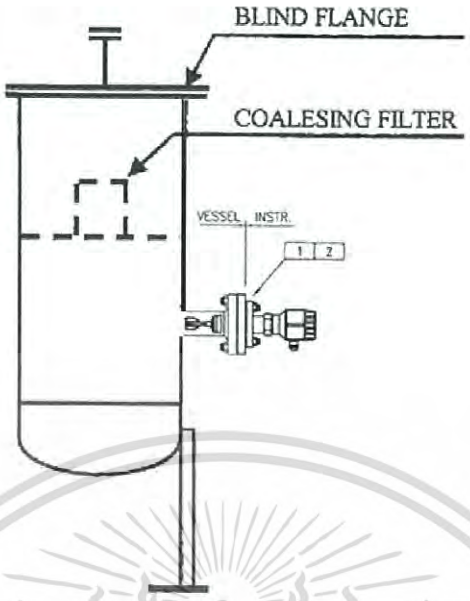
General	1	Tag Number			LS-22EGD21CL201					
	2	Service			No.1 Diesel Oil Pre-Filter					
	3	P&ID No.			B-P-450-02602					
	4	Area Classification	Location		Non-Hazardous		Field - DCS			
	5	Line No.	Line Size	schedule	-		-		-	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		-		-			
	7	Equipment No.			22EGR25AT001					
	8	Nozzle No.			N-6					
	9									
Process Conditions	10	Upper Fluid Name	Fluid Phase		Air		Gas			
	11	Lower Fluid Name	Fluid Phase		Diesel Oil		Liquid			
	12	Normal Level			- mm					
	13				Minimum		Normal		Maximum	Units
	14	Temperature					32			°C
	15	Pressure					5.5			bar-g
	16	Density					870			kg/m³
	17	Viscosity					2.6			cP
	18	Corrosive	Erosive	Toxic	-		-		-	
	19	Design Temperature			55 °C					
	20	Design Pressure			9.5 bar-g					
Probe	21	Connection Size	Type & Rating		2"		ANSI 150 # RF			
	22	Model No.			See line 47					
	23	Orientation	Style		Side Mounting		Tuning Fork			
	24	Material	Sheath		316L SST		-			
	25	Insertion Length			250 mm					
	26	Inactive Length			4 mm					
	27	Probe Diameter			21.6 mm					
	28									
Amplifier	29	Location			Rack Room Cabinet (Din Rail)					
	30	Explosion Protection	Enclosure		Ex ia IIC		IP 20			
	31	Power Supply	Electrical Connection		20-60 V DC		Wire Terminal			
	32	Output			SPDT					
Switch	33	Type			2-wire, NAMUR Output					
	34	Explosion Protection	Enclosure		Ex ia IIC T6		IP68			
	35	Rating	Deadband		-		MFR STD			
	36	Power Supply	Electrical Connection		24 V DC		M20			
	37	Housing			Aluminium					
	38	Contacts Status			Open on high level					
	39									
	40									
Options	41	Compensation Cable			-					
	42	Local Indicator			-					
	43	Surge Protation			-					
	44									
	45									
Purchase	46	Manufacturer	Model							
	47	Detailed Model								
	48	Purchase Order No.	Requisition No.							
	49	Serial Number								
Additional	50	Drawing No.								
	51	Certification			Material, Inspection					
	52	Information Drawing No.								
	53									

Notes: 1.SST tag plate to be stamped with tag No., Manufacturer"s name, Model No. shall be provide on the Instrument.
2.Nozzle "N-6" is located at TBC

ภาพที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดของสวิตช์วัดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.3 ลักษณะการติดตั้ง



ภาพที่ 4.17 รูปแบบการติดตั้งสวิตช์วัดระดับ

หมายเหตุ : หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว
หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

จากภาพที่ 4.17 สวิตช์วัดระดับถูกติดตั้งไว้ข้างถังกรอง ภายในถังกรองจะประกอบไปด้วยไส้กรอง มีหน้าที่แยกอนุภาคเล็กๆและน้ำออกจากน้ำมันดีเซลได้ ด้านล่างของถังกรองจะเป็นส่วนที่น้ำตกลงไป เมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นจนถึงปลายโพรบวัด สวิตช์ยังไม่เกิดการทำงานทันที จนกระทั่งระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นเหนือปลายโพรบเป็นระยะ 4 มิลลิเมตร สวิตช์จะทำงาน เมื่อสวิตช์ทำงานครบวงจร กระแสไฟฟ้าที่ส่งมาจะมีค่าน้อยมาก ส่งผลให้ DCS ไม่สามารถรับรู้ค่าที่ส่งมา จึงต้องใช้ตัวขยายสัญญาณมาช่วยในการเพิ่มสัญญาณที่ส่งมา ลักษณะการเชื่อมต่อสายไฟจากตัวอุปกรณ์วัดจะเข้าที่ตัวขยายสัญญาณที่ถูกติดตั้งในห้อง Rack Room หลังจากนั้นเข้าที่ DCS สาเหตุที่เลือกใช้การติดตั้งแบบนี้คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าการใช้แหล่งจ่ายไฟ 220 โวลต์ เนื่องจากการต่อแบบนี้ต้องใช้สายไฟลากมาจากตู้ PDP (Power Distribution Panel) ซึ่งตู้อยู่ในระยะที่ไกล เมื่อทำการคำนวณเรื่องค่าสายไฟและค่าจ้างคนงานแล้ว มีค่าแพงกว่าค่าตัวขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาและอุปสรรคขณะทำงาน รวมไปถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบ เพื่อให้ดำเนินการสำเร็จตามขอบเขตที่กำหนดไว้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงาน ผู้จัดทำมีความเข้าใจทฤษฎีและหลักการวัดของอุปกรณ์วัดอัตราการไหลและอุปกรณ์วัดระดับ รวมไปถึงการสอบเทียบ การติดตั้งที่ต้องดำเนินการตามมาตรฐานสากลที่มีการระบุไว้ โดยสามารถเลือกชนิดของอุปกรณ์ให้มีความเหมาะสมกับกระบวนการและสามารถใช้งานได้ในระยะยาว โดยที่ไม่เกิดความเสียหายต่อกระบวนการอื่นๆภายในโรงไฟฟ้า

จากการทำเอกสารจัดซื้ออุปกรณ์ โดยอุปกรณ์วัดอัตราการไหลประกอบด้วยแผ่นออริฟิสและมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส ซึ่งแผ่นออริฟิสมีจำนวน 6 แผ่น มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสมีจำนวน 5 ตัว ส่วนอุปกรณ์วัดระดับประกอบด้วยเกจวัดระดับชนิดลูกลอย ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างและสวิตช์วัดระดับ ซึ่งเกจวัดระดับชนิดลูกลอยมีจำนวน 2 ชุด ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่างมีจำนวน 3 เครื่อง และสวิตช์วัดระดับมีจำนวน 7 ตัว โดยที่อุปกรณ์การวัดทุกชนิดได้ทำการส่งเอกสารรายละเอียดอุปกรณ์การวัดให้ทางผู้จัดจำหน่ายเพื่อขอใบเสนอราคา หลังจากได้รับใบเสนอราคาจากผู้จัดจำหน่ายแล้ว จัดทำเอกสารเปรียบเทียบราคาและคุณสมบัติให้ตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบอีกทั้งยังจัดทำเอกสารสั่งซื้อ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. ความรู้ที่ศึกษามาไม่เพียงพอต่อการทำงานจริง
2. เนื่องจากต้องรอข้อมูลจากแผนกอื่นๆทำให้มีความล่าช้าในการกำหนดคุณสมบัติเฉพาะของอุปกรณ์การวัด
3. ไม่มีประสบการณ์ในการจัดทำเอกสาร ทำให้เกิดความผิดพลาด
4. ไม่มีประสบการณ์จากหน้างานจริง ทำให้การวางแผนติดตั้งอาจมีความผิดพลาด
5. ผู้จัดจำหน่ายส่งเอกสารมาล่าช้า ทำให้การดำเนินการล่าช้ากว่าเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการแก้ไข

1. ศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด เพื่อให้มีความเข้าใจถึงหลักการของอุปกรณ์การวัดเพิ่มมากขึ้น
2. จัดทำเอกสารที่สามารถทำได้ก่อน เช่น เตรียมรูปแบบมาตรฐานของอุปกรณ์การวัดต่างๆ เพื่อไม่ให้เกิดความล่าช้ามากเกินไป
3. สอบถามพี่ที่ทำงาน เพื่อลดความผิดพลาดและตรวจสอบงานก่อนที่จะส่งให้พี่เลี้ยงตรวจ
4. สอบถามพี่ที่ทำงาน เพื่อขอดูรูปถ่ายจากหน้างาน
5. โทรสอบถามทางผู้จัดจำหน่ายและให้ผู้จัดจำหน่ายยืนยันระยะเวลาในการจัดทำเอกสาร เพื่อทำให้วางแผนในการทำงานขั้นต่อๆไปได้

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษามีระยะเวลา 4 เดือน ผู้จัดทำไม่สามารถอยู่ถึงขั้นตอนหลังจากออกใบสั่งซื้อได้ โดยภายหลังจากนี้ ฝ่ายโปรเจคจะทำการตกลงเจรจาเรื่องการซื้ออุปกรณ์จากผู้จัดจำหน่ายและให้ทางผู้จัดจำหน่ายลงนามเอกสารข้อตกลงต่างๆ เพื่อใช้เป็นหลักฐานทางลายลักษณ์อักษร ก่อนที่จะทำการสั่งผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] American Petroleum Institute. (1993). API RP 551 Process Measurement Instrumentation.

[2] International Organization for Standardization. (2003). ISO 10790 Measurement of Fluid Flow in Closed Conduit- Guidance to the Selection, Installation and used of Coriolis Flow Meters.

[3] International Organization for Standardization. (2003). ISO 5167-1 General Principles and Requirements.

[4] International Organization for Standardization. (2003). ISO 5167-2 Orifice Plates.

[5] Leonard L. Grigsby. (2012). Electrical Power Generation, Transmission and Distribution. CRC Press Taylor & Francis Group.

[6] The American Society of Mechanical Engineering. (2003). ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings.

[7] ทวิช ชูเมือง. (2549). การออกแบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม เล่ม 2 การเลือกใช้และการออกแบบเครื่องมือวัด. กรุงเทพ: เอช เอ็น กรุ๊ป.

[8] ประสิทธิ์ เวียงแก้ว. (2550). คู่มืองานท่อ. กรุงเทพ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[9] รองศาสตราจารย์ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์. (2553). ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม. กรุงเทพ: มีน เซอร์วิส ซัพพลาย.

[10] สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์. (2550). หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม. กรุงเทพ: ส.ส.ท.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายภาณุวัฒน์ บุบผาลุน

วัน เดือน ปีเกิด : 30 มกราคม พ.ศ.2538

ภูมิลำเนา : 111/253 หมู่ 6 หมู่บ้าน พี เอส วิลลา ถนนเลียบคลองภาษีเจริญฝั่งใต้ แขวงหนองแขม เขตหนองแขม กรุงเทพมหานคร 10160

อีเมลล์ : panuwat.b1995@hotmail.com

ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนศึกษานารีวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนศึกษานารีวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร

: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ.2559
นักศึกษาฝึกงาน แผนก Instrument
บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

: สิงหาคม - ธันวาคม พ.ศ.2559
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Instrument
บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้