รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

Design and Installation Pressure and Temperature Instrument in Combine Cycle Power Plant

นายพิพัฒน์ ธรรมเนียม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148597

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิ ในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

Design and Installation Pressure and Temperature Instrument in Combine Cycle Power Plant

นายพิพัฒน์ ธรรมเนียม

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 148597
วัน.เดือน.ปี 6 พย. 2560

.b.12572763
.i.....

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การออกแบบและการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันและอุณหภูมิในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายพิพัฒน์ ธรรมเนียม

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

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชาสหกิจศึกษา ที่ได้ให้นักศึกษาทำโครงงานร่วมกับสถานประกอบการตลอดหนึ่งภาคการเรียนศึกษา โดยสถานประกอบการจะเป็นผู้กำหนดหัวข้อโครงงาน ในรายงานฉบับนี้จะอธิบายเกี่ยวกับเครื่องมือวัดภายในโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ประกอบไปด้วยเครื่องมือวัด 2 ชนิดคือ เครื่องมือวัดความดัน และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ สำหรับเครื่องมือวัดความดันจะประกอบไปด้วย เกจวัดความดันและทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน ส่วนเครื่องมือวัดอุณหภูมิจะประ กอบไปด้วย เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ เทอร์โมคัปเปิล และอาร์ทีดี ซึ่งงานที่รับผิดชอบคือศึกษาเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องมือวัด ออกแบบทางวิศวกรรม และวิธีการติดตั้ง รวมไปถึงจัดเตรียมเอกสารสำหรับการสั่งซื้อ โดยจะต้องเลือกเครื่องมือวัดที่มีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้พร้อมกับมีราคาที่เหมาะสม

Research Title: Design and Installation Pressure and Temperature Instrument in Combine Cycle Power Plant

Student intern name: Mr.Pipat Thamneam

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, in which the company assigned a research title. This report describes about some instruments using in combine cycle power plant that consists of two types, pressure and temperature measurement devices. The pressure measurement devices consist of pressure gauge and pressure transmitter. The temperature measurement devices consist of bimetallic strip thermometer, thermocouple and RTD. My responsibility studied about principle operation of these instruments, engineering design and installation including prepared the document for purchasing by choosing the instruments are met the standard with reasonable price.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้สามารถดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เป็นเพราะว่าทางบริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าไปฝึกปฏิบัติงานโครงการสหกิจศึกษา ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ในการทำงานจริง ซึ่งตลอดการทำโครงงานสหกิจข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ คุณพีระเดช โพธิ์ศรี และ คุณพงษ์พัฒน์ กุศเลิศจริยา ที่ได้ให้ความรู้ในเรื่องเครื่องมือวัด รวมไปถึงทักษะการทำงาน นอกจากนี้ขอขอบพระคุณพี่ๆในแผนก Instrument ทุกคนที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ความรู้ต่างๆที่เป็นประโยชน์ต่อการทำสหกิจศึกษา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกษตร์ ศิริสินติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศ ผู้ที่คอยให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาต่างๆระหว่างการปฏิบัติสหกิจศึกษา จนทำให้โครงงานและรายงานฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

นายพิพัฒน์ ธรรมเนียม

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญรูปภาพ IX

สารบัญตาราง XII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการศึกษา 2

1.4 วิธีการศึกษา 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการวัดของเครื่องมือวัด 4

2.1 เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Instrument) 4

2.1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความดัน 4

2.1.2 ชนิดของความดัน (Type of Pressure) 5

2.1.3 ความดันในหน่วยต่างๆ 6

2.1.4 เกจวัดความดัน 6

2.1.4.1 ส่วนประกอบของเกจวัดความดัน 7

2.1.4.2 ชิ้นส่วนวัดความดัน (Pressure Element) 8

2.1.5 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) 12

2.1.5.1 ส่วนประกอบของทรานส์มิตเตอร์ 13

2.1.5.2 การใช้งานทรานส์มิตเตอร์ 13

2.1.6 ไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal) 15
2.1.6.1 ส่วนประกอบของไดอะแฟรมซีล 15
2.1.6.2 หลักการพิจารณาการติดตั้งตัวไดอะแฟรมซีล 16
2.1.6.3 การพิจารณาเรื่องวัสดุที่จะใช้ทำไดอะแฟรมซีล 17
2.1.7 อุปกรณ์เสริม (Accessories) 17
2.1.7.1 วาล์วหลายทาง (Manifold Valve) 17
2.1.7.2 ไซฟอน (Siphon) 19
2.1.7.3 ท่อแคพิลลารี่ (Capillary Tube) 20
2.1.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดความดัน 21
2.1.8.1 การติดตั้งแบบไม่มีไดอะแฟรมซีล 21
2.1.8.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดความดัน (มีไดอะแฟรมซีล) 24
2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument) 25
2.2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุณหภูมิ 25
2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิในหน่วยต่างๆ 25
2.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument) 26
2.2.3.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบแทบโลหะคู่ (Bi-Metal Thermometer) 26
2.2.3.2 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) 28
2.2.3.3 อาร์ทีดี (RTD, Resistance Temperature Detector) 36
2.2.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมคัปเปิลและอาร์ทีดี 40
2.2.5 เทอร์โมเวล (Thermowell) 41
2.2.5.1 โครงสร้างของเทอร์โมเวล 41
2.2.5.2 รูปแบบของเทอร์โมเวลตามลักษณะการติดตั้ง 42
2.2.5.3 รูปแบบของก้านเทอร์โมเวล 43
2.2.5.4 การเลือกเทอร์โมเวล 44

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการออกแบบและสั่งซื้อ 46
3.1. ขั้นตอนการดำเนินงานในกำหนดคุณลักษณะเครื่องมือวัด 46
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสั่งซื้อเครื่องมือวัด 49

บทที่ 4 ผลการดำเนินการออกแบบทางวิศวกรรม 55
4.1 บริเวณเครื่องกังหันก๊าซ (Gas Turbine) 55
4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง 55
4.1.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 57
4.1.2.1 ส่วนทั่วไป (General) 58
4.1.2.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition) 60
4.1.2.3 ส่วนทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) 60
4.1.2.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option) 62
4.1.2.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features) 63
4.1.3 รายละเอียดการติดตั้ง 63
4.2 ที่บริเวณตัวกรองน้ำมันดีเซลก่อนเข้าสู่ตัวกังหันก๊าซ (Diesel Oil Pre-Filter) 64
4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง 65
4.2.1.1 เกจวัดค่าความดัน 65
4.2.1.2 เกจวัดค่าความดันแตกต่าง 65
4.2.1.3 เหตุผลในการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 65
4.2.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดัน 67
4.2.2.1 ส่วนทั่วไป (General) 68
4.2.2.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition) 69
4.2.2.3 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge) 69
4.2.2.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option) 71
4.2.2.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features) 72

4.2.3 รายละเอียดการติดตั้ง 72
4.2.4 เอกสารายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดค่าความดันแตกต่าง 74
4.2.4.1 ส่วนทั่วไป (General) 75
4.2.4.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition) 76
4.2.4.3 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge) 76
4.2.4.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option) 78
4.2.4.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features) 78
4.2.5 รายละเอียดการติดตั้ง 79
4.2.6 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 81
4.2.6.1 ส่วนทั่วไป (General) 82
4.2.6.2 ส่วนทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) 82
4.2.6.3 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option) 84
4.2.6.4 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Feature) 84
4.2.7 รายละเอียดการติดตั้ง 85
4.3 ที่บริเวณแท้งค์เก็บน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Tank) 85
4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง 85
4.3.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดอุณหภูมิ 87
4.3.2.1 ส่วนทั่วไป (General) 88
4.3.2.2 ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) 88
4.3.2.3 ส่วนเทอร์โมเวล (Thermowell) 89
4.3.2.4 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features) 90
4.3.3 รายละเอียดการติดตั้ง 91
4.4 ที่บริเวณ Compressor Wash Water Tank (น้ำที่ล้างใบพัด Gas Turbine) 92
4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง 92

4.4.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล 94
4.4.2.1 ส่วนทั่วไป (General) 95
4.4.2.2 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge) 95
4.4.2.3 ส่วนไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal) 97
4.4.3 รายละเอียดการติดตั้ง 98

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์ 99
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 99
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 99
5.3 แนวทางการแก้ไข 100
5.4 ข้อเสนอแนะ 100

บรรณานุกรม 101
ประวัติผู้เขียน 102

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 แสดงความดันกระทำต่อวัตถุทรงสี่เหลี่ยม 4
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในแบบต่างๆ 5
รูปที่ 2.3 เกจวัดความดัน 6
รูปที่ 2.4 เกจวัดความดันแตกต่าง 7
รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเกจวัดความดัน 7
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองรูปตัว C 9
รูปที่ 2.7 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองแบบก้นหอย 9
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองแบบขดซ้อน 10
รูปที่ 2.9 โครงสร้างของเบลโลว์ 11
รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไดอะแฟรม 12
รูปที่ 2.11 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 12
รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของทรานส์มิตเตอร์ความดัน 13
รูปที่ 2.13 การต่อทรานส์มิตเตอร์ 2 สาย 14
รูปที่ 2.14 การต่อทรานส์มิตเตอร์ 4 สาย 14
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเกจวัดความดันที่ติดตั้งมาพร้อมไดอะแฟรมซีล 15
รูปที่ 2.16 ลักษณะของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งมาพร้อมไดอะแฟรมซีล 15
รูปที่ 2.17 ลักษณะของโครงสร้างไดอะแฟรมซีล 16
รูปที่ 2.18 ลักษณะของ 2 Way Manifold Valve 17
รูปที่ 2.19 ลักษณะของ 3 Way Manifold Valve 18
รูปที่ 2.20 ลักษณะของ 5 Way Manifold Valve 18
รูปที่ 2.21 การนำวาล์วหลายทางมาติดตั้งกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 19
รูปที่ 2.22 ลักษณะของไซฟอนในแบบต่างๆ 19
รูปที่ 2.23 การนำไซฟอนมาติดตั้งกับเกจวัดความดัน 20
รูปที่ 2.24 ท่อแคพิลลารี่ 20
รูปที่ 2.25 การนำท่อแคพิลลารี่มาติดตั้งกับเกจวัดความดัน 20
รูปที่ 2.26 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์แบบ Impulse Line ในลักษณะต่างๆ 21
รูปที่ 2.27 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นก๊าซ 22

รูปที่ 2.28 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นของเหลว 22
รูปที่ 2.29 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นของไอน้ำ 23
รูปที่ 2.30 การ Mounting Bracket ทรานส์มิตเตอร์ในลักษณะต่างๆ 23
รูปที่ 2.31 การติดตั้งเกจวัดความดันแบบโดยตรง 24
รูปที่ 2.32 การติดตั้งไดอะแฟรมซีลแบบระยะใกล้ 24
รูปที่ 2.33 การติดตั้งไดอะแฟรมซีลแบบระยะไกล 25
รูปที่ 2.34 ลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ 26
รูปที่ 2.35 หลักการทำงานของแถบโลหะคู่ 27
รูปที่ 2.36 โครงสร้างของแถบโลหะคู่ที่ใช้งานร่วมกับเทอร์โมมิเตอร์ 27
รูปที่ 2.37 แสดงหลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล 28
รูปที่ 2.38 หลักการของกฎอุณหภูมิภายใน 29
รูปที่ 2.39 หลักการของกฎวัสดุแทรก 30
รูปที่ 2.40 หลักการของกฎวัสดุระหว่างกลาง 30
รูปที่ 2.41 กราฟแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด 34
รูปที่ 2.42 ประเภทของจุดต่อลักษณะต่างๆ 35
รูปที่ 2.43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิ 37
รูปที่ 2.44 การต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย 38
รูปที่ 2.45 การต่ออาร์ทีดี 3 สาย 39
รูปที่ 2.46 การต่ออาร์ทีดี 4 สาย 40
รูปที่ 2.47 เทอร์โมเวลในรูปแบบต่างๆ 41
รูปที่ 2.48 ขนาดและส่วนประกอบของเทอร์โมเวล 41
รูปที่ 2.49 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบเกลียว 43
รูปที่ 2.50 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบเชื่อม 43
รูปที่ 2.51 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบหน้าแปลน 43
รูปที่ 2.52 ก้านเทอร์โมเวลแบบตรง 44
รูปที่ 2.53 ก้านเทอร์โมเวลแบบเรียว 44
รูปที่ 2.54 ก้านเทอร์โมเวลแบบข้อ 44
รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของ Instrument Index 47
รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของ Data Sheet (Thermometer) 48

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างของเอกสาร Quotation (หน้าแรก) 49
รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของ Bid-Tabulation 51
รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation ในส่วนของราคา 52
รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation บริษัท A 53
รูปที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation บริษัท B 53
รูปที่ 4.1 P&ID แสดงการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันบริเวณเครื่องกังหันก๊าซ 56
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 57
รูปที่ 4.3 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแบบ Impulse Line 63
รูปที่ 4.4 P&ID แสดงการติดตั้ง เกจวัดความดัน เกจวัดความดันแตกต่าง และทรานสมิตเตอร์ 66
รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดัน 67
รูปที่ 4.6 การติดตั้งตัวเกจวัดความดันแบบ In-Line 72
รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแตกต่าง 74
รูปที่ 4.8 แสดงการติดตั้งตัวเกจวัดความดันแตกต่างแบบ Impulse Line 79
รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 81
รูปที่ 4.10 แสดง P&ID การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ที่บริเวณแท้งค์เก็บน้ำมันดีเซล 86
รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเทอร์โมมิเตอร์ 87
รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ 91
รูปที่ 4.13 P&ID แสดงการติดตั้งเกจวัดค่าความดันแบบไดอะแฟรมซีลที่แท้งค์เก็บน้ำล้างใบพัด 93
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล 94
รูปที่ 4.15 การติดตั้งเกจวัดความดันแบบ Diaphragm Seal 98

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 2.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันในหน่วยต่างๆ 6
ตารางที่ 2.2 ค่าจุดเยือกแข็งและจุดเดือดน้ำในหน่วยอุณหภูมิต่างๆ 26
ตารางที่ 2.3 ลักษณะสีสายไฟเทอร์โมคัปเปิลแต่ละแบบ 34
ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมคัปเปิลและอาร์ทีดี 40
ตารางที่ 2.5 คำอธิบายของส่วนประกอบเทอร์โมเวล 42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัททีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ตั้งอยู่ที่ 159/41-44 อาคารเสริมมิตรทาวเวอร์ ชั้น 27-30 ถนนสุขุมวิท 21 (อโศก) แขวงคลองเตยเหนือ เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร โดยเป็นบริษัทที่ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ และการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจร (Integrated Engineering, Procurement and Construction, Integrated EPC) เนื่องจากบริษัทมีรูปแบบของการทำงานที่หลากหลายจึงทำให้บริษัทมีอยู่หลากหลายแผนกด้วยกัน เช่น แผนก Instrument แผนก Piping แผนก Electrical แผนก Power เป็นต้น (โครงงานสหกิจเป็นงานในส่วนของแผนก Instrument)

โครงงานสหกิจที่ได้รับมอบหมายนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานที่ทาง บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ได้รับมอบหมายให้ดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมในประเทศพม่า เมื่อก่อสร้างแล้วเสร็จผู้ที่เป็นเจ้าของ (Owner) โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วมก็คือ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ส่วนสาเหตุที่ได้มีโอกาสเข้ามามีส่วนร่วมในงานนี้ก็เพราะว่างานนี้เป็นงานที่เร่งด่วน และมีความประสงค์ที่จะต้องการพนักงานเข้ามาช่วยงาน จุดประสงค์ในการสร้างโรงไฟฟ้าชนิดนี้ก็เพื่อทำการเพิ่มประสิทธิภาพกำลังการผลิตไฟฟ้า

ส่วนเหตุผลว่าทำไมจะต้องสร้างโรงไฟฟ้าชนิดนี้พบว่า โดยปกติการจะได้มาของพลังงานไฟฟ้าในอดีตจะต้องใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสในการผลิตเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังเป็นการสร้างมลภาวะที่จะส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมอีกด้วย ดังนั้นจึงมีการศึกษาหาวิธีที่จะผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสให้น้อยลง แต่ยังคงมีประสิทธิภาพสูงซึ่งในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธี แต่ที่จะกล่าวถึงเป็นการผลิตไฟฟ้าโดยใช้โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ทั้งนี้โครงสร้างหลักๆเป็นการใช้กังหันผลิตไฟฟ้าที่มีอยู่ 2 แบบคือ กังหันก๊าซ (Gas Turbine) และกังหันไอน้ำ (Steam Turbine) หลักการคร่าวๆคือการอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้นไปผสมกับเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันดีเซลหรือก๊าซธรรมชาติ แล้วนำก๊าซร้อนนั้นไปหมุนกังหันก๊าซเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า แต่เนื่องจากยังคงมีความร้อนจากก๊าซเหลืออยู่มากเกินกว่าที่จะปล่อยออกไป ดังนั้นจึงนำความร้อนที่เหลืออยู่ไปต้มน้ำเพื่อให้กลายเป็นไอน้ำ แล้วนำไอน้ำที่ได้จากการต้มไปทำให้กังหันไอน้ำหมุนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า จากนั้นนำไอน้ำเหล่านั้นมาทำให้ควบแน่นให้กลายเป็นน้ำอีกครั้ง การทำงานของกระบวนการจะวนอยู่อย่างนี้ไปเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้โรงไฟฟ้าชนิดนี้จึงใช้พลังงานฟอสซิสน้อยกว่าแล้วส่งผลให้มีการก่อมลภาวะที่น้อยกว่าเดิม

จากกระบวนการคร่าวๆของโรงไฟฟ้าชนิดนี้ก็พบว่า จะเกี่ยวข้องกับของไหลที่จำเป็นต้องมีการควบ คุมทั้ง อัตราการไหล (Flow) ระดับ (Level) ความดัน (Pressure) และ อุณหภูมิ (Temperature) แต่ที่กล่าวถึงในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะมีเฉพาะส่วนของความดันและอุณหภูมิเท่านั้น เพื่อให้ค่าของตัวแปร

เหล่านั้นมีค่าอยู่ในช่วงที่ควบคุมได้ จึงจำเป็นจะต้องมีเครื่องมือวัดที่สามารถทำการตรวจวัดค่า ซึ่งในโครงงานนี้ได้มีการใช้เครื่องมือวัดอยู่สองแบบก็คือ แบบเกจ (Gauge) เป็นเครื่องมือวัดที่มีสามารถวัดค่าและแสดงค่าที่วัดได้อย่างเดียวและแบบที่สองคือ แบบทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) เป็นเครื่องมือวัดที่สามารถตรวจวัดค่าได้เช่นเดียว กับแบบเกจ แต่สามารถนำค่าที่ตรวจวัดมาทำการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐาน (Standard Signal) ทั้งนี้การออกแบบเครื่องมือวัดไม่ได้คำนึงเพียงแค่ลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดเท่านั้น แต่ยังต้องคำนึงถึงลักษณะการติดตั้ง ส่วนประกอบ และองค์ประกอบอื่นๆ อีกมากมาย เพื่อที่จะได้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดจะได้กล่าวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาถึงส่วนประกอบและกระบวนการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม
2) เพื่อศึกษาส่วนประกอบต่างๆและหลักการทำงานของเครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมาย ซึ่งประกอบไปด้วย เครื่องมือวัดค่าความดัน และเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ
3) เพื่อศึกษาการติดตั้งเครื่องมือวัด รวมไปถึงตำแหน่งการติดตั้งของเครื่องมือวัด สถานะของวัสดุที่จะทำการวัด และสภาพแวดล้อมเป็นพื้นที่อันตรายหรือไม่
4) เพื่อศึกษาขั้นตอนการดำเนินงาน เช่น การออกแบบ การออกเอกสาร การพูดคุยเจรจาต่อรองกับผู้ขาย เป็นต้น โดยขั้นตอนที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ล้วนแต่ต้องอาศัยทักษะและความรู้ในเรื่องของเครื่องมือวัดทั้งสิ้น
5) เพื่อให้ได้รับประสบการณ์รวมไปถึงเรียนรู้วิธีการทำงานจริงๆ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เนื้อหาในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือวัดอยู่ 2 แบบคือ เครื่องมือวัดค่าความดัน และเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ ซึ่งทั้ง 2 แบบสามารถแบ่งออกเป็นมาตรวัด (Gauge) ทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) แต่ทว่าทั้งมาตรวัดและทรานส์มิตเตอร์ก็อาจจะมีส่วนประกอบเสริมที่ทำหน้าที่ป้องกันเครื่องมือวัด เช่น ถ้าเป็นเครื่องมือวัดค่าความดันก็อาจจะมีไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal) ส่วนเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิอาจจะมีเทอร์โมเวล (Thermowell) เป็นส่วนประกอบ เป็นต้น เครื่องมือวัดเหล่านี้จะมีทั้งส่วนประกอบ หลักการทำงาน วิธีการติดตั้ง รวมทั้งขั้นตอนการดำเนินงานในการเลือกเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งการคัดเลือกเครื่องมือวัดจะต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เพื่อที่จะได้เครื่องมือวัดที่ตรงตามความต้อง การ

1.4 วิธีการศึกษา

1) ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมผ่าน P&ID และเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง
2) ศึกษาส่วนประกอบและหลักการทำงานของเครื่องมือวัดทั้งเครื่องมือวัดค่าความดัน และเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ
3) ศึกษาความหมายคำต่างๆในเอกสารที่แสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัด (Engineering Specification Sheet)
4) ศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานในการสั่งซื้อเครื่องมือวัด โดยการสอบถามจากพี่เลี้ยง หรือเอกสารจากงานเก่าๆ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เข้าใจหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม รวมไปถึงประโยชน์ของโรงไฟฟ้าพลังความร้อน
2) เข้าใจถึงหลักการทำงานและขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือวัดทั้ง 2 แบบคือ เครื่องมือวัดค่าความดันและอุณหภูมิ
3) เข้าใจถึงหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆในเครื่องมือวัด
4) เข้าใจหลักการติดตั้งเครื่องมือวัดทั้ง 2 ชนิด โดยจะต้องมีการวิเคราะห์เงื่อนไขต่างๆทั้งสภาพของวัสดุที่จะทำการวัด และสภาพแวดล้อมที่ติดตั้งเครื่องมือวัด
5) เข้าใจถึงหลักการทำงานภายในบริษัท ซึ่งจะมีทั้งงานเอกสารและการประสานงานกับผู้อื่น
6) ได้ฝึกการทำงานกับผู้อื่น ซึ่งเพื่อนร่วมงานก็จะมีทั้งคนรุ่นเดียวกันและผู้ที่อาวุโสกว่า

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการวัดของเครื่องมือวัด

บทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือวัดค่าความดันและอุณหภูมิในรูปแบบต่างๆ ทั้งเครื่องมือวัดที่เป็นแบบมาตรวัด (Gauge) และแบบทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter) โดยทั้งสองแบบจะมีส่วนประกอบและหลักการทำงานที่แตกต่างกัน รวมไปถึงยังได้กล่าวเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของความดันและอุณหภูมิ เพราะว่าเรื่องนี้ถือเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ใช้ในการออกแบบเครื่องมือวัดเช่นกัน โดยเนื้อหาทั้งหมดได้ถูกเรียบเรียงเอาไว้แล้วดังนี้

2.1 เครื่องมือวัดความดัน (Pressure Instrument)

การวัดความดันถือเป็นสิ่งจำเป็นในงานอุตสาหกรรมทุกประเภททั้งโรงไฟฟ้าหรือโรงกลั่นน้ำ มันเครื่องมือวัดความดันที่นำมาใช้นั้นมีหลายๆปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณา เช่น โครงสร้างชิ้นส่วนต่างๆ รูปแบบการทำงาน วิธีติดตั้ง เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ว่าควรจะใช้เครื่องวัดความดันแบบใด ติดตั้งแบบใดจึงจะเหมาะสมกับกระบวนการนั้นๆ ซึ่งเนื้อหาส่วนนี้ได้ถูกเรียบเรียงเอาไว้แล้วดังนี้

2.1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับความดัน

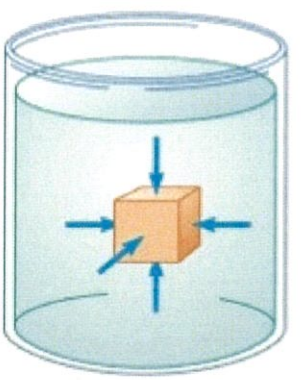
ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำตั้งฉากที่อาจจะเป็นได้ทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊สต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สารใดๆ จากความหมายข้างต้นสามารถเขียนออกมาได้ดังสมการที่ (2.1)

$$P = \frac{F}{A} \tag{2.1}$$

เมื่อ P คือ ความดัน (Pascal)

F คือ แรงที่มากระทำตั้งฉากกับพื้นที่นั้นๆ (Newton)

A คือ พื้นที่ที่ถูกแรงมากระทำ (cm^2)



รูปที่ 2.1 แสดงความดันกระทำต่อวัตถุทรงสี่เหลี่ยม

2.1.2 ชนิดของความดัน (Type of Pressure)

ในการวัดความดันสิ่งที่มีความสำคัญต่อการวัดอย่างหนึ่งก็คือ การอ่านค่าความดันให้ถูกต้องเนื่องจากความดันสามารถเขียนได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจทำให้ผู้อ่านเกิดความสับสนขึ้นได้ ชนิดของความดันมีดังต่อไปนี้

1) ความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันเกจเริ่มต้นที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) ที่มีค่าใกล้เคียงกับระดับน้ำทะเล (14.7 psi) และเมื่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลมากขึ้น ค่าความดันเกจก็จะมีค่ามากขึ้น

2) ความดันสุญญากาศ (Vacuum)

ค่าความดันสุญญากาศมีจุดเริ่มต้นเดียวกับความดันเกจ คือที่ความดันบรรยากาศ แต่จะมีทิศทางตรงกันข้ามคือจะมีค่าต่ำลงมาจากความดันบรรยากาศและจะมีค่าสูงสุดที่ Zero Absolute บางทีจะเรียกว่า Negative Pressure มีตัวย่อท้ายด้วย V_{ac}

3) ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)

เป็นค่าความดันจริงทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการวัดค่า ซึ่งเป็นการนำค่าความดันเกจกับค่าความดันบรรยากาศมารวมกัน โดยอาศัยจากความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.2)

$$P_{abs} = P_g + P_{atm} \tag{2.2}$$

เมื่อ P_{abs} คือความดันสัมบูรณ์

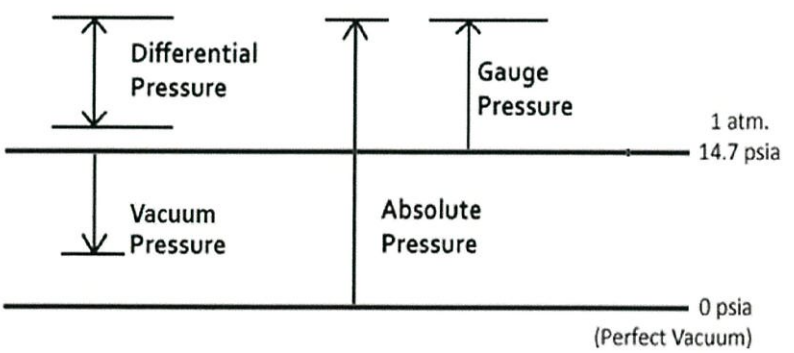
P_g คือความดันเกจ

P_{atm} คือความดันบรรยากาศ

4) ความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

ความดันแตกต่างเป็นความแตกต่างหรือผลต่างของความดัน 2 ค่าซึ่งเรียกอีกอย่างว่า ΔP โดยปกติแล้วจะนำไปใช้สำหรับตรวจวัดอัตราการไหล (Flow Rate) ของของไหล

โดยความสัมพันธ์ของความดันที่ได้กล่าวไปสามารถดูได้จากภาพข้างล่างต่อไปนี้



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความดันในแบบต่างๆ

2.1.3 ความดันในหน่วยต่างๆ

เนื่องจากหน่วยวัดความดันที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้มีความสะดวกในการอ่านค่าความดันในหน่วยอื่นๆ จึงได้มีการสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันในแต่ละหน่วย ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างค่าความดันในหน่วยต่างๆ

Unit	kPa	mmHg	mbar	inH_2O	psi
1 kPa	1.000	7.50062	10.000	4.01475	0.145038
1 mmHg	0.133322	1.000	1.33322	0.535257	0.0193368
1 mbar	0.1000	0.750062	1.000	0.401475	0.0145038
1 inH_2O	0.249081	1.86826	2.49081	1.000	0.0361
1 psi	6.89473	51.7148	68.9473	27.6807	1.000

จากตารางที่ 2.1 จะพบว่าค่าความดันสามารถแสดงอยู่ได้หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสถานะของตัวกลางที่ถูกวัดว่าเป็นชนิดอะไร เช่น ของเหลว ก๊าซ เป็นต้น

2.1.4 เกจวัดความดัน

เกจวัดความดันใช้วัดความดันของๆไหลที่ผ่านเข้ามา แล้วทำการแสดงค่าออกมาที่หน้าปัทม์ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของเกจได้ดังนี้

1) เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

เกจที่ทำหน้าที่วัดค่าความดันของของไหลที่ผ่านเข้ามาภายในเกจ โดยเกจชนิดนี้จะมีทางเข้าเพื่อวัดค่าความดันแค่ทางเดียว ดังรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 เกจวัดความดัน

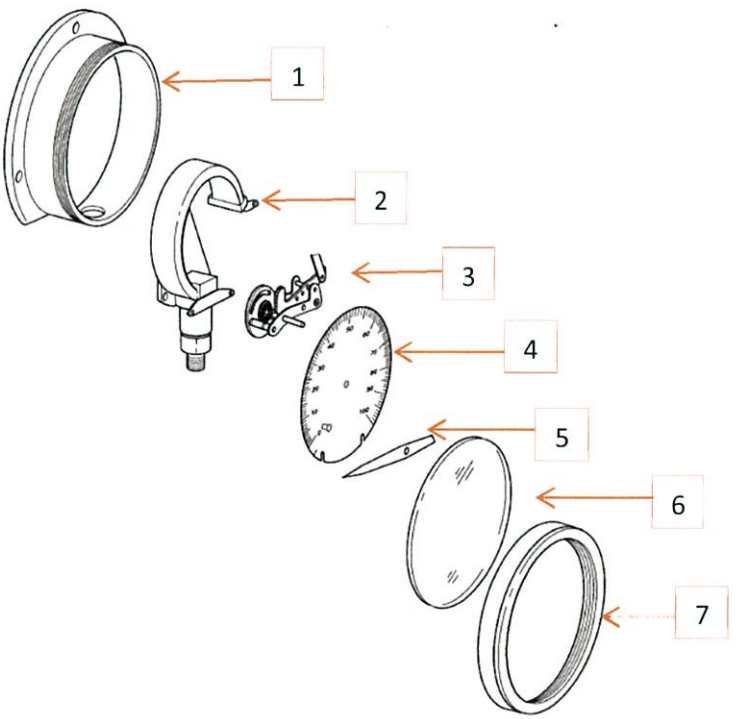
2) เกจวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Gauge)

เกจที่ทำหน้าที่วัดค่าความแตกต่างระหว่างความดัน 2 ค่า ซึ่งสังเกตุได้จากจุดที่ไว้เชื่อมต่อสำหรับการวัดค่าความดันจะมีอยู่สองช่อง ดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 เกจวัดความดันแตกต่าง

2.1.4.1 ส่วนประกอบของเกจวัดความดัน

ปกติแล้วโครงสร้างของเกจวัดความดันจะมีลักษณะที่คล้ายๆกันไม่ว่าผู้ผลิตจะเป็นใครก็ตาม เพื่อให้สอดคล้องกับมาตรฐานของเกจ ซึ่งส่วนประกอบหลักๆที่ต้องมีนั้นได้แสดงเอาไว้ในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของเกจวัดความดัน

จากรูปที่ 2.5 สามารถอธิบายส่วนประกอบแต่ละชิ้นได้ดังนี้

1) Case (เคส): เป็นส่วนที่ใช้บรรจุส่วนประกอบทั้งหมดของเกจ ไม่ว่าจะเป็นทั้งหน้าปัทม์ เข็มชี้ค่า กระจก และส่วนอื่นๆ
2) Pressure Element (ชิ้นส่วนวัดความดัน): เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่แปลงค่าความดันที่เข้ามาให้สามารถแสดงค่าบนหน้าปัทม์ได้ โดยที่รูปนี้เป็นการนำบูร์ดองแบบ C Shape มาแสดงเป็นตัวอย่างประกอบ
3) Link (ตัวเชื่อมต่อ): เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อ Pressure Element เข้ากับ Pointer
4) Dial (หน้าปัทม์): มีไว้แสดงหน่วยของการวัดและสเกลค่าความดัน
5) Pointer (เข็มชี้ค่า): เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ชี้แสดงค่าความดันที่ถูกวัด โดยจะถูกเชื่อมเอาไว้กับ Pressure Element
6) Window (กระจก): เป็นส่วนที่ไว้ใช้ป้องกันหน้าปัทม์ โดยกระจกที่ใช้จะเป็นกระจกที่มีความปลอดภัยสูง
7) Ring (วงแหวน): เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ยึดกระจกกับตัวเคสเข้าไว้ด้วยกัน

2.1.4.2 ชิ้นส่วนวัดความดัน (Pressure Element)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบที่ทำหน้าที่วัดค่าความดันที่ไหลผ่านเข้ามาที่ตัวเกจ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) หลอดบูร์ดอง (Bourdon Tube)

หลอดบูร์ดองมีลักษณะเป็นหลอดที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงรีและงอเป็นส่วนโค้งของวงกลม โดยปลายด้านที่เป็นปลายปิดจะต่อเข้ากับเข็มที่ใช้แสดงค่า ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งที่เป็นปลายเปิดจะใช้ในการรับค่าความดันที่ต้องการวัด

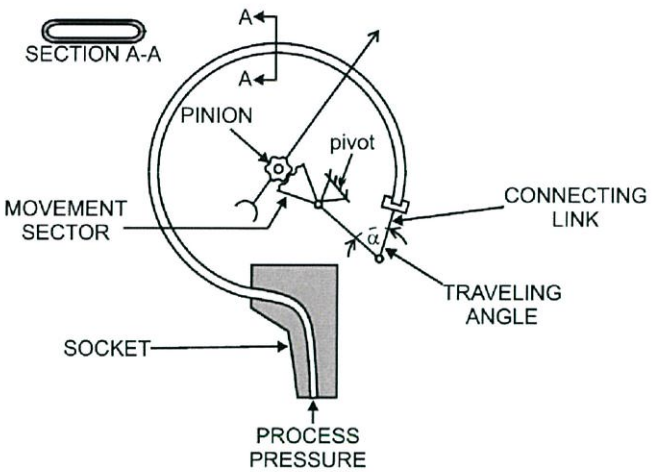
เมื่อต่อความดันที่ต้องการวัดเข้ากับเกจวัดความดัน ความดันจะทำให้หลอดบูร์ดองด้านปลายปิดเกิดการเปลี่ยนรูปไป ผลที่ตามมาคือเกิดความเครียดที่ปลายปิดของหลอดบูร์ดองและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของปลายหลอดเป็นแนวโค้ง ซึ่งการเคลื่อนที่นี้จะสามารถนำไปปรับเทียบเพื่อใช้ในการวัดความดันได้

โดยทั่วไปแล้วหลอดบูร์ดองเหมาะสำหรับนำไปใช้วัดความดันที่มีค่าสูงมากๆ ตั้งแต่ 1 bar ขึ้นไปจนถึงประมาณ 6,800 bar ทั้งนี้สามารถแบ่งโครงสร้างทางกายภาพของหลอดบูร์ดองออกได้เป็นสามรูปแบบดังนี้

- หลอดบูร์ดองรูปตัว C (C Shape)

โครงสร้างจะมีลักษณะเป็นหลอดโลหะยาวที่มีผนังบางๆ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรีและโค้งเป็นรูปตัว C โดยมีรัศมีส่วนโค้งของวงกลมประมาณ 270°C หลอดดังกล่าวนี้จะถูกนำไปต่อเข้ากับ Socket ที่เป็นช่องทางเข้าความดัน ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของจะถูกปิดเอาไว้โดยต่ออยู่กับเฟืองและเข็มชี้ค่า เพื่อ

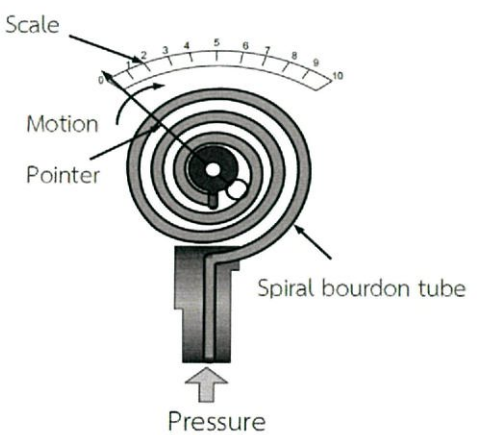
แสดงค่าความดันที่ได้จากการวัด ในขณะที่มีการเคลื่อนที่หรือการเบี่ยงเบนของส่วนปลายนั้นจะขึ้นอยู่กับรัศมีของส่วนโค้งรูปตัว C ความยาวของหลอดทั้งหมด ความหนาของผนังหลอด และดัชนีของการยืดหดตัวของวัสดุ



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองรูปตัว C

- หลอดบูร์ดองแบบก้นหอย (Spiral Shape)

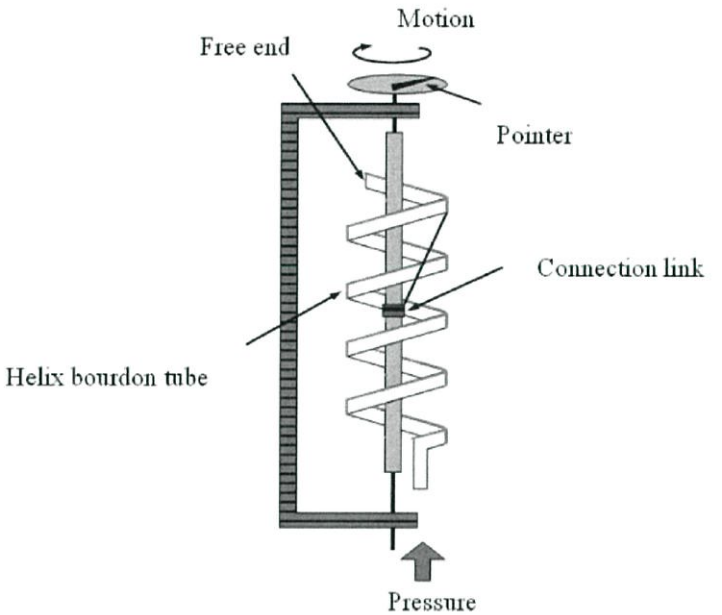
กรณีที่นำหลอดบูร์ดองมาขดเป็นวงคล้ายกับก้นหอยนั้น การวัดความดันจะใช้หลักการเช่นเดียวกับหลอดบูร์ดองรูปตัว C คือเมื่อป้อนความดันเข้าไปภายในหลอดบูร์ดองและความดันที่ป้อนเข้าไปนั้นเริ่มมีค่าสูงมากขึ้น เมื่อเทียบกับความดันบรรยากาศ หลอดบูร์ดองจะเริ่มคลายตัวและดึงเอาเข็มชี้ค่าที่ยึดติดอยู่กับปลายด้านที่ปิดของบูร์ดองเคลื่อนที่ตามไปด้วย ทำให้สามารถอ่านค่าความดันที่อยู่ภายในหลอดบูร์ดองได้ ซึ่งหลอดบูร์ดองแบบก้นหอยจะมีความแม่นยำและเที่ยงตรงมากกว่าหลอดบูร์ดองรูปตัว C



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองแบบก้นหอย

- หลอดบูร์ดองแบบขดซ้อน (Helical Shape)

เป็นหลอดบูร์ดองที่มีโครงสร้างในลักษณะที่ขดอยู่เป็นวงๆหลายๆวงซ้อนกับคล้ายสปริง โดยในแต่ละวงนั้นจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เท่ากันทุกวง หลักการทำงานของบูร์ดองแบบขดซ้อนจะเหมือนกับหลอดบูร์ดองทั้งสองชนิดที่ได้กล่าวมาแล้ว แต่คุณสมบัติเด่นของบูร์ดองแบบขดซ้อนคือมีความไวตอบสนองต่อการวัดที่ดีมากและยังสามารถทนต่อค่าความดันที่สูงๆได้ดีอีกด้วย โดยความสามารถในการทนต่อค่าความดันสูงก็จะขึ้นอยู่กับจำนวนขดของหลอดบูร์ดอง



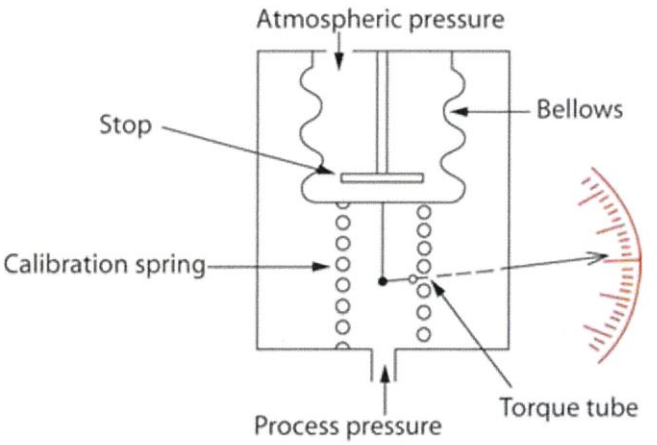
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของหลอดบูร์ดองแบบขดซ้อน

2) เบลโลว์ (Bellow)

เป็นเกจวัดความดันชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางกลด้วยหลักการยืดตัว/โก่งตัวของวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่น เช่นเดียวกับหลอดบูร์ดอง นิยมใช้วัดในย่าน (Range) ความดันต่ำหรือต่ำกว่าบรรยากาศโดยมีค่าความดันสูงสุดประมาณ 1.5 บาร์ โครงสร้างของเบลโลว์มีลักษณะคล้ายลูกฟูก ภายในกลวงสามารถยืดหยุ่นตัวได้ ปลายด้านหนึ่งปิดยึดติดกับเข็มชี้วัดระยะ ปลายอีกด้านหนึ่งเปิดเพื่อเป็นช่องทางเข้าของความดันที่ต้องการวัด ภายในเบลโลว์อาจติดตั้งสปริงหรือตัวหยุดการเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันความเสีย หายจากการรับค่าความดันเกินพิกัด มีหลักการทำงานคล้ายกับเกจวัดความดันชนิดหลอดบูร์ดองนั่นคือ เมื่อเบลโลว์ได้รับความดันจากภายนอกทำให้ความดันภายในสูงขึ้น ส่งผลให้เบลโลว์เกิดการยืดตัวออกในทิศทางเดียวกับทิศทางของความดันที่เข้าไปในเบลโลว์

เบลโลว์เป็นเกจวัดความดันที่มีราคาปานกลาง มีค่าความไวในการวัดสูงกว่าบูร์ดองแบบก้นหอยที่การป้อนค่าความดันเดียวกัน มีความถูกต้อง และเที่ยงตรง มากกว่าหลอดบูร์ดองรูปตัว C เนื่องจากปลาย

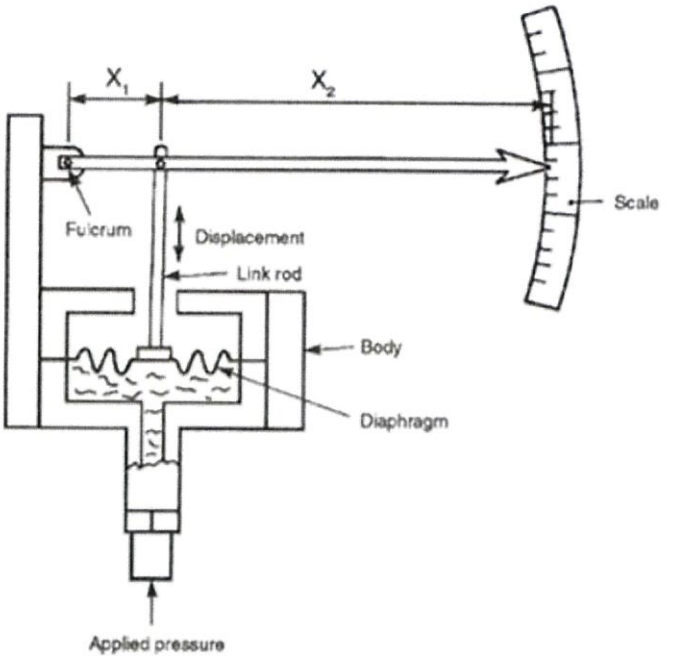
ด้านที่ปิดของเบลโลว์ต่อตรงเข้ากับเข็มชี้ค่าไม่ผ่านชุดเฟืองใด ๆ อย่างไรก็ตาม ในช่วงเริ่มต้นของสเกลจะให้ผลไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นในการเลือกใช้จึงต้องพิจารณาย่านการใช้งานให้ดีโดยหลีกเลี่ยงการใช้งานในช่วงเริ่มต้น



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของเบลโลว์

3) ไดอะแฟรม (Diaphragm)

เป็นอุปกรณ์วัดความดันชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงทางกลด้วยหลักการยืดตัว/โก่งตัวของวัสดุที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่น (เช่นเดียวกับหลอดบูร์ดองและเบลโลว์) นิยมใช้เป็นส่วนประกอบโครงสร้างในเครื่องวัดความดันชนิดอื่น มีลักษณะกลมบางและเรียบแบน (Flat Type) หรือมีลักษณะเป็นลอน (Corrugated Type) บริเวณกึ่งกลางของไดอะแฟรมมีแผ่นโลหะหรือแผ่นวัสดุแข็ง ที่มีลักษณะกลมบางติดอยู่ โดยรูปร่างของแผ่นไดอะแฟรมไม่จำเป็นต้องเป็นรูปวงกลมเสมอไป อาจมีรูปร่างยาวหรือมีรูปร่างตามเครื่องมือวัดที่ใช้ร่วมกัน สามารถออกแบบให้วัดความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ หรือความดันแตกต่างได้ แผ่นไดอะแฟรมเหมาะสำหรับนำไปใช้วัดความดันในย่านต่ำ เมื่อมีความดันมากระทำบนแผ่นไดอะแฟรมจะเกิดการโก่งตัวไปตามทิศทางและขนาดของความดัน



รูปที่ 2.10 โครงสร้างของไดอะแฟรม

2.1.5 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)

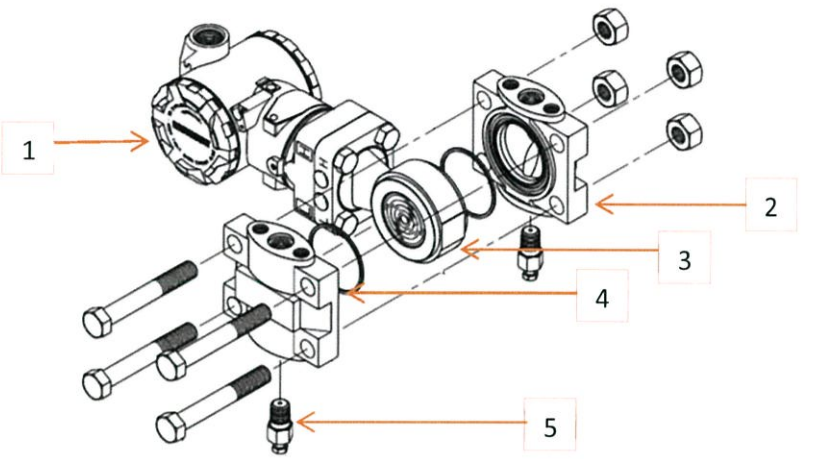
ทรานส์มิตเตอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ทำหน้าที่วัดค่าความดันเช่นเดียวกับเกจวัดความดัน แต่มีหลักการทำงานที่แตกต่างออกไปคือ จะนำค่าความดันที่วัดได้นั้นมาทำการแปลงค่าให้อยู่ในรูปของสัญญาณมาตรฐาน (Standard Signal) แล้วนำค่าที่ได้นั้นส่งไปที่เครื่องควบคุมต่อไป ลักษณะของทรานส์มิตเตอร์เป็นดังรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

เนื้อหาต่อไปนี้จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับทรานส์มิตเตอร์ โดยมีทั้งโครงสร้างพื้นฐานและหลักการใช้งาน

2.1.5.1 ส่วนประกอบของทรานส์มิตเตอร์

ลักษณะและโครงสร้างของทรานส์มิตเตอร์จะแตกต่างกับเกจวัดความดันพอสมควร เพราะว่าจะต้องมีส่วนที่ทำหน้าที่รับค่าความดันเข้ามาแล้วทำการแปลงค่าไปเป็นสัญญาณมาตรฐาน โดยส่วนประกอบ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ส่วนประกอบของทรานส์มิตเตอร์ความดัน

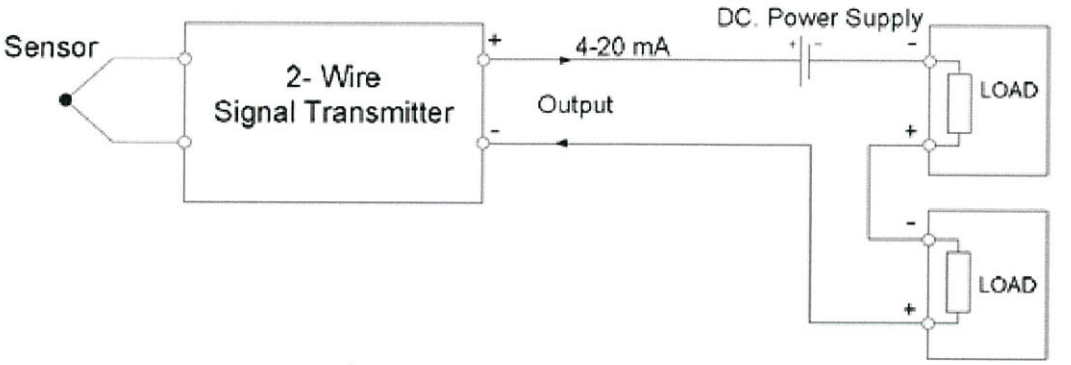
1) Housing: เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่บรรจุชิ้นส่วนที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ เช่น หน้าจอแสดงผล
2) Process Flange: เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อเข้ากับท่อ (Tube) หรือวาล์วหลายทาง (Manifold Valve)
3) Isolating Diaphragm: เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่รับค่าความดัน แล้วทำการส่งถ่ายค่าทั้งหมดไปยังส่วนแปลงผลต่อไป
4) Wetted O-Ring: เป็นส่วนที่มีไว้เพื่อทำการป้องกันการรั่วไหลของของไหลระหว่าง Process Flange และ Isolating Diaphragm
5) Drain / Vent Plug: เป็นส่วนที่มีไว้ระบายของไหลออกไป

2.1.5.2 การใช้งานทรานส์มิตเตอร์

ส่วนนี้เป็นการอธิบายเกี่ยวกับการเชื่อมต่อทรานส์มิตเตอร์เพื่อการนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

1) การต่อทรานส์มิตเตอร์ 2 สาย

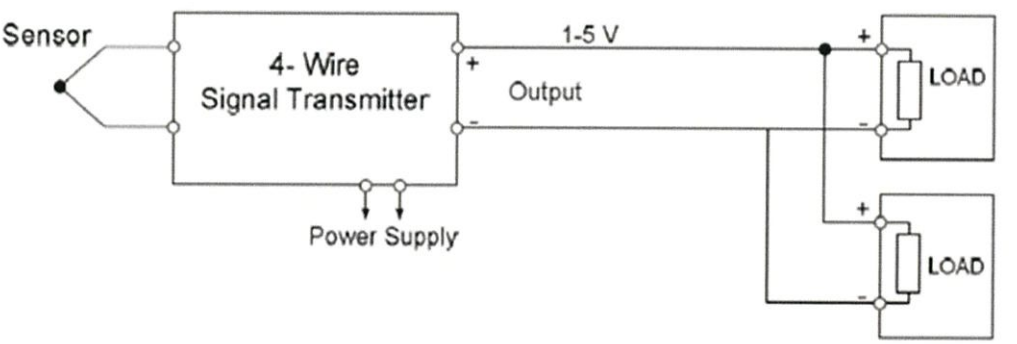
เป็นเครื่องมือวัดแบบ 2 สายโดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอุปกรณ์ประเภทนี้จะถูกจ่ายมาจากลูปกระแส (Loop Powered) ดังนั้นแหล่งจ่ายแรงดันสำหรับอุปกรณ์ประเภทนี้ จะถูกติดตั้งรวมอยู่ที่ชุดรับสัญญาณ เครื่องมือวัดโดยทั่วไปจะใช้มาตรฐานแบบนี้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อกับระบบควบคุม ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การต่อทรานส์มิตเตอร์ 2 สาย

2) การต่อทรานส์มิตเตอร์ 4 สาย

เป็นเครื่องมือวัดแบบ 4 สายโดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ภายในอุปกรณ์ประเภทนี้จะถูกจ่ายมาจากแหล่งจ่ายแรงดันที่แยกออกจากลูปกระแส ดังนั้นจึงต้องการสายเพิ่มอีกหนึ่งคู่ สำหรับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ประเภทนี้ ตัวอย่างเครื่องมือวัดแบบนี้ เช่น Magnetic Flow Meter, Coriolis Flow Meter เป็นต้น ดังรูปที่ 2.14

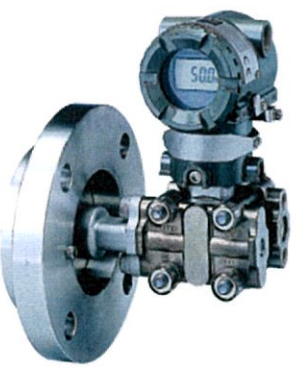


รูปที่ 2.14 การต่อทรานส์มิตเตอร์ 4 สาย

2.1.6 ไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal)

ไดอะแฟรมซีลเป็นชิ้นส่วนที่มีไว้เพื่อป้องกันของไหลไม่ให้ไหลเข้าไปที่เกจหรือทรานส์มิตเตอร์ เพราะของไหลที่ต้องการวัดค่าอาจจะมีความร้อนหรือความดันที่มากเกินกว่าพิกัดที่เกจหรือทรานส์มิตตอร์จะรับได้ ลักษณะการติดตั้งไดอะแฟรมซีลเข้ากับเครื่องมือวัดนั้นก็จะติดตั้งไว้ที่ทางเข้าของของไหลที่ โดยลักษณะของไดอะแฟรมซีลที่มาพร้อมกับเครื่องมือวัดเป็นดังรูปที่ 2.15

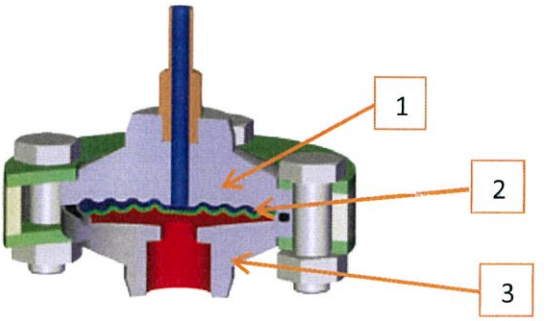
รูปที่ 2.15 ลักษณะของเกจวัดความดันที่ติดตั้งมาพร้อมไดอะแฟรมซีล



รูปที่ 2.16 ลักษณะของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งมาพร้อมไดอะแฟรมซีล

2.1.6.1 ส่วนประกอบของไดอะแฟรมซีล

โครงสร้างของไดอะแฟรมซีลได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ลักษณะของโครงสร้างไดอะแฟรมซีล

จากรูปที่ 2.17 สามารถอธิบายส่วนประกอบต่างๆตามตัวเลขได้ดังนี้

1) Upper Housing: เป็นส่วนที่จะเชื่อมต่อไปยังเกจหรือทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ไม่ได้สัมผัสกับของไหลที่จะทำการวัด
2) Diaphragm: เป็นส่วนที่ทำหน้าที่กันของไหลที่จะเข้าไปสู่เกจหรือทรานส์มิตเตอร์
3) Lower Housing: เป็นส่วนที่จะเชื่อมต่อเข้ากับท่อในกระบวนการ ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สัมผัสกับของไหลโดยตรง

2.1.6.2 หลักการพิจารณาการติดตั้งตัวไดอะแฟรมซีล

ลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะการไหลของไหลดังที่จะกล่าวต่อไปนี้ อาจจะต้องมีการกำหนดรูปแบบการติดตั้งเป็นแบบไดอะแฟรมซีล

1) ของไหลที่มีคุณสมบัติทางกายภาพเป็นแก๊สหรือของไหล
2) ของไหลเหล่านั้นมีส่วนผสมเป็นของแข็ง
3) ของไหลในกระบวนการอยู่ในสภาวะหลอมละลายหรือสภาวะเยือกแข็ง
4) ของไหลเหล่านั้นได้รับผลกระทบจากสภาวะแวดล้อมในกระบวนการ และส่งผลถึงค่าความหนืดในของไหล
5) ของไหลอาจจะมีค่าอุณหภูมิที่สูงมากหรือน้อยมาก
6) ของไหลอาจจะอยู่ในกระบวนการที่มีค่าความดันสูงมากหรือต่ำมาก
7) มีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการทำความสะอาดท่อในกระบวนการ

โดยทั้งหมดนี้ถือเป็นเหตุผลสำคัญในการที่จะเลือกไดอะแฟรมซีลมาทำการติดตั้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมาก เพราะอาจจะส่งผลเสียต่อเครื่องมือวัดได้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.1.6.3 การพิจารณาเรื่องวัสดุที่จะใช้ทำไดอะแฟรมซีล

ในส่วนนี้เป็นการพิจารณาเรื่องการนำวัสดุมาทำเป็นไดอะแฟรมซีล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) วัสดุที่จะนำมาใช้เป็นตัวไดอะแฟรมนั้น จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีและลักษณะทางกายภาพของของไหลที่ทำการวัด
2) ความเสียหายใหญ่ๆของไดอะแฟรมซีลจะเกิดจากการเลือกวัสดุที่ไม่เหมาะสม ซึ่งข้อกำหนดโดยทั่วไป วัสดุที่ใช้ทำส่วนของทางเดินท่อ แท้งค์ และองค์ประกอบอื่นๆจะใช้วัสดุที่เหมือนกัน
3) วัสดุที่เป็นพลาสติก เช่น พีวีซี (PVC) เทฟลอน (Teflon) จะใช้สำหรับ Lower Housing แต่วัสดุเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของความดันและอุณหภูมิที่ทนได้

2.1.7 อุปกรณ์เสริม (Accessories)

เป็นการกล่าวถึงอุปกรณ์ที่จะเข้ามาช่วยให้ทั้งเกจและทรานส์มิตเตอร์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยมากขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีดังต่อไปนี้

2.1.7.1 วาล์วหลายทาง (Manifold Valve)

วาล์วหลายทางเป็นอุปกรณ์เสริมซึ่งจะถูกติดตั้งไว้ที่เกจหรือทรานส์มิตเตอร์ ลักษณะการติดตั้งจะเป็นการติดไว้ที่ทางเข้าของของไหลที่จะถูกวัดค่า ประโยชน์ของวาล์วหลายทางมีหลายประการ เช่น สามารถป้องกันและระบายของไหลที่จะเข้าสู่เครื่องมือวัดได้ หรือแม้แต่สามารถทำการปรับค่าศูนย์ (Zero Span) ได้ โดยลักษณะของวาล์วหลายทางก็มีอยู่หลากหลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

1) วาล์วสองทาง (2 Way Manifold Valve)

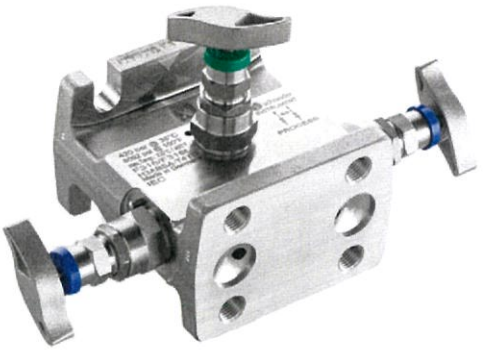
มีวาล์วที่สามารถป้องกันหรือระบายของไหลอยู่ 2 ตัว โดยวาล์วตัวหนึ่งทำหน้าที่ป้องกันของไหลไหลเข้าตัวเครื่องมือวัดความดัน ซึ่งส่วนใหญ่จะเรียกว่า Isolate Valve แล้ววาล์วอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ระบายของไหลออกไปซึ่งเรียกว่า Vent Valve ลักษณะของเครื่องมือวัดความดันที่สามารถใช้ได้กับวาล์วสองทางนี้จะเป็นเครื่องมือวัดประเภทเกจวัดความดันหรือมีช่องให้ของไหลเข้าได้ทางเดียว

รูปที่ 2.18 ลักษณะของ 2 Way Manifold Valve

148597

2) วาล์วสามทาง (3 Way Manifold Valve)

เป็นวาล์วที่เหมาะกับเกจหรือทรานส์มิตเตอร์ที่วัดค่าความดันแตกต่าง (มีช่องให้ความดันไหลเข้าได้ 2 ทาง) ลักษณะเด่นของวาล์วหลายทางแบบนี้จะเป็นการเพิ่มวาล์วเข้ามาอีกหนึ่งตัวคือ Equalized Valve โดยเป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ปรับค่าความดันระหว่างฝั่งความดันสูง (High Pressure) และฝั่งความดันต่ำ (Low Pressure) ให้มีค่าเท่ากัน ส่วนใหญ่แล้ว 3 Way Manifold Valve จะประกอบไปด้วย Isolate valve 2 ตัว และ Equalized Valve 1 ตัว ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 ลักษณะของ 3 Way Manifold Valve

3) วาล์วห้าทาง (5 Way Manifold Valve)

เป็นวาล์วที่มีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกับ 3 Way Manifold Valve แต่แตกต่างกันที่มีการเพิ่มวาล์วเข้ามาอีก 2 ตัว โดยส่วนใหญ่จะเป็นการเพิ่ม Vent Valve เข้ามา ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.20

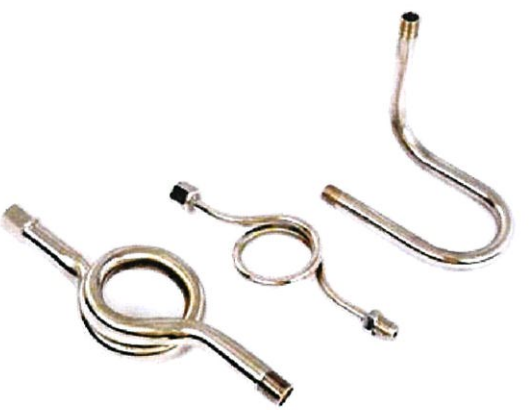
รูปที่ 2.20 ลักษณะของ 5 Way Manifold Valve

โดยลักษณะการใช้งานก็จะนำมาติดตั้งเข้ากับจุดเชื่อมต่อของเครื่องมือวัดความดัน ดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 2.21 การนำวาล์วหลายทางมาติดตั้งกับทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

2.1.7.2 ไซฟอน (Siphon)

เป็นอุปกรณ์เสริมที่มีไว้ช่วยลดค่าอุณหภูมิของไหลที่จะไหลเข้าไปที่เกจหรือทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งลักษณะก็จะเป็นท่อขนาดเล็กๆ มาทำการขดไว้หลายๆรอบ หรืออาจจะเป็นแบบนำท่อมาดัดเป็นรูปตัว U ก็ได้ ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 ลักษณะของไซฟอนในแบบต่างๆ

การนำไซฟอนมาใช้งานร่วมกับเกจวัดความดันนั้น สามารถนำไซฟอนมาติดตั้งไว้ที่จุดเชื่อมต่อของเครื่องมือวัดโดยตรง ดังรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.23 การนำไซฟอนมาติดตั้งกับเกจวัดความดัน

2.1.7.3 ท่อแคพิลลารี่ (Capillary Tube)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในกรณีที่ต้องการติดตั้งเกจหรือทรานส์มิตเตอร์ในระยะไกล โดยส่วนใหญ่จะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีลักษณะเป็นสายโยงจากเกจไปยังไดอะแฟรมซีล ทั้งนี้แคพิลารี่ยังสามารถใช้ในกรณีที่ของไหลมีค่าอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง (เพื่อลดค่าอุณหภูมิของของไหล)

รูปที่ 2.24 ท่อแคพิลลารี่

การนำท่อแคพิลารี่มาใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดนั้น ส่วนใหญ่แล้วจะนำท่อแคพพิลลารี่มาเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัดความดันกับไดอะแฟรมซีล ดังรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.25 การนำท่อแคพิลลารีมาติดตั้งกับเกจวัดความดัน

2.1.8 การติดตั้งเครื่องมือวัดความดัน

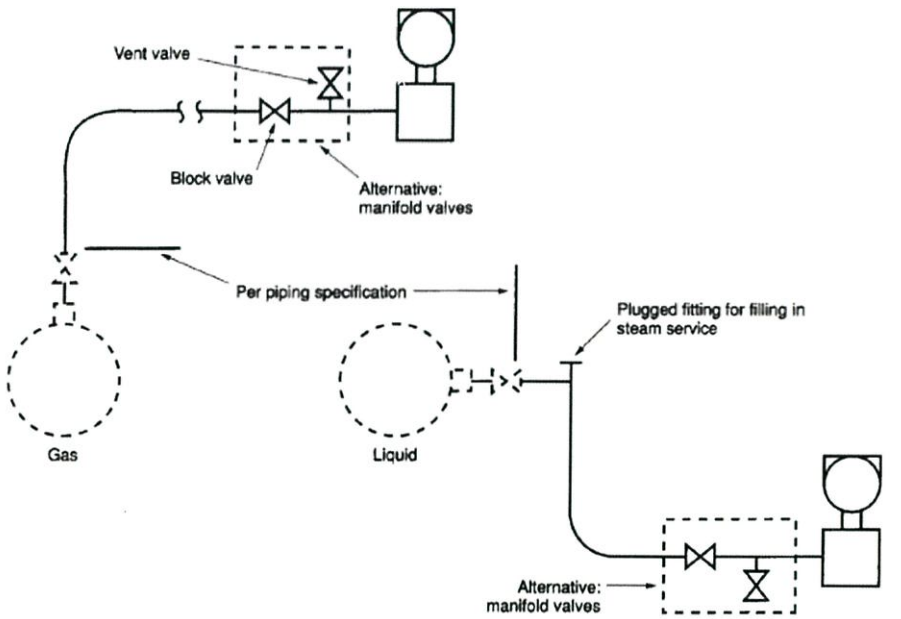
หลังจากที่ได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบต่างๆของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแล้ว ต่อมาจะอธิบายถึงวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดชนิดนี้ โดยสามารถแบ่งรูปแบบการติดตั้งได้ดังนี้

2.1.8.1 การติดตั้งแบบไม่มีไดอะแฟรมซีล

สามารถแบ่งประเภทของการติดตั้งได้ดังนี้

1) การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์

การติดตั้งจะเป็นการนำท่อ (Tube) ติดเอาไว้ที่บริเวณจุดวัดค่า ทั้งนี้ท่อนั้นจะต้องมีความยาวพอสมควรเพื่อไม่ให้ทรานส์มิตเตอร์สัมผัสโดยตรงกับบริเวณจุดวัดค่า ซึ่งจะเรียกการติดตั้งแบบนี้ว่า "Impulse Line" โดยวิธีนี้ได้รับความนิยมอย่างมากไม่ว่าจะเป็นในงานอุตสาหกรรมแบบไหน ลักษณะการติดตั้งเป็นไปตามรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์แบบ Impulse Line ในลักษณะต่างๆ

สำหรับการติดตั้งแบบ Impulse Line เพื่อให้เครื่องมือวัดสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดต่างๆ ซึ่งได้กำหนดเอาไว้ดังนี้

ก. ท่อที่ต่อยื่นออกมาจะต้องมีขนาดสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ข. สำหรับทรานส์มิตเตอร์ขนาดใหญ่จะต้องมีส่วนประกอบที่ทำหน้าที่รองรับทรานส์มิตเตอร์

ค. ไม่ควรติดจุดวัดค่าไว้ที่จุดต่ำสุดของท่อเพราะอาจจะมีตะกอนเข้าไปสะสมได้

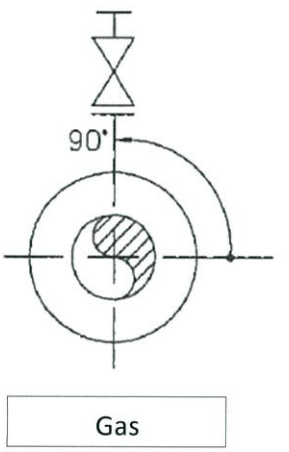
ง. ทรานส์มิตเตอร์ที่ทำการวัดของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลวหรือไอน้ำที่ควบแน่นได้ควรมีการระบายลมได้เองเพื่อป้องกันก๊าซที่อาจจะยังหลงเหลืออยู่ในเครื่องมือวัด

จ. ทรานส์มิตเตอร์ที่ทำการวัดของไหลที่เป็นก๊าซควรมีการระบายของเหลวได้เอง เพื่อป้องกันของเหลวที่อาจจะยังหลงเหลืออยู่ในเครื่องมือวัด

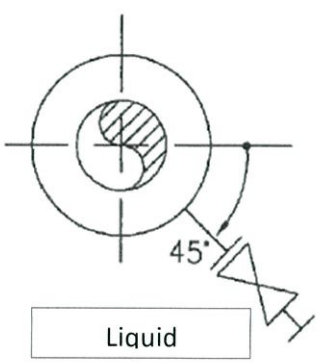
ฉ. การติดตั้งจะต้องป้องกันทรานส์มิตเตอร์จากอุณหภูมิของกระบวนการและอุณหภูมิจากสภาพแวดล้อม ถ้าอุณหภูมิของของไหลนั้นมีค่าเกินกว่าที่ทรานส์มิตเตอร์จะทนได้ จำเป็นจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดต่อไปนี้ เพื่อทำให้แน่ใจว่าค่าอุณหภูมิที่อยู่รอบล้อมทรานส์มิตเตอร์นั้นอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

1. จะต้องมีขนาดความยาวของท่อที่ไม่หุ้มฉนวนที่เพียงพอ เพื่อที่จะได้สามารถนำท่อนั้นมาทำให้มีความลาดขันขึ้นหรือลาดชันลงตามสถานะของไหล
2. เมื่อจะทำการล้างท่อโดยการฉีดของไหลล้างในท่อนั้น ท่อจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพียงพอเพื่อให้เกิดแรงเสียดทานที่น้อยที่สุด
3. ใช้ไดอะแฟรมซีลและท่อแคพพิลลารี่ในการส่งผ่านค่าความดันไปยังทรานส์มิตเตอร์

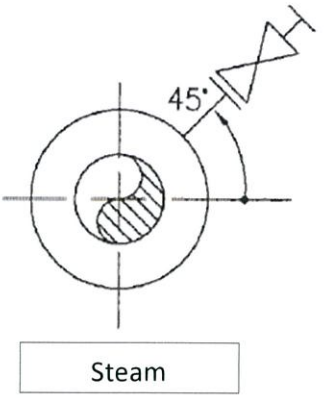
โดยลักษณะของท่อที่ยื่นออกมาจะมีการทำให้มีลาดชันขึ้นหรือลงตามสถานะของของไหลที่ทำการวัดค่า ซึ่งแบ่งได้ดังนี้



รูปที่ 2.27 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นก๊าซ



รูปที่ 2.28 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นของเหลว



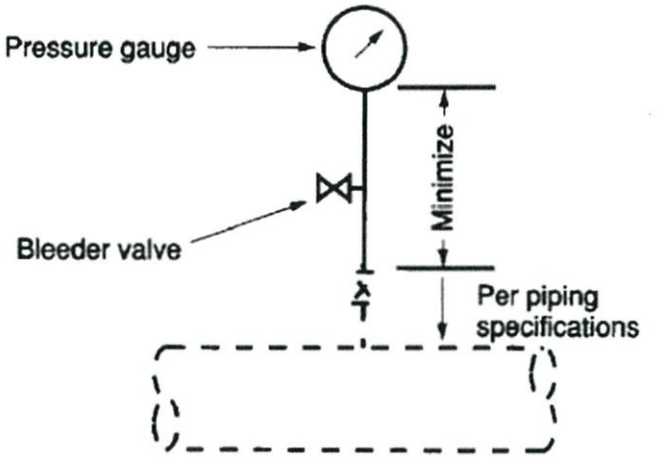
รูปที่ 2.29 Impulse Line สำหรับของไหลมีสถานะเป็นของไอน้ำ

ทั้งนี้การเมื่อเลือกที่จะติดตั้งแบบ Impulse Line แล้ว สิ่งที่มาพร้อมกับการติดตั้งแบบนี้จะเป็นการติดตั้งแบบ Mounting Bracket ลักษณะการติดตั้งแบบนี้เป็นการนำทรานส์มิตเตอร์ยึดเข้ากับเหล็กฉาก แล้วนำเหล็กฉากนั้นยึดเข้ากับเสาค้ำ (Stanchion) โดยมีเหล็กรูปตัว U ทำหน้าที่ยึดเหล็กฉากกับเสาค้ำเข้าไว้ด้วยกัน

รูปที่ 2.30 การ Mounting Bracket ทรานส์มิตเตอร์ในลักษณะต่างๆ

2) การติดตั้งเกจวัดความดัน

ส่วนใหญ่จะนิยมนำเกจวัดความดันไปติดตั้งไว้ที่บริเวณจุดวัดโดยตรง และจะไม่มีการใช้ท่อเพื่อเพิ่มระยะการติดตั้งเหมือนแบบ Impulse Line แต่ระหว่างเกจวัดความดันกับจุดวัดค่าอาจจะมีการติดตั้งอุปกรณ์เสริม อย่างเช่น วาล์วหลายทางหรือไซฟอน เพื่อทำให้การวัดค่าสามารถทำได้สะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น ซึ่งลักษณะการติดตั้งได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.31



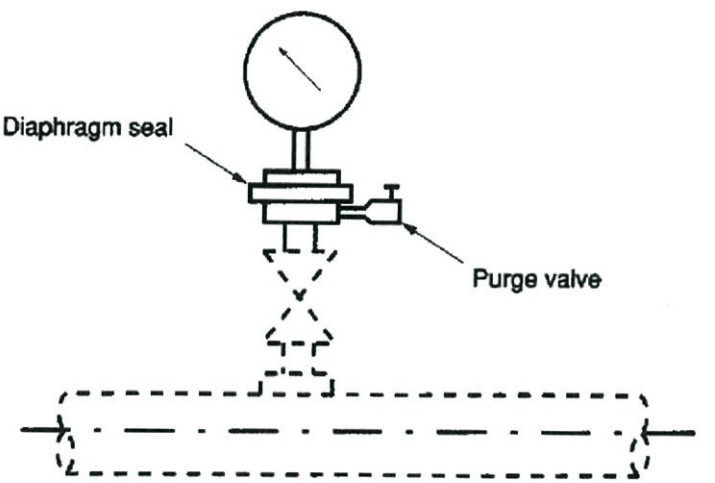
รูปที่ 2.31 การติดตั้งเกจวัดความดันแบบโดยตรง

2.1.8.2 การติดตั้งเครื่องมือวัดความดัน (มีไดอะแฟรมซีล)

เป็นการใช้ไดอะแฟรมซีลติดตั้งไปพร้อมกับเครื่องมือ ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการติดตั้งได้ดังนี้

1) แบบระยะใกล้

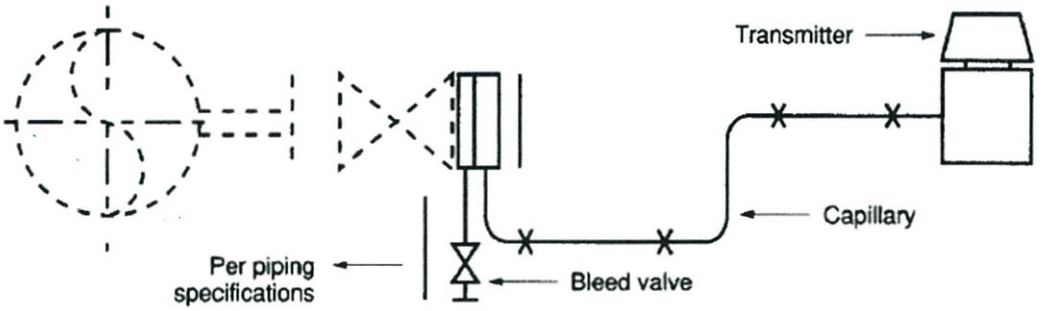
การติดตั้งลักษณะนี้จะเป็นการนำเครื่องมือวัดที่มีไดอะแฟรมติดตั้งไปที่บริเวณหน้าแปลน หรือชิ้นส่วนอื่นๆที่สามารถนำมาเชื่อมต่อได้ ซึ่งเป็นหน้าที่ของทางแผนก Piping ลักษณะการติดตั้งเป็นไปตามรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 การติดตั้งไดอะแฟรมซีลแบบระยะใกล้

2) แบบระยะไกล

การติดตั้งลักษณะนี้จะเป็นการนำท่อแคพิลลารี่มาเชื่อมต่อระหว่างไดอะแฟรมซีลและเครื่องมือวัด ซึ่งลักษณะการติดตั้งเป็นไปตามรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 การติดตั้งไดอะแฟรมซีลแบบระยะไกล

2.2 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument)

ในอุตสาหกรรมต่างๆล้วนแต่ต้องมีการวัดอุณหภูมิทั้งสิ้น เพราะว่าอุณหภูมิเป็นตัวแปรที่อาจส่งผลต่อกระบวนได้ไม่น้อยไปกว่าความดัน ซึ่งถ้าไม่มีการวัดอุณหภูมิหรือการควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม ก็จะส่งผลให้เกิดความอันตรายต่อกระบวนการนั้นๆได้ ทั้งนี้ค่าอุณหภูมิก็สามารถถูกแสดงออกมาได้หลากหลายรูปแบบเช่นเดียวกันความดัน ดังนั้นการที่จะรู้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของอุณหภูมินั้นมีความสำคัญอย่างมาก

2.2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิ คือ การแสดงค่าความร้อนของสารใดๆไม่ว่าจะเป็นทั้งของเหลว ของแข็ง ก๊าซ ในรูปของหน่วยใดหน่วยหนึ่ง

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิในหน่วยต่างๆ

จากที่ได้กล่าวไปข้างต้นว่าค่าอุณหภูมินั้นสามารถแสดงออกมาได้หลากหลายรูปแบบ ดังสมการที่ (2.3) ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{R}{4} = \frac{K-273}{5} \qquad (2.3)$$

และ $K = C + 273$

โดยที่ C คือหน่วยขององศาเซลเซียส

F คือหน่วยขององศาฟาเรนไฮท์

R คือหน่วยขององศาโรเมอร์

K คือหน่วยของเคลวิน

เมื่อพบว่าอุณหภูมิสามารถแสดงค่าออกมาได้หลากหลายรูปแบบ ต่อมาแสดงความละเอียดของหน่วยอุณหภูมิแต่ละตัวว่าในแต่ละหน่วยนั้นจะมีค่าจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำเท่าไหร่บ้าง ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ค่าจุดเยือกแข็งและจุดเดือดน้ำในหน่วยอุณหภูมิต่างๆ

	จุดเยือกแข็ง	จุดเดือดน้ำ
องศาเซลเซียส	0	100
องศาฟาเรนไฮท์	32	212
องศาโรเมอร์	0	80
เคลวิน	273	373

จากตารางที่ 2.2 จะพบว่าแต่ละหน่วยจะมีค่าจุดเยือกแข็งและจุดเดือดน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความเข้าใจในเรื่องนี้เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการวัดค่า

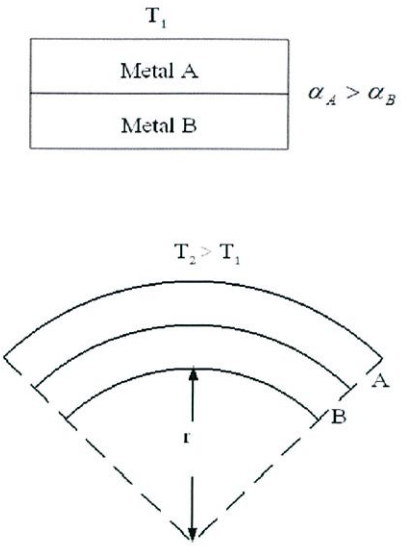
2.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Temperature Instrument)

ในส่วนนี้จะเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการวัดพื้นฐานของเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ได้ศึกษามา โดยสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้

2.2.3.1 เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่ (Bi-Metal Thermometer)

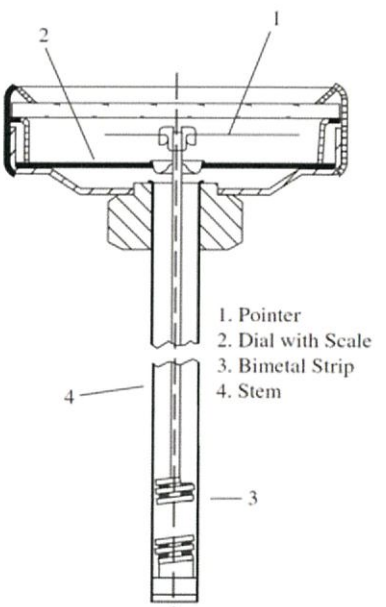
เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงทางกล ประกอบด้วยแถบโลหะสองชนิด เช่น ชนิด A และ B ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวจากความร้อนไม่เท่ากัน (αA และ αB) นำมาทาบติดกันสนิท เมื่อได้รับความร้อนโลหะทั้งสองเกิดการขยายตัวอย่างไม่เท่ากัน ทำให้แถบโลหะเกิดการโก่งตัว โดยทั่วไปเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดนี้มีย่านอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง -75 ถึง 550 องศาเซลเซียส โดยลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่เป็นไปตามรูปที่ 2.34

รูปที่ 2.34 ลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่



รูปที่ 2.35 หลักการทำงานของแถบโลหะคู่

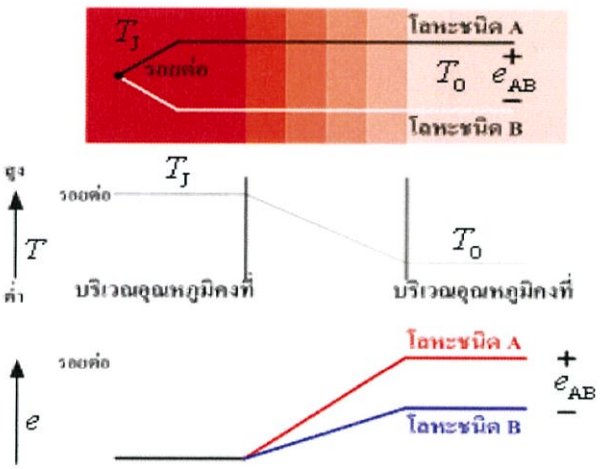
การนำแถบโลหะคู่มาใช้ในเกจวัดค่าความอุณหภูมิจะนำมาแถบโลหะคู่มาติดตั้งไว้ที่แกนเพลา เมื่อเกิดการขยายตัวจากความร้อนจะทำให้เพลาที่ติดกับแถบโลหะคู่สามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ (มีเข็มชี้ค่าติดอยู่) แล้วหลังจากนั้นเข็มชี้ค่าก็จะแสดงค่าอุณหภูมิที่ถูกวัด



รูปที่ 2.36 โครงสร้างของแถบโลหะคู่ที่ใช้งานร่วมกับเทอร์โมมิเตอร์

2.2.3.2 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิลสร้างจากการเชื่อมปลายด้านหนึ่งของวัสดุนำความร้อนที่ต่างกัน 2 ชนิด (โลหะ A และ B) จะได้รอยต่อที่เรียกว่ารอยต่อวัด (Measuring Junction) หรืออาจเรียกรอยต่อร้อน (Hot Junction) โดยจุดเชื่อมต่อนี้จะเป็นส่วนที่นำไปสัมผัสกับอุณหภูมิที่จะวัด ซึ่งรอยต่อดังกล่าวนี้ " ไม่ได้มีหน้าที่วัดอะไรเลย" เป็นเพียงส่วนที่เชื่อมต่อกับจุดวัดความร้อนและบริเวณที่ศักย์ไฟฟ้าระหว่างวัสดุทั้งสองเท่ากับศูนย์



รูปที่ 2.37 แสดงหลักการทำงานของเทอร์โมคัปเปิล

ซึ่งรอยต่อนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive Force : e_{AB}) ที่ปลายปิด สำหรับการเกิดแรงดัน e_{AB} ที่ปลายของเทอร์โมคัพเปิ้ลอธิยาบได้ว่า เมื่อนำรอยต่อของเทอร์โมคัพเปิ้ลไปสัมผัสบริเวณที่จะวัดอุณหภูมิ โดยสมมุติให้เป็นบริเวณที่อุณหภูมิสูงและปลายเปิดเทอร์คัพเปิ้ลอยู่ในบริเวณที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า ดังนั้นเราสามารถแบ่งบริเวณความแตกต่างของอุณภูมิออกเป็น 3 โซน คือ โซนอุณหภูมิสูงที่บริเวณรอยต่อ โซนที่อุณหภูมิมีค่าลดลงตามความยาวของเส้นลวดตัวนำความร้อนและโซนอุณหภูมิต่ำหรือมักจะเป็นอุณหภูมิห้องนั่นเอง โดยแรงดัน e_{AB} ที่ปลายเปิดของเทอร์โมคัพเปิ้ลเกิดจากปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิและชนิดของวัสดุตัวนำ เทอร์โมคัพเปิ้ลจึงเป็นการประยุกต์ใช้ปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก ซึ่งไม่มีกระแสไหลภายในตัวนำ เนื่องจากเป็นการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้วยโวลต์มิเตอร์ที่มีค่าความต้านทานอินพุท (Input Resistance) สูงมาก

ซึ่งปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริกนั้นผู้ค้นพบก็คือ Thomas Johann Seebeck เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ได้ทำการทดลองในปี ค.ศ. 1821 เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้ากับความร้อน ด้วยการนำโลหะต่างกัน 2 ชนิดต่อเข้าด้วยกัน ก็จะได้รอยต่อ 2 รอยต่อ ต่อมาเมื่อทำให้อุณหภูมิที่รอยต่อทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซีเบ็คก็พบว่ามีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นโดยรอบของตัวนำทั้งสอง โดยดูจากการเบี่ยงเบนของเข็มวัดสนามแม่เหล็ก ซึ่งสาเหตุก็เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้านั่นเอง

สำหรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (Seebeck Coefficient, หน่วยเป็นไมโครโวลต์ต่อเคลวิล : μV/K หรือ μV/°C) โดยมีค่าดังนี้

$$e_A = \int S_A\,(T)dT \tag{2.4}$$

เมื่อ e_A คือแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองของวัสดุ A การคำนวณจะอาศัยค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของวัสดุ A ($S_A(t)$) มีค่าขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุและอุณหภูมิ เช่นวัสดุอลูมิเนียม (Al) มีค่า S_{Al} = -1.6 μV/K ที่อุณหภูมิ 0°C แต่มี S_{Al} = -1.8 μV/K ที่อุณหภูมิ 27°C

ดังนั้นค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้ารูปที่ 2.37 แสดงได้ว่า

$$e_{AB} = \int_{T_0}^{T_J} S_A dT + \int_{T_J}^{T_0} S_B dT = \int_{T_0}^{T_J} (S_A - S_B)\,dT = \int_{T_0}^{T_J} S_{AB} dT \tag{2.5}$$

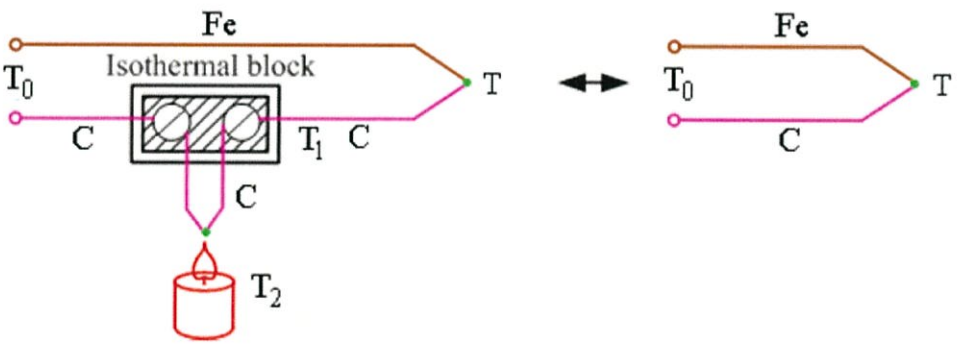
เมื่อ S_A และ S_B คือสัมประสิทธิ์ซีเบ็ค (Seebeck Coefficient) ของวัสดุ A และ B ดังนั้นค่า S_{AB} คือค่าสัมประสิทธิ์ซีเบ็คของวัสดุ A เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุ B นั่นเอง

1) กฎของเทอร์โมคัพเปิ้ล (The Law of Thermocouple)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงกฎต่างๆของเทอร์โมคัปเปิลที่จำเป็นต้องใช้ในการวัดอุณหภูมิ โดยรายละเอียดมีดังนี้

- กฎอุณหภูมิภายใน (The Law of Interior Temperature)

กล่าวว่า แม้จะให้ความร้อนแก่วัสดุชนิดเดียวกันที่อยู่ในบริเวณระหว่างรอยต่อวัดกับปลายปิด ก็จะไม่ส่งผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัพเปิ้ล ดังรูปที่ 2.38



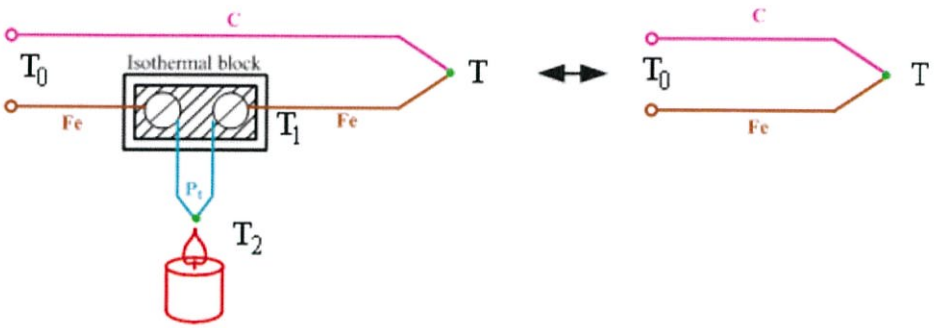
รูปที่ 2.38 หลักการของกฎอุณหภูมิภายใน

สมมุติว่ามีเทอร์โมคัพเปิ้ลที่มีวัสดุดังรูปขวามือ เมื่อเราให้ความร้อนบริเวณหนึ่งที่อยู่ภายในวัสดุชนิดคอนสแทนแทน (C) ดังรูปซ้ายมือ จะไม่ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายเปิดทั้งสองของเทอร์โมคัพเปิ้ลเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด ซึ่งหมายความว่าแรงดันที่ปลายทั้งสองข้างของเทอร์โมคัพเปิ้ลรูปซ้ายมือและ

ขวามือมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากัน และปรากฏการณ์ดังกล่าวยังคงเหมือนเดิม แม้ว่าจะย้ายจากจุดให้ความร้อนไปยังวัสดุเหล็ก (Fe) ก็ตาม ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ สามารถใช้กับเทอร์โมคัพเปิ้ลชนิดใดๆก็ได้ แม้จะไม่มีกล่องคงอุณหภูมิ (Isothermal Block) ก็ตาม

- กฎวัสดุแทรก (The Law of Inserted Material)

กล่าวว่า ถ้าเราแทรกวัสดุเข้าไปภายในส่วนหนึ่งส่วนใดของวัสดุหนึ่ง หากอุณหภูมิบริเวณรอยต่อที่ปลายวัสดุแทรกทั้งสองด้านเท่ากันแล้ว วัสดุแทรกนี้จะไม่มีผลใดๆต่อค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัพเปิ้ล ดังรูปที่ 2.39

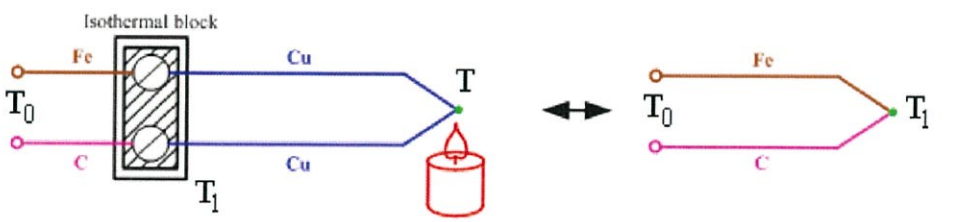


รูปที่ 2.39 หลักการของกฎวัสดุแทรก

สมมุติว่ามีเทอร์โมคัพเปิ้ลที่มีวัสดุดังรูปขวามือ เมื่อเราแทรกวัสดุแพลตินัม (Pt) ลงไปในวัสดุเหล็ก แล้วทำให้อุณหภูมิบริเวณรอยต่อใหม่ทั้งสองระหว่าง Fe-Pt เท่ากันด้วยบล็อกคงอุณหภูมิ ดังรูปซ้ายมือ ดังนั้นไม่ว่าเราจะให้ความร้อนแก่แพลตินัมหรือไม่ก็ตาม (T_2) แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายเปิดของรูปซ้ายมือและรูปขวามือจะมีค่าเท่ากัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ สามารถใช้เทอร์โมคัพเปิ้ลชนิดใดก็ได้

- กฎวัสดุระหว่างกลาง (The law of intermediate materials)

กล่าวว่าหากแทรกวัสดุใดๆเข้าไประหว่างกลางของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมคัพเปิ้ลแล้ว ถ้าอุณหภูมิบริเวณรอยต่อที่ปลายวัสดุแทรกทั้งสองด้านเท่ากันแล้ว วัสดุแทรกนี้จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัพเปิ้ล ดังรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.40 หลักการของกฎวัสดุระหว่างกลาง

สมมุติว่ามีเทอร์โมคัพเปิ้ลที่มีวัสดุดังรูปด้านขวามือ เมื่อเราแทรกวัสดุหนึ่ง ในที่นี้ให้เป็นทองแดง (Cu) เข้าไประหว่างกลางของวัสดุเดิม (Fe, C) ถ้าเราทำให้อุณหูมิบริเวณรอยต่อทั้งสองของรอยต่อใหม่นี้ (Fe, Cu และ C-Cu) เท่ากัน ไม่ว่าเราจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่วัสดุ Cu หรือไม่ก็ตาม แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองของรูปด้านซ้ายมือและขวามือจะมีค่าเท่ากัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวสามารถใช้กับเทอร์โมคัพเปิ้ลชนิดใดก็ได้

2) โครงสร้างของวัสดุที่ใช้ (Material Construction)

โดยปกติวัสดุที่ทำเทอร์โมคัพเปิ้ลจะมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงประมาณ -300 จนไปถึง 3200 °F วัสดุที่ถูกเลือกจะต้องมีการตรวจสอบทั้ง โครงสร้างทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี จุดหลอมเหลว คุณสมบัติความเป็นเทอร์โมอิเล็กทริก และ ราคา แต่ก็ไม่มีเทอร์โมคัพเปิ้ลตัวไหนที่สามารถมีคุณสมบัติตามที่ได้ระบุได้หมด เพียงแต่อยู่ในขอบเขตที่สามารถยอมรับได้สำหรับการใช้งานเท่านั้น โดยแพลตทินัมเป็นวัสดุที่ใช้เป็นตัวอ้างอิงถึงคุณสมบัติของเทอร์โมอิเล็กทริกเมื่อใช้เปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ โดยเนื้อหาต่อไปนี้จะอธิบายเกี่ยวกับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละแบบ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันทั้งวัสดุที่ใช้ รวมไปถึงลักษณะการนำไปใช้งานอีกด้วย

ก. แพลตินัมผสมโรเดียม 10% - แพลตินัม (Type S)

ข้อดีของ Type S

- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง(oxidizing)
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (Inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย
- นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง -50 ถึง 1,700°C

ข้อเสียของ Type S

- ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว

ข. แพลตินัมผสมโรเดียม 13% - แพลตินัม (Type R)

ข้อดีของ Type R

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงกว่าแบบ S
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C
- เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก
- ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี

ส่วนข้อเสียจะมีลักษณะคล้ายแบบ Type S แต่ส่วนเพิ่มเติมคือให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

ค. แพลตินัมโรเดียม 30% - แพลตินัม (Type B)

ข้อดีของ Type B

- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1,600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1,750°C
- แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสภาวะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (Linearity) ดี

ข้อเสีย Type B

- ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับสภาวะที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และ S

ง. ทองแดง – คอนสแตนแตน (Type T)

ข้อดีของ Type T

- ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ เช่น ในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง
- มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิดี
- การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิง รีดิวซิง และงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้ดี

ข้อเสียของ Type T

- เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ
- หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกไซด์มาก
- ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)

จ. เหล็ก – คอนสแตนแตน (Type J)

ข้อดีของ Type J

- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี
- เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C
- นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก

- เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสีย Type J

- วัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T
- ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สาย ซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง

ฉ. โครเมล – อะลูเมล (Type K)

ข้อดีของ Type K

- เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
- สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก –180 °C ถึงประมาณ 1,350 °C
- สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อย(inert) ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ
- สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี

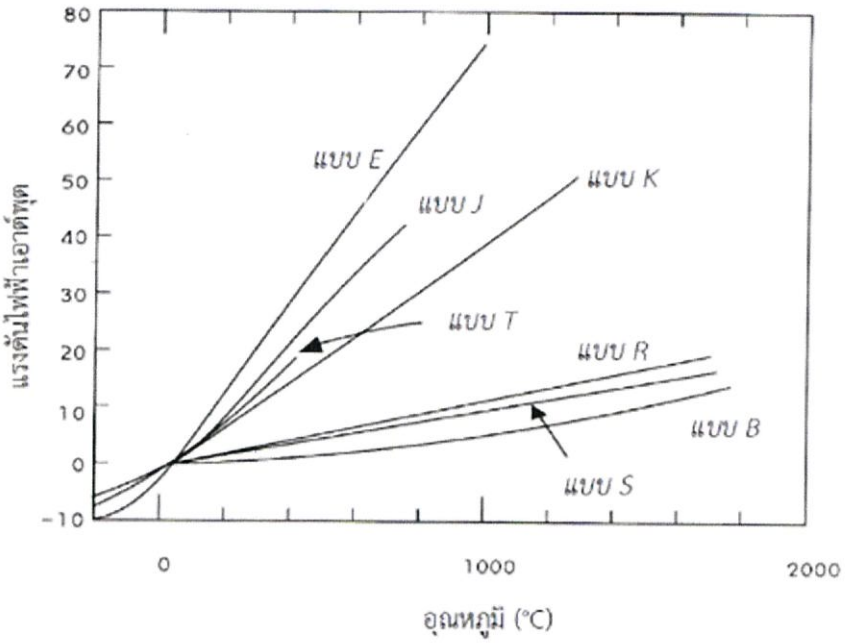
ข้อเสียของ Type K

- ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิง และออกซิไดซิงโดยตรง
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของซัลเฟอร์
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในช่วงเวลาสั้นๆ)

ช. โครเมล – คอนสแตนแตน (Type E)

ข้อดีของ Type E

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสภาวะเดียวกัน
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C
- คุณสมบัติอื่นๆ คล้ายกับแบบ K



รูปที่ 2.41 กราฟแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด

3) สัญลักษณ์สายไฟของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละแบบ

ในการเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลในแต่ละแบบ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้ว่าสายไฟของแต่ละ Type นั้นถูกแสดงไว้ด้วยสีอะไร เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการใช้งาน ซึ่งตารางต่อไปนี้จะเป็นการแสดงสีสายไฟของเทอร์โมคัปเปิลในแต่ละแบบตามมาตรฐาน IEC

ตารางที่ 2.3 ลักษณะสีสายไฟเทอร์โมคัปเปิลแต่ละแบบ

Type	Thermocouple Color Code
S	Insulator – ส้ม (+) – ส้ม (-) – ขาว
R	Insulator – ส้ม (+) – ส้ม (-) – ขาว
B	ไม่ได้กำหนดไว้
T	Insulator – น้ำตาล (+) – น้ำตาล (-) – ขาว

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

Type	Thermocouple Color Code
J	Insulator – ดำ (+) – ดำ (-) – ขาว
K	Insulator – เขียว (+) – เขียว (-) – ขาว
E	Insulator – ม่วง (+) – ม่วง (-) – ขาว

4) การประกอบหัวเทอร์โมคัปเปิลเข้ากับท่อ หรือ Metal Sheath

เนื่องจากเทอร์โมคัปเปิลจะต้องมีจุดต่อ ซึ่งการประกอบปลอกหุ้มกับตัวเทอร์โมคัปเปิลสามารถออกแบบลักษณะจุดต่อของเทอร์โมคัปเปิลกับปลอกหุ้มได้เป็น 3 แบบดังนี้

- แบบ Grounded

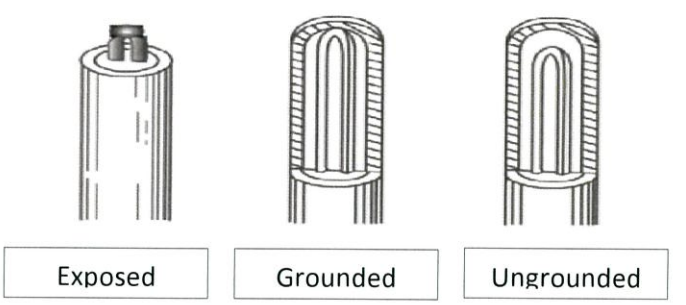
เทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะมีจุดต่อระหว่างโลหะสองชนิดสัมผัสอยู่กับเปลือกหุ้มเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะมีผลดีในการส่งผ่านความร้อนจากภายนอกมายังปลอกหุ้มและส่งผ่านต่อมายังสายเทอร์โมคัปเปิล

- แบบ Ungrounded

เทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะมีจุดต่อระหว่างโลหะสองชนิดไม่สัมผัสกับเปลือกหุ้มเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะทำให้มีความเร็วในการตอบสนองช้ากว่าแบบแรก

- แบบ Exposed

เทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ จะมีจุดต่อระหว่างโลหะสองชนิดโผล่พ้นออกมานอกเปลือกหุ้มเทอร์โมคัปเปิล ซึ่งจะมีผลการตอบสนองดีกว่าทั้งสอง แต่จะมีข้อเสียคือเกิดความเสียหายต่อสายเทอร์โมคัปเปิลได้ง่ายกว่าทั้งสองแบบ



รูปที่ 2.42 ประเภทของจุดต่อลักษณะต่างๆ

2.2.3.3 อาร์ทีดี (RTD, Resistance Temperature Detector)

เป็นเครื่องมือวัดใช้การเปลี่ยนแปลงลักษณะคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานภายในของวัสดุตามค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปและลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปนั้นจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิหมายถึง ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความต้านทานภายในของ RTD ก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย นั่นคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิเป็นบวก (Positive Temperature Coefficient) โดยทั่วไป RTD จะนิยมทำมาจากแพลทินัม (Platinum) เนื่องจากแพลทินัมมีความเที่ยงตรงและมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุด และแพลทินัมที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือชนิด PT100 โดยที่เลข 100 หมายถึง ที่อุณหภูมิ 0°C ค่าความต้านทานภายในของ RTD จะมีเท่ากับ 100Ω ทั้งนี้รายละเอียดของเนื้อหามีดังต่อไปนี้

1) ค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ (Temperature Coefficient)

ค่า α เป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ตัวอย่างเช่น อาร์ทีดีตัวหนึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ที่ 0.00385 Ω/Ω/°C หมายความว่าเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน แปลงไป 1°C ก็จะทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไป 0.00385 Ω โดยสามารถหาค่า α ได้จากสมการที่ (2.6)

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 \times t} \tag{2.6}$$

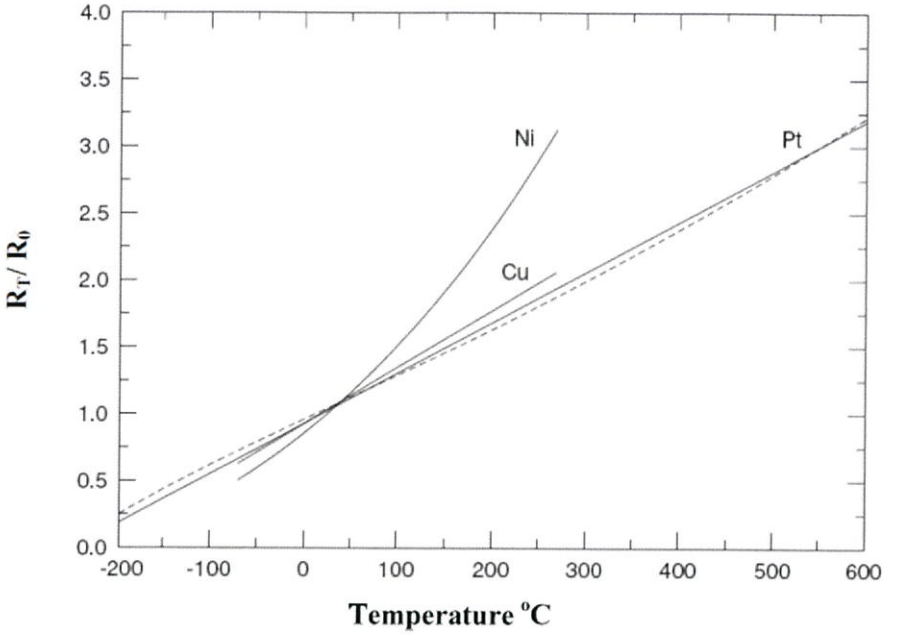
เมื่อ α คือค่าสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิของ RTD Ω/Ω/°C

R_{100} คือค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิ 100°C (Ω)

R_0 คือค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิ 0°C (Ω)

t คือค่าอุณหภูมิใดๆ (°C)

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิของวัสดุที่ทำมาจากทองแดง นิกเกิล และแพลตินัม มีค่าประมาณ 0.00427 $(°C)^{-1}$, 0.00672 $(°C)^{-1}$และ 0.00366 $(°C)^{-1}$ ตามลำดับ โดยค่าความต้านทานที่แท้จริงของวัสดุทั้งสาม จะแสดงในรูปที่ 2.40



รูปที่ 2.43 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิ

จากรูปที่ 2.40 จะเห็นว่าความชันของกราฟจะบอกถึงความคงที่ของค่า α ซึ่งแพลตินัมจะมีค่า α ค่อนข้างคงที่กว่าโลหะชนิดอื่น สำหรับค่า α ตามาตรฐานต่างๆเช่น มาตรฐานทางยุโรปจะใช้ค่า $\alpha = 0.00385\ \Omega - \Omega/°\text{C}$ ในขณะที่มาตรฐานอเมริกา $\alpha = 0.00392\ \Omega - \Omega/°\text{C}$

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิสามารถประมาณค่าโดยใช้สมการของ Callen der -Van Dusen ดังนี้ เมื่ออุณหภูมิอยู่ระหว่าง 0°C ถึง -200°C

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2 + Ct^3(t - 100°\text{C})] \tag{2.7}$$

สำหรับการหาค่าความต้านทานของ RTD ที่อุณหภูมิมากกว่า 0°C ขึ้นไป สามารถหาค่าจากสมการที่ (2.8)

$$R_t = R_0[1 + At + Bt^2] \tag{2.8}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของ A, B และ C ขึ้นอยู่กับวัสดุโลหะที่ทำใช้ RTD และความบริสุทธิ์ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ของ Platinum RTD ตามมาตรฐาน IEC 60751-2 จะเป็นดังนี้

A = $3.90833 \times 10^{-3}\ C^{-1}$

B = $-5.7753 \times 10^{-7}\ C^{-2}$

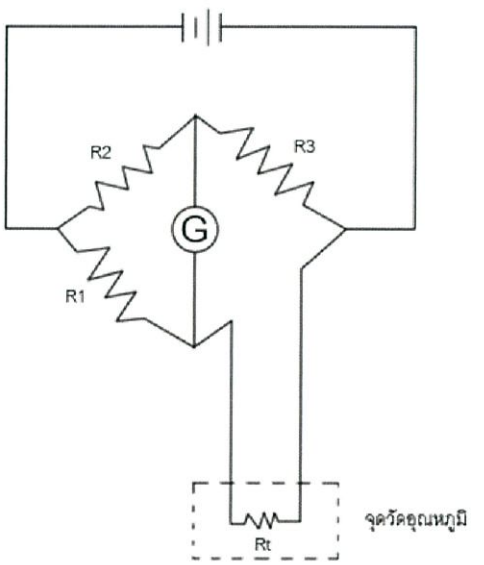
C = $-4.1833 \times 10^{-12}\ C^{-3}$

2) รูปแบบการต่อสาย RTD

การเชื่อมต่ออาร์ทีดีสามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังต่อไปนี้

- อาร์ทีดีแบบ 2 สาย

วงจรใช้งานพื้นฐานของอาร์ทีดี คือ Wheatstone Bridge โดย Rt คือ อาร์ทีดี ซึ่งติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ มีค่าความต้านทานอีก 3 ค่าในวงจร คือ R1, R2 และ R3 ซึ่งต้องอยู่ที่อุณหภูมิห้อง และเป็นความต้านทานชนิดที่มีความถูกต้องสูง วงจร Bridge จะอยู่ในสภาวะสมดุลเมื่ออาร์ทีดี (Rt) อยู่ที่ 0 °C แล้วทำให้ Rt/R3 = R1/R2 ซึ่งจะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิที่ Rt สูงขึ้น ค่า Rt จะเพิ่มขึ้นทำให้วงจร Bridge ไม่สมดุลและมีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ อย่างไรก็ตาม อาร์ทีดี 2 สาย เหมาะกับงานที่อาร์ทีดีอยู่ใกล้กับวงจรเท่านั้น ไม่เหมาะกับงานที่ต้องลากสายยาวๆ เนื่องจากจะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากค่าความต้านทานสะสมของสายตัวนำทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดเพี้ยนไป อาร์ทีดี 2 สายจึงเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องสูงนัก



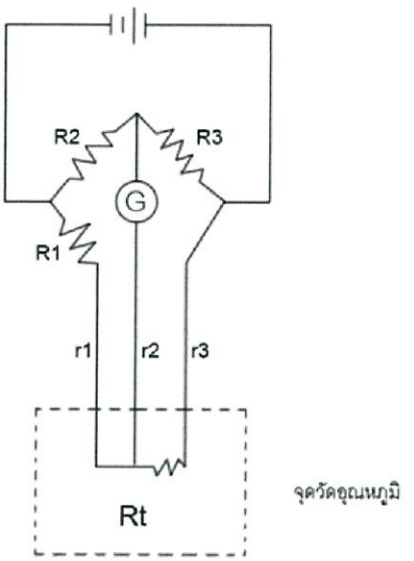
รูปที่ 2.44 การต่ออาร์ทีดีแบบ 2 สาย

- อาร์ทีดีแบบ 3 สาย

อาร์ทีดี 3 สาย เป็นแบบที่นิยมใช้ที่สุดในอุตสาหกรรม โดย สายทั้ง 3 ที่อยู่ระหว่างจุดวัดกับวงจรจะต้องมีขนาด ความยาวเท่ากัน และอยู่ที่อุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทาน r1 , r2 และ r3 เปลี่ยนไปในทิศทาง เดียวกันด้วยขนาดที่เท่ากัน นั่นคือ

$$\frac{R_t + r_3}{R_3} = \frac{R_1 + r_1}{R_2} \qquad (2.9)$$

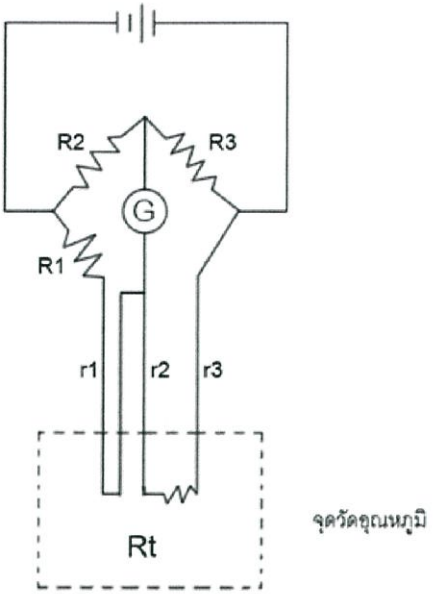
เนื่องจาก r1 เท่ากับ r3 เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่วัดจึงขึ้นอยู่กับ Rt เพียงตัวเดียว ทำให้อาร์ทีดี 3 สาย มีความถูกต้องสูงกว่าอาร์ทีดีแบบ 2 สาย



รูปที่ 2.45 การต่ออาร์ทีดี 3 สาย

- อาร์ทีดีแบบ 4 สาย

อาร์ทีดี 4 สาย เป็นการต่ออีกแบบหนึ่งที่นิยมใช้ โดยใช้สายต่อภายนอก 4 เส้น เพื่อชดเชยความต้านทานของสายตัวนำที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบอาร์ทีดี โดยสายทั้ง 4 ต้องมีขนาด ความยาวเท่ากัน และอยู่ในอุณหภูมิเดียวกันตลอดเหมือนกับอาร์ทีดี 3 สาย อาร์ทีดีเป็น Sensor วัดอุณหภูมิที่มี Linearity ดีที่สุดมีความถูกต้องสูง และให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง แต่มีย่านการใช้งานไม่กว้างเท่ากับเทอร์โมคัปเปิล และมีราคาแพงกว่าพอสมควร

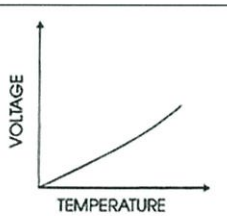
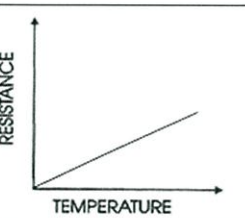


รูปที่ 2.46 การต่ออาร์ทีดี 4 สาย

2.2.4 ข้อเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมคัปเปิลและอาร์ทีดี

ทั้งเทอร์โมคัปเปิลและอาร์ทีดีต่างมีความแตกต่างกันพอสมควร โดยสามารถดูรายละเอียดได้จากตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบระหว่างเทอร์โมคัปเปิลและอาร์ทีดี

คุณสมบัติ	เทอร์โมคัปเปิล	อาร์ทีดี
ช่วงวัดอุณหภูมิ	-260°C ถึง 2300°C	-200°C ถึง 600°C
ความเที่ยงตรงในการวัด	พอใช้	สูง
ค่าความเที่ยงตรงเมื่อวัดค่าซ้ำ	ต่ำ ถึง พอใช้	ดีเยี่ยม
ความไวต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง	กลางๆ ถึง เร็ว	ดีพอใช้
ความเป็นเส้นตรงของกราฟ		

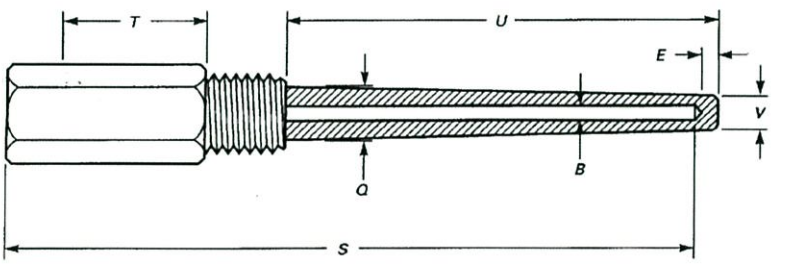
2.2.5 เทอร์โมเวล (Thermowell)

เทอร์โมเวลเป็นอุปกรณ์ที่มีไว้สำหรับป้องกันชิ้นส่วนของเครื่องมือวัด จะใช้ในกรณีที่ของไหลที่จะทำการวัดนั้นมีค่าของอุณหภูมิ ค่าความดันที่สูง หรืออาจจะเป็นของไหลที่มีความหนืดและมีค่าความสามารถในกัดกร่อนที่สูงโดยสามารถใช้ได้ทั้งเทอร์โมมิเตอร์ เทอร์โมคัปเปิล และอาร์ทีดี ซึ่งลักษณะของเทอร์โมเวลมีดังนี้

รูปที่ 2.47 เทอร์โมเวลในรูปแบบต่างๆ

2.2.5.1 โครงสร้างของเทอร์โมเวล

ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของเทอร์โมเวล ซึ่งแต่ละส่วนมีคำอธิบาย ดังนี้



รูปที่ 2.48 ขนาดและส่วนประกอบของเทอร์โมเวล

จากรูปที่ 2.48 สามารถอธิบายได้ตามตารางดังนี้

ตารางที่ 2.5 คำอธิบายของส่วนประกอบเทอร์โมเวล

สัญลักษณ์	คำอธิบาย
B	Bore Diameter
E	Tip Thickness
Q	Base Diameter
S	Bore Depth
T	Lagging Extension
U	Insertion Length
V	Tip Diameter

จากตารางที่ 2.5 สามารถอธิบายได้ดังนี้

"B" Dimension: เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่ไว้ใช้ใส่เครื่องมือวัดที่ต้องการใช้

"E" Dimension: เป็นขนาดที่วัดจากจุดต่ำสุดของส่วน "B" Dimension จนไปถึงส่วนปลายสุดของเทอร์โมเวล

"Q" Dimension: เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของเทอร์โมเวล โดยเริ่ม ณ จุดสิ้นสุดของส่วนเกลียวหรืออาจจะเป็นจุดสิ้นสุดของรูปแบบการเชื่อมต่อแบบอื่นๆ

"S" Dimension: เป็นขนาดของเทอร์โมเวลทั้งหมด โดยเริ่มจากจุดบนสุดของเทอร์โมเวลจนไปถึงจุดต่ำสุด

"T" Dimension: ส่วนนี้เป็นส่วนที่จะไม่สัมผัสกับของไหลที่จะวัด โดยระยะเริ่มจากส่วนที่เป็นเกลียวที่ใช้เชื่อมต่อภายใน (ใช้เชื่อมต่อระหว่างเทอร์โมเวลและเครื่องมือวัด) แล้วไปสิ้นสุดที่เกลียวหรือรูปแบบการเชื่อมต่อแบบอื่นๆที่ใช้ชื่อมต่อระหว่างเทอร์โมเวลกับกระบวนการที่ต้องการวัด

"U" Dimension: เป็นระยะที่ใช้สอดเข้าไปที่ท่อหรือส่วนประกอบต่างๆที่ต้องการจะวัด

"V" Dimension: เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนปลายเทอร์โมเวล

2.2.5.2 รูปแบบของเทอร์โมเวลตามลักษณะการติดตั้ง

ในปัจจุบันเทอร์โมเวลที่ใช้กัน มีอยู่หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับสภาพของไหลที่จะทำการวัด โดยสามารถแบ่งประเภทออกมาได้ดังนี้

1) แบบเกลียว (Thread)

ลักษณะการติดตั้งเป็นการนำส่วนที่เป็นเกลียวของส่วนเทอร์โมเวลสวมเข้าไปกับเกลียวที่ท่อหรืออุปกรณ์ที่ต้องการจะวัด

รูปที่ 2.49 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบเกลียว

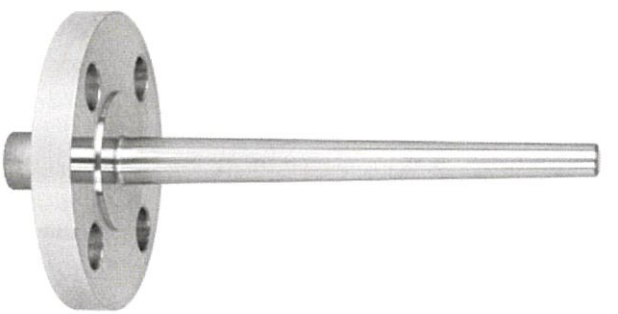
2) แบบเชื่อม (Welded)

การติดตั้งแบบนี้เป็นการนำเทอร์โมเวลมาเชื่อมติดเข้ากับจุดที่ต้องการจะวัดค่าอุณหภูมิ

รูปที่ 2.50 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบเชื่อม

3) แบบหน้าแปลน (Flange)

ลักษณะการติดตั้งเป็นการติดตั้งโดยการนำหน้าแปลนของส่วนเทอร์โมเวลยึดเข้ากับหน้าแปลนอีกอันหนึ่งที่ได้มีการจัดเตรียมเอาไว้



รูปที่ 2.51 ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบหน้าแปลน

2.2.5.3 รูปแบบของก้านเทอร์โมเวล

หลังจากที่ได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะการติดตั้งเทอร์โมเวลไปแล้ว ต่อมาจะเป็นการอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของก้านเทอร์โมเวลที่จะถูกจุ่มลงไปในท่อหรืออุปกรณ์ในระบบนั้นๆเพื่อทำการวัด โดยสามารถแบ่งลักษณะออกมาได้เป็นดังนี้

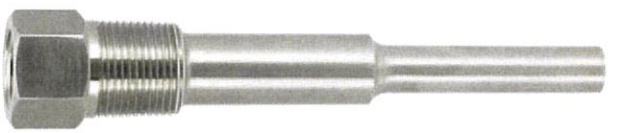
1) แบบตรง (Straight)

รูปที่ 2.52 ก้านเทอร์โมเวลแบบตรง

2) แบบเรียว (Tapered)

รูปที่ 2.53 ก้านเทอร์โมเวลแบบเรียว

3) แบบข้อ (Stepped)



รูปที่ 2.54 ก้านเทอร์โมเวลแบบข้อ

2.2.5.4 การเลือกเทอร์โมเวล

การพิจารณาควรจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิล้อมรอบ ความชื้น การสั่นสะเทือน และสภาพแวดล้อมอื่นๆ และข้อความต่อไปนี้จะเป็นข้อกำหนดเบื้องต้นในการเลือกเทอร์โมเวล

1) การเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลจะต้องเหมาะสมกับของไหลในกระบวนการ ณ ค่าความดัน อุณหภูมิและค่าความเข้มข้นของไหลที่ค่าสูงสุด
2) การเลือกวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลจะต้องเข้ากับวัสดุของแท้งค์หรือท่อในกระบวนการซึ่งเป็นบริเวณที่เทอร์โมเวลนั้นถูกติดตั้งอยู่
3) จะต้องแจ้งข้อมูลต่างๆของไหลให้กับผู้ผลิต ไม่ว่าจะเป็นทั้งค่าความดัน อัตราการไหล การสั่นสะเทือน ณ ค่าสูงสุด

4) ควรเลือกลักษณะของเทอร์โมเวลที่ถูกออกแบบมาให้เข้ากับสภาพแวดล้อม และสภาพของไหลที่จะถูกวัด
5) ควรเลือกลักษณะของเทอร์โมเวลที่ถูกแบบมาให้มีขนาด และโครงสร้างเข้ากับเทอร์โมมิเตอร์ หรือเครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอื่นๆ
6) การใช้เทอร์โมเวลในจุดวัดที่มีความอัตราการไหลสูงนั้น ควรเลือกอย่างระมัดระวังเนื่องจากถ้าความถี่ของกระแสน้ำวนมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของเทอร์โมเวล อาจจะส่งผลให้เทอร์โมเวลเกิดความเสียหายได้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการออกแบบและสั่งซื้อ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานของโครงงานสหกิจตั้งแต่ขั้นตอนเริ่มต้นจนถึงขั้นตอนสุดท้าย ซึ่งประกอบด้วยการศึกษาหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม การทำงานของเครื่องมือวัดต่างๆ การจัดทำเอกสาร การดำเนินการสั่งซื้อเครื่องมือวัดจากผู้จัดจำหน่าย (Vendor) ซึ่งในแต่ละขั้นตอนล้วนแต่มีความ สำคัญทั้งสิ้น เพราะถ้าขั้นตอนใดมีความผิดพลาดขึ้น ก็อาจส่งผลเสียหายต่อบริษัทได้

3.1. ขั้นตอนการดำเนินงานในกำหนดคุณลักษณะเครื่องมือวัด

1) ศึกษาเอกสาร ITB (Invitation to Bid) ซึ่งเป็นเอกสารกำหนดลักษณะของงานทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นจุดประสงค์ของการทำโครงงานนี้ สถานที่ก่อสร้าง และคุณลักษณะของเครื่องมือวัดทั้งหมดที่จะทำการติดตั้งที่โรงไฟฟ้า เช่น เกจวัดอุณหภูมิควรจะติดตั้งอย่างไร ขนาดเท่าไหร่ ลักษณะการวัดเป็นอย่างไร ต้องใช้ตัวเทอร์โมเวล (Thermowell) ชนิดไหน เป็นต้น

2) ศึกษาหลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม โดยเริ่มตั้งแต่กังหันก๊าซหมุนได้อย่างไร เมื่อมีความร้อนที่เหลือจากกังหันก๊าซแล้วจะนำไปใช้ต่ออย่างไร กังหันไอน้ำหมุนเมื่อแล้วเสร็จจะทำอย่างไรกับไอน้ำที่นำไปหมุนกังหันไอน้ำ ซึ่งล้วนแต่เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมาก นอกจากนี้ยังศึกษา P&ID (Piping and Instrument Diagram) ของโรงไฟฟ้า เพื่อให้ทราบว่าในแต่ละทางเดินท่อนั้น จะมีเครื่องมือวัดอะไรติดอยู่บ้าง แล้วทางเดินท่อนั้นไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อะไรภายในโรงไฟฟ้า ทั้งนี้ก็จะบอกอยู่ในรูปของตัวอักษรย่อ หรือตัวเลขพร้อมกับสัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดนั้นๆ เพื่อความสะดวกในการเขียนหรืออ่าน

3) ต่อมาเป็นการทำเอกสารรายการเครื่องมือวัด (Instrument Index) จุดประสงค์ก็เพื่อทำการนับจำนวนเครื่องมือวัดทั้งหมด พร้อมกับการจัดหมวดหมู่เครื่องมือวัดว่า เครื่องมือวัดตัวไหนวัดอะไร อยู่หน้า P&ID ไหน อยู่ที่ Line No. ไหน รูปแบบการวัดเป็นอย่างไร จึงถือเป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างมากในการตรวจสอบเครื่องมือวัดแบบรายชิ้น เพราะถ้าเกิดสงสัยเครื่องมือวัดชนิดใด เราก็สามารถตรวจสอบจากเอกสารรายการเครื่องมือวัดแทนที่เราจะไปตรวจสอบผ่าน P&ID อีกครั้งหนึ่ง โดยลักษณะของ Instrument Index มีดังนี้

Tag Number	P&ID NO.	Instrument Type	Instrument Type Description	Phase
PT-22EGR27CP001	B-P-450-02101	Pressure	Pressure Transmitter	I
TI-22EGR27CT001	B-P-450-02101	Temperature	Temperature Gauge	I
FT-22EGR27CF001	B-P-450-02101	Flow	Coriolis Flow Meter	I
AT-23HNE10CQ101	B-P-450-02101	Analyzer	O2 Analyzer (CEMS 1)	I
AT-23HNE10CQ102	B-P-450-02101	Analyzer	CO Analyzer (CEMS 1)	I
AT-23HNE10CQ103	B-P-450-02101	Analyzer	SO2 Analyzer (CEMS 1)	I
AT-23HNE10CQ104	B-P-450-02101	Analyzer	NOX Analyzer (CEMS 1)	I
TT-23HNE10CT101	B-P-450-02101	Temperature	Temperature Transmitter (CEMS 1)	I
FT-23HNE10CF101	B-P-450-02101	Flow	Flow Transmitter (CEMS 1)	I
AT-23HNE10CQ105	B-P-450-02101	Analyzer	Particulate Analyzer (CEMS 1)	I
PT-22EGR27CP002	B-P-450-02102	Pressure	Pressure Transmitter	I
TI-22EGR27CT002	B-P-450-02102	Temperature	Temperature Gauge	I

รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างของ Instrument Index

จากรูปที่ 3.1 มีการแบ่งข้อมูลออกเป็นส่วนๆอย่างชัดเจน โดยมีทั้ง Tag Number, P&ID NO., Instrument Type, Instrument Type Description และ Phase ในการทำ Instrument Index ก็จะใช้ Microsoft Excel เนื่องจากโปรแกรมนี้มีฟังก์ชันการทำงานที่สามารถแบ่งประเภทของเครื่องมือวัดได้ สามารถนับจำนวนเครื่องมือวัดทั้งหมดได้ ทั้งนี้ข้อมูลใน Instrument Index สามารถเปลี่ยนแปลงได้เสมอ เพราะว่า P&ID สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดหรืออาจมีการอัพเดตข้อมูลใน P&ID ใหม่

4) ออกเอกสาร (Issued) Data Sheet โดยเป็นเอกสารที่ใช้บอกคุณลักษณะของเครื่องมือวัดทั้งหมด จะมีการระบุทั้ง Tag Number, P&ID No., Service, Line No., Process Condition เป็นต้น รวมไปถึงลักษณะของสารที่จะทำการวัด, ลักษณะการติดตั้ง, ส่วนประกอบของเครื่องมือวัดที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นทั้งวัสดุ ขนาด การจ่ายกำลังไฟ ค่าสัญญาณเอาต์พุท ซึ่งถือว่าเป็นการกำหนดคุณลักษณะเบื้องต้นของเครื่องมือวัด และในขั้น ตอนนี้นับว่ามีความสำคัญอย่างมาก เพราะถ้าเกิดกำหนดคุณลักษณะของเครื่องมือวัดผิดพลาดก็จะส่งผลต่อราคาเครื่องมือวัดไปด้วย ทำให้ต้องเสียเวลาในการแก้ไขข้อมูลในเอกสารต่างๆอีกมาก รูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างของ Data Sheet ของ Thermometer

GENERAL	1	**Tag Number**								
	2	Service								
	3	P&ID No.								
	4	Area Classification		Location						
	5	Line No.		Line Size		Schedule				
	6	Line Internal Diameter		Pipe Material						
	7	Equipment No.		Nozzle No.						
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name		Fluid Phase						
	9	Design Pressure		Design Temperature						
	10						**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**
	11	Flow								
	12	Temperature								
	13	Pressure								
	14	Density@Normal		Velocity@Max Flow						
	15	Viscosity								
THERMOMETER	16	Type								
	17	Calibration Range Min:		Max:						
	18	Dial Size		Dial Color						
	19	Case Material		External Calibrator						
	20	Hermet. Sealed Case		Lens Material						
	21	Stem	Type	Connection		Length				
	22		Material	Position		Diameter				
	23	Accuracy								
	24	Filled System	Type							
	25		Compensation							
	26		Capillary Length							
	27		Capillary Material							
	28		Armor Material							
	29		Bulb Diameter							
	30		Bulb Length							
	31		Bulb Type							
	32		Bulb Connection							
WELL	33	Process Connection								
	34	Material								
	35	Sheathing		Coating						
	36	Construction Type		Internal Connection						
	37	Lagging Extension		Plug & Chain						
	38	Treatments		Welding						
	39	Overall Length								
	40	Length Below Thread / Flanged								
	41	Stamping								
PURCHASE	42	Manufacturer		Model						
	43	Detail Model								
	44	Purchase Order No.		Requisition No.						
	45	Serial Number								
ADDITIONAL FEATURES	46	Drawing No.								
	47	Certification								
	48	Other								
	49									

No	By	Date	Revision	Check	Appr	Code:	Doc. No :	Sheet 1 of 1
						Temperature Gauge		

รูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างของ Data Sheet (Thermometer)

จากรูปที่ 3.2 Data Sheet ถูกออกแบบเพื่อกำหนดข้อมูลของทรานส์มิตเตอร์ จะประกอบไปด้วยส่วนทั่วไป (General), ส่วนข้อมูลของไหล (Process Condition), ส่วนของเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer), ส่วนขอวเทอร์โมเวล (Thermowell) รวมไปถึงส่วนของการซื้อขาย (Purchase) และส่วนเพิ่มเติม (Additional Features) ทั้งนี้ลักษณะ Data Sheet ของเครื่องมือวัดชนิดอื่น ก็จะมีมีความคล้ายคลึงกัน เพียงแต่จะมีข้อมูลหรือข้อความบางอย่างที่จะมีความแตกต่างกันตามคุณลักษณะของเครื่องมือวัดนั้นๆ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานในการสั่งซื้อเครื่องมือวัด

1) หลังจากที่ได้กำหนดคุณลักษณะของเครื่องมือวัดทั้งหมดแล้ว จะทำการออกเอกสาร Requisition ซึ่งใช้ในการขอเอกสาร Quotation จากผู้จัดจำหน่าย (Vendor) โดยการส่งไปทาง E-mail ไปหาผู้จัดจำหน่ายๆยี่ห้อ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบราคา และคุณลักษณะของเครื่องมือวัดในแต่ละยี่ห้อต่อไป

2) หลังจากที่ทางผู้จัดจำหน่ายได้ส่ง ใบเสนอราคา (Quotation) มาให้เรียบร้อยแล้ว จะทำการตรวจสอบว่าในใบเสนอราคานั้นมีจุดไหนที่ผิดพลาดบ้าง ถ้ามีก็ต้องแจ้งผู้จัดจำหน่ายเป็นลายลักษณ์อักษรหรือใช้การพูดคุยกันผ่านทางโทรศัพท์หรือนัดหมายมาพูดคุยให้เป็นทางการก็ได้ จากนั้นให้ทางผู้จัดจำหน่ายดำเนินการแก้ไข หรือถ้ามีข้อสงสัยใดๆที่ยังไม่แน่ใจว่าถูกหรือผิด ก็สามารถสอบถามผู้จัดจำหน่ายได้ทั้งทางโทรศัพท์และทาง E-mail ตัวอย่างของ Quotation แสดงดังรูปที่ 3.3

QUOTATION

TO:	TTCL PUBLIC COMPANY LIMITED			QUOTATION NO.:		
				QUOTATION DATE:	13-Oct-16	
				PAYMENT TERMS:	90% of PO price within 30 days from invoice date 10% of PO price within 30 days after submit final document	
ATTN:				QUOTATION VALIDITY:	90 Days from quotation date	
	INQUIRY NO.	:				
	PROJECT NAME	:	MYANMAR POWER PLANT PROJECT			
	ENDUSER NAME	:	TBA			
	DESCRIPTION OF GOODS	:	PRESSURE TRANSMITTER			
NO	DESCRIPTION		QTY	UNIT PRICE	TOTAL PRICE	
				(USD)	(USD)	
1	FIELD INSTRUMENTS	:	1 lot	11,416.00	11,416.00	
2	DOCUMENTATION CHARGE	:	1 lot	110.00	110.00	
3	HANDLING CHARGE	:	1 lot	230.00	230.00	
4	EXPORT PACKING CHARGE	:	1 lot	230.00	230.00	
5	FREIGHT AND INSURANCE CHARGE	:	1 lot	340.00	340.00	
				TOTAL	12,326.00	CIP Yangon Airport, Myanmar (Incoterms 2010)
	OPTIONAL					
6	START UP AND COMMISIONING SPARE	:	1 lot	4,540.00	4,540.00	
7	2 YEAR OPERATING SPARE	:	1 lot	4,540.00	4,540.00	
8						

Note:
1) Delivery : : 12-16 Weeks after drawing approved
2) Warranty : : Goods are warranted for twelve (12) months from the delivery date
4) Cancellation Charges : : 30% of PO value upon order entry. 50% of PO value upon production. 100% of PO value upon order completion.
5) Inspection Charges : : 500 USD / DAY. Price for inspection is not included in the quoted price.

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างของเอกสาร Quotation (หน้าแรก)

จากรูปที่ 3.3 เป็นลักษณะของข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วย วันที่ออกเอกสาร ลักษณะการจ่ายเงิน ราคาของเครื่องมือวัด ราคาของเอกสารที่ใช้ โดยข้อมูลเหล่านี้ล้วนแต่มีความสำคัญทั้งสิ้น

3) เมื่อได้ใบเสนอราคาที่มีข้อมูลสมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการทำเอกสาร Bid-Tabulation ซึ่งเป็นเอกสารที่ใช้ในการเปรียบเทียบทั้ง ราคา สเปคเครื่องมือวัด รวมไปถึงรายละเอียดต่างๆของเครื่องมือวัดที่ผู้ขายได้จัดส่งมาให้ โดยจะเป็นการเปรียบเทียบจากผู้ขายหลายๆยี่ห้อ เพื่อหาผู้ขายที่ให้ราคาเครื่องมือวัดเหมาะสมที่สุด มีสเปคเครื่องมือตรงตามความต้องการมากที่สุด ซึ่งเมื่อพิจารณาว่าผู้ขายรายใดมีความเหมาะสมก็จะทำเอกสารแนะนำ (Recommend) ไปให้ทางแผนก Project เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกผู้ขายต่อไป ซึ่งทางแผนก Project ก็อาจต่อรองราคากับผู้ขายใหม่ เพื่อได้ราคาและสเปคเครื่องมือตรงตามความต้องการมากที่สุด ตัวอย่างเอกสาร Bid-Tabulation พร้อมกับแสดงรายละเอียดภายในเอกสารแสดงดังรูปที่ 3.4

จากรูปที่ 3.4 จะพบว่าในการสั่งซื้อ Pressure Transmitter ได้ตัดสินใจเลือกผู้ขายเป็น บริษัท B โดยสาเหตุที่เลือกมีดังต่อไปนี้

1) ราคา

ในการจะสั่งซื้อเครื่องมือวัดใดๆก็ตาม ราคาก็ถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญเช่นกัน เพราะถ้าคุณสมบัติของเครื่องมือวัดของสองบริษัทตรงกับความต้องการทุกประการ ราคาจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทางแผนกจะนำ มาใช้ในการตัดสินใจ ร่วมกับระยะเวลาและเงื่อนไขการส่งมอบสินค้า (Delivery Term) ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากเช่นกัน ในการจัดซื้อ Pressure Transmitter ได้กำหนดเงื่อนไขการส่งมอบสินค้าเป็น CIP -Carriage and Insurance Paid To... (ชื่อสถานที่ส่งของ) หมายความว่าเงื่อนไขการส่งมอบสินค้านี้ ผู้ขายจะสิ้นสุดภาระการส่งมอบสินค้า เมื่อผู้ขายได้ส่งมอบสินค้านั้นให้แก่ผู้รับขนส่งที่ระบุโดยผู้ซื้อ ณ สถานที่ของผู้รับขนส่งสินค้าที่เมืองท่าต้นทาง ผู้ขายเป็นผู้รับผิดชอบในการทำพิธีการส่งออก จ่ายค่าระวาง ขนส่งสินค้า และค่าประกันภัยขนส่งสินค้า เพื่อคุ้มครองความเสี่ยงภัยในการขนส่งสินค้าจนถึงมือผู้ซื้อให้แก่ผู้ซื้อด้วยและปลายทางที่กำหนดไว้คือสนามบินที่เมืองย่างกุ้งประเทศพม่า

Job No.	P-450	Req. No. P450-2500-R110		PROJECT NAME : MYANMAR POWER PLANT PROJECT	X	For Purchase		Date :	25-Oct-16
Item No. Pressure Transmitter									Rev.1
Bidder Name			Specification	A Company Ltd.			B Company Ltd.		Remarks
Brand Name				AA			BB		
Country of Origin				Thai			Thai		
Quotation No.				ABC			DEF		
Total Price (1USD = 35.0544 Baht) (1EUR = 39.5892 Baht)				Quotation Price Field Instruments: 10,040.00 USD Documentation Charge 110.00 USD Certificate Included USD Handling Charge 230.00 USD Export Packing Charge 230.00 USD Freight and Insurance Charge 340.00 USD Discount - USD Grand Total 10,950.00 USD Equivalent (THB) 383,845.68 THB 2 Years Spare Part 4,540.00 USD			Quotation Price Field Instrument 5,440.00 USD Documentation Charge 800.00 USD Certificate 200.00 USD Handling Charge - USD Export Packing Charge - USD Freight and Insurance Charge - USD Discount - USD Grand Total 6,440.00 USD Equivalent (THB) 225,750.34 THB 2 Years Spare Part - USD		
Exchange Rate Date :15-Oct-2016									
Delivery Time Delivery Condition		within January 15, 2017 CIP Yangon	A	12-16 Weeks after drawing approved CIP Yangon Airport, Myanmar	A		12 WEEKS UPON RECEIPT OF PURCHASE ORDER CIP (YANGON PORT)		
		Range		Model / Range / Price			Model / Range / Price		
1 Tag No. PT-22EGD21CP302		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
2 Tag No. PT-22EGD21CP303		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
3 Tag No. PT-22EGD21CP304		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
4 Tag No. PT-22EGD21CP305		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
5 Tag No. PT-22EGD21CP301		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
6 Tag No. PT-21GHC61CP301		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
7 Tag No. PT-21QFA10CP301		0 - 10 bar		A123 / 0 - 10 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 10 bar / 680.00 USD		
8 Tag No. PT-21QJA10CP301		0 - 15 bar		A123 / 0 - 15 bar / 1,255.00 USD			B456 / 0 - 15 bar / 680.00 USD		
-Pressure Transmitter									
- Housing Material		Aluminum with Painting	A	Aluminum with Polyurethane painting	A		Cast aluminum alloy		
- Element Type / Material Type		Isolating Diaphragm / SST	A	Isolating Diaphragm / 316L SST	A		Diaphragm / Hastelloy C-276		
- Process Flanges Material		Stainless Steel	A	316L SST	A		ASTM CF-8M		
- Fill Fluid		Silicone Oil	A	Silicone Oil	A		Silicone Oil		
- Power Supply		2 wire 24 Vdc loop powered	A	2 wire 24 Vdc loop powered	A		2 wire 24 Vdc loop powered		
- Output		4-20 mA HART	A	4-20 mA HART	A		4-20 mA with HART		
- Explosion Protection / Enclosure		EExd / IP65 as minimum	A	ATEX Flameproof / IP66	A		ATEX Flameproof / IP66		
- Accuracy		±0.1% of Span	A	±0.065% of span	A		±0.055% of Span		
- Process / Electrical Connection		By Vendor / M20	A	1/2" NPT(F) / M20	A		1/4 NPT female on the cover flanges / M20		
Manifold Valve									
- Model		By Vendor	A	A234	A		B367		
- Manifold Valve		2 way Manifold Valve	A	2 way Manifold Valve	A		2 way Manifold Valve		
- Process Connection		1/2" NPT(F)	A	1/2" NPT(F)	A		1/2" NPT(F)		
- Material		SST	A	SST	A		316L SST		
Certification									
- Material		Required		Yes			Yes		
- Calibration		Required		Yes			Yes		
- Explosion-protection		Required		Yes			Yes		
JUDGEMENT (See note 1)				A			R		

Note (1) R : Recommendable
A : Acceptable
B : To be clarified
C : With comments
D : Proceed for negotiation
X : Not acceptable

SUCCESSFUL : B Company Ltd.
BIDDER & REASON: Complied with our specification requirement

MADE BY _____ REVIEWED BY _____

RECOMMENDED BY _____ APPROVED BY _____

รูปที่ 3.4 แสดงตัวอย่างของ Bid-Tabulation

A Company Ltd.			B Company Ltd.		
AA			BB		
Thai			Thai		
ABC			DEF		
Quotation Price			Quotation Price		
Field Instruments	10,040.00	USD	Field Instrument	5,440.00	USD
Documentation Charge	110.00	USD	Documentation Charge	800.00	USD
Certificate	Included	USD	Certificate	200.00	USD
Handling Charge	230.00	USD	Handling Charge	-	USD
Export Packing Charge	230.00	USD	Export Packing Charge	-	USD
Freight and Insurance Charge	340.00	USD	Freight and Insurance Charge	-	USD
Discount	-	USD	Discount	-	USD
Grand Total	10,950.00	USD	Grand Total	6,440.00	USD
Equivalent (THB)	383,845.68	THB	Equivalent (THB)	225,750.34	THB
2 Years Spare Part	4,540.00	USD	2 Years Spare Part	-	USD

A	12-16 Weeks after drawing approved CIP Yangon Airport, Myanmar			A	12 WEEKS UPON RECEIPT OF PURCHASE ORDER CIP (YANGON PORT)		
	Model	Range	Price		Model	Range	Price
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 10 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 10 bar	680.00 USD
	A123	0 - 15 bar	1,255.00 USD		B456	0 - 15 bar	680.00 USD

รูปที่ 3.5 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation ในส่วนของราคา

จากรูปที่ 3.5 จะพบว่าราคาของสินค้ามีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยที่บริษัท A ได้ให้เสนอราคาไว้ที่ 388,845 บาท ส่วนบริษัท B ได้เสนอราคามาที่ 225,750 บาท ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลหลักในการแนะนำให้ซื้อสินค้าจากบริษัท B

2) ความสามารถของเครื่องมือวัด

ในส่วนนี้ถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะรายละเอียดของเครื่องมือวัดได้ถูกระบุเอาไว้ในนี้หมด ทั้งนี้รูปแบบของส่วนที่จะนำมาเปรียบเทียบถูกกำหนดโดยแผนก Instrument ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3.7 ในส่วนของการให้คำแนะนำกำหนดให้เป็นตัวอักษรย่อ ตัวอักษร “A” หมายความว่าทางแผนกจัดซื้อสามารถทำการซื้อขายกับบริษัทนั้นๆได้ “R” หมายความว่าบริษัทนั้นๆเป็นบริษัทที่เหมาะสมแก่การซื้อขายมากที่สุด

-Pressure Transmitter			
- Housing Material	Aluminum with Painting	A	Alumninium with Polyurethane painting
- Element Type / Material Type	Isolating Diaphragm / SST	A	Isolating Diaphragm / 316L SST
- Process Flanges Material	Stainless Steel	A	316L SST
- Fill Fluid	Silicone Oil	A	Silicone Oil
- Power Supply	2 wire 24 Vdc loop powered	A	2 wire 24 Vdc loop powered
- Output	4-20 mA HART	A	4-20 mA HART
- Explosion Protection / Enclosure	EExd / IP65 as minimun	A	ATEX Flameproof / IP66
- Accuracy	±0.1% of Span	A	±0.065% of span
- Process / Electrical Connection	By Vendor / M20	A	1/2" NPT(F) / M20
Manifold Valve			
- Model	By Vendor	A	A234
- Manifold Valve	2 way Manifold Valve	A	2 way Manifold Valve
- Process Connection	1/2" NPT(F)	A	1/2" NPT(F)
- Material	SST	A	SST
Certification			
- Material	Required		Yes
- Calibration	Required		Yes
- Explosion-protection	Required		Yes
JUDGEMENT			**A**

รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation บริษัท A

-Pressure Transmitter			
- Housing Material	Aluminum with Painting	A	Cast aluminum alloy
- Element Type / Material Type	Isolating Diaphragm / SST	A	Diaphragm / Hastelloy C-276
- Process Flanges Material	Stainless Steel	A	ASTM CF-8M
- Fill Fluid	Silicone Oil	A	Silicone Oil
- Power Supply	2 wire 24 Vdc loop powered	A	2 wire 24 Vdc loop powered
- Output	4-20 mA HART	A	4-20 mA with HART
- Explosion Protection / Enclosure	EExd / IP65 as minimum	A	ATEX Flameproof / IP66
- Accuracy	±0.1% of Span	A	±0.055% of Span
- Process / Electrical Connection	By Vendor / M20	A	1/4 NPT female on the cover flanges / M20
Manifold Valve			
- Model	By Vendor	A	B567
- Manifold Valve	2 way Manifold Valve	A	2 way Manifold Valve
- Process Connection	1/2" NPT(F)	A	1/2" NPT(F)
- Material	SST	A	316L SST
Certification			
- Material	Required		Yes
- Calibration	Required		Yes
- Explosion-protection	Required		Yes
JUDGEMENT			**R**

รูปที่ 3.7 แสดงรายละเอียดของ Bid-Tabulation บริษัท B

จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 ได้มีการแบ่งเนื้อหาออกเป็น 4 ส่วน คือ ส่วนทรานสมิตเตอร์ (Pressure Trans-mitter) ส่วนวาล์วหลายทาง (Manifold Valve) ใบรับรอง (Certification) และส่วนการตัดสินใจ (Judgment) โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

- ทรานสมิตเตอร์: ทั้งสองบริษัทต่างระบุขีดความสามารถของทรานสมิตเตอร์มาได้ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งก็อาจจะมีส่วนที่แตกต่างกันบ้าง เช่น ส่วนของค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) ทางแผนกได้กำหนดเอาไว้ว่าอยู่ที่ ± 0.1% of span แต่ทางบริษัท A ได้ระบุมาเป็น ± 0.065% of span และทางบริษัท B ได้ระบุมาเป็น ± 0.055% of span โดยทั้งสองค่าที่ระบุมานั้นถือเป็นค่าที่ยอมรับได้
- วาล์วหลายทาง: ทั้งสองบริษัทต่างได้ระบุข้อมูลในส่วนนี้ตรงตามความต้องการของงานนี้

- ใบรับรอง: ในงานนี้ต้องการใบรับรองในส่วนของวัสดุที่ใช้ทำ (Material) ส่วนของการสอบเทียบ (Cali-bration) และการป้องกันการระเบิด (Explosion Protection) โดยทั้งสองบริษัทต่างก็ระบุมาตรงตามความต้องการ
- การตัดสินใจ: เมื่อดูข้อมูลทั้งหมดที่ทางบริษัท A และ บริษัท B ได้ระบุมา เป็นการยากที่จะบอกได้ว่าผลิตภัณฑ์ของบริษัทไหนดีกว่ากัน แต่ถ้ามองในเรื่องของราคาแล้วก็จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าบริษัท B ได้เสนอราคาถูกกว่าบริษัท A ดังนั้นในเอกสารจึงได้แนะนำไปว่าควรทำการซื้อขายกับบริษัท B มากกว่าบริษัท A

4) เมื่อออกเอกสาร Bid-Tab ไปแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการออกเอกสาร IPO (Internal Purchase Order) เพื่อทำการสั่งซื้อเครื่องมือวัด โดยจะประกอบไปด้วยเอกสารที่ทางแผนกได้ออกไปแล้ว เช่น Data Sheet, Requisition และ Bid-Tabulation เป็นต้น

5) หลังจากนั้นก็จะเป็นการตรวจสอบจำนวนเครื่องมือวัดที่จะสั่งซื้อว่าครบถ้วนหรือไม่ ถ้ายังก็ต้องขอ Quotation จากผู้จัดจำหน่ายเพิ่มเติม เพราะบางครั้งใน P&ID อาจจะมีการแก้ไขข้อมูลบางอย่าง ซึ่งจะส่งผลให้จำนวนเครื่องมือวัดมีจำนวนเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ และอาจทำให้คุณสมบัติของเครื่องมือวัดตัวนั้นๆเปลี่ยนแปลงไปอีกด้วย

บทที่ 4

ผลการดำเนินการออกแบบทางวิศวกรรม

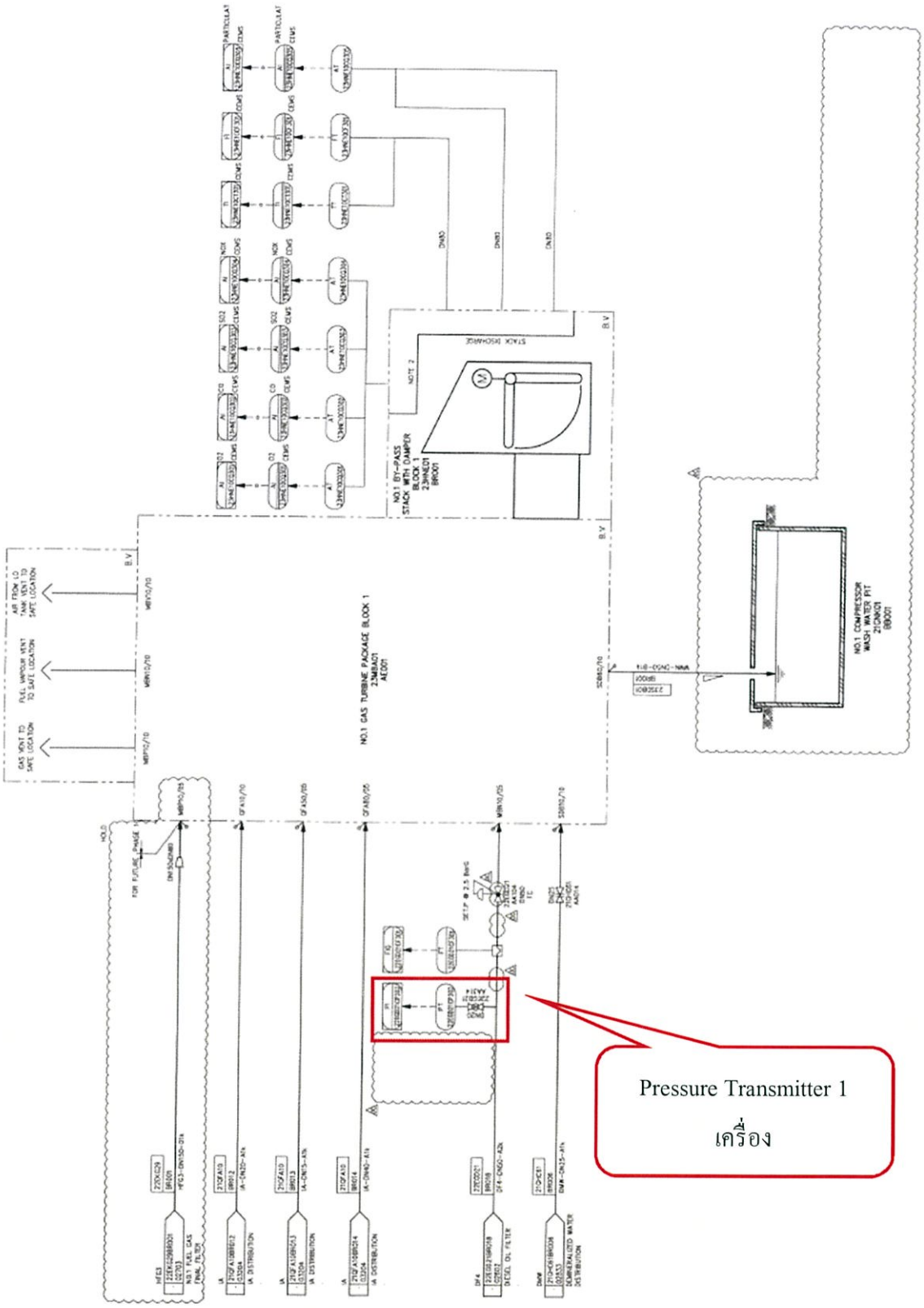
ในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะของการดำเนินงานทางวิศวกรรมที่ได้ดำเนินมาตลอดช่วงการทำโครงงานสหกิจศึกษา ซึ่งมีเหตุผลต่างๆในการดำเนินงานไม่ว่าจะเป็นรายละเอียดเครื่องมือวัดแต่ละชนิด พร้อมทั้งการติดตั้งและเหตุผลในการตัดสินใจเลือกเครื่องมือวัด โดยแบ่งรายละเอียดของเครื่องมือวัดตามวิธีการติดตั้งในแต่ละระบบได้ดังนี้

4.1 บริเวณเครื่องกังหันก๊าซ (Gas Turbine)

ส่วนนี้เป็นการแสดงการทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ ซึ่งการทำงานจะเริ่มจากการนำน้ำมันดีเซลที่ผ่านเครื่องกรองมาแล้ว (ดูได้จาก P&ID ที่แสดงในรูปที่ 4.1) มาทำการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยภายในเครื่องกังหันก๊าซจะมีการนำน้ำมันดีเซลมาทำการผสมเข้ากับอากาศที่ผ่านการเพิ่มค่าความดันและอุณหภูมิเอาไว้แล้ว เมื่อผสมกันจะเกิดก๊าซร้อนที่นำไปหมุนใบพัดที่กังหันก๊าซ ซึ่งเมื่อใบพัดหมุนก็จะทำให้เพลาที่เชื่อมต่ออยู่หมุนตามแล้วส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตไฟฟ้าได้ แต่ก่อนที่น้ำมันดีเซลจะไหลเข้าไปที่เครื่องกังหันก๊าซจะต้องมีการตรวจสอบค่าความดัน และอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลก่อน การตรวจสอบค่าความดันก็จะใช้ทรานส์มิตเตอร์แบบไม่มีไดอะแฟรมซีล แล้วลักษณะการติดตั้งจะเป็นแบบ Impulse Line ส่วนเหตุผลในการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ได้กล่าวต่อไปในหัวข้อต่อไปนี้

4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง

สาเหตุที่ต้องติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ไว้ที่เครื่องกังหันก๊าซ เพราะว่าน้ำมันดีเซลที่จะไหลเข้าสู่เครื่องกังหันก๊าซจำเป็นที่จะต้องมีการควบคุมค่าความดันให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้ประเภทของทรานส์มิตเตอร์ที่เลือกใช้เป็นแบบไม่มีไดอะแฟรมซีล โดยที่เลือกใช้เพราะว่าการวัดความดันของน้ำมันดีเซลผ่านการ Impulse Line ยังเป็นวิธีที่ไม่ส่งผลเสียใดๆต่อทรานส์มิตเตอร์



รูปที่ 4.1 P&ID แสดงการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันบริเวณเครื่องกังหันก๊าซ

4.1.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

GENERAL	1	**Tag Number**			**PT-22EGD21CP302**				
	2	Service			No.1 Gas Turbine Package Block 1				
	3	P&ID No.			B-P-450-02101				
	4	Area Classification	Location		Non-Hazardous		Field - DCS		
	5	Line No.	Line Size	Schedule	22EGD21BR018-DF4-DN50-A2k			DN50	80S
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		49.24 mm		A312 Gr.TP304/EC		
	7	Equipment No.	Nozzle No.		-		-		
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		Diesel Oil		Liquid		
	9	Design Pressure	Design Temperature		9.5	bar-g	55	°C	
	10				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**	
	11	Diff Pressure (for Diff Pressure Transmitter)						bar-g	
	12	Temperature				32		°C	
	13	Pressure				5.5		bar-g	
	14	Density				870		kg/m³	
	15	Viscosity				2.6		cP	
	16	Pulsation	Vibration						
TRANSMITTER	17	Instrument Range Min.	Max.		By Vendor	bar-g	By Vendor	bar-g	
	18	Calibration Range Min.	Max.		0	bar-g	10	bar-g	
	19	Housing Material			Aluminum with Painting				
	20	Element Type	Element Material		Isolating Diaphragm		SST		
	21	Body Material	Body Rating		SST		MFR.STD.		
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material		SST		-		
	23	Wetted O-Rings Material			MFR.STD.				
	24	Fill Fluid			Silicone Oil				
	25	Power Supply	Output		2 wires 24 Vdc loop powered		4-20 mA with HART Protocol		
	26	Explosion Protection	Enclosure		EExd		IP65 as minimum		
	27	System Accuracy			±0.1% of Span				
	28	Process Connection	Electrical Connection		See Manifold Valve		M20		
	29	Manifold Valve Connection			Side Connection (See Manifold Valve)				
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	31	Rating			-				
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	33	Upper Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	34	Lower Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	35	Fill Fluid	Flushing Connection		-		-		
	36	Capillary Material			-				
	37	Capillary Type	Capillary Length		-		-		
	38	Extension Length			-				
OPTIONS	39	LCD Display	Junction Box Housing		Integral LCD Display		-		
	40	Remote LCD Display	Distance to Transmitter		-		-		
	41	Hydrostatic Testing			-				
	42	Cleaning			-				
	43	Surge Protection			-				
	44	Manifold Valve	Material	Process Connection	2 Ways Manifold Valve	SST		1/2" NPT(F)	
	45	Mounting Bracket			Mounting Bracket with 2" pipe				
PURCHASE	46	Manufacturer	Model						
	47	Detail Model							
	48	Purchase Order No.	Requisition No.						
	49	Serial Number							
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.							
	51	Certification			Material, Calibration, Inspection Report				
	52	Crippled Mode Detection							
	53	Purge set or Blowback block							

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

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

รายละเอียดภายในเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดมีดังนี้

4.1.2.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) เลขประจำตัวเครื่องมือวัด (Tag Number): เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ทำหน้าที่วัดอะไร ตัวกลางที่ถูกวัดเป็นอะไร และตัวเครื่องมือวัดถูกติดตั้งที่บริเวณทางเดินท่อที่เท่าไหร่ ซึ่งจะแสดงออกมาอยู่ในรูปของตัวเลขและตัวอักษรย่อ โดยเครื่องมือวัดตัวนี้มีเลขประจำตัวคือ PT-22EGD21CP302 ซึ่งความหมายของตัวอักษรหรือตัวเลขหาได้จากเอกสารที่ได้รับมาจากแผนกอื่น มีความหมายดังนี้
   - PT: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้เป็นทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter)
   - 22: หมายถึงว่าเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
   - EGD: หมายถึงว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ในทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pipe)
   - 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับของระบบนั้นๆ
   - CP: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้มีรูปแบบการวัด เพื่อควบคุมค่าความดัน
   - 302: หมายถึงหมายเลขของทรานส์มิตเตอร์ตัวนั้น เพื่อป้องกันความสับสน
2) สถานที่ที่ตัวเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): เป็นการบอกว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดตั้งอยู่ที่ใด โดยทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ที่ Gas Turbine
3) หมายเลขหน้า P&ID (P&ID No.): เป็นการบ่งบอกว่าตัวเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกแสดงไว้ที่หน้า P&ID ที่เท่าไหร่ ซึ่งทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้แสดงไว้ที่ P&ID No. ที่ B-P-450-02101 โดยตัวเลขที่ถูกแสดงไว้มีความหมายได้ดังนี้
   - 450: เป็นรหัสของงานนี้
   - 02101: เป็นรหัสที่บอกว่าหน้า P&ID นี้จะแสดงเกี่ยวกับระบบอะไร ซึ่งตัวเลขนี้มีความหมายว่าเป็นระบบของเครื่องกังหันก๊าซ
4) การแบ่งประเภทความอันตรายของพื้นที่ที่ติดตั้ง (Area Classification): เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือวัดนั้นถูกติดตั้งไว้ในสถานที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายหรือไม่ เพราะถ้าใช่ ก็จะมีผลให้ต้องมีการติด ตั้งตัวอุปกรณ์ป้องกัน แต่ทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ใน Non-Hazardous Area ซึ่งก็หมายความว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายใดๆ
5) สถานที่ที่ติดตั้ง (Location): เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือวัดนั้นจะติดตั้งกับอะไรและที่ไหน อย่างเช่น ทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดตั้งแบบ Field-DCS หมายความว่าติดตั้งในหน้างานจริง และต่อเข้ากับ DCS เพื่อใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณในการควบคุม

6) เลขประจำตัวท่อ (Line No.): เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือวัดถูกติดตั้งที่ทางเดินท่อไหน โดยจะใช้การบอกเป็นตัวอักษรย่อและตัวเลขต่างๆ ตัวอย่างเช่น ทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดอยู่ที่ท่อหมายเลข 22EGD 21BR018-DF4-DN50-A2K ซึ่งสามารถอธิบายความหมายต่างๆได้ดังนี้

- 22: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
- EGD: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ในทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pipe)
- 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับของระบบนั้นๆ
- BR018: หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ที่ทางเดินท่อของระบบนี้ ส่วนหมายเลขเป็นการเรียง ลำดับท่อเพื่อไม่ให้เกิดความสับสน
- DF4: หมายถึงตัวกลางที่ถูกวัดคือน้ำมันดีเซล หลังจากผ่านตัวเครื่องกรองมาแล้ว (Diesel Oil Supply After Diesel Pre-Filter)
- DN50: หมายถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อที่มีขนาด 50 มิลลิเมตร หรือ 2 นิ้ว
- A2K: เป็นการแบ่งประเภทของท่อ (Pipe Class) ซึ่งเมื่อรู้ว่าท่อนี้อยู่ใน Pipe Class ที่เท่าไหร่ก็สามารถหาได้ว่าท่อนี้ทำมาจากวัสดุอะไรและสามารถหาความหนาของท่อได้ โดยการแบ่งประเภทของ Pipe Class จะมีปัจจัยอยู่หลายอย่างไม่ว่าจะเป็นทั้งตัวกลางที่ทำการวัด ค่าความดันและอุณหภูมิของตัว กลางนั้นๆ โดยท่อประเภท A2K จะเหมาะกับของไหลที่เป็นพวกน้ำมันดีเซล

7) ความหนาของท่อ (Schdule): เป็นการบ่งบอกว่าท่อที่ติดตั้งตัวอุปกรณ์มีความหนาของท่อเท่าไหร่ ในเอกสารได้ระบุเอาไว้ที่ 80S (ดูจากเอกสาร Pipe Class) จากรหัสนี้จะสามารถบอกได้ถึงค่าความหนาของท่อมีค่า 5.54 มิลลิเมตร

8) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Line Internal Diameter): เป็นขนาดที่เกิดจากการนำค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกมาลบกับค่าความหนาของท่อ ซึ่งค่านี้จะเป็นค่าของขนาดที่แท้จริงที่ของไหลสามารถไหลไปในท่อได้

จาก Line Internal Diameter = Pipe OD – 2(Thickness)

แทนค่า Line Internal Diameter = 60.32- 2(5.54)

Line Internal Diameter = 49.24 mm.

9) วัสดุที่ใช้ทำท่อ (Pipe Material): โดยที่ทางเดินท่อนี้ใช้วัสดุที่เป็น A312 Gr.TP304/EC ซึ่งจะสามารถเข้าใจความหมายได้ ต้องดูเอกสารที่แผนก Piping

4.1.2.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition)

1) ชื่อของไหลและสถานะ (Fluid Name and Fluid Phase): ใช้บ่งบอกว่าของไหลที่วัดมีชื่อเรียกว่าอะไร และมีสถานะเป็นอย่างไรในช่วงระหว่างทำการวัด ซึ่งในเอกสารนั้นถูกระบุเป็น
   - Fluid Name: Diesel Oil
   - Fluid Phase: Liquid
2) ค่าความดันและอุณหภูมิที่ได้ออกแบบไว้ (Design Pressure และ Design Temperature): เป็นค่าความดันและอุณหภูมิของน้ำมันดีเซลที่ถูกออกแบบไว้ว่าเป็นค่าสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งระบุเอาไว้ว่า
   - Design Pressure: 9.5 bar-g
   - Design Temperature: 55 °C
3) ค่าความดัน อุณหภูมิ ความหนาแน่นและความหนืดในทำการวัดจริง (Pressure Temperature Density and Viscosity): เป็นค่าความดัน อุณหภูมิ ความหนาแน่นและความหนืดของน้ำมันดีเซลในขณะที่ถูกวัด โดยในเอกสารได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Temperature: 32 °C
   - Pressure: 5.5 bar-g
   - Density: 870 kg/m^3
   - Viscosity: 2.6 cP

4.1.2.3 ส่วนทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter)

1) ย่านการวัดของเครื่องมือวัดจากผู้ผลิต (Instrument Range): เป็นค่าที่บ่งบอกว่าทรานส์มิตเตอร์ที่ซื้อมาจากผู้ผลิตจะมีย่านการวัดเท่าไหร่ ซึ่งในเอกสารระบุมาเป็น By Vendor (ขึ้นอยู่กับผู้ขาย)
2) ย่านการวัดสอบเทียบ (Calibration Range): เป็นย่านการวัดที่ต้องการสำหรับการสอบเทียบ ซึ่งได้ระบุเอาไว้ว่า
   - Min: 0 bar-g หมายความว่า ต้องการส่งสัญญาณ 4 mA ที่ 0 bar-g
   - Max: 10 bar-g หมายความว่า ต้องการส่งสัญญาณ 20 mA ที่ 10 bar-g
3) วัสดุที่ใช้ทำส่วนป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ภายในทรานส์มิตเตอร์ (Housing Material): ในเอกสารได้ระบุเป็น SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
4) รูปแบบการวัดและวัสดุที่ใช้ทำ (Element Type and Element Material): เป็นการบ่งบอกว่าทรานส์มิตเตอร์ตัวนั้นใช้สิ่งใดเป็นส่วนวัดค่า พร้อมทั้งบอกด้วยว่าวัสดุที่ใช้ทำส่วนวัดค่านั้นคืออะไร ซึ่งในเอกสารได้ระบุมาเป็น

- Element Type: Isolating Diaphrgm เป็น Diaphragm ที่แยกออกมาจากทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่วัดค่าความดันและส่งค่าเหล่านี้ไปแปลงสัญญาณต่อไป
- Element Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

5) วัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิตเตอร์และความสามารถในการรับแรงดันสูงสุด (Body Material and Body Rating): วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่สัมผัสกับตัวกลางที่จะวัดในทรานส์มิตเตอร์ พร้อมกับค่าความดันสูงสุดที่ทรานส์มิตเตอร์จะสามารถทนได้ โดยในเอกสารได้ระบุเอาไว้ว่า
   - Body Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - Body Rating: MFR.STD หมายความว่าขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ผลิต
6) วัสดุที่ใช้ทำส่วนหน้าแปลนของทรานส์มิตเตอร์ (Process Flange Material): เป็นการบ่งบอกถึงวัสดุที่ใช้ทำส่วนหน้าแปลนของทรานส์มิตเตอร์ที่จะเป็นส่วนเชื่อมต่อกับวาล์วหลายทาง (2 Way Maifold Valve) ดังนั้นส่วนนี้จึงเป็นส่วนที่จะสัมผัสกับของไหลโดยตรง ในเอกสารได้ระบุเป็น SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
7) วัสดุที่ใช้ทำวงแหวนกันรอยรั่ว (Wetted O-Ring Material): เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ป้องกันรอยรั่วที่บริเวณหน้าแปลนของทรานส์มิตเตอร์ โดยในเอกสารได้ระบุเป็น MFR.STD (ขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ผลิต)
8) ของเหลวที่ถูกเติมเข้าไปในไดอะแฟรม (Fill Fluid): เป็นการบ่งบอกถึงสารที่ถูกเติมเข้าไปในไดอะแฟรมซึ่งทำหน้าที่ส่งถ่ายค่าความดันที่วัดได้ โดยในเอกสารได้ระบุเป็น Silicone Oil
9) แหล่งพลังงานของตัวทรานส์มิตเตอร์และรูปแบบสัญญาณเอาต์พุท (Power Supply and Output): เป็นการบ่งบอกถึงส่วนที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับทรานส์มิตเตอร์ พร้อมกับบอกค่าสัญญาณเอาต์พุทที่ได้มาจากทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Power Supply: 2 Wire 24 Vdc Loop Powered หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ใช้สาย 2 เส้นในการเชื่อมต่อกับตัวควบคุม (DCS)
   - Output: 4-20 mA with HART Protocol หมายความว่าทรานส์มิตเตอร์จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็น 4-20 mA พร้อมกับการสื่อสารที่เป็นรูปแบบของ HART (Highway Addressable Remote Transducer)
10) การป้องกันการระเบิดและตัวห่อหุ้ม (เปลือก) ของทรานส์มิตเตอร์ (Explosion Protection and Enclosure): เป็นความสามารถในการป้องกันเครื่องมือวัดระเบิด และระดับการห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์เพื่อป้องกันชิ้น ส่วนภายใน ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Explosion Protection: EExd เป็นการป้องกันการระเบิดรูปแบบหนึ่งคือ เมื่อมีการระเบิดเกิดขึ้นภายในทรานส์มิตเตอร์จะไม่มีประกายไฟส่งผลต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ

- Enclosure: IP65 as minimum เป็นการระบุถึงความสามารถในการห่อหุ้มทรานสมิตเตอร์ ทั้งนี้จะบอกให้อยู่ในรูปของตัวเลขสองหลัก ซึ่งหลักแรกเป็นการระบุถึงมาตรฐานการป้องกันของแข็งและฝุ่นละออง ส่วนหลักที่สองเป็นการระบุถึงมาตรฐานการป้องกันของเหลว โดยตัวเลขที่ระบุมาสามารถตีความหมายได้ดังนี้
  - หมายเลข 6 เป็นการป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าเครื่องมือวัดได้อย่างสมบูรณ์
  - หมายเลข 5 เป็นการป้องกันน้ำฉีดที่มากระทบได้ทุกทิศทาง

11) ค่าความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด (System Accuracy): เป็นการระบุถึงค่าความเที่ยงตรงของทรานส์มิตเตอร์ โดยระบุค่าเอาไว้ที่ ± 0.1% of Span ซึ่งสามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ เพื่อหาว่าเกจวัดตัวนี้สามารถอ่านค่าที่วัดได้ตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ทรานส์มิตเตอร์มีค่า Span ที่ 10 bar-g ได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ± 0.1% of Span

เครื่องมือวัดนี้มีค่าความเที่ยงตรง $\pm\frac{0.1}{100} \times 10 = \pm 0.01$ bar-g

เพราะฉะนั้นค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง -0.01 ถึง 10.01 bar-g

12) ขนาดการเชื่อมต่อ (Process Connection): เป็นการระบุถึงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัดกับท่อในกระบวนการ โดยได้ระบุไปเป็น See Manifold Valve เพราะว่าทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้มีการใช้งานร่วมกับวาล์วหลายทาง เพื่อใช้ควบคุมของไหลก่อนเข้าทรานส์มิตเตอร์

13) การเชื่อมต่อสายไฟ (Electrical Connection): ในเอกสารระบุเป็น M20 ซึ่งเป็นมาตรฐานเกลียวที่ใช้เชื่อมต่อส่วนที่เป็นสายไฟ

4.1.2.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option)

1) การแสดงผลหน้าจอแอลซีดี (LCD Display): ในเอกสารมีการระบุให้เป็น Integral LCD Display คือส่วนแสดงผลเป็นหน้าจอแอลซีดีที่ติดมาพร้อมกับทรานส์มิตเตอร์

2) ลักษณะวาล์วหลายทาง, วัสดุที่ใช้และรูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อ (Manifold Valve, Material and Process Connection): เป็นการระบุถึงวาล์วที่ติดตั้งและใช้งานร่วมกับมรานส์มิตเตอร์ เพื่อให้กับทรานส์มิตเตอร์ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยในเอกสารมีการระบุเอาไว้ดังนี้
   - Manifold Valve: 2 Way Manifold Valve เป็นวาล์ว 2 ทางโดยส่วนประกอบหลักจะมีวาล์ว 2 ตัวที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยวาล์วตัวหนึ่งจะทำหน้าที่ในการป้องกันของไหลไหลเข้าไปที่ทรานส์มิตเตอร์ (Isolating Valve) และวาล์วอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ระบายของไหลออกไป (Vent Valve) ใช้ในกรณีที่ของไหลยังคงหลงเหลืออยู่ในทรานส์มิตเตอร์ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สามารถนำทรานส์มิตเตอร์ออกจากจุดวัดได้
   - Material: วัสดุที่ใช้ทำวาล์วหลายทาง ได้ระบุเป็น SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

- Process Connection: ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับท่อที่มาจากการ Impulse Line ซึ่งรูปแบบของการเชื่อมต่อจะคือ 1/2" NPT(F) หมายความว่าจะใช้เป็นเกลียวขนาด 1/2 นิ้ว แบบตัวเมียและมาตรฐานเกลียวเป็นแบบ NPT

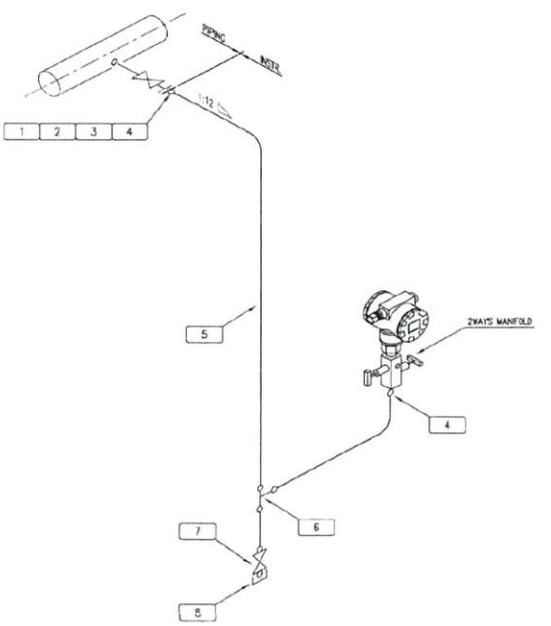
3) การติดตั้งโดยใช้เหล็กฉากมารับน้ำหนัก (Mounting Bracket): รูปแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ระบุเป็น Mounting Bracket with 2" pipe คือใช้เหล็กฉากที่เป็นรูปตัว L มารองรับทรานส์มิตเตอร์พร้อมกับใช้เหล็กรูปตัว U เกี่ยวตัวเสาค้ำ (Stanchion) ที่มีขนาด 2 นิ้ว และทำการยึดเข้ากับตัวเหล็กฉากรูปตัวแอล

4.1.2.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features)

1) เอกสารที่ใช้ในการรับรอง (Certification): ในการจะสั่งซื้อทรานส์มิตเตอร์จาก Vendor ในแต่ละครั้งจำ เป็นที่จะต้องขอเอกสารใบรับรองมาตรฐานทรานส์มิตเตอร์ด้วย โดยจะมีการระบุสิ่งที่ต้องการใน Data Sheet ดังนี้
   - Material: เป็นเอกสารใบรับรองเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิตเตอร์
   - Calibration: เป็นเอกสารใบรับรองการสอบเทียบทรานส์มิตเตอร์
   - Inspection Report: เป็นเอกสารใบรับรองทดสอบการใช้งานทรานส์มิตเตอร์

4.1.3 รายละเอียดการติดตั้ง

วิธีการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแบบ Impulse Line

จากรูปที่ 4.3 เป็นการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์แบบ Impulse Line ซึ่งมีรายละเอียดของส่วนประกอบต่างๆดังนี้

1) Gasket (ปะเก็น): เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วไหลของไหล ซึ่งใส่อยู่ระหว่างหน้าแปลน 2 ชิ้น
2) Bolt and Nut (โบล์ตและนัท): เป็นชิ้นส่วนที่ทำหน้าที่ยึดหน้าแปลน 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
3) Thread Flange (หน้าแปลนแบบเกลียว): เป็นหน้าแปลนแบบเกลียวสำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์
4) Male Connector (ข้อต่อตัวผู้): เป็นส่วนเชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นเกลียวตัวผู้ทั้ง 2 ด้าน ใช้เชื่อมต่อกันระหว่างตัวอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง
5) Tube (ท่อขนาดเล็ก): เป็นส่วนประกอบที่มีลักษณะเป็นท่อ แต่จะมีขนาดเล็กกว่าท่อในกระบวนการ
6) Union Tee (ข้อต่อเชื่อมท่อ 3 ทาง): เป็นส่วนประกอบที่ทำเชื่อมต่อ Tube เข้าด้วยกัน โดยข้อต่อแบบนี้จะเชื่อมต่อ Tube 3 อันเข้าด้วยกัน
7) Ball Valve with Union (วาล์วควบคุมของไหลพร้อมข้อต่อ): เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่เปิด-ปิดเพื่อระบายของไหลออกจากระบบการวัด ถ้าของไหลมีมากเกินไป
8) Plug Tube (ตัวอุดท่อ): เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ของไหลไหลออกจาก Tube

หน้าที่ของแผนก Instrument ในการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันจะเริ่มต้นที่หน้าแปลนของ Block Valve ที่ยื่นออกมานอกสุดจากจุดวัด ทั้งนี้จะติดตั้งในลักษณะ Impulse Line นั่นคือติดจุดวัดความดันไว้ที่ท่อ โดยท่อนั้น (Tube) จะต้องยื่นออกมาให้มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับของไหลที่ถูกวัด เช่น ถ้าของไหลที่ถูกวัดเป็นของเหลว ท่อวัดจะอยู่ในลักษณะลาดชันต่ำลงไปเป็นอัตราส่วนตามมาตรฐาน (API 551) และก่อนที่จะเข้าทรานส์มิตเตอร์จะมีการติดตั้งตัววาล์วหลายทาง (2 Way Manifold Valve) เพื่อป้องกันและระบายของไหลที่จะเข้าไปที่ทรานส์มิตเตอร์ (ใช้ในกรณีที่ต้องการจะเปลี่ยนหรือนำทรานส์มิตเตอร์ไปซ่อมบำรุง)

4.2 ที่บริเวณตัวกรองน้ำมันดีเซลก่อนเข้าสู่ตัวกังหันก๊าซ (Diesel Oil Pre-Filter)

จากรูปที่ 4.4 แสดงการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันทั้งหมดไม่ว่าจะเป็น Pressure Gauge (เกจวัดความดัน), Differential Pressure Gauge (เกจวัดความดันแตกต่าง) และ Pressure Transmitter (ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน) โดยของไหลในกระบวนการก็คือน้ำมันดีเซล ซึ่งไหลมาจากแท้งค์ที่เก็บน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Tank) ผ่านปั๊ม (Pump) จากนั้นก็จะเข้าสู่เครื่องกรอง (Filter) ต่อไป ในทางเดินท่อจะมีเครื่องมือวัดดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นถูกติดตั้งอยู่ ทั้งนี้เหตุผลในการติดตั้งและเนื้อหาของเครื่องมือวัดแต่ละชนิดได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากการที่มีเครื่องมือวัดทั้งหมดสามชนิดนั้นถูกติดตั้งไว้ภายในระบบนี้ ดังนั้นจึงสามารถอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับเหตุผลในการติดตั้งได้ดังนี้

4.2.1.1 เกจวัดค่าความดัน

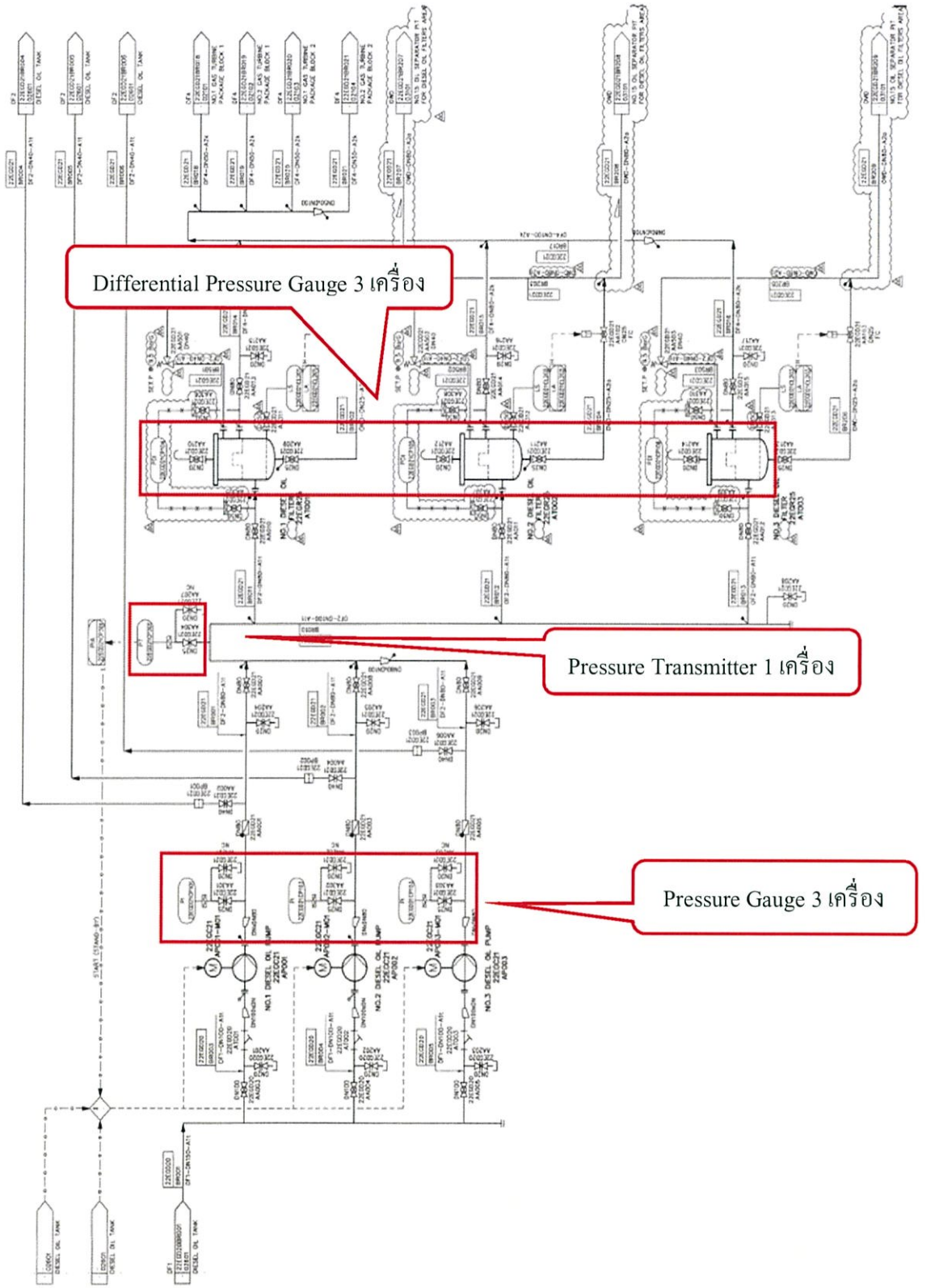
เมื่อน้ำมันดีเซลไหลผ่านตัวปั๊มก็จะมีการตรวจวัดค่าความดันด้วยเกจวัดความดัน เพื่อแสดงค่าความดันของน้ำมันในขณะนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อตรวจสอบว่าค่าความดันนั้นปกติหรือไม่ ถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้นก็ต้องตรวจสอบทั้งตัวปั๊มและทางเดินท่อ

4.2.1.2 เกจวัดค่าความดันแตกต่าง

การติดตั้งเกจวัดความดันแตกต่างเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องกรองน้ำมัน ซึ่งทำหน้าที่ในการกรองฝุ่นละอองและสิ่งปะปนต่างๆที่จะเข้ามาในกระบวนการ ซึ่งความดันขาเข้าและขาออกของเครื่องกรองน้ำมันจะต้องมีค่าความดันแตกต่างไม่เกินค่าๆหนึ่ง ถ้ามีค่าความดันแตกต่างมากเกินไปอาจจะสันนิฐานได้ว่ามีการอุดตันภายในเครื่องกรอง หรือถ้าเกิดมีค่าความดันแตกต่างน้อยเกินไปก็อาจจะสันนิฐานได้ว่าอาจมีการรั่วไหลบางจุดในบริเวณนั้น

4.2.1.3 เหตุผลในการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

หลังจากที่น้ำมันดีเซลไหลผ่านปั๊มไปแล้ว ก็จะไหลเข้าไปที่เครื่องกรอง (Filter) ต่อไป แต่ที่บริเวณเครื่องกรองก็จำเป็นต้องมีการกำหนดค่าความดันให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นก่อนที่น้ำมันดีเซลจะไหลเข้าสู่เครื่องกรองจจะต้องติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดค่าความดัน โดยค่าสัญญาณที่ได้จะส่งไปที่ตัวควบคุม (Controller) เพื่อควบคุมการทำงานของปั๊มต่อไป



รูปที่ 4.4 P&ID แสดงการติดตั้ง เกจวัดความดัน เกจวัดความดันแตกต่าง และทรานสมิตเตอร์

4.2.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดัน

GENERAL	1	Tag Number				PI-22EGD31CP101				
	2	Service				Diesel Transfer Pump				
	3	P&ID No.				B-P-450-02601				
	4	Location				Field				
	5	Line No.	Line Size	Schedule		22EGD31BR001-DF2-DN150-A1t		DN150		40
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material			154.05 mm		A106 Gr.B		
PROCESS CONDITIONS	7	Fluid Name	Fluid Phase			Diesel Oil		Liquid		
	8	Design Pressure	Design Temperature			4.5	bar-g	55		°C
	9					Minimum	Normal	Maximum		Units
	10	Diff Pressure (for Diff Pressure Transmitter)								bar-g
	11	Temperature					32			°C
	12	Pressure				0	2.4	4.5		bar-g
	13	Density					870			kg/m³
	14	Viscosity					2.6			cP
	15	Pulsation	Vibration							
	16	Corrosive	Erosive	Toxic		-	-			-
GAUGE	17	Type				Pressure Gauge				
	18	Figure Interval				MFR.STD.				
	19	Connection Size				See Diaphragm Seal				
	20	Mounting Connection				Bottom Connection				
	21	Dial Size	Dial Color			100 mm		Black Letter on White Background		
	22	Case Material	Window Material			SST		Laminated Safety Glass		
	23	Ring Construction	Ring Material			Screwed		SST		
	24	Calibration Range Min.	Max.			0 bar-g		6 bar-g		
	25	Blow Out Protection	Nominal Accuracy			Blow out Disc		±1% of Full Scale		
	26	Pressure Element Type				Bourdon Tube				
	27	Pressure Element Material				SST				
	28	Socket Material	Movement Material			SST		SST		
	29	Case Fill Fluid	Enclosure			Glycerine		IP65 as minimum		
SWITCH	30	Quantity	Type			-		-		
	31	Contact Arrangement	Contact Rating			-		-		
	32	Set Point	Deadband			-		-		
	33	On Measurement Increase Switch				-				
	34	Explosion Protection	Enclosure			-		-		
	35	Electrical Connection				-				
DIAPHRAGM SEAL	36	Type				-				
	37	Diaphragm Material	Fill Fluid			-		-		
	38	Process Connection	Flushing Connection			-		-		
	39	Connection to Instrument				-				
	40	Housing Material : Upper	Lower			-		-		
	41	Capillary: Length	Material			-		-		
OPTIONS	42	Manifold Valve	Material	Process Connection		2 Ways Manifold Valve	SST			1/2" NPT-M
	43	Syphon : Type	Material			-		-		
	44	Pulsation Dampener	Material			-		-		
	45	Overpressure Protection				-				
PURCHASE	46	Manufacturer								
	47	Model								
	48	Purchase Order No.	Requisition No.							
	49	Serial Number								
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.								
	51	Certification				Material, Calibration				
	52	Special Service								

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.Over range protection up to 130% of full scale.

รูปที่ 4.5 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดัน

รายละเอียดภายในเอกสาร Data Sheet มีดังนี้

4.2.2.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) เลขประจำตัวเครื่องมือวัด (Tag Number): ได้ระบุมาเป็น PI-22EGC21CP101 ซึ่งมีความหมายได้ดังนี้
   - PI: เป็นการบอกว่าเครื่องมือวัดตัวนี้เป็นเกจวัดความดัน (Pressure Gauge)
   - 22: หมายถึงว่าเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
   - EGD: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ในทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pipe)
   - 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - CP: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้มีรูปแบบการวัด เพื่อควบคุมค่าความดัน
   - 101: หมายถึงหมายเลขของเกจวัดค่าความดันตัวนี้
2) ตัวอุปกรณ์ที่เครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): ติดตั้งอยู่ที่บริเวณตัวปั๊มน้ำมันดีเซล (Diesel Transfer Pump)
3) หมายเลข P&ID (P&ID No.): ได้ระบุมาเป็น B-P-450-02602 โดยตัวเลขมีความหมายได้ดังนี้
   - 450: เป็นการบอกรหัสของงานนี้
   - 02602: เป็นการบอกว่าหน้า P&ID นี้แสดงเกี่ยวกับระบบการส่งถ่ายน้ำมันดีเซล
4) สถานที่ที่ติดตั้ง (Location): ได้ระบุสถานที่เป็น Field หมายความว่าติดตั้งไว้ที่พื้นที่ภายในโรงไฟฟ้า
5) เลขประจำตัวท่อ (Line No.): โดยในเอกสาร ระบุว่าทางเดินท่อที่ 22EGD21BR001-DF2-DN80-A1t ซึ่งตัวอักษรย่อและตัวเลข มีความหมายดังนี้
   - 22 หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
   - EGD หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ในทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pipe)
   - 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - BR001: หมายถึงอุปกรณ์ที่ตัวเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดตั้งที่ทางเดินท่อ และหมายเลขเป็นการเรียงลำ ดับท่อ เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน (Piping)
   - DF2 หมายถึงตัวกลางที่ถูกวัด ซึ่งก็คือน้ำมันดีเซลที่ได้ผ่านปั๊มมาแล้ว (Diesel Oil Supply after Diesel Oil Pump)
   - DN80 หมายถึงการบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อที่มีขนาด 80 มิลลิเมตร หรือประมาณ 3 นิ้ว
   - A1t เป็นประเภทหนึ่งของ Pipe Class โดยของไหลที่ใช้กับท่อประเภทนี้เป็นน้ำมันดีเซลที่ได้ผ่านปั๊มมาแล้ว (Diesel Oil Supply after Diesel Oil Pump)
6) ความหนาของท่อ (Schdule): ในเอกสารได้ระบุรหัสความหนาของท่อ ว้ที่ 40 ซึ่งหมายความว่าท่อนี้จะมีความหนาที่ 5.49 มิลลิเมตร

7) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Line Internal Diameter): สามารถคำนวณได้จากการนำค่าเส้นผ่าศูนย์ กลางภายนอกท่อมาลบกับค่าความหนาของท่อ หลักการคิดมีดังนี้

จาก Line Internal Diameter = Pipe OD – 2(Thickness)

แทนค่า Line Internal Diameter = 88.90 - 2(5.49)

Line Internal Diameter = 77.92 mm.

8) วัสดุที่ใช้ทำท่อ (Pipe Material): ใช้เป็น A106 Gr.B โดยข้อมูลได้มาจากเอกสารของทางแผนก Piping

4.2.2.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition)

1) ชื่อของไหลและสถานะ (Fluid Name and Fluid Phase): ใน Data Sheet ระบุมาเป็น
   - ชื่อของไหล (Fluid Name): Diesel Oil
   - ชื่อสถานะ (Fluid Phase): Liquid
2) ค่าความดันและอุณหภูมิที่ได้ออกแบบไว้ (Design Pressure และ Design Temperature): ระบุมาเป็น
   - ค่าความดันที่ออกแบบไว้ (Design Pressure): 7 bar-g
   - ค่าอุณหภูมิที่ออกแบบไว้ (Design Temperature): 55°C
3) ค่าความดัน อุณหภูมิ ความหนาแน่นและความหนืดในทำการวัดจริง (Pressure Temperature Density and Viscosity)
   - ความดัน (Pressure): มีการแบ่งออกเป็นหลายค่าดังนี้
     - ค่าต่ำสุด (Min): 0 bar-g
     - ค่าดำเนินงาน (Normal): 2.4 bar-g
     - ค่าสูงสุด (Max): 4.5 bar-g
   - อุณหภูมิ (Temperature): 32°C
   - ความหนาแน่น (Density): 870 kg/m^3
   - ค่าความหนืด (Viscosity): 2.6 cP

4.2.2.3 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge)

1) รูปแบบเครื่องมือวัด (Type): เป็นการบ่งบอกว่าเครื่องมือวัดตัวนี้เป็นเครื่องมือวัดแบบใด โดยในเอกสารได้ระบุเป็น Pressure Gauge
2) ย่านการวัดที่จะแสดงอยู่บนหน้าปัทม์ (Figure Interval): เป็นการบ่งบอกว่าเกจวัดความดันแสดงค่าการวัดตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ซึ่งระบุมาเป็น MRF.STD (ขึ้นอยู่กับมาตรฐานผู้ผลิต)

3) ขนาดที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (Connection Size): ในเอกสารได้ระบุมาว่าเป็น Threaded 1/2" NPT-M ซึ่งหมายความว่าตัวเชื่อมต่อนี้จะเป็นแบบเกลียวตัวผู้ที่มีขนาด 1/2 นิ้ว

4) ตำแหน่งของตัวเชื่อมต่อ (Mounting Connection): เป็นการบ่งบอกว่าตัวเชื่อมต่อติดอยู่กับเกจวัดความดัน โดยระบุเป็น Bottom Connection หมายความว่าตัวเชื่อมต่อจะอยู่ที่บริเวณส่วนล่างสุดของเกจวัดความดัน

5) ขนาดหน้าปัทม์และสีแสดงค่าที่หน้าปัทม์ (Dial Size and Dial Color): เป็นการบอกขนาดหน้าปัทม์ของเกจวัดความดันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่าไหร่และภายในหน้าปัทม์ ส่วนที่แสดงค่าจะใช้สีอะไร โดยระบุมาเป็น

- Dial Size: 100 mm หมายความว่าหน้าปัทม์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 100 มิลลิเมตร
- Dial Color: Black Letter on White Background หมายความว่าตัวอักษรที่ใช้แสดงค่าเป็นสีดำและพื้นหลังเป็นสีขาว

6) วัสดุที่ใช้ทำเคสและวัสดุที่ใช้ทำกระจก (Case Matertial and Window Material): เป็นการบ่งบอกว่าตัวเคสและกระจกของเกจวัดความดันทำด้วยวัสดุอะไร โดยระบุมาเป็น

- Case Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
- Window Material: Laminated Safety Glass เป็นกระจกที่มีความปลอดภัยสูงเมื่อเกิดการแตกขึ้นมา

7) รูปแบบการติดตั้งวงแหวนเคสและวัสดุที่ใช้ทำ (Ring Construction and Ring Material): ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้

- Ring Construction: เป็นแบบ Screwed หมายความว่า วงแหวนเป็นแบบหมุนเข้าไป
- Ring Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

8) ย่านการวัดที่สอบเทียบ (Calibration Range): ได้ระบุค่ามาดังนี้

- Min: 0 bar-g
- Max: 6 bar-g

9) แผ่นที่ทำหน้าที่ระบายความดันที่เกินออกไปและค่าความเที่ยงตรง (Blow Out Protection and Nominal Accuracy): เป็นการระบุส่วนที่ทำหน้าที่ระบายความดันส่วนเกินออกไป พร้อมกับระบุค่าความเที่ยงตรงของเกจวัดความดัน ซึ่งระบุไว้ดังนี้

- Blow Out Protection: Blow Out Disc รูปแบบการระบายความดันส่วนเกินออกไป เป็นแผ่นที่ติดอยู่กับเกจวัดความดัน
- Nominal Accuracy: ได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ±1% of Full Scale ซึ่งสามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ เพื่อหาว่าเกจวัดตัวนี้สามารถอ่านค่าที่วัดได้ตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เกจตัวนี้มีค่า Full Scale ที่ 10 bar-g

ต่อมาได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ±1% of Full Scale

สามารถคำนวณค่าความเที่ยงตรงได้เป็น $\pm\frac{1}{100} \times 10 = \pm 0.1$ bar-g

เพราะฉะนั้นค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง -0.1 ถึง 10.1 bar-g

10) ชนิดของอุปกรณ์วัดค่าความดันภายในเกจวัดความดัน (Pressure Element Type): เป็นการบ่งบอกว่าอุปกรณ์วัดค่าความดันเป็นชนิดอะไร โดยระบุมาเป็น Bourdon Tube (หลอดบูร์ดอง)

11) วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์วัดค่าความดัน (Pressure Element Material): ส่วนที่ใช้ทำหลอดบูร์ดองคือ SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

12) วัสดุที่ใช้ทำซอกเก็ตและส่วนที่เคลื่อนที่ (Socket Material and Movement Material): โดยได้ระบุเอาไว้ดังนี้

- Socket Material: วัสดุที่ใช้ทำซอกเก็ตหรือปลอกของเกจวัดความดันคือ SST (Stainless Steel, เหล็ก กล้าไร้สนิม)
- Movement Material: วัสดุที่ใช้เป็นส่วนเคลื่อนที่ของหลอดบูร์ดองคือ SST (Stainless Steel, เหล็ก กล้าไร้สนิม)

13) ของเหลวที่เติมเข้าไปในเกจวัดความดันและตัวห่อหุ้มเกจ (Case Fill Fluid and Enclosure): เป็นการบอกว่ามีการเติมของเหลวชนิดใดเติมเข้าไปในเกจวัดความดัน พร้อมทั้งระบุตัวห่อหุ้มเกจ โดยระบุค่าเอาไว้ดังนี้

- Case Fill Fluid: Glycerine (กลีเซอรีน)
- Enclosure: IP65 as minimum โดยความหมายของตัวเลขที่ระบุไว้เป็นดังนี้
  - หมายเลข 6 เป็นการป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าเครื่องมือวัดได้อย่างสมบูรณ์
  - หมายเลข 5 เป็นการป้องกันน้ำฉีดที่มากระทบได้ทุกทิศทาง

4.2.2.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option)

1) ลักษณะวาล์วหลายทาง, วัสดุที่ใช้และรูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อ (Manifold Valve, Material and Process Connection): มีการระบุเอาไว้ดังนี้

- Manifold Valve: 2 Way Manifold Valve เป็นวาล์ว 2 ทาง
- Material: วัสดุที่ใช้ทำวาล์วหลายทางระบุเป็น SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
- Process Connection: ตัวเชื่อมต่อกับท่อที่มาจากการ Impulse Line ซึ่งตัวเชื่อมต่อจะเป็น 1/2" NPT(F) หมายความว่าจะใช้เป็นเกลียวขนาด 1/2 นิ้ว แบบตัวเมียตามมาตรฐานเกลียว NPT

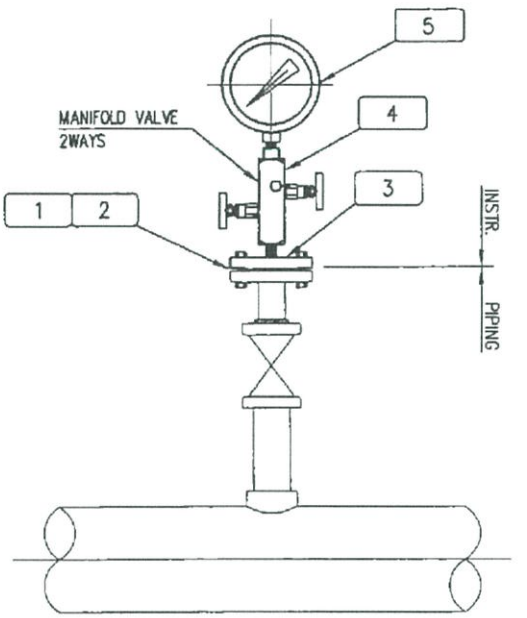
4.2.2.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features)

ในการสั่งซื้อเครื่องมือวัดชนิดนี้จำเป็นจะต้องมีเอกสารเพื่อรับรองคุณภาพ โดยในเอกสารได้ระบุไว้ดังนี้

1) Material: เป็นเอกสารใบรับรองเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิตเตอร์
2) Calibration: เป็นเอกสารใบรับรองการสอบเทียบทรานส์มิตเตอร์

4.2.3 รายละเอียดการติดตั้ง

วิธีการติดตั้งตัวเกจวัดความดัน ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การติดตั้งตัวเกจวัดความดันแบบ In-Line

จากรูปที่ 4.6 เป็นการติดตั้งแบบ In Line ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) Gasket (ปะเก็น): จะถูกติดตั้งไว้ระหว่างหน้าแปลน 2 ชิ้น เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของไหล
2) Bolt and Nut (โบล์ตและนัท): เป็นส่วนประกอบที่ใช้ยึดหน้าแปลน 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
3) Male Clonnector (ข้อต่อตัวผู้): เป็นส่วนเชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นเกลียวตัวผู้ทั้ง 2 ด้านโดยจะใช้เชื่อมต่อกันระหว่างตัวอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง
4) 2 Way Manifold Valve (วาล์ว 2 ทาง): ทำหน้าที่ป้องกันของไหลเข้าตัวเกจพร้อมกับทำหน้าที่ระบายของไหลออกไป (ป้องกันและระบายเพื่อที่จะสามารถเปลี่ยนเกจวัดความดันได้)
5) Pressure Gauge (เกจวัดความดัน): คือเกจวัดค่าความดัน

จากรูปที่ 4.6 พบว่าการติดตั้งเกจวัดความดันแบบ In Line จำเป็นจะต้องมีตัว Block Valve เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการไหลของของไหลที่เข้าไปในตัวเกจ และเพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการถอดเกจวัดความดันออกไปซ่อมบำรุง ทั้งนี้การจัดเตรียม Block Valve พร้อมกับตัวหน้าแปลนเป็นหน้าที่ของแผนก Piping

4.2.4 เอกสารายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดค่าความดันแตกต่าง

GENERAL	1	**Tag Number**			**PDI-22EGD21CP104**			
	2	Service			No.1 Diesel Oil Pre-Filter			
	3	P&ID No.			B-P-450-02602			
	4	Location			Field			
	5	Line No.	Line Size	Schedule	22EGD21BR011-DF2-DN80-A1t		DN80	40
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		77.92 mm		A106 Gr.B	
PROCESS CONDITIONS	7	Fluid Name	Fluid Phase		Diesel Oil		Liquid	
	8	Design Pressure	Design Temperature		7	bar-g	55	°C
	9				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**
	10	Diff Pressure (for Diff Pressure Gauge)			0	30	100	mbar-g
	11	Temperature				32		°C
	12	Pressure				4.6		bar-g
	13	Density				870		kg/m³
	14	Viscosity				2.6		cP
	15	Pulsation	Vibration					
	16	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-		-
GAUGE	17	Type			Differential Pressure Gauge			
	18	Figure Interval			MFR.STD.			
	19	Connection Size			MFR.STD.			
	20	Mounting Connection			Bottom Connection			
	21	Dial Size	Dial Color		100 mm		Black Letter on White Background	
	22	Case Material	Window Material		SST		Laminated Safety Glass	
	23	Ring Construction	Ring Material		Screwed		SST	
	24	Calibration Range Min.	Max.		0 mbar-g		100 mbar-g	
	25	Blow Out Protection	Nominal Accuracy		Blow out Disc		±1.6% of Full Scale	
	26	Pressure Element Type			Double Diaphragm			
	27	Pressure Element Material			SST			
	28	Socket Material	Movement Material		SST		SST	
	29	Case Fill Fluid	Enclosure		-		IP65 as minimum	
SWITCH	30	Quantity	Type		-		-	
	31	Contact Arrangement	Contact Rating		-		-	
	32	Set Point	Deadband		-		-	
	33	On Measurement Increase Switch			-			
	34	Explosion Protection	Enclosure		-		-	
	35	Electrical Connection			-			
DIAPHRAGM SEAL	36	Type			-			
	37	Diaphragm Material	Fill Fluid		-		-	
	38	Process Connection	Flushing Connection		-		-	
	39	Connection to Instrument			-			
	40	Housing Material : Upper	Lower		-		-	
	41	Capillary: Length	Material		-		-	
OPTIONS	42	Manifold Valve	Material	Process Connection	3 Ways Manifold Valve	SST		1/2" NPT-M
	43	Syphon : Type	Material		-		-	
	44	Pulsation Dampener	Material		-		-	
	45	Overpressure Protection			-			
PURCHASE	46	Manufacturer						
	47	Model						
	48	Purchase Order No.	Requisition No.					
	49	Serial Number						
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.						
	51	Certification			Material, Calibration			
	52	Special Service						

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

รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแตกต่าง

รายละเอียดภายในเอกสาร Data Sheet มีดังนี้

4.2.4.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) เลขประจำตัวเครื่องมือวัด (Tag Number): PDI-22EGD21CP104 ซึ่งสามารถดูความหมายได้ดังนี้
   - PDI: หมายความว่าตัวเกจนี้เป็นเกจที่ใช้วัดค่าความดันแตกต่าง (Differential Pressure Gauge)
   - 22: หมายความว่าเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
   - EGD: หมายความว่าตัวเกจนั้นถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Pipe)
   - 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - CP: หมายความว่าเครื่องมือวัดตัวนี้วัดมีการติดตั้งแบบโดยตรงที่ตัวอุปกรณ์ที่ต้องการจะวัด ซึ่งเครื่อง มือวัดตัวนี้ทำหน้าที่วัดค่าความดัน
   - 104: หมายถึงหมายเลขของตัวเกจตัวนี้
2) ตัวอุปกรณ์ที่เครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): ได้ระบุมาเป็น No.1 Diesel Oil Pre-Filter ซึ่งเป็นการติดตัวเกจคร่อมตัวเครื่องกรองฝุ่นละออง
3) หมายเลขหน้า P&ID (P&ID No.): ได้ระบุมาเป็น B-P-450-02602
   - 450: เป็นรหัสของงานนี้
   - 02602: หมายความว่าหน้า P&ID นี้จะแสดงเกี่ยวกับระบบส่งถ่ายน้ำมันดีเซล
4) พื้นที่ที่ตัวเกจถูกติดตั้งจริง (Location): ได้ระบุมาเป็น Field คือตัวเกจถูกติดไว้ที่บริเวณภายในโรงไฟฟ้าจริง
5) หมายเลขประจำตัวท่อ (Line No.): ได้ระบุมาเป็น 22EGD21BR011-DF2-DN80-A1t ซึ่งสามารถนำรหัสย่อต่างๆมาอธิบายไว้ดังนี้
   - 22: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้อยู่ในระบบของการจ่ายน้ำมันดีเซล
   - EGD: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ในทางเดินท่อของน้ำมันดีเซล
   - 21: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - BR001: หมายถึงอุปกรณ์ที่ตัวเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดตั้งอยู่ ซึ่งเป็นทางเดินท่อในระบบนั้นๆ
   - DF2: หมายถึงตัวกลางที่ถูกวัดซึ่งก็คือน้ำมันดีเซลหลังจากผ่านตัวปั๊มมาแล้ว
   - DN80: หมายถึงการบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อที่มีขนาด 80 มิลลิเมตรหรือประมาณ 3 นิ้ว
   - A1t: เป็นประเภทหนึ่งของ Pipe Class โดยของไหลที่ใช้กับท่อประเภทนี้เป็นน้ำมันดีเซลที่ได้ผ่านตัวปั๊มมาแล้ว (Diesel Oil Supply after Diesel Oil Pump)
6) ความหนาของท่อ (Schdule): ในเอกสารได้ระบุรหัสของค่าความหนาไว้ที่ 40 ซึ่งจะหมายความว่าท่อนี้จะมีความหนาที่ 5.49 มิลลิเมตร

7) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Line Internal Diameter): จะสามารถหาค่าได้จากการนำค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกท่อมาลบกับค่าความหนาของท่อ หลักการคิดมีดังนี้

จาก Line Internal Diameter = Pipe OD – 2(Thickness)

แทนค่า Line Internal Diameter = 88.90- 2(5.49)

Line Internal Diameter = 77.92 mm.

8) วัสดุที่ใช้ทำท่อ (Pipe Material): ใช้เป็น A106 Gr.B ข้อมูลมาจากเอกสารของทางแผนก Piping

4.2.4.2 คุณสมบัติต่างๆในตัวของไหล (Process Condition)

1) ชื่อของไหลและสถานะ (Fluid Name and Fluid Phase): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - ชื่อของไหล (Fluid Name): Diesel Oil
   - ชื่อสถานะ (Fluid Phase): Liquid
2) ค่าความดันและอุณหภูมิที่ได้ออกแบบไว้ (Design Pressure และ Design Temperature): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - ค่าความดันที่ออกแบบไว้ (Design Pressure): 7 bar-g
   - ค่าอุณหภูมิที่ออกแบบไว้ (Design Temperature): 55°C
3) ค่าความดันแตกต่าง ค่าความดัน อุณหภูมิ ความหนาแน่นและความหนืดในทำการวัดจริง (Diff. Pressure Pressure Temperature Density and Viscosity): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - ค่าความดันเตกต่าง (Diff Pressure): โดยได้มีการระบุเอาไว้หลายค่า ดังต่อไปนี้
     - ค่าต่ำสุด (Min): 0 mbar-g
     - ค่าดำเนินงาน (Normal): 30 mbar-g
     - ค่าสูงสุด (Max): 100 mbar-g
   - ความดัน (Pressure): 4.6 bar-g
   - อุณหภูมิ (Temperature): 32°C
   - ความหนาแน่น (Density): 870 kg/m^3
   - ค่าความหนืด (Viscosity): 2.6 cP

4.2.4.3 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge)

1) รูปแบบเครื่องมือวัด (Type): เป็นการบอกว่าเครื่องมือวัดตัวนี้เป็นเครื่องมือวัดแบบใด โดยในเอกสารได้ระบุมาเป็น Differential Pressure Gauge
2) ค่าย่านการวัดที่เราต้องมาทำสอบเทียบ (Figure Interval): เป็นการบอกว่าเกจตัวนี้จะมีการแสดงค่าตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ซึ่งระบุเป็น MFR.STD คือขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ผลิต

3) ขนาดที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (Connection Size): ในเอกสารระบุเป็น Threaded 1/2" NPT-M หมายความว่าขนาดเชื่อมต่อนี้จะเป็นแบบเกลียวตัวผู้ที่มีขนาด 1/2 นิ้ว

4) ตำแหน่งของตัวที่ใช้เชื่อมต่อ (Mounting Connection): ระบุมาเป็น Bottom Connection หมายความว่าตัวเชื่อมต่อจะอยู่ที่บริเวณส่วนล่างสุดของตัวเกจ

5) ขนาดหน้าปัทม์และสีแสดงค่าที่หน้าปัทม์ (Dial Size and Dial Color): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - Dial Size: 100 mm หมายความว่าหน้าปัทม์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 100 มิลลิเมตร
   - Dial Color: Black Letter on White Background หมายความว่าตัวอักษรที่ใช้แสดงค่าจะใช้สีดำและพื้นหลังจะเป็นสีขาว

6) วัสดุที่ใช้ทำเคสและวัสดุที่ใช้ทำกระจก (Case Matertial and Window Material): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - Case Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - Window Material: Laminated Safety Glass เป็นกระจกที่มีความปลอดภัยสูงเมื่อเกิดการแตกขึ้นมา

7) รูปแบบการติดตั้งวงแหวนเคสและวัสดุที่ใช้ทำ (Ring Construction and Ring Material): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - Ring Construction: Screwed (วงแหวนเป็นแบบหมุนเข้าไป)
   - Ring Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

8) ค่าย่านการวัดที่เราต้องมาทำสอบเทียบ (Calibration Range): ได้ระบุข้อมูลมาเป็นค่าดังนี้
   - Min: 0 mbar-g
   - Max: 100 mbar-g

9) แผ่นที่ทำหน้าที่ระบายความดันที่เกินออกไปและค่าความเที่ยงตรง (Blow Out Protection and Nominal Accuracy): ได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้
   - Blow Out Protection: Blow Out Disc เป็นการบอกว่ารูปแบบของ Blow Out Protection ซึ่งจะเป็นแผ่นที่ติดอยู่ที่ตัวเกจวัดความดัน
   - Nominal Accuracy: ได้ระบุไว้ที่ ±1.6 % of Full Scale ซึ่งสามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ เพื่อหาว่าเกจวัดตัวนี้สามารถอ่านค่าที่วัดได้ตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

     เกจมีค่า Full Scale ที่ 100 mbar-g ได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ±1.6% of Full Scale

     คำนวณออกมาได้เป็น $\pm\frac{1.6}{100} \times 10 = \pm 0.16$ mbar-g

     เพราะฉะนั้นค่าแสดงที่อาจจะเป็นไปได้จะอยู่ในช่วง -0.16 ถึง 10.16 bar-g

10) รูปแบบการวัดค่าความดันภายในตัวเกจความดัน (Pressure Element Type): ได้ระบุส่วนที่ทำหน้าที่วัดค่าความดันภายในเกจเป็น Double Diaphragn

11) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่ทำหน้าที่วัดค่าความดัน (Pressure Element Material): ได้ระบุมาเป็น SST (Stainless Steel)

12) วัสดุที่ใช้ทำซอกเก็ตและส่วนที่เคลื่อนที่ (Socket Material and Movement Material): ในเอกสารได้ระบุเอาไว้ดังนี้

- Socket Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
- Movement Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

13) ระดับการป้องกันส่วนประกอบภายในตัวเกจ (Case Fill Fluid and Enclosure): ได้ระบุค่าเอาเป็น IP65 as minimum ซึ่งมีความหมายดังนี้

- หมายเลข 6 เป็นการป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าเครื่องมือวัดได้อย่างสมบูรณ์
- หมายเลข 5 เป็นการป้องกันน้ำฉีดที่มากระทบได้ทุกทิศทาง

4.2.4.4 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option)

1) ลักษณะวาล์วหลายทาง, วัสดุที่ใช้และรูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อ (Mainfold Valve, Material and Process Connection) : ได้มีการระบุเอาไว้ดังนี้

- Manifold Valve: 3 Way Manifold Valve เป็นวาล์ว 3 ทาง ซึ่งทั้ง 3 วาล์วจะทำหน้าที่แตกต่างกัน ดังคำอธิบายต่อไปนี้
  - Equalized: เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ปรับค่าความดันระหว่างด้าน High และ Low ให้มีค่าเท่ากัน เพื่อใช้ในการสอบเทียบตัวเกจ
  - Isolated: เป็นวาล์วที่ใช้กันของไหลเข้าสู่เกจ
  - Vent: เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ระบายของไหลที่วัดออกไป
- Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
- Process Connection: จะกล่าวถึงส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับท่อที่มาจากการ Impulse Line ซึ่งรูปแบบของการเชื่อมต่อจะเป็น 1/2" NPT(F) หมายความว่าจะใช้เป็นเกลียวขนาด 1/2 นิ้ว แบบตัวเมีย และมาตรฐานเกลียวเป็นแบบ NPT

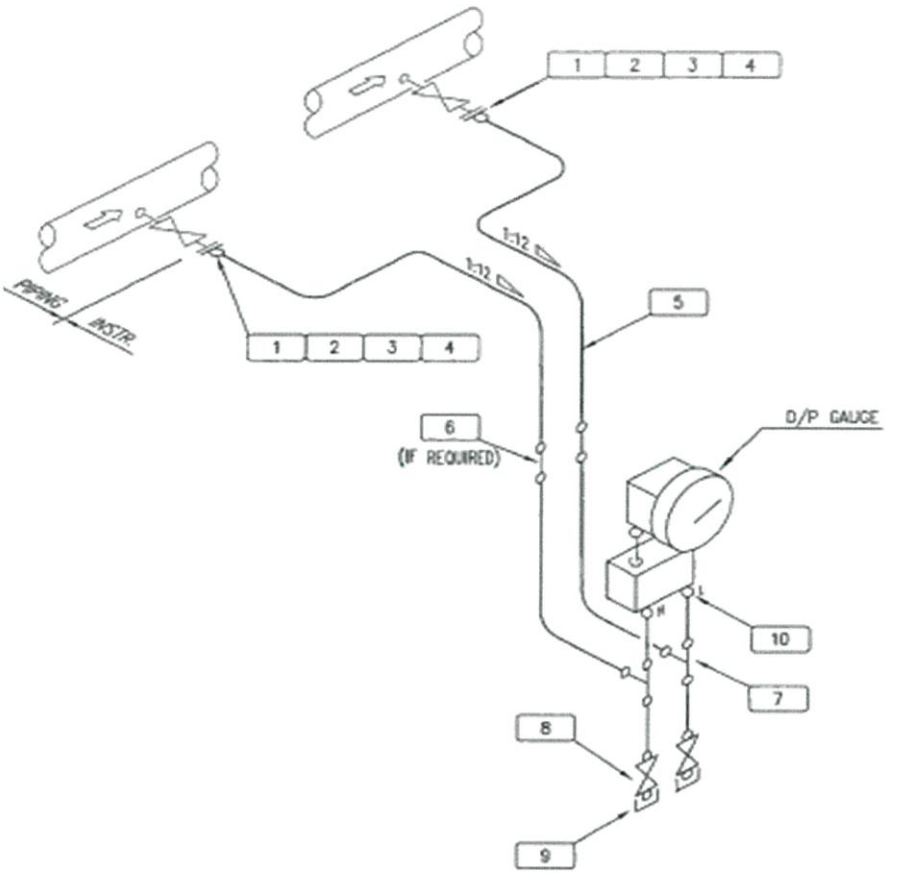
4.2.4.5 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features)

1) เอกสารที่ใช้ในการรับรอง (Certification): ได้ระบุข้อมูลเอาไว้ดังนี้

- Material: เป็นเอกสารรับรองเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำตัวทรานสมิตเตอร์
- Calibration: เป็นเอกสารที่รับรองเกี่ยวกับการสอบเทียบตัวทรานสมิตเตอร์ซึ่งจะทำการสอบเทียบกันหลายค่า

4.2.5 รายละเอียดการติดตั้ง

วิธีการติดตั้งตัวเกจวัดความดันแตกต่าง ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการติดตั้งตัวเกจวัดความดันแตกต่างแบบ Impulse Line

จากรูปที่ 4.8 การติดตั้งตัวเกจวัดความดันแตกต่างแบบ Impulse Line มีรายละเอียดดังนี้ดังนี้

1) Gasket (ปะเก็น): จะถูกติดตั้งไว้ระหว่างหน้าแปลน 2 ชิ้น เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของไหลที่จะวัด
2) Bolt and Nut (โบล์ตและนัท): เป็นส่วนประกอบที่ใช้ยึดหน้าแปลน 2 ชิ้นเข้าด้วยกัน
3) Thread Flange (หน้าเปลนแบบเกลียว): เป็นหน้าแปลนที่ส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เป็นแบบเกลียวตัวเมีย
4) Male Connector (ข้อต่อตัวผู้): เป็นส่วนเชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นเกลียวตัวผู้ทั้ง 2 ด้านโดยจะใช้เชื่อมต่อกันระหว่างตัวอุปกรณ์ตัวหนึ่งไปยังอุปกรณ์อีกตัวหนึ่ง
5) Tube (ท่อ): เป็นชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นท่อแต่จะมีขนาดเล็กกว่าท่อในกระบวนการจริง ซึ่งติดตั้งอยู่ในกระบวนการวัดค่า
6) Union (ข้อต่อเชื่อมท่อ): เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการเชื่อมต่อ Tube 2 ชิ้นเข้าไว้ด้วยกัน

7) Union Tee (ข้อต่อเชื่อมท่อ 3 ทาง): เป็นชิ้นส่วนที่ทำเชื่อมต่อ Tube เข้าด้วยกัน โดย Tube แบบนี้จะเชื่อมต่อ Tube 3 อันเข้าด้วยกัน

8) Ball Valve with Union (วาล์วควบคุมการไหลพร้อมข้อต่อ): เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เป็นวาล์วเปิด-ปิด เพื่อระบายของไหลที่วัดออกไป

9) Plug Tube (ส่วนที่อุดท่อ): เป็นส่วนประกอบที่ใช้ปิดปลายท่อเอาไว้ไม่ให้เกิดการรั่วไหลของสารที่จะวัด

10) Female Connector (ข้อต่อตัวเมีย): เป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการเชื่อมต่อตัวเครื่องมือวัดกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ โดยมีลักษณะเป็นเกลียวแบบตัวเมียทั้ง 2 ด้าน

โดยลักษณการติดตั้งตามรูปนั้นเป็นแบบ Impulse Line ซึ่งจะมีความคล้ายคลึงกับการ Impulse Line ของทรานส์มิตเตอร์ที่ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านั้น แต่จะแตกต่างก็ตรงที่จะมีท่อที่ยื่นมาจากจุดวัด 2 ท่อ ซึ่งตรงกับการใช้งานของเกจวัดลักษณะนี้ที่จะต้องวัดค่าความดันแตกต่างระหว่างจุด 2 จุด

4.2.6 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

GENERAL	1	**Tag Number**			**PT-22EGD21CP301**				
	2	Service			Diesel Oil Pump to Diesel Pre-Filter				
	3	P&ID No.			B-P-450-02602				
	4	Area Classification	Location		Non-Hazardous		Field - DCS		
	5	Line No.	Line Size	Schedule	22EGD21BR001-DF2-DN80-A1t			DN80	40
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		77.92 mm		A106 Gr.B		
	7	Equipment No.	Nozzle No.		-		-		
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		Diesel Oil		Liquid		
	9	Design Pressure	Design Temperature		7	bar-g	55	°C	
	10				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**	
	11	Diff Pressure (for Diff Pressure Transmitter)						bar-g	
	12	Temperature				32		°C	
	13	Pressure				4.6		bar-g	
	14	Density				870		kg/m³	
	15	Viscosity				2.6		cP	
	16	Pulsation	Vibration						
TRANSMITTER	17	Instrument Range Min.	Max.			bar-g		bar-g	
	18	Calibration Range Min.	Max.		0	bar-g	10	bar-g	
	19	Housing Material			Aluminum with Painting				
	20	Element Type	Element Material		Isolating Diaphragm		Hastelloy C-276		
	21	Body Material	Body Rating		ASTM CF-8M		69 MPa		
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material		ASTM CF-8M		-		
	23	Wetted O-Rings Material			Fluoro-rubber				
	24	Fill Fluid			Silicone Oil				
	25	Power Supply	Output		2 wires 24 Vdc loop powered		4-20 mA with HART Protocol		
	26	Explosion Protection	Enclosure		EExd		IP65 as minimum		
	27	System Accuracy			±0.055% of Span				
	28	Process Connection	Electrical Connection		See Manifold Valve		M20		
	29	Manifold Valve Connection			Side Connection (See Manifold Valve)				
DIAPHRAGM SEAL	30	Process Connection :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	31	Rating			-				
	32	Diaphragm Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	33	Upper Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	34	Lower Housing Material :	Hi Side	Lo Side	-		-		
	35	Fill Fluid	Flushing Connection		-		-		
	36	Capillary Material			-				
	37	Capillary Type	Capillary Length		-		-		
	38	Extension Length			-				
OPTIONS	39	LCD Display	Junction Box Housing		Integral LCD Display		-		
	40	Remote LCD Display	Distance to Transmitter		-		-		
	41	Hydrostatic Testing			-				
	42	Cleaning			-				
	43	Surge Protection			-				
	44	Manifold Valve	Material	Process Connection	2 Ways Manifold Valve	SST		1/2" NPT(F)	
	45	Mounting Bracket			Mounting Bracket with 2" pipe				
PURCHASE	46	Manufacturer	Model						
	47	Detail Model							
	48	Purchase Order No.	Requisition No.						
	49	Serial Number							
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.							
	51	Certification			Material, Calibration, Inspection Report				
	52	Crippled Mode Detection							
	53	Purge set or Blowback block							

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

รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

รายละเอียดภายในเอกสาร Data Sheet มีดังนี้

4.2.6.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) เลขประจำตัวเครื่องมือวัด (Tag Number): ทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้มีหมายเลขประจำตัวคือ PT-22EGD21 CP301
2) สถานที่ที่ตัวเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): ระบุมาเป็นทางเดินท่อระหว่างปั๊มกับเครื่องกรอง (Diesel Oil Pump to Diesel Oil Pre-Filter)
3) หมายเลขหน้า P&ID (P&ID No.): ได้ระบุ P&ID No. ไว้ที่ B-P-450-02602
4) การแบ่งประเภทความอันตรายของพื้นที่ที่ติดตั้ง (Area Classification): โดยทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ใน Non-Hazardous Area ซึ่งก็หมายความว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายใดๆ
5) สถานที่ที่ติดตั้ง (Location): ได้ระบุมาเป็นแบบ Field-DCS หมายความว่าติดตั้งในหน้างานจริง และต่อเข้ากับ DCS เพื่อใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณในการควบคุม
6) เลขประจำตัวท่อ (Line No.): โดยทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ถูกติดอยู่ที่ท่อหมายเลข 22EGD 21BR001-DF2-DN80-A1t
7) ความหนาของท่อ (Schdule): ในเอกสารได้ระบุเอาไว้ที่ 40 (ดูจากเอกสาร Pipe Class) จากรหัสนี้จะสามารถบ่งบอกได้ถึงค่าความหนาของตัวท่อ ซึ่งมีค่า 5.49 มิลลิเมตร
8) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ (Line Internal Diameter): ได้ระบุค่ามาเป็น 77.92 มิลลิเมตร
9) วัสดุที่ใช้ทำท่อ (Pipe Material): โดยที่ทางเดินท่อนี้ใช้วัสดุที่เป็น A106 Gr.B ซึ่งได้ข้อมูลมาจากเอกสารของทางแผนก Piping

4.2.6.2 ส่วนทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter)

1) ย่านการวัดสอบเทียบ (Calibration Range): เป็นย่านการวัดที่ต้องการสำหรับการสอบเทียบ ซึ่งได้ระบุเอาไว้ว่า
    - Min: 0 bar-g หมายความว่า ต้องการส่งสัญญาณ 4 mA ที่ 0 bar-g
    - Max: 10 bar-g หมายความว่า ต้องการส่งสัญญาณ 20 mA ที่ 10 bar-g
2) วัสดุที่ใช้ทำส่วนป้องกันตัวอิเล็กทรอนิกส์ในทรานส์มิตเตอร์ (Housing Material): SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
3) รูปแบบการวัดและวัสดุที่ใช้ทำ (Element Type and Element Material): เป็นการบ่งบอกว่าทรานส์มิตเตอร์ตัวนั้นใช้อะไรเป็นตัววัดค่า พร้อมทั้งบอกด้วยว่าวัสดุที่ใช้ทำตัววัดนั้นคืออะไร ซึ่งในเอกสารได้ระบุมาเป็น
    - Element Type: Isolating Diaphrgm เป็น Diaphragm ที่แยกออกมาจากทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่วัดค่าความดันและส่งค่าเหล่านี้ไปแปลงสัญญาณต่อไป

- Element Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

4) Body Material & Body Rating: เป็นส่วนของวัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิตเตอร์และความสามารถในการทนต่อแรงดัน ซึ่งสามารถอธิบายข้อมูลได้ดังนี้
   - Body Material: ได้ระบุมาเป็น ASTM CF-8M
   - Body Rating: ได้ระบุค่าไว้ที่ 69 MPa หมายความว่าตัวทรานส์มิตเตอร์สามารถทนค่าแรงดันที่จะมากระทำได้มากสุดที่ 69 MPa
5) Process Flange Material: ส่วนที่เชื่อมต่อกับท่อหรืออุปกรณ์อื่นๆ ใช้วัสดุเป็น ASTM CF-8M
6) วัสดุที่ใช้ทำวงแหวนกันรอยรั่ว (Wetted O-Ring Material): โดยในเอกสารได้ระบุเป็น Fluoro-rubber
7) ของเหลวที่ถูกเติมเข้าไปในไดอะแฟรม (Fill Fluid): เป็นการบ่งบอกถึงสารที่ถูกเติมเข้าไปในไดอะแฟรมซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการวัดค่าความดัน โดยในเอกสารได้ระบุเป็น Silicone Oil
8) แหล่งพลังงานของตัวทรานส์มิตเตอร์และรูปแบบสัญญาณเอาต์พุท (Power Supply and Output): เป็นการบ่งบอกถึงส่วนที่ใช้ในการจ่ายพลังงานให้กับทรานส์มิตเตอร์ พร้อมกับบอกค่าสัญญาณเอาต์พุทที่ได้มาจากทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Power Supply: 2 Wire 24 Vdc Loop Powered หมายถึงทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้ใช้สาย 2 เส้นในการเชื่อมต่อกับตัวควบคุม (DCS)
   - Output: 4-20 mA with HART Protocol หมายความว่าทรานส์มิตเตอร์จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็น 4-20 mA พร้อมกับการสื่อสารที่เป็นรูปแบบของ HART (Highway Addressable Remote Transducer)
9) การป้องกันการระเบิดและตัวห่อหุ้ม (เปลือก) ของทรานส์มิตเตอร์ (Explosion Protection and Enclosure): เป็นความสามารถในการป้องกันเครื่องมือวัดระเบิดและการระดับการห่อหุ้มทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Explosion Protection: EExd เป็นการป้องกันการระเบิดรูปแบบหนึ่งคือ เมื่อมีการระเบิดเกิดขึ้นภายในทรานส์มิตเตอร์จะไม่มีประกายไฟส่งผลต่อสภาพแวดล้อมโดยรอบ
   - Enclosure: IP65 as minimum: ซึ่งตัวเลขที่ได้ระบุมานั้นมีความหมายดังนี้
     - หมายเลข 6 เป็นการป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าเครื่องมือวัดได้อย่างสมบูรณ์
     - หมายเลข 5 เป็นการป้องกันน้ำฉีดที่มากระทบได้ทุกทิศทาง
10) System Accuracy: ค่าความเที่ยงตรงของทรานส์มิตเตอร์ได้ระบุไว้ที่ ±0.055% of Span ซึ่งสามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ เพื่อหาว่าเกจวัดตัวนี้สามารถอ่านค่าที่วัดได้ตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ดังตัวอย่างต่อ ไปนี้

    ทรานสมิตเตอร์ตัวนี้มีค่า Span ที่ 10 bar-g ต่อมาได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ±0.055% of Span ก็จะสามารถคำนวณออกมาได้เป็น $\pm\frac{0.055}{100} \times 10 = \pm 0.0055$ bar-g

    เพราะฉะนั้นค่าแสดงที่อาจจะเป็นไปได้จะอยู่ในช่วง -0.0055 ถึง 10.0055 bar-g

11) ขนาดการเชื่อมต่อ (Process Connection): เป็นการระบุถึงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือวัดกับท่อในกระบวนการ โดยได้ระบุไปเป็น See Manifold Valve เพราะว่าทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้มีการใช้งานร่วมกับวาล์วหลายทาง เพื่อใช้ควบคุมของไหลก่อนเข้าทรานส์มิตเตอร์

12) การเชื่อมต่อสายไฟ (Electrical Connection): ในเอกสารระบุเป็น M20 ซึ่งเป็นมาตรฐานเกลียวที่ใช้เชื่อมต่อส่วนที่เป็นสายไฟ

4.2.6.3 ส่วนประกอบเพิ่มเติม (Option)

1) การแสดงผลหน้าจอแอลซีดี (LCD Display): ในเอกสารมีการระบุให้เป็น Integral LCD Display คือมีส่วนแสดงผลเป็นหน้าจอแอลซีดีที่ติดมาพร้อมกับทรานส์มิตเตอร์

2) ลักษณะวาล์วหลายทาง, วัสดุที่ใช้และรูปแบบที่ใช้เชื่อมต่อ (Manifold Valve, Material and Process Connection): เป็นการระบุถึงวาล์วที่ติดตั้งและใช้งานร่วมกับทรานส์มิตเตอร์ เพื่อให้ทรานส์มิตเตอร์ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น โดยในเอกสารมีการระบุเอาไว้ดังนี้
   - Manifold Valve: 2 Way Manifold Valve เป็นวาล์ว 2 ทางโดยส่วนประกอบหลักจะมีวาล์ว 2 ตัวที่ทำหน้าที่แตกต่างกัน โดยวาล์วตัวหนึ่งจะทำหน้าที่ในการป้องกันของไหลไหลเข้าไปที่ทรานส์มิตเตอร์ (Isolating Valve) และวาล์วอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่ระบายของไหลออกไป (Vent Valve) ใช้ในกรณีที่ของไหลยังคงหลงเหลืออยู่ในทรานส์มิตเตอร์ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สามารถนำทรานส์มิตเตอร์ออกจากจุดวัดได้
   - Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - Process Connection: ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับท่อที่มาจากการ Impulse Line ซึ่งรูปแบบของการเชื่อมต่อจะคือ 1/2" NPT(F) หมายความว่าจะใช้เป็นเกลียวขนาด 1/2 นิ้ว แบบตัวเมียและมาตรฐานเกลียวเป็นแบบ NPT

3) การติดตั้งโดยใช้เหล็กฉากมารับน้ำหนัก (Mounting Bracket): รูปแบบการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ระบุเป็น Mounting Bracket with 2" pipe คือจะใช้ตัวเหล็กฉากที่เป็นรูปตัวแอลมารองรับทรานส์มิตเตอร์พร้อมกับใช้เหล็กรูปตัว U เกี่ยวตัวเสาค้ำ (Stanchion) ที่มีขนาด 2 นิ้ว และทำการยึดเข้ากับตัวเหล็กฉากรูปตัวแอล

4.2.6.4 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Feature)

1) เอกสารที่ใช้ในการรับรอง (Certification): ในการจะสั่งซื้อทรานส์มิตเตอร์จาก Vendor ในแต่ละครั้งจำ เป็นที่จะต้องขอเอกสารใบรับรองมาตรฐานทรานส์มิตเตอร์ด้วย โดยจะมีการระบุสิ่งที่ต้องการใน Data Sheet ดังนี้

- Material: เป็นเอกสารใบรับรองเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ทำทรานส์มิตเตอร์
- Calibration: เป็นเอกสารใบรับรองการสอบเทียบทรานส์มิตเตอร์
- Inspection Report: เป็นเอกสารใบรับรองทดสอบการใช้งานทรานส์มิตเตอร์

4.2.7 รายละเอียดการติดตั้ง

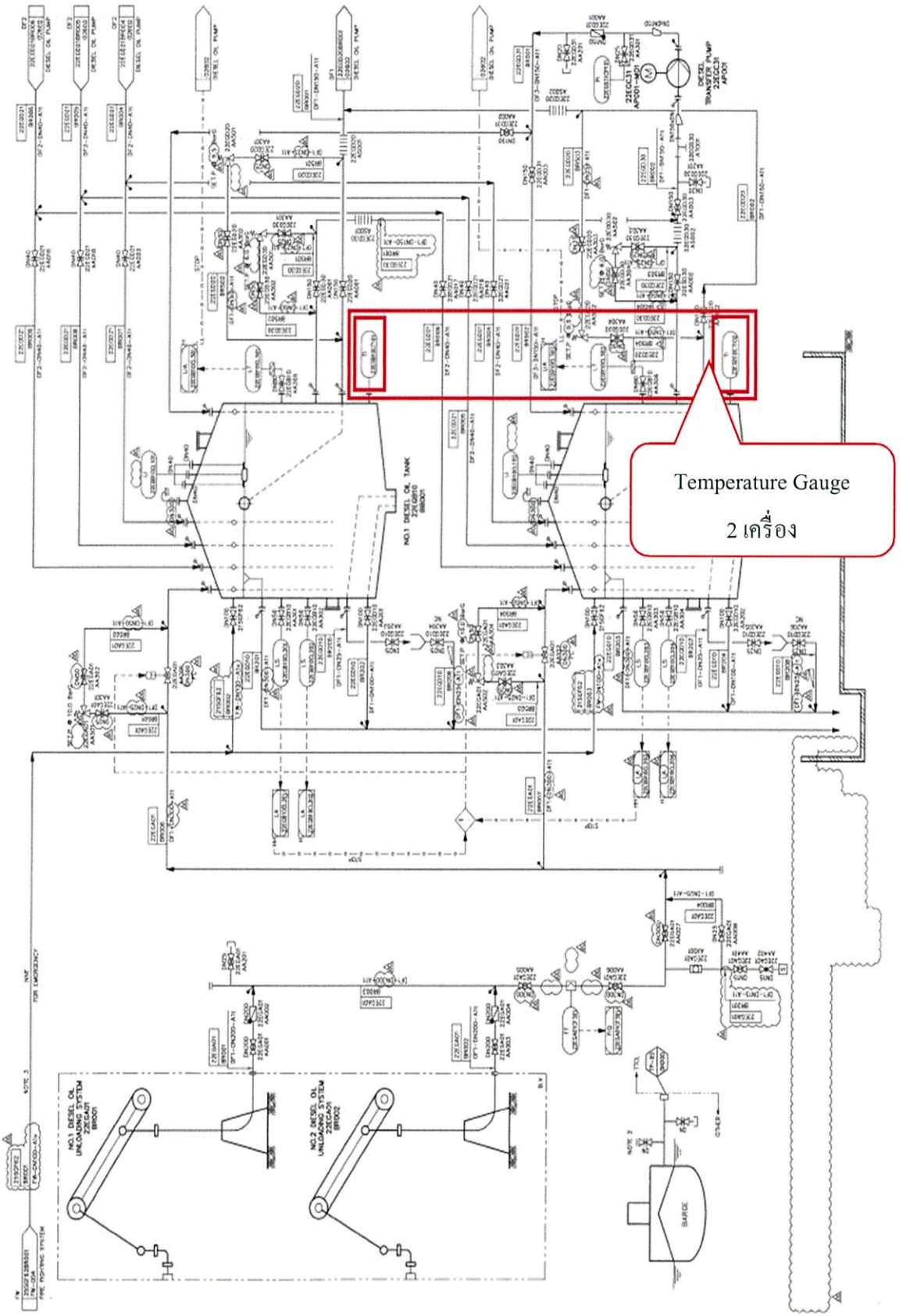
วิธีการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ตัวนี้จะมีความคล้ายคลึงกับการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์ที่ได้กล่าวไปแล้วก่อนหน้านี้ โดยสามารถดูลักษณะการติดตั้งได้จากรูปที่ 4.3

4.3 ที่บริเวณแท้งค์เก็บน้ำมันดีเซล (Diesel Oil Tank)

จากรูปที่ 4.9 แสดงระบบการนำน้ำมันดีเซลออกมาจากระบบแหล่งจ่าย (Unloading System) เพื่อนำมาเก็บเอาไว้ที่แท้งค์ จุดประสงค์ก็คือเพื่อจะได้สะดวกแก่การนำไปใช้ต่อไป โดยในระบบนี้จะมีทั้งหมด 2 แท้งค์ แต่ก่อนที่จะเข้าสู่ตัวแท้งค์นั้นก็จะมีการตรวจสอบค่าต่างๆ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นการกล่าวเกี่ยวกับการวัดค่าอุณหภูมิในแท้งค์ทั้งสอง โดยการวัดและการตรวจสอบจะใช้เป็นเทอร์โมมิเตอร์ ทั้งนี้เหตุผลที่ต้องติดตั้งเกจวัดค่าอุณหภูมิได้ระบุเอาไวดังนี้

4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากรูปที่ 4.9 จะพบว่าเมื่อน้ำมันดีเซลไหลมาตามท่อจนเข้าไปในแท้งค์ ก็จะมีการตรวจสอบค่าอุณหภูมิ เนื่องจากน้ำมันดีเซลที่ไหลมาท่ออาจจะมีความร้อนสะสมอยู่ภายในท่อ ซึ่งเมื่อมาสะสมกันไว้ที่แท้งค์มากๆก็อาจจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ จึงทำให้ต้องมีการตรวจสอบค่าอุณหภูมิตลอดเวลา ทั้งนี้ลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์จะเป็นแบบแถบโลหะคู่พร้อมกับมีชิ้นส่วนที่ใช้ในการป้องกันอย่างเทอร์โมเวล (Thermowell) ที่ลักษณะการเชื่อมต่อเป็นแบบหน้าแปลน (Flange)



รูปที่ 4.10 แสดง P&ID การติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ที่บริเวณแท้งค์เก็บน้ำมันดีเซล

4.3.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเทอร์โมมิเตอร์แบบเฉบโลหะคู่

GENERAL	1	Tag Number				TI-22EGB10CT101				
	2	Service				No.1 Diesel Oil Tank				
	3	P&ID No.				B-P-450-02601				
	4	Area Classification	Location			Non Hazardous		Field		
	5	Line No.	Line Size	Schedule		-			-	-
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material			-		-		
	7	Equipment No.	Nozzle No.			22EGB10BB001		N-4		
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase			Diesel Oil		Liquid		
	9	Design Pressure	Design Temperature				bar-g		°C	
	10					Minimum	Normal	Maximum	Units	
	11	Flow							m^3/hr	
	12	Temperature							°C	
	13	Pressure							bar-g	
	14	Density@Normal	Velocity@Max Flow				kg/m^3		m/s	
	15	Viscosity				cP				
THERMOMETER	16	Type				Bi-Metal Thermometer				
	17	Calibration Range Min:	Max:			0 °C		80 °C		
	18	Dial Size	Dial Color			100 mm		White dial / Black Figure		
	19	Case Material	External Calibrator			SST		Yes		
	20	Hermet. Sealed Case	Lens Material			Weatherproof heavy-duty		Laminated Safety Glass		
	21	Stem	Type	Connection	Length	Thread	Sliding: 1/2" NPT(M)		By Vendor	
	22		Material	Position	Diameter	SST	Adjustable "every angle"		MFR.STD	
	23	Accuracy				EN13190 Class1				
	24	Filled System	Type			-				
	25		Compensation			-				
	26		Capillary Length			-				
	27		Capillary Material			-				
	28		Armor Material			-				
	29		Bulb Diameter			-				
	30		Bulb Length			-				
	31		Bulb Type			-				
	32		Bulb Connection			-				
WELL	33	Process Connection				1-1/2" ANSI 150# RF				
	34	Material				SST				
	35	Sheathing	Coating			-		-		
	36	Construction Type	Internal Connection			Tapered / Drilled Barstock		1/2" NPT(F)		
	37	Lagging Extension	Plug & Chain			MFR.STD		-		
	38	Treatments	Welding			-		Full Penetration Weld		
	39	Overall Length				MFR.STD				
	40	Length Below Thread / Flanged				300 mm (U-Length)				
	41	Stamping				Tag no, Flange & Rating, Material, U-Length				
PURCHASE	42	Manufacturer	Model							
	43	Detail Model								
	44	Purchase Order No.	Requisition No.							
	45	Serial Number								
ADDITIONAL FEATURES	46	Drawing No.								
	47	Certification				Material, Calibration				
	48	Other				Enclosure: IP65				
	49									

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.Nozzle length is 150 mm.

รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเทอร์โมมิเตอร์

รายละเอียดภายในเอกสาร Data Sheet มีดังนี้

4.3.2.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) เลขประจำเครื่องมือวัด (Tag Number): ในเอกสารได้ระบุข้อมูลไว้ดังนี้ TI-22EGB10CT101 ซึ่งแต่ละตัวมีความหมายดังนี้
   - TI: เครื่องมือวัดตัวนี้เป็นเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ (Temperature Gauge)
   - 22: เป็นการบอกว่าตัวเกจวัดนี้อยู่ในระบบการส่งการถ่ายน้ำมันดีเซล (Fuel Supply System)
   - EGB: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้ถูกติดอยู่ที่แท้งค์น้ำมันดีเซล (Diesel Oil Tank)
   - 10: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - CT: หมายความว่าเครื่องมือวัดตัวนี้ทำหน้าที่วัดค่าอุณหภูมิเพื่อทำการควบคุม
   - 101: เป็นหมายเลขของเทอร์โมมิเตอร์ตัวนี้
2) ตัวอุปกรณ์ที่เครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): ได้ระบุมาเป็น No.1 Diesel Oil Tank เป็นการติดตั้งตัวเกจไว้ที่แท้งค์เก็บน้ำมัน
3) หมายเลขหน้า P&ID (P&ID No.): ได้ระบุมาเป็น B-P-450-02601 โดยรหัสที่ระบุมามีความหมายดังนี้
   - 450: เป็นรหัสของงานนี้
   - 02601: หมายความว่าหน้า P&ID นี้จะแสดงเกี่ยวกับระบบการนำน้ำดีเซลมาใช้
4) การแบ่งประเภทความอันตรายของพื้นที่ที่ติดตั้ง (Area Classification): ได้ระบุมาเป็น Non-Hazardous คือไม่ได้อยู่ในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดอันตราย
5) สถานที่ติดตั้ง (Location): ได้ระบุมาเป็น Field หมายความว่า เทอร์โมมิเตอร์ถูกติดตั้งไว้ที่บริเวณภายในโรงไฟฟ้า
6) หมายเลขประจำตัวอุปกรณ์ (Equipment No.): ได้ระบุมาเป็น 22EGB10BB001 ซึ่งสามารถนำรหัสย่อต่างๆมาอธิบายไว้ดังนี้
   - BB: หมายความว่าเกจจะติดตั้งไว้ที่ถังโดยตรง
   - 001: เป็นหมายเลขที่ใช้เรียงลำดับเครื่องมือวัด
7) หมายเลขท่อยื่น (Nozzle No.): ในเอกสารได้ระบุไว้เป็น No.4 ซึ่งหมายเลขนี้จะถูกกำหนดมาจากเอกสาร ID Check เพื่อให้รู้ว่าติดตั้งที่บริเวณไหน

4.3.2.2 ส่วนเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

1) รูปแบบการวัดค่าอุณหภูมิ (Type): ได้ระบุมาเป็น Bi-Mental Thermometer คือเป็นเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้หลักการของแถบโลหะคู่
2) ย่านการวัดสอบเทียบ (Calibration Range): โดยได้ระบุค่าต่ำสุดและสูงสุดดังนี้
   - Min: 0°C
   - Max: 80°C

3) ขนาดหน้าปัทม์และสีของหน้าปัทม์ (Dial Size and Dial Color): โดยระบุมาเป็น
   - Dial Size: 100 mm หมายความว่าหน้าปัทม์แสดงค่ามีขนาด 100 มิลลิเมตร
   - Dial Color: White Dial / Black Figure หมายความว่าพื้นหลังสีขาวแล้วให้ตัวอักษรเป็นสีดำ
4) วัสดุที่ทำเคสและความสามารถในการสอบเทียบสเกลจากภายนอกเกจ (Case Material and External Calibration): โดยระบุมาเป็น
   - Case Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - External Calibration: สามารถสอบเทียบภายนอกได้
5) Hermet. Seal Case and Lens Material: โดยระบุมาเป็น
   - Hermet. Seal Case: Weatherproof Heavy-duty
   - Lens Material: Laminated Safety Glass
6) ก้านของเทอร์โมมิเตอร์ (Stem): ในส่วนนี้จะมีส่วนประกอบต่างๆมากมาย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
   - รูปแบบก้าน (Type): Thread คือเป็นแบบเกลียว
   - การเชื่อมต่อ (Connection): Sliding 1/2" NPT(M) หมายความว่า จุดเชื่อมต่อสามารถเคลื่อนที่ไปมาในก้านได้พร้อมกับมีขนาด 1/2" NPT(M) คือมีขนาด 1/2 นิ้วและเป็นเกลียวตัวผู้แบบ NPT
   - ความยาวก้าน (Length): ได้ระบุเป็น By Vendor หมายความว่าขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ขาย
   - วัสดุ (Material): SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - ตำแหน่ง (Position): สามารถปรับได้
   - เส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter): ได้ระบุเป็น MFR.STD หมายความว่าขึ้นอยู่กับมาตรฐานผู้ผลิต
7) ค่าความเที่ยงตรง (Accuracy): ได้ระบุมาเป็นมาตรฐานของ EN13190 Class 1ซึ่งเป็นมาตรฐานของค่าความเที่ยงตรงตัวเทอร์โมมิเตอร์แบบนี้

4.3.2.3 ส่วนเทอร์โมเวล (Thermowell)

1) ขนาดการเชื่อมต่อ (Process Connection): มีขนาด 1-1/2"ANSI 150#RF หมายความว่าใช้กับท่อขนาด 1-1/2 นิ้ว พร้อมกับอัตราการทนแรงดันของหน้าแปลนอยู่ในระดับ 150 ปอนด์ แล้วมีหน้าแปลนแบบ Raised Face ตามมาตรฐาน ANSI
2) วัสดุของเทอร์โมเวล (Material): SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
3) รูปแบบโครงสร้าง (Construction Type): ระบุมาเป็น Tapered / Drilled Barstock ซึ่งมีความหมายดังนี้
   - Tapared: เป็นตัวเทอร์โมเวลที่มีลักษณะเป็นเหมือนรูปกรวยคือ ส่วนบนจะกว้างกว่าส่วนปลาย
   - Drilled Barstock: เป็นการขึ้นรูปตัวเทอร์โมเวลโดยใช้การกลึงจากเหล็กที่เป็นแท่งๆให้มาเป็นทรงของเทอร์โมเวลแบบ Tapered

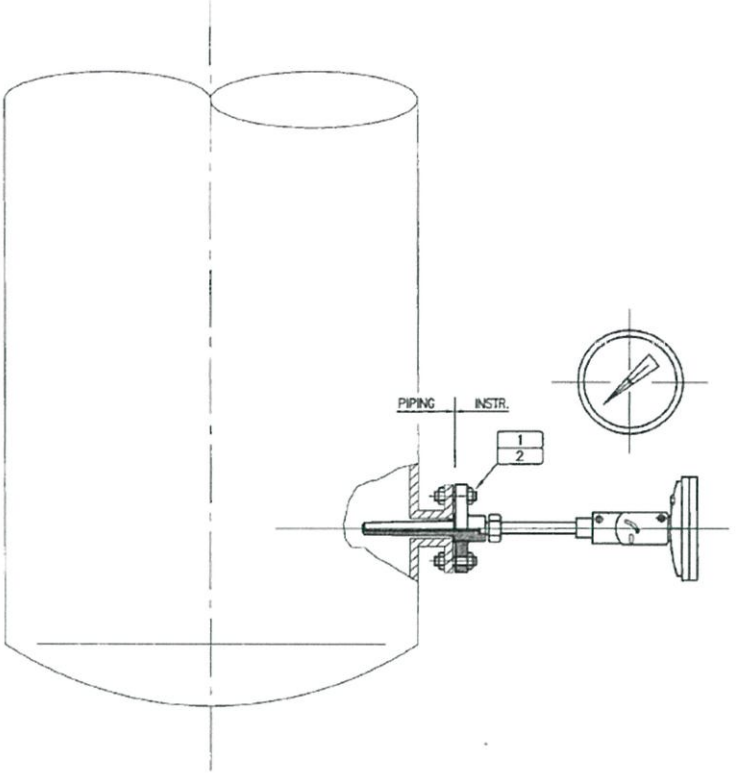
4) ขนาดเชื่อมต่อภายใน (Internal Connection): เป็นขนาดของเทอร์โมเวลที่ใช้เชื่อมต่อกับเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งได้ระบุมาเป็น 1/2" NPT(F)
5) ความยาวของส่วนที่เลยหน้าแปลนขึ้นไป (Lagging Extension): เป็นความยาวของเทอร์โมเวลที่เริ่มตั้งแต่หน้าแปลนขึ้นไปจนปลายสุดเทอร์โมเวล โดยได้ระบุมาเป็นมาตรฐานของผู้ผลิต
6) ลักษณะการเชื่อมเทอร์โมเวลเข้ากับหน้าแปลน (Welding) : ได้ระบุมาเป็น Full Penetration Weld ซึ่งหมายความว่าการเชื่อมต่อจะเป็นไปในลักษณะของการให้น้ำเหล็กไหลเข้าไปตามร่องระหว่างเทอร์โมเวลกับหน้าแปลนจนชิ้นส่วนทั้ง 2 นั้นเชื่อมติดกันอย่างสมบูรณ์
7) ความยาวของส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหน้าแปลน (Length Below Flange): เป็นความยาวที่เริ่มตั้งแต่หน้าแปลนจนลงไปจนปลายสุดก้านเทอร์โมเวล ซึ่งได้ระบุมาเป็น 300 มิลลิเมตร
8) ความยาวรวม (Overall Length): เป็นการบอกขนาดความยาวของเทอร์โมเวลทั้งหมด โดยสามารถรวมได้หาได้จากการรวมค่าระหว่าง Lagging Extension กับ Length Below Flange
9) การประทับตรา (Stamping): เป็นส่วนที่ใช้แสดงรายละเอียดของเทอร์โมเวลตัวนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นหมาย เลขประจำเครื่องมือ, วัสดุ, ความยาวของเทอร์โมเวล เป็นต้น

4.3.2.4 ส่วนเพิ่มเติม (Additional Features)

1) ใบรับรอง (Certificate): โดยเทอร์โมมิเตอร์ตัวนี้จำเป็นต้องมีเอกสารรับรองดังนี้
   - ใบรับรองทางวัสดุ (Material Certificate)
   - ใบรับรองการสอบเทียบ (Calibration Certificate)
2) ส่วนอื่นๆ (Other): การระบุมาตรฐานการป้องกันส่วนประกอบภายในของเทอร์โมมิเตอร์ ได้ระบุมาเป็น IP65

4.3.3 รายละเอียดการติดตั้ง

วิธีการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.12 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์

จากรูปที่ 4.11 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ โดยมีรายละเอียดดังไปนี้

1) Gasket (ปะเก็น): เป็นปะเก็นที่ใส่ไว้ระหว่างหน้าแปลนที่ติดอยู่กับท่อกับหน้าแปลนของเทอร์โมเวล
2) Bolt & Nut (โบล์ตและนัท): เป็นส่วนที่ใช้ยึดหน้าแปลนทั้งของท่อและเทอร์โมเวล

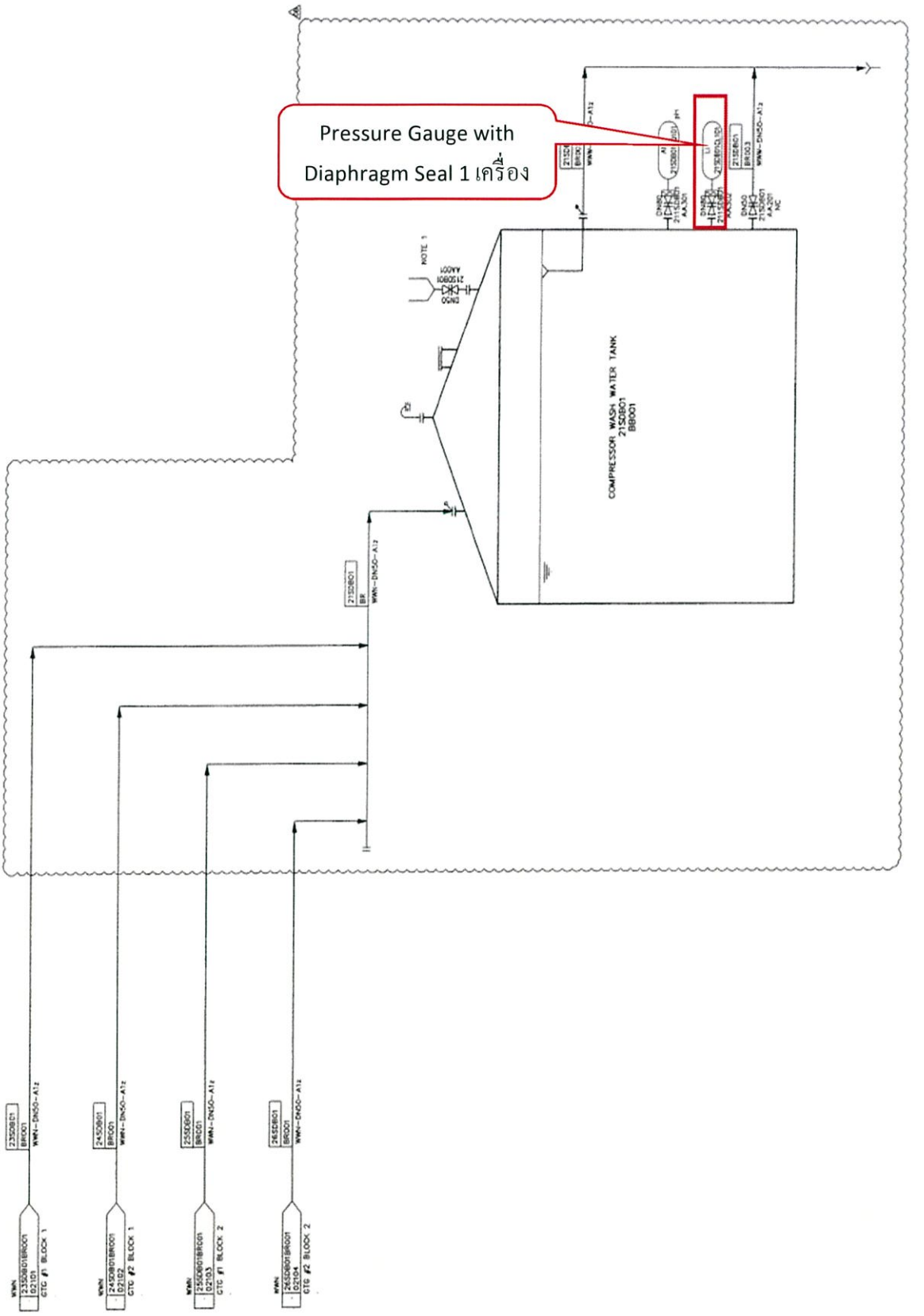
จากรูปที่ 4.11 แสดงการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์ โดยตำแหน่งที่เกจถูกติดตั้งจะสามารถดูได้จากเอกสาร ID Check ทั้งนี้เกจที่ติดตั้งมีลักษณะเป็นหน้าแปลน (Flange) จึงทำให้ต้องมีการเตรียมหน้าแปลนมาทำการติดตั้งไว้ด้วย ซึ่งจะเป็นหน้าที่ของแผนก Piping ในการจัดเตรียมตามที่รูปได้กำหนดไว้

4.4 ที่บริเวณ Compressor Wash Water Tank (น้ำที่ล้างใบพัด Gas Turbine)

ระบบนี้เป็นการนำน้ำที่ใช้ล้างใบพัดในกังหันก๊าซมาทำการเก็บไว้ที่แท้งค์ ก่อนที่จะทำการระบายต่อไป ซึ่งเมื่อมีการนำของเหลวมาทำการเก็บไว้แท้งค์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีเครื่องมือวัดที่จะทำหน้าที่วัดค่าระดับ แต่ในส่วนนี้จะมีความแตกต่างจากส่วนอื่นคือ จะใช้เกจวัดความดันทำหน้าที่วัดค่าระดับ โดยเหตุผลการติดตั้งได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง

จากที่ได้กล่าวไปแล้วว่าระบบนี้เป็นระบบที่นำน้ำที่ล้างใบพัดมาเก็บไว้ที่แท้งค์ เพื่อรอการระบายต่อไป โดยลักษณะเกจที่ใช้จะเป็นเกจวัดค่าความดันซึ่งมาพร้อมกับไดอะแฟรมซีล สาเหตุก็เพราะว่าน้ำที่มาจากกังหันก๊าซนั้นค่อนข้างสกปรก ถ้าน้ำสามารถผ่านเข้าไปที่เกจวัดค่าความดันได้โดยตรงอาจจะทำให้เกจได้รับความเสียหายได้ ดังนั้นจึงจะต้องมีไดอะแฟรมมาทำหน้าที่ป้องกันน้ำที่สกปรกไม่ให้สัมผัสกับเกจวัดความดัน โดยสามารถดูลักษณะของเกจวัดค่าความดันได้จากรูป P&ID ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.13 P&ID แสดงการติดตั้งเกจวัดค่าความดันแบบไดอะแฟรมซีลที่แท้งค์เก็บน้ำล้างใบพัด

4.4.2 เอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล

GENERAL	1	**Tag Number**				**LI-21SDB01CL101**			
	2	Service				Compressor Wash Water Tank			
	3	P&ID No.				B-P-450-03105			
	4	Location				Field			
	5	Line No.	Line Size	Schedule		21SDB01BB001	-	-	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material			-	-		
PROCESS CONDITIONS	7	Fluid Name	Fluid Phase			Water		Liquid	
	8	Design Pressure	Design Temperature				bar-g		°C
	9					**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**
	10	Diff Pressure (for Diff Pressure Transmitter)							bar-g
	11	Temperature							°C
	12	Pressure							bar-g
	13	Density							kg/m³
	14	Viscosity							cP
	15	Pulsation	Vibration						
	16	Corrosive	Erosive	Toxic		-	-	-	
GAUGE	17	Type				Pressure and Level Gauge			
	18	Figure Interval				MFR.STD.			
	19	Connection Size				See Diaphragm Seal			
	20	Mounting Connection				Back Connection			
	21	Dial Size	Dial Color			100 mm		Black Letter on White Background	
	22	Case Material	Window Material			SST		Laminated Safety Glass	
	23	Ring Construction	Ring Material			Screwed		SST	
	24	Calibration Range Min.	Max.			0 bar-g		0.6 bar-g	
	25	Blow Out Protection	Nominal Accuracy			Blow out Disc		±1% of Full Scale	
	26	Pressure Element Type				Bourdon Tube			
	27	Pressure Element Material				SST			
	28	Socket Material	Movement Material			SST		SST	
	29	Case Fill Fluid	Enclosure			Glycerine		IP65 as minimum	
SWITCH	30	Quantity	Type			-		-	
	31	Contact Arrangement	Contact Rating			-		-	
	32	Set Point	Deadband			-		-	
	33	On Measurement Increase Switch				-			
	34	Explosion Protection	Enclosure			-		-	
	35	Electrical Connection				-			
DIAPHRAGM SEAL	36	Type				Diaphragm Seal			
	37	Diaphragm Material	Fill Fluid			SST		Silicone Oil	
	38	Process Connection	Flushing Connection			2" ANSI 150# RF			
	39	Connection to Instrument				Direct Mount			
	40	Housing Material : Upper	Lower			SST		-	
	41	Capillary: Length	Material			-		-	
OPTIONS	42	Manifold Valve	Material	Process Connection		-	-	-	
	43	Syphon : Type	Material			-		-	
	44	Pulsation Dampener	Material			-		-	
	45	Overpressure Protection				-			
PURCHASE	46	Manufacturer							
	47	Model							
	48	Purchase Order No.	Requisition No.						
	49	Serial Number							
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.							
	51	Certification				Material, Calibration			
	52	Special Service							

Notes: 1. The Scale for Pressure Gauge shall be dual scale (bar-g, 0-100%)

0% at TBC

100% at TBC

2. Liquid Level(Min/Nor/Max) : TBC

รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะเอกสารรายละเอียดเครื่องมือวัดของเกจวัดความดันแบบไดอะแฟรมซีล

รายละเอียดภายในเอกสาร Data Sheet มีดังนี้

4.4.2.1 ส่วนทั่วไป (General)

1) หมายเลขประจำตัวเครื่องมือวัด (Tag Number) : LI-21SDB01CL101 โดยรายละเอียดของ Tag Number มีดังนี้
   - LI: เป็นเกจที่วัดค่าระดับ (Level Gauge)
   - 21: หมายถึงเครื่องมือวัดที่อยู่ภายในโรงไฟฟ้าในระบบส่งถ่ายวัตถุดิบ
   - SDB: หมายถึงเป็นระบบที่ทำหน้าที่ระบายของไหลที่สกปรก
   - 01: เป็นตัวเลขที่ไว้ใช้ในการเรียงลำดับระบบนั้นๆ
   - CL: หมายถึงเครื่องมือวัดตัวนี้มีรูปแบบการวัด เพื่อควบคุมค่าระดับ
   - 101: เป็นหมายเลขที่ใช้เรียงลำดับทางเดินท่อแต่ละท่อ
2) สถานที่ที่ตัวเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ (Service): ได้ระบุมาเป็น Compressor Wash Water Tank
3) หน้า P&ID (P&ID No.): ได้ระบุมาเป็น B-P-450-03105 โดยตัวเลขมีความหมายดังนี้
   - 450: หมายเลขประจำงานนี้
   - 03105: เป็นหน้า P&ID ที่ใช้แสดงระบบของการนำน้ำล้างกังหันมาเก็บ
4) สถานที่ติดตั้งเครื่องมือวัด (Location): ได้ระบุมาเป็น Field คืออยู่ในพื้นที่ของโรงไฟฟ้า
5) หมายเลขที่เครื่องมือวัดนั้นติดตั้งอยู่ (Line No.): 21SDB01BB001 ตัวเลขมีความหมายดังนี้
   - BB: หมายความว่าตัวเกจถูกติดตั้งไว้ที่แท้งค์
   - 001: เป็นหมายเลขที่ใช้เรียงลำดับตัวแท้งค์ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ

4.4.2.2 ส่วนเกจวัดค่า (Gauge)

1) รูปแบบเครื่องมือวัด (Type): ได้ระบุมาเป็น Pressure and Level Gauge โดยหมายความว่าเกจตัวนี้จะทำหน้าที่วัดค่าความดันและวัดค่าระดับ
2) ย่านการวัดที่จะแสดงอยู่บนหน้าปัทม์ (Figure Interval): เป็นการบ่งบอกว่าเกจวัดความดันแสดงค่าการวัดตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ ซึ่งระบุมาเป็น MRF.STD หมายความว่าขึ้นอยู่กับมาตรฐานผู้ผลิต
3) ขนาดที่ใช้ในการเชื่อมต่อ (Connection Size): ในเอกสารได้ระบุมาว่าเป็น Threaded 1/2" NPT-M ซึ่งหมายความว่าตัวเชื่อมต่อนี้จะเป็นแบบเกลียวตัวผู้ที่มีขนาด 1/2 นิ้ว
4) ตำแหน่งของตัวเชื่อมต่อ (Mounting Connection): เป็นการบ่งบอกว่าตัวเชื่อมต่อติดอยู่กับเกจวัดความดัน โดยระบุเป็น Bottom Connection หมายความว่าตัวเชื่อมต่อจะอยู่ที่บริเวณส่วนล่างสุดของเกจวัดความดัน
5) ขนาดหน้าปัทม์และสีแสดงค่าที่หน้าปัทม์ (Dial Size and Dial Color): เป็นการบอกขนาดหน้าปัทม์ของเกจวัดความดันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่าไหร่และภายในหน้าปัทม์ ส่วนที่แสดงค่าจะใช้สีอะไร โดยระบุมาเป็น

- Dial Size: 100 mm หมายความว่าหน้าปัทม์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ 100 มิลลิเมตร
- Dial Color: Black Letter on White Background หมายความว่าตัวอักษรที่ใช้แสดงค่าเป็นสีดำ และพื้นหลังเป็นสีขาว

6) วัสดุที่ใช้ทำตัวเคสและวัสดุที่ใช้ทำกระจก (Case Matertial and Window Material): เป็นการบ่งบอกว่าตัวเคสและกระจกของเกจวัดความดันทำด้วยวัสดุอะไร
   - Case Material: SST (Stainless Steel, เหล็กล้าไร้สนิม)
   - Window Material: Laminated Safety Glass เป็นกระจกที่มีความปลอดภัยสูงเมื่อเกิดการแตกขึ้นมา
7) รูปแบบการติดตั้งวงแหวนเคสและวัสดุที่ใช้ทำ (Ring Construction and Ring Material): ซึ่งได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Ring Construction: เป็นแบบ Screwed หมายความว่า วงแหวนเป็นแบบหมุนเข้าไป
   - Ring Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
8) ย่านการวัดสอบเทียบ (Calibration Range): ได้ระบุค่ามาดังนี้
   - Min: 0 bar-g
   - Max: 0.6 bar-g
9) แผ่นที่ทำหน้าที่ระบายความดันที่เกินออกไปและค่าความเที่ยงตรง (Blow Out Protection and Nominal Accuracy): เป็นการระบุส่วนที่ทำหน้าที่ระบายความดันส่วนเกินออกไป พร้อมกับระบุค่าความเที่ยงตรงของเกจวัดความดัน ซึ่งระบุไว้ดังนี้
   - Blow Out Protection: Blow Out Disc รูปแบบการระบายความดันส่วนเกินออกไป เป็นแผ่นที่ติดอยู่กับเกจวัดความดัน
   - Nominal Accuracy: ±1% of Full Scale สามารถนำค่าดังกล่าวมาคำนวณ เพื่อหาว่าเกจวัดตัวนี้สามารถอ่านค่าที่วัดได้ตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ดังตัวอย่างต่อไปนี้

     เกจตัวนี้มีค่า Full Scale ที่ 0.6 bar-g ได้ระบุค่าความเที่ยงตรงไว้ที่ ±1% of Full Scale
     สามารถคำนวณค่าความเที่ยงตรงได้เป็น $\pm\frac{1}{100} \times 0.6 = \pm 0.006$ bar-g
     เพราะฉะนั้นค่าที่อ่านได้จะอยู่ในช่วง -0.006 ถึง 0.606 bar-g
10) ชนิดของอุปกรณ์วัดค่าความดันภายในเกจวัดความดัน (Pressure Element Type): เป็นการบ่งบอกว่าอุปกรณ์วัดค่าความดันเป็นชนิดอะไร โดยระบุมาเป็น Bourdon Tube
11) วัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์วัดค่าความดัน (Pressure Element Material): ได้ระบุมาเป็น SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
12) วัสดุที่ใช้ทำซอกเก็ตและส่วนที่เคลื่อนที่ (Socket Material and Movement Material): โดยได้ระบุเอาไว้ดังนี้

- Socket Material: วัสดุที่ใช้ทำซอกเก็ตหรือปลอกของเกจวัดความดันคือ SST (Stainless Steel, เหล็ก กล้าไร้สนิม)
- Movement Material: วัสดุที่ใช้เป็นส่วนเคลื่อนที่ของหลอดบูร์ดองคือ SST (Stainless Steel, เหล็ก กล้าไร้สนิม)

13) ของเหลวที่เติมเข้าไปในเกจวัดความดันและตัวห่อหุ้มเกจ (Case Fill Fluid and Enclosure): เป็นการบอกว่ามีการเติมของเหลวชนิดใดเติมเข้าไปในเกจวัดความดัน พร้อมทั้งระบุตัวห่อหุ้มเกจ โดยระบุค่าเอาไว้ดังนี้

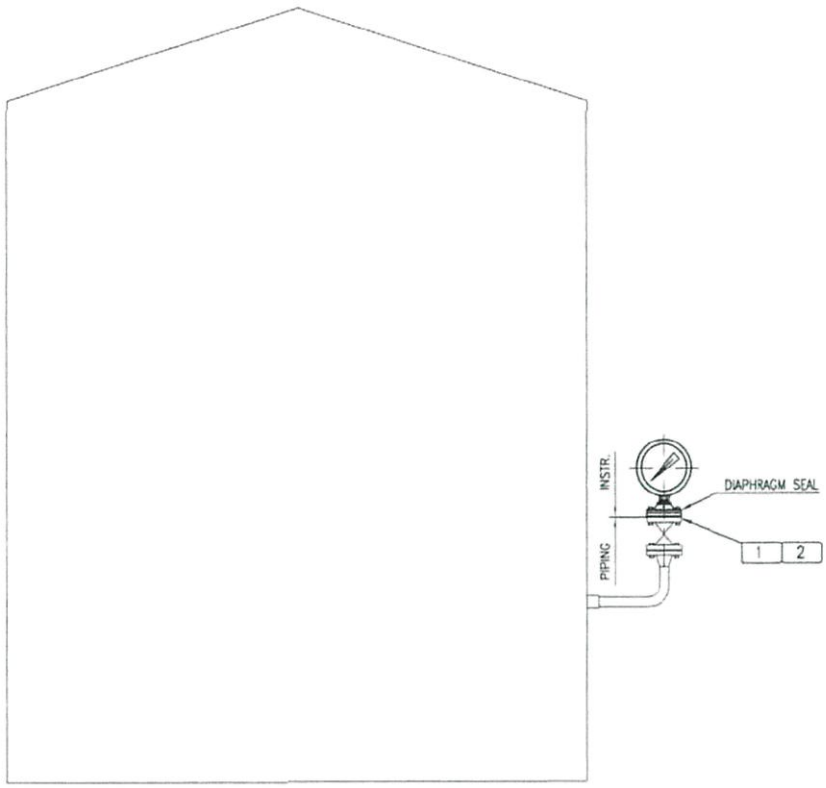
- Case Fill Fluid: Glycerine
- Enclosure: IP65 as minimum โดยความหมายของตัวเลขที่ระบุไว้เป็นดังนี้
  - หมายเลข 6 เป็นการป้องกันฝุ่นละอองที่จะเข้าเครื่องมือวัดได้อย่างสมบูรณ์
  - หมายเลข 5 เป็นการป้องกันน้ำฉีดที่มากระทบได้ทุกทิศทาง

4.4.2.3 ส่วนไดอะแฟรมซีล (Diaphragm Seal)

1) รูปแบบ (Type): ได้ระบุมาเป็น Diaphragm Seal
2) วัสดุที่ใช้ทำไดอะแฟรมและของเหลวที่เติมเข้าไป (Diaphragm Material and Fill Fluid): โดยได้ระบุเอาไว้ดังนี้
   - Diaphragm Material: SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)
   - Fill Fluid: Silicone Oil
3) ขนาดการเชื่อมต่อพร้อมรูปแบบ (Process Connection): ได้ระบุมาเป็น 2" ANSI 150#RF หมายความว่าตัวไดอะแฟรมนี้มีขนาดเชื่อมต่อ 2 นิ้วหน้าแปลนสามารถทนแรงดันได้ 150 ปอนด์ ตามมาตรฐาน ANSI และลักษณะผิวหน้ารับปะเก็นเป็นแบบ Raised Face
4) ลักษณะการเชื่อมต่อเข้าตัวเครื่องมือวัด (Connection to Instrument): ได้ระบุมาเป็น Direct Mount ซึ่งหมายความว่าตัวเกจจะถูกติดตั้งแบบโดยตรงคือนำเกจไปติดตั้งไว้ที่แท้งค์เก็บน้ำ
5) วัสดุที่ทำหน้าแปลน (Housing Material): SST (Stainless Steel, เหล็กกล้าไร้สนิม)

4.4.3 รายละเอียดการติดตั้ง

วิธีการติดตั้งตัวเกจวัดความดัน ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.15 การติดตั้งเกจวัดความดันแบบ Diaphragm Seal

จากรูปที่ 4.15 เกจวัดวัดค่าความดันจะถูกติดตั้งเอาไว้ที่บริเวณตัวถังโดยมีตัว Diaphragm Seal เป็นตัวป้องกันเกจ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

1) Gasket: ติดเอาไว้ระหว่างหน้าแปลนของท่อกับหน้าแปลนของเกจ
2) Bolt & Nut: ไว้ใช้ยึดตัวหน้าแปลนของท่อกับหน้าแปลนของเกจ

โดยลักษณะการติดตั้งจะเป็นการนำเกจที่มีไดอะแฟรมซีลมาเชื่อมต่อเข้ากับหน้าแปลนที่ทางแผนก Piping ได้จัดเตรียมเอาไว้ให้

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลการดำเนินงานทั้งหมด รวมถึงปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นขณะทำงาน และแนวทางแก้ไขปัญหาเพื่อให้ดำเนินไปจนถึงวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานที่ผ่านมาทำให้เข้าใจทฤษฎีและหลักการทำงานของเครื่องมือวัดทั้ง 2 ชนิด คือ เครื่องมือวัดความดันและเครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยทั้งสองชนิดสามารถจำแนกออกได้เป็น เกจวัด และทรานส์มิตเตอร์ นอกจากนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับส่วนประกอบและลักษณะการติดตั้งต่างๆที่ต้องสอดคล้องกับมาตรฐานที่เจ้าของงานกำหนดไว้ จุดประสงค์ก็เพื่อให้เครื่องมือวัดที่ติดตั้งสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและระยะเวลาในการใช้งานที่ยาวนาน

จำนวนเครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบประกอบด้วย ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน จำนวน 8 เครื่อง มาตรวัดความดันจำนวน 10 เครื่อง (รวมถึงเกจวัดความดันชนิดไดอะแฟรมจำนวน 1 เครื่อง) เกจวัดความดันแตกต่างจำนวน 3 เครื่อง และเกจวัดอุณหภูมิจำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องมือวัดดังกล่าวได้มีการออกเอกสารรายละเอียดข้อกำหนดเฉพาะของเครื่องมือวัด พร้อมกับออกแบบลักษณะการติดตั้งไว้เรียบร้อยแล้ว และได้จัดส่งเอกสารรายละเอียดข้อกำหนดเฉพาะของเครื่องมือวัดไปยังผู้จัดจำหน่ายต่างๆเพื่อขอใบเสนอราคา ซึ่งเมื่อได้รับใบเสนอราคาแล้วจะดำเนินการตรวจสอบข้อมูลในเอกสารว่าตรงตามที่ได้ระบุไว้หรือไม่ ถ้าไม่ครบถ้วนต้องติดต่อผู้จัดจำหน่ายอีกครั้งเพื่อขอใบเสนอราคาชุดใหม่ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายมาเปรียบเทียบทั้งราคา และรายละเอียดข้อกำหนดเฉพาะของเครื่องมือวัดแต่ละตัวโดยจัดทำในรูปของเอกสาร สุดท้ายเมื่อได้ผู้จัดจำหน่ายที่เหมาะสมจึงสามารถออกใบสั่งซื้อ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) ความรู้ที่ได้ศึกษามายังไม่เพียงพอต่อการทำงาน
2) ไม่มีประสบการณ์ในการทำงานกับเอกสาร ส่งผลให้การทำงานมีความผิดพลาดและใช้ระยะเวลาดำเนินงานนานเกินไป
3) ไม่มีประสบการณ์ในการเจรจาต่อรองกับผู้จัดจำหน่าย ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการสื่อสารเกี่ยวกับการสั่งซื้อเครื่องมือวัด
4) ไม่มีประสบการณ์ในเรื่องการวางแผนเกี่ยวกับงานที่ได้รับหมอบหมาย ส่งผลให้งานเกิดความล่าช้าและผิดพลาดได้ง่าย

5) ข้อมูลที่มาจากแผนกอื่นๆ มีความล่าช้าส่งผลให้การกำหนดคุณสมบัติเครื่องมือวัดนั้นต้องใช้ระยะเวลานานเกินกว่าที่กำหนดไว้

6) ส่วนใหญ่เอกสารที่ได้รับจากผู้จัดจำหน่ายจะมีความล่าช้าและอาจมีข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลให้ระยะเวลาดำเนินงานนานเกินไปเช่นกัน

5.3 แนวทางการแก้ไข

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือวัดเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการทำงานและทฤษฎีของเครื่องมือวัดมากยิ่งขึ้น

2) ศึกษาการทำงานเอกสารจากงานเก่าว่า มีลักษณะหรือรูปแบบเป็นอย่างไร

3) เมื่อผู้จัดจำหน่ายมาขอพบพี่เลี้ยงก็ควรจะขอติดตามไปด้วย เพราะจะได้เรียนรู้วิธีการเจรจาทั้งในเรื่องคุณสมบัติของเครื่องมือวัดและเรื่องการต่อรองราคา

4) สอบถามพี่เลี้ยงถึงขั้นตอนการดำเนินงาน เพื่อการเตรียมงานให้พร้อมในขั้นตอนถัดไป

5) จัดทำเอกสารเท่าที่ทำได้ไปก่อนเพื่อไม่ให้เสียเวลา พร้อมกับคอยตรวจสอบจากทางแผนกว่าจะได้รับเอกสารเมื่อไหร่

6) ติดต่อกับผู้จัดจำหน่ายเพื่อหาความชัดเจนทั้งข้อมูลเครื่องมือวัดและวันเวลาในการส่งเอกสารเพื่อจะได้วางแผนการดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระยะเวลาการดำเนินงานมีเพียง 4 เดือน จึงทำให้ขั้นตอนการทำงานสิ้นสุดอยู่ที่การออกใบสั่งซื้อเท่านั้น ขั้นตอนหลังจากนี้ทางแผนกโปรเจคจะเป็นผู้เจรจาต่อรองในเรื่องรายละเอียดต่างๆของการสั่งซื้อต่อไป ดังนั้นถ้าระยะเวลาการดำเนินงานของสหกิจศึกษาเพิ่มเป็น 6 เดือน คาดว่าจะสามารถปฏิบัติงานเสร็จสิ้นทุกขั้นตอน

บรรณานุกรม

1) American Society of Mechanical Engineers (1998). ASME B-40.100 Pressure Gauge and Gauge Attachments
2) American Society of Mechanical Engineers (2001). ASME B-40.200 Thermometers, Direct Reading and Remote Reading
3) American Society of Mechanical Engineers (2001). ASME PTC 19.3 Temperature Measurement
4) International Electro-technical Commission (1995). IEC 60751 Industrial Platinum Resistance Thermometer Sensor
5) International Electro-technical Commission (1995). IEC 60584-3 Extension and Compensating Cables-Tolerances and Identification System
6) American Petroleum Institute (1993). API RP 551 Process Measurement Instrumentation
7) ดร.รังสิมันต์ สิทธิกร. Lecture 5 เซนเซอร์อุณหภูมิ (Temperature Sensor)
8) ดร.รังสิมันต์ สิทธิกร. Lecture 6 เซนเซอร์ความดัน (Pressure Sensor)
9) ทวิส ชูเมือง. (2549). การออกแบบเครื่องมือวัดและควบคุมทางอุตสาหกรรม เล่ม 2 การเลือกใช้และการออกเบบเครื่องมือวัด.กรุงเทพ: เอช เอ็น กรุ๊ป.
10) Thermocouple [Online].
Available: https://www.pballtechno.com/article/11/หลักการเละทฤษฎีของเทอร์โมคัปเปิล thermocouple

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นายพิพัฒน์ ธรรมเนียม

วัน เดือน ปีเกิด : 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2538

ภูมิลำเนา : 3/8 หมู่ 13 ถนน ปู่เจ้าสมิงพราย ตำบล บางหญ้าแพรก อำเภอ พระประแดง จังหวัด สมุทรปราการ 10130

อีเมล์ : pthamneam@gmail.com

ประวัติการศึกษา

: ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
โรงเรียนวัดทรงธรรม

: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
โรงเรียนวัดทรงธรรม

: ระดับปริญญาตรี
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน

: มิถุนายน – กรกฎาคม 2559
นักศึกษาฝึกงาน แผนก Instrument
บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

: สิงหาคม – ธันวาคม 2559
นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Instrument
บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)