รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี

The Design of Field Instruments in LPG Metering Skid

นางสาววัลยา หวังอับดุลเลาะ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การออกแบบเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี

The Design of Field Instruments in LPG Metering Skid

นางสาววัลยา หวังอับดุลเลาะ

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา การออกแบบเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นางสาววัลยา หวังอับดุลเลาะ

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมการวัดและควบคุม

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ รศ. ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นางสาวดวงใจ วัชรโพธิคุณ

สถานประกอบการ บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จะอธิบายถึงหลักการวัด และการติดตั้งอุปกรณ์การวัดที่อยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี โดยจะประกอบด้วย มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิชนิดค่าความต้านทาน เกจวัดอุณหภูมิชนิดแผ่นโลหะคู่ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันชนิดไดอะแฟรม และเกจวัดความดันชนิดบูร์ดอง ซึ่งงานที่ได้รับมอบหมายคือการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดต่างๆที่ประกอบอยู่ในระบบการวัดเพื่อซื้อขายแอลพีจี การออกแบบทางวิศวกรรม พร้อมทั้งจัดทำเอกสารรายละเอียดประจำตัวของอุปกรณ์การวัด และจัดเตรียมเอกสารสำหรับการสั่งซื้ออุปกรณ์ โดยจะต้องเลือกอุปกรณ์การวัดที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับกระบวนการ ตรงกับความต้องการของโครงการและสอดคล้องกับมาตรฐานที่กำหนด อีกทั้งมีราคาที่เหมาะสมที่สุด

คำสำคัญ: ระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี, อุปกรณ์การวัด, การออกแบบทางวิศวกรรม

Research Title: The Design of Field Instruments in LPG Metering Skid

Student intern name: Ms. Wanlaya Wangabdulloh

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

Advisor name: Assoc. Prof. Dr. Kaset Sirisantisamrid

Mentor name: Ms. Duangjai Watcharapotikun

Company: TTCL Public Company Limited

ABSTRACT

This cooperative educational report describes a principle of measurement and installation of field instruments in LPG metering system. The system consists of Coriolis flow meters, resistance temperature detectors, bi-metallic thermometers, diaphragm type pressure transmitters and bourdon type pressure gauges. Student 's responsibility is to study the principle of measuring instruments that incorporated into the LPG metering system, engineering design and also provides documentation of specification sheet of measuring devices and prepare documents for purchasing. It must select the appropriate measuring instrument for the process and agree with the project requirement and specified standards and reasonable price.

Keywords: LPG metering system, field instruments, engineering design

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากทางบริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ได้เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมปฏิบัติสหกิจศึกษาตลอดระยะเวลาหนึ่งภาคเรียน ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณพี่ณัฐกิตติ์ รองผู้จัดการแผนกอินสตรูเมนต์ พี่ดวงใจ วัชรโพธิคุณ และ พี่ฐนณัฐ สุทธสุวรรณ ผู้นิเทศงาน ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ความเข้าใจในการทำงาน ตลอดจนคำแนะนำและทักษะต่างๆในการปฏิบัติงาน อีกทั้งพี่ๆทุกคนในแผนกอินสตรูเมนต์ที่ช่วยให้คำอธิบายและชี้แนะแนวทางเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมายจนทำให้การปฏิบัติสหกิจศึกษาสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ. ดร. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ อาจารย์นิเทศ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาพร้อมทั้งแก้ไขปัญหาต่างๆระหว่างการปฏิบัติสหกิจศึกษา จนทำให้โครงการและรายงานฉบับนี้สามารถบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้

นางสาววัลยา หวังอับดุลเลาะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญรูปภาพ VIII
สารบัญตาราง XI
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2
1.4 วิธีการศึกษา 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ระบบการซื้อขายแอลพีจี 4
2.1 ความรู้เกี่ยวกับแอลพีจี 4
2.1.1 ความหมายของแอลพีจี 4
2.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแอลพีจี 4
2.1.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะของเหลว 4
2.1.2.2 คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ 7
2.2 แหล่งที่มาของก๊าซปิโตรเลียมเหลว 9
2.2.1 ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน 9
2.2.2 ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ 10
2.2.3 การขนส่งแอลพีจี 12
2.2.4 การเก็บรักษา 14
2.2.5 การนำมาใช้ประโยชน์ 14
2.3 ความรู้เกี่ยวกับระบบการซื้อขายแอลพีจี (Metering System) 15
2.3.1 การออกแบบระบบการวัดปริมาณผ่านท่อส่ง (Pipeline Metering System) 16

2.3.2 ระบบการวัด LPG ในท่อส่ง (LPG Pipeline Metering System) 17
2.3.2.1 เครื่องกรอง (Strainer) 17
2.3.2.2 เครื่องมือวัดการไหล (Flow Meter) 18
2.3.2.3 Turbine Meter 18
2.3.2.4 Positive Displacement Meter 20
2.3.2.5 Coriolis Mass Flow Meter 22
2.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ 25
2.4.1 Resistance Temperature Detector 26
2.4.2 Thermocouple 31
2.4.3 เกจวัดอุณหภูมิ 34
2.4.3.1 เกจวัดอุณหภูมิชนิดแถบโลหะคู่ 34
2.4.4 Thermowell 36
2.5 เครื่องมือวัดความดัน 38
2.5.1 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 39
2.5.2 เกจวัดความดัน 41
2.6 Meter Prover Manifold 43
2.7. วาล์วควบคุม (Control Valve) 44
2.8. คุณลักษณะด้านความปลอดภัย (Safety Features) 45
2.9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม 45
2.10 การสื่อสารหรือระบบSCADA 46
2.11 ระบบตรวจสอบเครื่องมือวัด (Meter Prover System) 46
2.12 ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่อันตราย และการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส 46
2.12.1 พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) 46
2.12.2 วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส (Gas Grouping) 50

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการออกแบบเครื่องมือวัดและการขอใบเสนอราคาจากผู้จัดจำหน่าย 52
3.1 ขั้นตอนการศึกษา 52
3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัด 55
3.3 การออกแบบเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี 59

3.3.1 การออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Mass Flow Meter) 60
3.3.2 การออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 60
3.3.3 การออกแบบเกจวัดอุณหภูมิ 62
3.3.4 การออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 63
3.3.5 การออกแบบเกจวัดความดัน 64
3.4 ขั้นตอนการดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์ 65

บทที่ 4 ผลการดำเนินการออกแบบและการติดตั้ง 66
4.1 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Mass Flow Meter) 68
4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง 68
4.1.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส 68
4.1.3 ลักษณะการติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส 72
4.2 ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter) 73
4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง 73
4.2.2 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง 73
4.2.3 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 78
4.3 เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature Gauge) 79
4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง 79
4.3.2 เอกสารรายละเอียดของเกจของวัดอุณหภูมิ 79
4.3.3 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ 84
4.4 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 85
4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง 85
4.4.2 เอกสารรายละเอียดทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 85
4.4.3 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 89
4.5 เกจวัดความดันชนิดแถบโลหะคู่ 90
4.5.1 เหตุผลในการติดตั้ง 90
4.5.2 เอกสารรายละเอียดเกจวัดความดัน 90
4.5.3 ลักษณะการติดตั้งเกจวัดความดัน 94

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์ 95
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 95
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 95
5.3 แนวทางการแก้ไข 96
5.4 ข้อเสนอแนะ 96
เอกสารอ้างอิง 97
ประวัติผู้เขียน 98

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ 10

2.2 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ 12

2.3 เส้นทางการผลิตและขนส่ง LPG 13

2.4 ลักษณะการติดตั้ง Differential Pressure Gauge ร่วมกับเครื่องกรอง 17

2.5 เครื่องกรอง)Strainer(..... 18

2.6 Turbine Meter 18

2.7 โครงสร้างของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ Turbine 19

2.8 Positive Displacement Meter 20

2.9 การทำงานของเฟืองคู่ในเครื่องมือวัดการไหลแบบ Positive Displacement 21

2.10 เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลแบบ Coriolis 22

2.11 โครงสร้างภายในของเครื่องมือวัดแบบ Coriolis 23

2.12 การบิดตัวของท่อในขณะที่ไม่มีของไหลไหลผ่านและขณะที่มีของไหลไหลผ่าน 24

2.13 กราฟแสดงความต่างเฟสขณะมีของไหลและไม่มีของไหล 24

2.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของโลหะชนิดต่างๆ 27

2.15 โครงสร้างภายในของอาร์ทีดี 28

2.16 ส่วนประกอบของ RTD 28

2.17 โครงสร้างภายนอกของ RTD 29

2.18 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบ RTD 2 สาย 29

2.19 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบ RTD 3 สาย 29

2.20 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบ RTD 4 สาย 30

2.21 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบ็ค 31

2.22 วงจรของเทอร์โมคัปเปิล 32

2.23 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล 33

2.24 จุดต่อสำหรับวัดแบบต่างๆสำหรับเทอร์โมคัปเปิล 34

2.25 การขยายตัวของแถบโลหะที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไป 35

2.26 เทอร์โมเวลแบบต่างๆ 37

2.27 ระยะความลึกและตำแหน่งของของเทอร์โมเวลที่เหมาะสมในท่อ 38

2.28 โครงสร้างของชุดเซ็นเซอร์ของตัววัดความดันแตกต่างแบบคาปาซิแตนซ์ 39

2.29 หลักการของเสตรนเกจ 40

2.30 เกจวัดความดันชนิดบูร์ดอง 42

2.31 โครงสร้างของเบลโลว์ 43

2.32 Meter Prover 44

2.33 หลักการทำงานของวาล์วที่สร้างความดันด้านกลับ)Back pressure Valve(..... 45

2.34 การจำแนกพื้นอันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี 48

3.1 Piping and Instrument Diagram สำหรับกระบวนการที่มีระบบการซื้อขายแอลพีจี 52

3.2 ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด 55

3.3 ข้อมูลด้านกระบวนการ 56

3.4 ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับข้อกำหนดของเครื่องมือวัด 57

3.5 ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด 58

3.6 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด 58

3.7 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ สาหรับเอกสารข้อกาหนดของเครื่องมือวัด 59

4.1 Block Flow Diagram ของกระบวนการที่มีระบบการซื้อขายแอลพีจีติดตั้งอยู่ 66
4.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์อื่นๆในระบบการซื้อขายแอลพีจี 67
4.3 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี 68
4.4 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส 71
4.5 การติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส 72
4.6 ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี 73
4.7 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 77
4.8 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ 78
4.9 เกจวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี 79
4.10 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดอุณหภูมิ 83
4.11 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ 84
4.12 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี 85
4.13 เอกสารายละเอียดทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 88
4.14 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน 89
4.15 เกจวัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี 90
4.16 เอกสารรายละเอียดเกจวัดความดัน 93
4.17 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ 94

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตรายของสารไวไฟ.....50

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัทที่ทีซีแอล จำกัด (มหาชน) ประกอบธุรกิจการให้บริการด้านการออกแบบวิศวกรรม การจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ รวมทั้งการก่อสร้างโรงงานแบบครบวงจร โดยเป็นบริษัทฯผู้ให้บริการที่มีความสามารถในการให้บริการอย่างครบวงจรด้วยตนเอง (Integrated EPC) บริษัทมีความเชี่ยวชาญในด้านการออกแบบวิศวกรรม (Engineering Design) การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Procurement of Machinery and Equipment) และการรับเหมาก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม (Construction of Turn-key Projects for Industrial and Process Plants) ซึ่งครอบคลุมถึงระบบการผลิต ระบบสาธารณูปโภคของโรงงานและระบบการจัดเก็บ ลำเลียง และขนส่งผลิตภัณฑ์ สำหรับหัวข้อโครงงานที่ได้รับมอบหมายในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาเป็นการออกแบบระบบการวัดที่ใช้ในการวัดเพื่อซื้อขายแอลพีจี ซึ่งโครงการการจัดเก็บและขนส่งแอลพีจีนี้อยู่ภายใต้ขอบเขตของคลังเก็บน้ำมันของประเทศพม่า โครงการนี้กำลังอยู่ในช่วงการพิจารณาหาจุดคุ้มทุนในการก่อสร้างเพื่อขยายความจุและปรับปรุงระบบในการวัดเพื่อการซื้อขายแอลพีจีให้รองรับกับการใช้งานในอนาคต

ในปัจจุบันมีการใช้งานก๊าซแอลพีจีอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในส่วนของยานพาหนะที่มีการใช้งานก๊าซแอลพีจีเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในทุกๆปี ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิงทางเลือกที่มีความสะอาดน่าเชื่อถือ ผ่านการพิสูจน์คุณภาพและคุณสมบัติ อีกทั้งยังเป็นพลังงานที่อุดมสมบูรณ์ สามารถจัดหาได้ง่ายจากแหล่งธรรมชาติที่มีอยู่ สะดวกต่อการผลิตและการขนส่ง ทำให้มีต้นทุนการผลิตต่ำ และสามารถสร้างความมั่นใจต่อผู้ใช้งานได้ว่า ในอนาคตจะมีก๊าซแอลพีจีที่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นก๊าซแอลพีจียังถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร ภัตตาคาร พาณิชยกรรม และอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถขนส่งสะดวกไม่มีปัญหาในเรื่องของการจัดเก็บ และที่สำคัญที่สุดคือเมื่อเผาไหม้แล้วจะเกิดเขม่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ดังนั้นระบบการจัดเก็บและซื้อขายแอลพีจีจึงถือเป็นเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่ง ซึ่งในการซื้อขายนั้นจะต้องมีการวัดปริมาณของแอลพีจีที่จ่ายออกไป เนื่องจากแอลพีจีเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่า การวัดในการซื้อขายนั้นจึงต้องใช้อุปกรณ์การวัดที่มีความถูกต้องเที่ยงตรงมากที่สุด เพื่อให้การวัดมีความถูกต้องเที่ยงตรงไม่เกิดการเสียเปรียบระหว่างคู่ค้าและผ่านการรับรองตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดและเพื่อที่จะได้รับการอนุญาตให้ใช้งานได้ต่อไป ดังนั้นการเลือกเครื่องมือวัดที่นำมาประกอบรวมกันในระบบการวัดเพื่อการซื้อขายจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ควรตระหนักถึงเป็นอันดับแรก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการออกแบบเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
3. เพื่อศึกษาการเลือกใช้เครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
4. เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี

1.3 ขอบเขตโครงงาน

รายงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ที่ติดตั้งอยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจีและมีการใช้งานในการซื้อขายจริง โดยเครื่องมือวัดจะประกอบไปด้วย 1) มิเตอร์วัดอัตราการไหลชนิดโคริออลิส (Coriolis Mass Flow Meter) 2) ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิชนิดเทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน (Resistance Temperatures Detector) 3) เกจวัดอุณหภูมิชนิดแผ่นโลหะคู่ (Bimetal Thermometer) 4) ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน (Pressure Transmitter) และ 5) เกจวัดความดันชนิดบูร์ดอง (Pressure Gauge Bourdon Type) โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับกระบวนการ และตรงต่อความต้องการของโครงการ อีกทั้งยังต้องสามารถใช้งานได้นาน มีต้นทุนและราคาที่ถูก รวมไปถึงศึกษาเครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิดอื่นๆที่นิยมใช้งานในระบบการซื้อขาย

1.4 วิธีการศึกษา

1. ศึกษากระบวนการต่างๆของระบบการซื้อขายแอลพีจี
2. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี
3. ศึกษาวิธีการออกแบบเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี
4. ศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี
5. จัดทำเอกสารรายละเอียดต่างๆของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี
6. ปรึกษาผู้จัดจำหน่ายและผู้มีประสบการณ์ เพื่อขอคำแนะนำในการเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆที่ใช้ในระบบการซื้อขายแอลพีจี

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจหลักการในการออกแบบเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
2. เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
3. เข้าใจวิธีการเลือกใช้เครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี

4. เข้าใจวิธีการติดตั้งเครื่องมือวัดในระบบการซื้อขายแอลพีจี
5. ได้ประสบการณ์ในการทำงานในสถานประกอบการจริง
6. ได้ประสบการณ์ในการติดต่อและเจรจากับผู้จัดจำหน่าย
7. มีความเข้าใจและได้ประสบการณ์ในการเขียนโครงงาน

บทที่2
ระบบการซื้อขายแอลพีจี

2.1 ความรู้เกี่ยวกับแอลพีจี [1]

2.1.1 ความหมายของแอลพีจี

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) หมายถึงก๊าซไฮโดรคาร์บอนเหลวคือ โปรเพน (Propane) โปรพีน (Propene) บิวเทน (Butane) บิวทีน (Butene) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างผสมกัน แต่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวส่วนใหญ่ที่ใช้กันจะมีโปรเพนกับบิวเทนเพียง 2 อย่างเป็นองค์ประกอบหลัก โดยอาจมีอัตราส่วนระหว่างโปรเพนกับบิวเทนตั้งแต่ โปรเพน 30% ต่อบิวเทน 70% ไปจนถึงโปรเพน 70% ต่อบิวเทน 30% ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิงที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งในครัวเรือน ร้านอาหาร ภัตตา คาร พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และยานพาหนะ เนื่องจากเป็นเชื้อเพลงที่ขนส่งได้สะดวก อีกทั้งเมื่อเกิดการเผาไหม้จะทำให้เกิดเขม่าน้อยกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่นๆจึงทำให้ผู้คนหันมาใช้งานก๊าซปิโตรเลียมเหลวกันมากขึ้น

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีชื่อในทางอุตสาหกรรมที่รู้จักกันดีคือก๊าซแอลพีจี ซึ่งย่อมาจาก Liquefied Petroleum Gas ซึ่งจะมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ โดยน้ำหนักของก๊าซแอลพีจีจะหนักประมาณ 1.5 ถึง 2 เท่าของน้ำหนักอากาศ โดยทั่วไปก๊าซแอลพีจีจะถูกอัดภายใต้ความดันเพื่อให้มีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งจะสะดวกต่อการจัดเก็บและการขนส่ง และเมื่อลดความดันลงก๊าซเหลวนี้จะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอ และสามารถนำไปใช้งานต่อได้

2.1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของแอลพีจี

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวที่นิยมใช้กันในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 สถานะ คือ สถานะของเหลวและก๊าซ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวทั้งสองสถานะ ดังนี้

2.1.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่ออยู่ในสถานะของเหลว

จุดเดือด และสภาวะวิกฤติ

เนื่องจากแอลพีจีมีจุดเดือดต่ำมากคือ โปรเพนมีจุดเดือดเท่ากับ –42 °C นอร์มัลบิวเทน มีจุดเดือดเท่ากับ -0.5 °C ดังนั้นแอลพีจีมีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติและความดันบรรยากาศ เว้นเสียแต่จะถูกอัดให้เป็นของเหลวอยู่ในถังภายใต้ความดันหรือนำถังไปแช่เย็นเอาไว้ ค่าความดันที่ทำให้แอลพีจีเป็นของเหลวคือค่าความดันไอ (Vapor Pressure) เช่น ที่อุณหภูมิ 15 °C ความดันไอของโปรเพนมีค่าเท่ากับ 7.3 บรรยากาศ และที่อุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความดันไอก็จะสูงขึ้นด้วย โปรเพนที่อุณหภูมิ 96.67 °C ความดันที่ใช้

ในการอัดเท่ากับ 41.94 บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงกว่านี้โปรเพนจะไม่เป็นของเหลว แม้ว่าจะอัดด้วยความดันมากกว่า 41.94 บรรยากาศก็ตาม อุณหภูมิ 96.67 °C และความดัน 41.94 บรรยากาศเป็นสภาวะวิกฤติสำหรับโปรเพน

ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น คือ อัตราส่วนของน้ำหนักต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร เช่น ที่อุณหภูมิ 15.5 °C ความหนาแน่นของโปรเพนมีค่าเท่ากับ 507 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับปริมาตรจำเพาะก็คือส่วนกลับของความหนาแน่น โดยโปรเพนมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตรต่อตัน ดังนั้นถ้าต้องการเก็บโปรเปนไว้ใช้ 10 วัน โดยในแต่ละวันมีความต้องการวันละ 0.5 ตัน จะต้องใช้ถังที่มีขนาดความจุอย่างน้อยที่สุด 10 ลูก-บาศก์เมตร

สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซปิโตรเลียมเหลว ที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่งกับน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเช่น โปรเพนเหลวที่อุณหภูมิ 15 °C มีค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 0.5077 ส่วนนอร์มัลบิวเทนมีค่าเท่ากับ 0.5844 และไอโซบิวเทนเท่ากับ 0.5631 ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นของเหลวจะเบากว่าน้ำ ถ้ามีการรั่วของก๊าซเกิดขึ้นในขณะที่อุณหภูมิโดยรอบในขณะนั้นต่ำมาก และก๊าซปิโตรเลียมเหลวเกิดไหลลงไปในรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซปิโตรเลียมเหลวก็จะลอยไปกับน้ำ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอัคคีภัยในบริเวณที่ห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซปิโตรเลียมเหลวรั่วออกไปได้ นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าความหนาแน่น คือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของสารเมื่ออยู่ในสถานะของเหลวจะลดลง

ความหนืด

ความหนืด คือ ตัวบ่งชี้คุณสมบัติความต้านทานการไหลในตัวของไหลหรือความสามารถในการต้านทานการไหลของของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) ของไหลต่างชนิดกันจะมีความหนืดแตกต่างกัน โดยจะเห็นได้ว่า ก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสภาพของเหลวจะมีความหนืดน้อยมาก (ความหนืดของน้ำเท่ากับ 1 เซนติพอยส์) จากคุณสมบัติข้อนี้ ทำให้ก๊าซเหลวสามารถรั่วซึมได้ง่ายกว่าของเหลวชนิดอื่น นอกจากนี้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวยังไม่มีคุณสมบัติในการหล่อลื่น เนื่องจากมีความหนืดต่ำ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการใช้งาน เช่น ปั๊ม จึงมีการสึกหรอสูง เพราะฉะนั้นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงต้องออกแบบให้เหมาะสม ทนต่อการสึกหรอและแรงดันสูงได้ ส่วนอุณหภูมิจะมีผลต่อความหนืดของของไหลที่มีสถานะเป็นของเหลว โดยที่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าความหนืดจะลดลง แต่ถ้าเป็นก๊าซ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดก็สูงขึ้นด้วย

ความดันไอ (Vapor Pressure)

ก๊าซแอลพีจีเมื่อถูกบรรจุอยู่ในภาชนะปิดภายใต้ความดันจะมีสถานะเป็นของเหลว แอลพีจีเหลวจะระเหยเป็นไอ เต็มช่องว่างที่อยู่เหนือระดับส่วนที่เป็นของเหลวจนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัว (Saturation Point) จึง

จะหยุดระเหย ค่าความดันของก๊าซแอลพีจีที่จุดอิ่มตัวนี้เรียกว่า "ค่าความดันไออิ่มตัว" ซึ่งค่าความดันไออิ่มตัวเป็นตัวบ่งบอกคุณสมบัติการระเหย (Volatility) ของสาร หมายความว่าถ้าสารใดมีความดันไอสูง แสดงว่าสารนั้นสามารถระเหยได้เร็ว และเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิโดยตรงคือ ถ้าอุณหภูมิสูง ค่าความดันไออิ่มตัวก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย

ความร้อนแฝงในการระเหย

ความร้อนแฝงในการระเหยคือปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยต่อหน่วยน้ำหนักของสาร เพื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซที่จุดเดือดปกติ (ณ ความดันบรรยากาศ) หรือปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดึงออกต่อหน่วยน้ำหนักของสาร เพื่อให้ได้กลั่นตัวเป็นของเหลวที่ความดันบรรยากาศ และค่าความร้อนแฝงจะมีค่าลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีค่าความร้อนแฝงน้อยกว่าน้ำมาก ดังนั้นเมื่อก๊าซถูกปล่อยออกจากภาชนะที่เก็บ ก๊าซเหลวจะระเหย การที่ก๊าซเหลวจะระเหยได้ต้องได้รับความร้อนหรือดึงความร้อนจากบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะทำให้บริเวณที่ถูกดึงความร้อนไปจะเย็นลง เพราะฉะนั้นถ้าหากก๊าซเหลวรั่วมาถูกผิวหนังหรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายจะทำให้ผิวหนัง หรือส่วนของร่างกายนั้นได้รับความเย็นจัดจนถึงกับไหม้ได้

ความร้อนจำเพาะ

ค่าความร้อนจำเพาะคือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุหนึ่งหน่วยน้ำหนักมีอุณหภูมิสูงขึ้นหนึ่งองศา มีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี่/กิโลกรัม/องศาเซลเซียส หรือ บีทียู/ปอนด์/องศาฟาเรนไฮต์ เช่น เมื่ออยู่ในสถานะของเหลว ความดันคงที่ 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 25 °C ค่าความร้อนจำเพาะของโปรเพนมีค่าเท่ากับ 0.6023 นอร์มัลบิวเทนมีค่าเท่ากับ 0.5748 ไอโซบิวเทนมีค่าเท่ากับ 0.5824 Commercial Propane มีค่าเท่ากับ 0.60 และ Commercial Butane มีค่าเท่ากับ 0.57

สัมประสิทธิ์การขยายตัว

ก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ 15 °C ประมาณ 0.300/°C สำหรับโปรเพน และ 0.002/ °C สำหรับบิวเทน อุณหภูมิยิ่งสูงการขยายตัวยิ่งมาก ตัวเลขนี้มีความสำคัญอย่างมาก โดยจะใช้ในการคำนวณปริมาตรสูงสุดที่สามารถจะบรรจุก๊าซลงภาชนะหรือถังเก็บได้ในสภาพอุณหภูมิต่าง ๆ กัน ดังนั้นการบรรจุก๊าซปิโตรเลียมเหลวลงในถังจะต้องเหลือที่ว่างเหนือก๊าซเหลวไว้ โดยในส่วนของช่องว่างนี้จะมีไอก๊าซอยู่ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความดันที่เกิดการขยายตัวของของเหลวในกรณีที่ก๊าซได้รับความร้อนผิดปกติ นอกจากนี้ระบบท่อส่งต่าง ๆ ที่ส่งก๊าซปิโตรเลียมเหลวจำเป็นต้องมีกลอุปกรณ์นิรภัยแบบระบาย (Hydro-static Relief Valve) ไว้ในระบบด้วย ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญตัวหนึ่ง

2.1.2.2 **คุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่ออยู่ในสถานะเป็นก๊าซ ความหนาแน่น ปริมาตรจำเพาะและความถ่วงจำเพาะ**

ค่าความถ่วงจำเพาะของก๊าซปิโตรเลียมเหลวเมื่อเป็นก๊าซจะแสดงถึงอัตราส่วนของความหนาแน่นระหว่างก๊าซกับอากาศที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน หรือสามารถกล่าวได้ว่าเป็นตัวเลขที่ชี้ให้ เห็นว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว เมื่อเป็นก๊าซจะหนักเป็นกี่เท่าของอากาศ (ความหนาแน่นของอากาศ = 1) ดังนั้นก๊าซปิโตรเลียมเหลวในสถานะที่เป็นก๊าซจะหนักกว่าอากาศ เมื่อเกิดการรั่วไหลขึ้นก๊าซจะไปรวม ตัวอยู่ในที่ต่ำ และถ้าบริเวณที่ต่ำนั้นเป็นรางระบายน้ำหรือคูคลอง ก๊าซอาจจะไหลตามน้ำไป ทำให้เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ในจุดซึ่งห่างไกลจากบริเวณที่ก๊าซรั่วได้

ความสามารถในการอัดตัวของก๊าซแอลพีจี (Compressibility Factor)

สำหรับก๊าซอุดมคติ (Ideal Gas) ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ ความดันและปริมาตร สามารถแสดงโดย สมการสภาวะ (Equation of State) คือ PV = nRT (เมื่อ P คือความดัน, V คือปริมาตร, n คือจำนวนโมล, R คือ Gas Constant T คืออุณหภูมิ) แต่สำหรับก๊าซแอลพีจีจะมีลักษณะเบี่ยงเบนไปจากก๊าซอุดมคติ ดังนั้นเพื่อให้สามารถใช้สมการสภาวะได้ จึงจำเป็นต้องเพิ่มค่าความสามารถในการอัดตัวของก๊าซ (Compressibility Factor, Z) เข้าไปในสมการคือ PV = ZnRT สำหรับก๊าซไม่อุดมคติ โดยที่ Z จะมีค่าน้อยกว่า 1 หมายถึงที่อุณหภูมิ 15 °C ณ ความดันบรรยากาศ โปรเพน นอร์มัลบิวเทน และไอโซบิวเทน มีค่า Z = 0.984, 0.969 และ 0.971 ตามลำดับ

ช่วงการลุกไหม้ (Flammability Limits in Air)

ก๊าซที่สันดาปได้จะมีส่วนผสมกับอากาศเพียงช่วงเดียวที่จุดไฟแล้วลุกไหม้ได้ เพราะมีอากาศผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ ช่วงการลุกไหม้ได้จะแสดงเป็นค่าอัตราส่วนร้อยละ (%) ของปริมาตรก๊าซต่ออากาศ ค่าทางด้านความเข้มข้นสูงของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่าค่าขอบบน ส่วนค่าทางด้านความเข้มข้นต่ำของช่วงการลุกไหม้ เรียกว่าค่าขอบล่าง ก๊าซแอลพีจีจะสามารถลุกไหม้หรือติดไฟได้ก็ต่อเมื่อมีก๊าซผสมอยู่ในอากาศ 2-9% หมายถึงถ้ามีก๊าซแอลพีจีต่ำกว่า 2 ส่วนหรือมากกว่า 9 ส่วนในส่วนผสมของก๊าซกับอากาศ 100 ส่วน ส่วนผสมนั้นก็จะไม่ติดไฟ

อุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition Temperature)

เมื่อค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิให้กับเชื้อเพลิงจนเลยอุณหภูมิค่าหนึ่ง เชื้อเพลิงก็จะเริ่มลุกไหม้เอง แม้ว่าจะไม่มีประกายไฟหรือสาเหตุของการติดไฟ อุณหภูมิต่ำสุดที่เริ่มเกิดการลุกไหม้ตามธรรมชาตินี้เรียกว่าอุณหภูมิของจุดติดไฟ (Ignition Temperature) เนื่องจากอุณหภูมิจุดติดไฟของโปรเพน คือ 460 - 580 °C และของบิวเทนคือ 410-550 °C ดังนั้น ก๊าซปิโตรเลียมเหลวจึงติดไฟได้ยากกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมันเบนซินซึ่งมีจุดติด

ไฟ 280-430 °C และน้ำมันดีเซล 250-340 °C ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าก๊าซปิโตรเลียมเหลวมีความปลอดภัยสูงกว่าทั้งน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล

อุณหภูมิของเปลวไฟ (Flame temperature)

อุณหภูมิของเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ของแอลพีจีสูงมากพอที่จะหลอมโลหะต่างๆ ได้ เช่น เหล็ก ทองเหลือง อลูมิเลียม และแก้ว เป็นต้น โดยโปรเพนมีอุณหภูมิของเปลวไฟในอากาศ 1,930°C และบิวเทน 1,900°C ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับงานอุตสาหกรรมหลอมโลหะ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการอบเครื่องเคลือบดินเผาอบสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ค่าอ๊อกเทน (Octane Number)

ก๊าซแอลพีจีมีค่าอ๊อกเทนสูง ประมาณ 95-110 ซึ่งสูงกว่าค่าอ๊อกเทนของน้ำมันเบนซิน จึงเหมาะกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของรถยนต์มาก

อัตราส่วนปริมาตรของเหลว/ก๊าซ (Liquid/Vapor Volume Ratio)

แอลพีจีเหลวเมื่อระเหยและเปลี่ยนสถานะไปเป็นก๊าซ ปริมาตรจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก กล่าวคือที่อุณหภูมิ 15.5 °C (60 °F) โปรเพนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 274 หน่วย ส่วนบิวเทนเหลว 1 หน่วยปริมาตร เมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเป็น 233 หน่วย ดังนั้นแอลพีจีในสถานะที่เป็นของเหลว ถ้ารั่วออกมาจะมีอันตรายมากกว่าที่เป็นก๊าซ เพราะจำนวนที่ออกมาเป็นของเหลวเมื่อกลายเป็นก๊าซจะมีปริมาตรเพิ่มมากขึ้น เมื่อปริมาณก๊าซมาก อันตรายและความรุนแรงก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

ปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ (Air Requirement)

ก๊าซออกซิเจนเป็นก๊าซที่ผสมอยู่ในอากาศ 21 % โดยปริมาตรและเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้เกิดการเผาไหม้ ดังนั้นปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าไปในห้องเผาไหม้จะต้องมีปริมาณที่แน่นอน ในกรณีที่ก๊าซแอลพีจีเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ทั้งหมดก็จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่จำเป็นต่อการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะเป็น 5 เท่าในกรณีของโปรเพน และ 6.5 เท่าในกรณีของบิวเทน เนื่องจากปริมาณออกซิเจนในอากาศมีประมาณ 21% ฉะนั้นในการเผาไหม้โปรเพนอย่างสมบูรณ์ 1 ลูกบาศก์เมตร จะต้องใช้อากาศ 24 ลูกบาศก์เมตร ส่วนบิวเทน 1 ลูกบาศก์เมตร จะใช้อากาศ 31 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันเบนซินแล้ว แอลพีจีต้องการปริมาณอากาศมากกว่าเล็กน้อย

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ (Heat of Combustion)

ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี หมายถึงค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำเอาก๊าซแอลพีจีหนึ่งหน่วยน้ำหนัก หรือหนึ่งหน่วยปริมาตรมาเผาไหม้ที่ความดันบรรยากาศ และอุณหภูมิปกติ (25 °C) โดยค่าความร้อนของการเผาไหม้เป็นค่าที่บ่งบอกถึงคุณสมบัติของเชื้อเพลิงได้

สี กลิ่น และการละลาย

แอลพีจีบริสุทธ์ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ดังนั้นบริษัทผู้ผลิตก๊าซแอลพีจี จึงต้องเติมสารประกอบที่มีกลิ่นเหม็นลงไปด้วย เพื่อให้ผู้ใช้สามารถรับรู้เมื่อเกิดการรั่วของก๊าซแอลพีจี หรือผู้ใช้ลืมปิดวาล์วใช้ก๊าซ สารประกอบที่เติมลงไปเพื่อทำให้ก๊าซแอลพีจีมีกลิ่นเหม็นเป็นสารจำพวกเมอร์แคบแทน (Mercaptan)

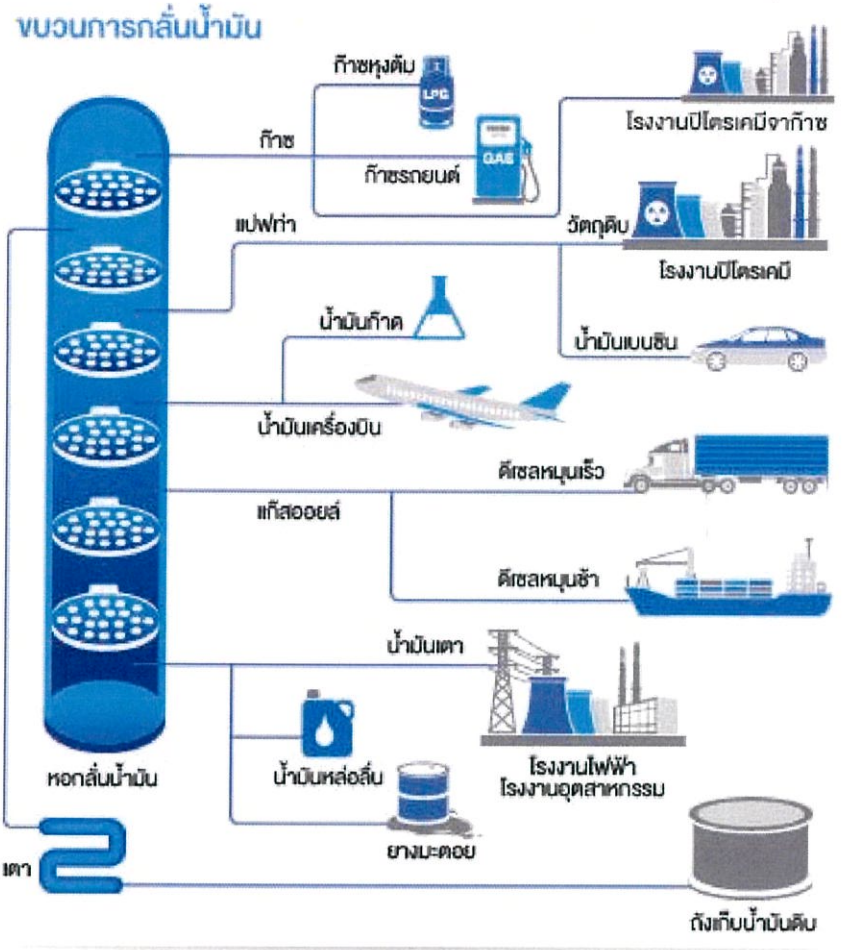
นอกจากนี้ก๊าซแอลพีจีมีคุณสมบัติเป็นตัวทำละลาย (Solvent) เช่นเดียวกับน้ำมันระเหย จึงสามารถละลายหรือทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ทำมาจากยางธรรมชาติเสียคุณสมบัติได้ เช่น ปะเก็น หรือ ซีลต่าง ๆ ดังนั้นอุปกรณ์ที่นำมาใช้กับถังที่บรรจุก๊าซแอลพีจีควรใช้วัสดุอื่นที่ไม่ได้ทำมาจากยางธรรมชาติ เช่น ยางสังเคราะห์ เป็นต้น

2.2 แหล่งที่มาของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) [2]

2.2.1 ได้จากกระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในโรงกลั่นน้ำมัน

กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบจะได้ก๊าซโปรเพนและบิวเทนประมาณ 1-2% โดยก่อนที่จะนำน้ำมันดิบเข้าหอกลั่น จะต้องแยกน้ำและเกลือแร่ที่ปนอยู่ออกเสียก่อน หลักจากนั้นนำน้ำมันดิบมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 340-400°C จากนั้นน้ำมันดิบจะถูกส่งเข้าสู่หอกลั่น ซึ่งภายในประกอบด้วยถาด (Tray) เป็นชั้น ๆ หลายสิบชั้น ไอร้อนที่ลอยขึ้นไป เมื่อเย็นตัวลงจะกลั่นตัวเป็น ของเหลวบนถาดตามชั้นต่าง ๆ และจะอยู่ชั้นใดขึ้นอยู่กับช่วงจุดเดือด จุดเดือดต่ำจะลอยขึ้นสู่เบื้องบนของหอกลั่นคือไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซ (LPG รวมอยู่ในส่วนนี้ด้วย) ส่วนไฮโดรคาร์บอนที่มีจุดเดือนปานกลางและสูงก็จะแยกตัวออกมาทางตอนกลางและตอนล่างของหอกลั่น ซึ่งได้แก่แนพทา (Naphtha) น้ำมันก๊าด น้ำมันดีเซล และน้ำมันเตา ตามลำดับ

กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบในหอกลั่นน้ำมันแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กระบวนการกลั่นน้ำมันดิบ

ไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซที่ออกจากด้านบนของหอกลั่นรวมเรียกว่า "ก๊าซปิโตรเลียม" ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมของก๊าซไฮโดรคาร์บอนที่มีคาร์บอน 1 อะตอม ถึง 4 อะตอมและมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ไนโตรเจน (N_2) ไฮโดรเจน (H_2) และอื่น ๆ ปนอยู่ จำเป็นต้องกำจัดหรือแยกออกโดยนำก๊าซปิโตรเลียมผ่านเข้าหน่วยแยกก๊าซแอลพีจี (Gas Recovery Unit) เพื่อแยกเอาโปรเพนและบิวเทน (แอลพีจี) ออกมา จากนั้นแอลพีจีจะถูกส่งเข้าหน่วยฟอก ซึ่งใช้โซดาไฟ (Caustic Soda) เพื่อแยกเอากรด (Acid Gas) เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออก หลังจากนั้นแอลพีจีจะถูกส่งไปเก็บในถังเก็บและมีสภาพเป็นของเหลวภายใต้ความดัน

2.2.2 ได้จากกระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ จะมีก๊าซโปรเพนและบิวเทนในก๊าซธรรมชาติประมาณ 6-10% ก๊าซธรรมชาติที่นำขึ้นมาจะส่งเข้าสู่โรงแยกก๊าซ (Gas Separation Plant) เพื่อทำการแยกเอาสารไฮโดรคาร์บอนที่

มีอยู่ในก๊าซธรรมชาติออกเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ คือ มีเทน (Methane) อีเทน (Ethane) โปรเพน (Propane) บิวเทน (Butane) แอลพีจี (Liquefied Petroleum Gas) และก๊าซโซลีนธรรมชาติ (Natural Gasoline, NGL)

กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติแบ่งเป็น 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

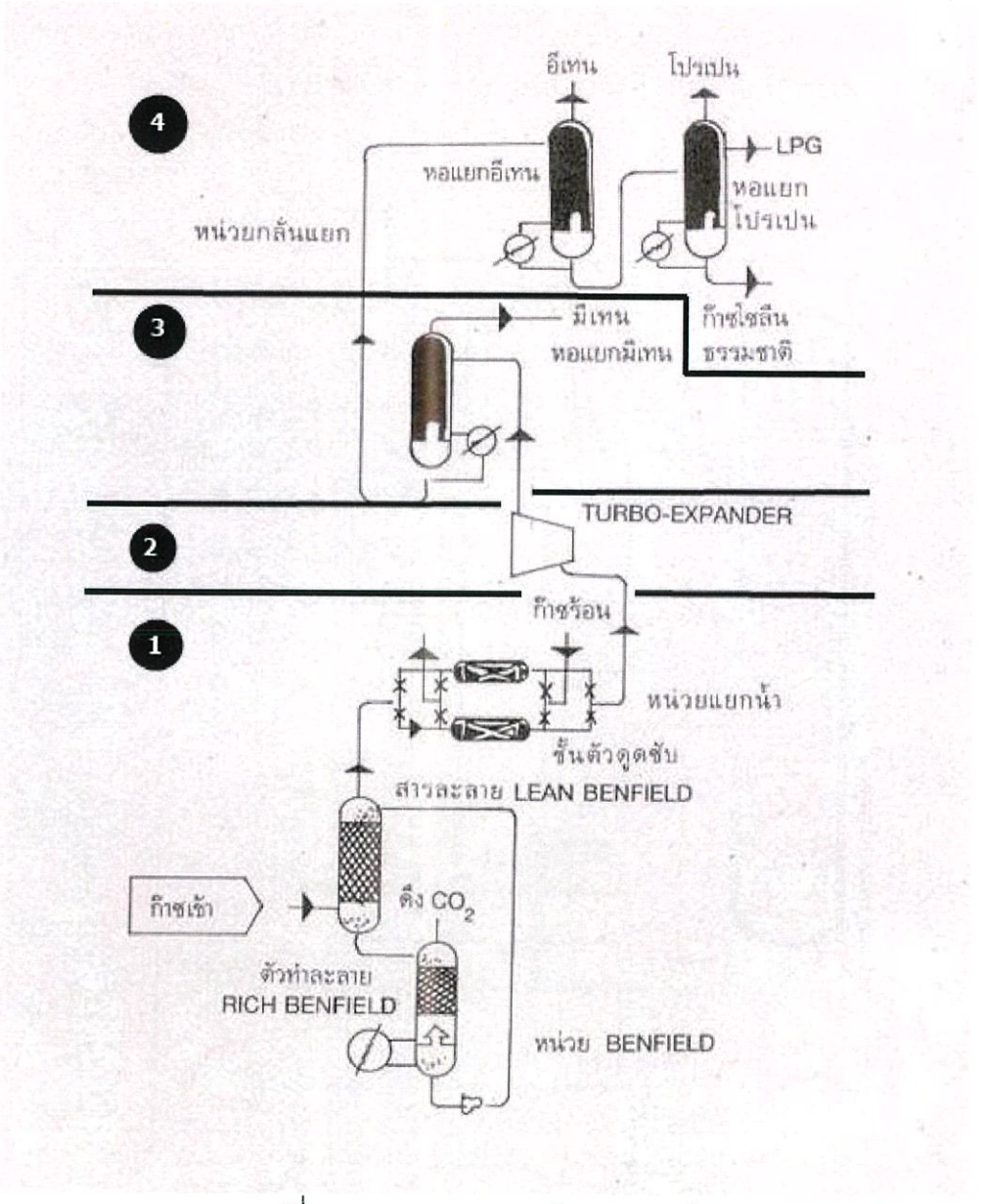
1) กำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำที่เจือปน อยู่ในก๊าซธรรมชาติออกก่อน โดยกระบวนการ Benfield ซึ่งใช้โปตัสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3) เป็นตัวจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และกระบวนการดูดซับ (Absorption Process) โดยใช้สารจำพวก Molecular Sieve ซึ่งมีลักษณะเป็นรูพรุน ทำหน้าที่ดูดซับน้ำ

2) ก๊าซธรรมชาติที่แห้งจากกระบวนการที่ผ่านมาจะผ่านเข้าไปใน Turbo-Expander เพื่อลดอุณหภูมิจาก 250 K เป็น 170 K และลดความดันลงจาก 43 บาร์ เป็น 16 บาร์ แล้วจึงเข้าสู่หอแยกมีเทน (De-Methanizer)

3) เมื่อก๊าซธรรมชาติแห้งถูกปรับลดค่าอุณหภูมิและความดันลงและเข้าสู่หอกลั่นมีเทนแล้ว มีเทนจะถูกกลั่นแยกออกไป และส่วนที่เหลือคือส่วนผสมของก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป (Ethane Plus Stream) ซึ่งอยู่ในสถานะของเหลวและจะออกจากหอกลั่นทางส่วนล่างของหอผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเหลว ดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่หอแยกอีเทน (De-Ethanizer) และหอแยกโปรเพน (De-Propanizer) เพื่อแยกอีเทนและโปรเพนออกตามลำดับต่อไป

4) เมื่อเข้าสู่หอแยกโปรเพน และหอแยกบิวเทนแล้ว ในหอแยกโปรเพนนี้ โปรเพนจะถูกแยกออกทางด้านบนของหอส่วนแอลพีจี ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่างโปรเพนและบิวเทนจะถูกแยกออกมาจากส่วนกลางของหอ ส่วนผลิตภัณฑ์ที่ออกทางด้านล่างของหอคือ ก๊าซโซลีนธรรมชาติ (Natural Gasoline)

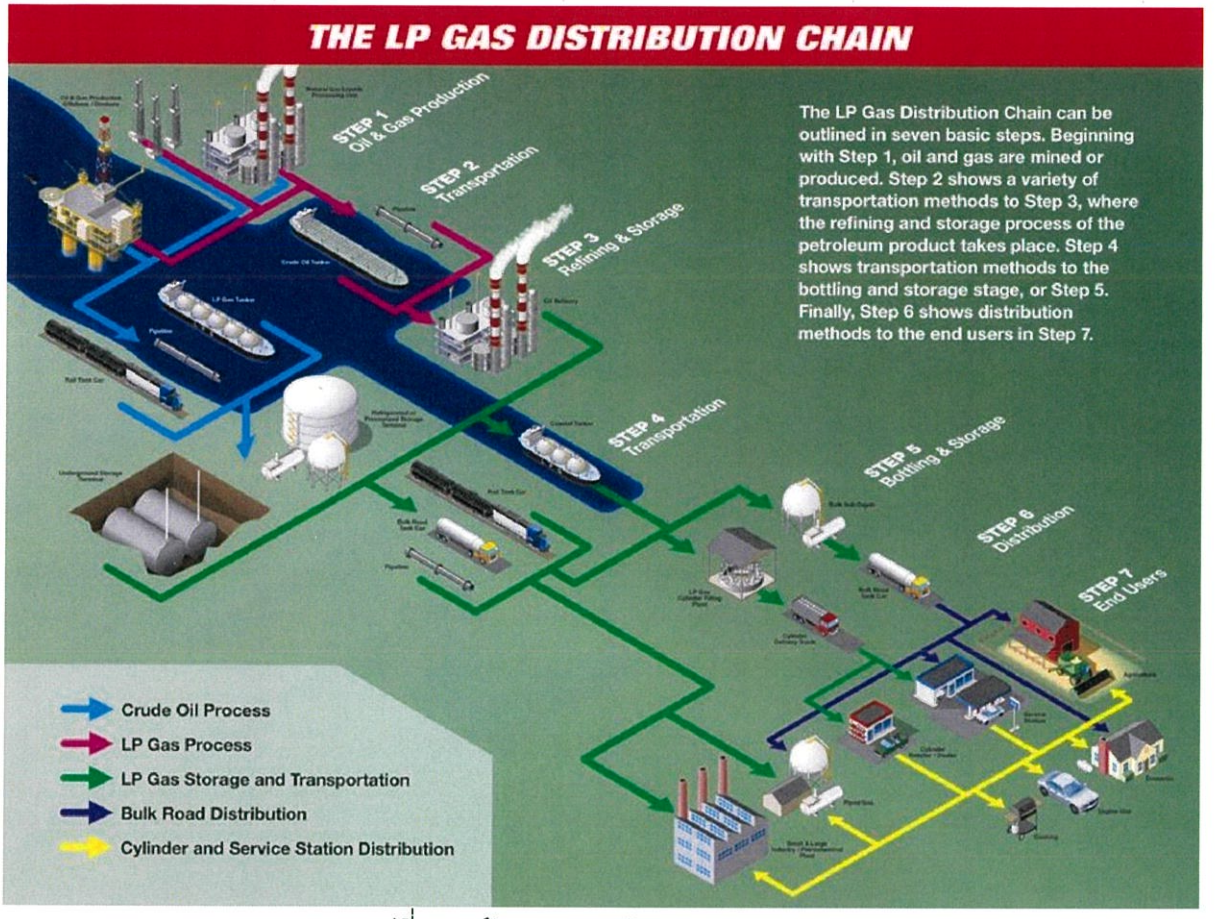
กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 กระบวนการแยกก๊าซธรรมชาติ

2.2.3 **การขนส่งแอลพีจี** [3]

ในการขนส่งแก๊สแอลพีจีไปใช้ในที่ไกลๆจากแหล่งผลิต โดยการขนส่งทางท่อฯไม่คุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ จึงนิยมใช้กระบวนการเปลี่ยนสถานะก๊าซธรรมชาติให้มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ -160 °C และบรรจุลงในถัง ทนแรงดัน ซึ่งปริมาตรจะลดลง 600 เท่า ทำให้สามารถขนส่งได้ในปริมาณมากและยังประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ ทำให้สามารถขนส่งได้ทั้งทางบกและทางน้ำ



รูปที่ 2.3 เส้นทางการผลิตและขนส่ง LPG

จากรูปที่ 2.3 แสดงห่วงโซ่การผลิตและการขนส่ง LPG ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) การขุดเจาะหรือผลิตน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ

2) การขนส่งที่หลากหลาย เช่นทางรถบรรทุก หรือทางเรือ เพื่อนำแอลพีจีไปทำการกลั่นที่โรงกลั่น

3) การกลั่นและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม

4) การขนส่งเพื่อนำไปทำการบรรจุหรือจัดเก็บ

5) แสดงสถานที่จัดเก็บ LPG

6) แสดงการขนส่งแอลพีจีไปสู่ผู้ใช้งาน

7) แสดงการนำ LPG ไปใช้ในงานประเภทต่างๆ เช่น การใช้งานในรถยนต์ ในครัวเรือน และในการประกอบอาหาร

2.2.4 **การเก็บรักษา** [4]

แอลพีจีนั้นมีความปลอดภัยค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานอื่น เพราะโปรเพนนั้นมีอุณหภูมิจุดระเบิดสูง โดยอยู่ที่ประมาณ 850-950 °F (450-510 °C) เปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิจุดระเบิดอยู่ที่ประมาณ 495 °F (257 °C) ซึ่งหมายความว่าโปรเพนสามารถจุดระเบิดได้ยากกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอุณหภูมิจุดระเบิดต่ำกว่าและทำให้มันจุดระเบิดได้ง่าย นอกจากนั้นแล้วถังที่ใช้เก็บโปรเพนนั้นจะมีความแข็งแรงมากกว่าถังน้ำมัน เพราะจะต้องรองรับความกดดันได้ เนื่องจากในการทำให้โปรเพนมีสถานะเป็นของเหลวจะต้องให้โพรเพนอยู่ภายใต้แรงกดดันสูง นอกจากนั้นถังบรรจุโพรเพนยังรองรับการกระแทกได้มากกว่าถังน้ำมันด้วยเช่นกัน

สำหรับการเก็บรักษาแก๊สอย่างปลอดภัยมีข้อควรระวังคือ ถังแก๊สนั้นจะไม่มีทางอยู่ในลักษณะที่ว่างเปล่าจริงๆ นั่นหมายถึง เมื่อเราเติมแก๊ส แก๊สส่วนใหญ่จะอยู่ภายใต้ความกดดันที่ทำให้อยู่ในรูปของเหลว ซึ่งในความกดดันที่ปลอดภัยนั้นโปรเพนจะไม่ถูกอัดอยู่ในรูปของเหลวทั้งหมด แต่จะมีโปรเพนจำนวนหนึ่งที่อยู่ในรูปแก๊ส และเมื่อโปรเพนถูกใช้ไปจะทำให้ความกดดันเพิ่มขึ้น ทำให้โปรเพนที่อยู่ในรูปของเหลวมีน้อยลง ในขณะเดียวกันส่วนที่เป็นแก๊สก็จะเพิ่มมากขึ้น เพราะฉะนั้นถังควรถูกเติมที่ความจุไม่เกิน 80% เท่านั้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะส่งผลทำให้มีความเปลี่ยนแปลงความดันภายในถังเช่นกัน ถ้ามีการเติมถังเต็ม 100% ในขณะที่อุณหภูมิต่ำ และทิ้งรถไว้ในวันที่มีอากาศร้อนในวันถัดมา ความดันจะเพิ่มขึ้นและอาจก่อให้เกิดอันตรายเป็นอย่างมาก

2.2.5 **การนำมาใช้ประโยชน์** [6]

1. การหุงต้มในครัวเรือน

เนื่องด้วยก๊าซแอลพีจีสามารถให้ความร้อนได้มากกว่า 1900 °C จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหุงหาอาหารในครัวเรือน รวมถึงข้อดีในด้านอื่น เช่น ราคาถูก สะดวก ปลอดภัย และสามารถหาซื้อได้ง่าย

2. เชื้อเพลิงรถยนต์

ปัจจุบันมีการนำก๊าซแอลพีจีมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงอื่นที่มีราคาสูง เช่น น้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซิน ทั้งในเครื่องยนต์รถยนต์ เรือ เนื่องจากราคาถูกกว่า และมีค่าออกเทนสูงกว่า แต่มีข้อเสีย คือ ความร้อนที่สูงจะส่งผลเสียต่อห้องเครื่อง และอุปกรณ์อื่นๆได้ง่าย

3. ภาคอุตสาหกรรม

มักใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตที่ต้องใช้ความร้อน เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมผลิตแก้ว อุตสาหกรรมฟอกย้อม อุตสาหกรรมตัดเชื่อมโลหะ เป็นต้น

4. ภาคเกษตรกรรม

การใช้ก๊าซแอลพีจีในการเกษตร ได้แก่ การให้ความร้อนสำหรับการอนุบาลสัตว์หรือให้ความอบอุ่นแก่สัตว์ในฟาร์ม การอบเมล็ดพันธุ์ และใบยาสูบ และการอบแห้งผลิตภัณฑ์การเกษตร เป็นต้น

2.3 **ความรู้เกี่ยวกับระบบการซื้อขายแอลพีจี** (Metering System)

การทบทวนและทำความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐานการออกแบบ และมาตรฐานความปลอดภัยเป็นขั้นตอนแรกในการวางแผนการติดตั้งให้ออกมาอย่างสมบูรณ์แบบ รหัสที่ใช้ในการออกแบบอาจแตกต่างกันไปเล็กน้อยในแต่ละประเทศหรือแม้กระทั่งในแต่ละรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกาก็ตาม ประเทศในแถบอเมริกาใต้และรัฐส่วนใหญ่ต่างยอมรับและนำมาตรฐาน หลักเกณฑ์ของสหรัฐอเมริกามาใช้ เช่น Department of Transportation (DOT) ครอบคลุมระเบียบการขนส่ง สถาบันมาตรฐานแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (American National Standards Institute: ANSI) จะครอบคลุมในส่วนของท่อและโรงกลั่น สถาบันปิโตรเลียมแห่งสหรัฐอเมริกา (American Petroleum Institute: API) ที่ครอบคลุมการวัดการถ่ายโอนและการสอบเทียบ เป็นต้น

แอลพีจีมีความไวต่อความดันและอุณหภูมิสูงกว่าน้ำมันดิบ เนื่องจากมีความดันไอสูง การอัดตัวสูง และความหนาแน่นต่ำ อุณหภูมิและความดันสามารถทำให้เกิดความผิดพลาดได้เป็นอย่างมากสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความดันไอสูงอย่างแอลพีจี ในกรณีของโปรเพน ความผิดพลาด 10% ที่เกิดจากอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อค่าที่วัดได้ 1.4% ในขณะที่ความผิดพลาด 10% ที่เกิดจากความดันจะส่งผลกระทบต่อค่าที่วัดได้เพียง 0.3% เท่านั้น เนื่องจากการวัดอุณหภูมิ ความดันและความหนาแน่นที่เที่ยงตรงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความถูกต้องในการวัด

การวัดแอลพีจีสามารถวัดเป็นเชิงปริมาตรหรือเป็นเชิงมวลก็ได้ การวัดเป็นเชิงปริมาตรจะใช้อุปกรณ์การวัดชนิด Turbine Meter หรือ Positive Displacement Meter ในการนับจำนวนทั้งหมดของปริมาตรที่ไหลผ่านมิเตอร์ ปริมาตรรวมจะได้รับการปรับแก้ความดันและอุณหภูมิเพื่อให้ได้ปริมาตรสุทธิที่ถูกต้องตามมาตรฐาน (60 $^{\circ}$F และ 14.7 PSIA) ส่วนการวัดเชิงมวลจะใช้อุปกรณ์การวัดชนิด Coriolis Flow Meter เพื่อวัดปริมาตรและความหนาแน่นที่ผ่านมิเตอร์เพื่อหามวลรวม เนื่องจากมวลของของเหลวคือปริมาณของวัตถุที่มีอยู่ ซึ่งจะไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ ความดัน แรงพยุงหรือการเร่งความเร็ว มวลจะยังคงเป็นมวล

ในกรณีที่ LPG มี อีเทนเป็นส่วนประกอบในปริมาณมาก อาจเกิดข้อผิดพลาดในการวัดขึ้นได้ หากใช้วิธีวัดเป็นเชิงปริมาตร (Volumetric) ซึ่งเป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารละลายที่ยอมให้โมเลกุลขนาดเล็กไปแทรกตัวภายในช่องว่างระหว่างโมเลกุลขนาดใหญ่ สามารถกำจัดข้อผิดพลาดนี้ออกไปได้โดยใช้วิธีการวัดเป็นเชิงมวล (Mass Measurement)

ระบบ Metering เพียงอย่างเดียวไม่สามารถรับประกันความถูกต้องของการวัดได้ การสุ่มตัวอย่างและนำมาวิเคราะห์มีความสำคัญเช่นกัน วิธีวิเคราะห์ที่ได้รับการยอมรับมี 2 วิธี ได้แก่ วิธี Composite Sampling และวิธี On-Stream Analyzing

- การวิเคราะห์ด้วยวิธี Composite Sampling จะนำตัวอย่างของของไหลออกมาจากกระบวนการและจะนำมาเก็บรักษาไว้ในสภาวะเช่นเดียวกับสภาวะการทำงานปกติจนกว่าจะถูกส่งไปยังห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์
- การวิเคราะห์ด้วยวิธี On-Stream Analyzing ทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดความหนาแน่น (Densitometer) ติดตั้งโดยตรง ที่จะสามารถวัดความหนาแน่นของการไหลซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล ค่าความหนาแน่นของของไหลจะถูกส่งไปยัง Flow Computer ที่จะรวบรวมค่าความหนาแน่นและหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก แล้วนำค่าเฉลี่ยนั้นไปเป็นค่าอัตราการไหลของของไหลทั้งหมด การวิเคราะห์ด้วยวิธี On-Stream Analyzing จะเป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากไม่ต้องมีการขนส่งตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ

2.3.1 **การออกแบบระบบการวัดปริมาณผ่านท่อส่ง** (Pipeline Metering System)

ตัวแปรที่มีผลต่อการออกแบบระบบการวัดเชิงปริมาตรในการวัดเพื่อซื้อขายที่ควรพิจารณา มีดังต่อไปนี้

1. อัตราการไหล: ค่าอัตราการไหลสูงสุดที่รับได้ (Design Flow Rate) เป็นพื้นฐานในการออกแบบขนาดท่อและความสามารถในการถ่ายโอนของไหล

2. ความดันที่ใช้งาน: เมื่อกำหนดความดันที่ใช้งานจะสามารถกำหนดอัตราการถ่ายโอนและ Piping ANSI Rating (ความหมายคือ Pressure-Temperature Rating เป็นค่าความดันสูงสุดโดยประมาณ ที่อุปกรณ์ท่อทนได้อย่างต่อเนื่อง ณ อุณหภูมิที่กำหนด) ของท่อได้

3. อุณหภูมิที่ใช้งาน: ต้องพิจารณาถึงอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ตลอดจนอุณหภูมิโดยรอบเพื่อป้องกันความผิดพลาดจากการวัดไอระเหยแทนการวัดของเหลว

4. ตำแหน่งที่ติดตั้งระบบ Metering: การเลือกสถานที่ในการติดตั้งระบบ Metering จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของท่อและความพร้อมใช้งานของสาธารณูปโภค (Utilities) เช่น แหล่งพลังงาน, อากาศ, การเชื่อมโยงการสื่อสาร และการเข้าถึงเส้นทางถนน หลังจากเลือกตำแหน่งแล้วควรพิจารณาขนาดท่อหลักของกระบวนการและพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องมือวัด (Metering) และอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบ (Prover) อย่างไรก็ตามจะต้องมีการฝังสายผลิตภัณฑ์หรือมีการหุ้มฉนวนกันความร้อน

5. กลิ่นของก๊าซ: เนื่องจากแอลพีจีเป็นก๊าซที่ได้จากการแยกก๊าซธรรมชาติในโรงแยกก๊าซฯและผลิตได้จากโรงกลั่นน้ำมันโดยนำมาบรรจุในถังภายใต้ความดันสูงจึงกลายเป็นของเหลว ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น จึงจำเป็นต้องเติมสารเมอร์เคปเทน ซึ่งมีกลิ่นฉุนคล้ายไข่เน่าลงไป เพื่อเป็นสัญญาณเตือนในกรณีเกิดการรั่ว

2.3.2 **ระบบการวัด** LPG **ในท่อส่ง** (LPG Pipeline Metering System)

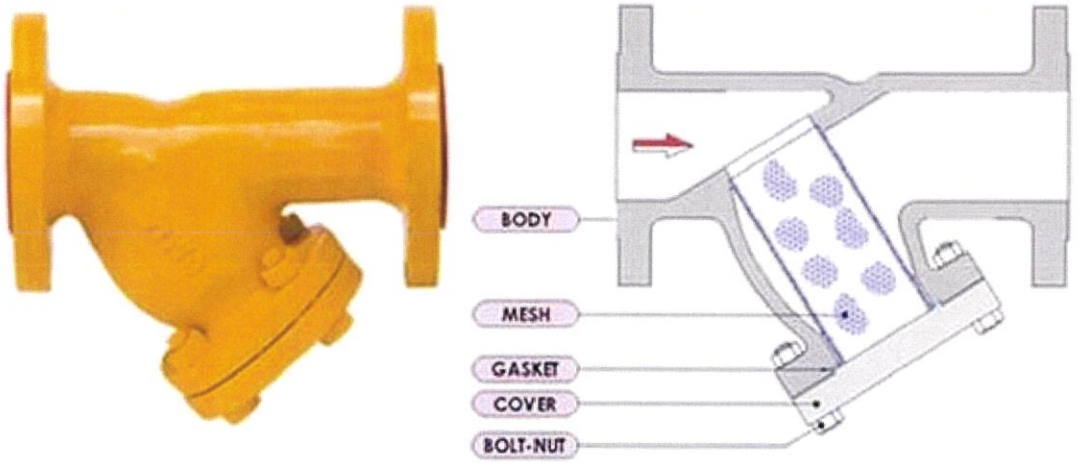
ส่วนประกอบทั่วไปในการออกแบบระบบการวัด LPG ในท่อส่ง มีดังนี้

2.3.2.1 **เครื่องกรอง** (Strainer)

เครื่องกรองเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาเพื่อกรองผลิตภัณฑ์ และเพื่อกักเก็บของแข็งขนาดใหญ่ที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัดได้ เครื่องกรองนั้นจะถูกติดตั้งในตำแหน่งก่อนที่จะมีการติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลและวาล์วควบคุม เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้มีสิ่งปนเปื้อนที่จะทำให้มิเตอร์และวาล์วดังกล่าวเสียหายหรืออุดตัน และมีการทำความสะอาดหรือการตรวจสอบว่าเครื่องกรองตันหรือไม่ และจะมีการติดตั้งมาตรวัดแรงดันที่ด้านบนของเครื่องกรองเพื่อตรวจสอบถึงการลดลงของแรงดัน แสดงดังรูปที่ 2.4

รูปที่ 2.4 ลักษณะการติดตั้ง Differential Pressure Gauge ร่วมกับเครื่องกรอง

ลักษณะภายนอกและภายในของเครื่องกรองสามารถแสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 เครื่องกรอง (Strainer)

2.3.2.2 **เครื่องมือวัดการไหล** (Flow Meter)

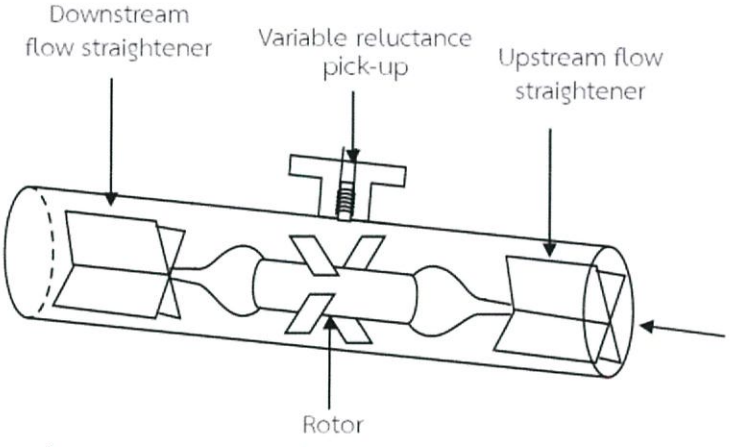
เครื่องมือวัดการไหลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบวัดปริมาณแอลพีจี (LPG Pipeline Metering System) และจะต้องมีความระมัดระวังในการเลือกใช้ ควรเลือกใช้เครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงที่สุดเท่านั้น ซึ่งเครื่องมือวัดการไหล 3 ประเภทที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบันคือ Turbine Meter, Positive Displacement Meter และ Coriolis Meter

2.3.2.3 Turbine Meter [6]

Turbine Meter คือเครื่องมือวัดชนิดหนึ่งซึ่งการวัดค่าอัตราการไหลจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของไหล เช่น ความเร็วเชิงมุมซึ่งเป็นสัดส่วนกับอัตราการไหล และเนื่องจาก Turbine Meter วัดค่าอัตราการไหลโดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของของไหล จึงจำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดเงื่อนไขของของไหลทั้ง Upstream และ Downstream ตามมาตรฐานของ API

รูปที่ 2.6 Turbine Meter

เครื่องมือวัดการไหลแบบ Turbine ถูกออกแบบโดยใช้ชุดกังหัน (Turbine) ติดตั้งภายในท่อที่ของไหลไหลผ่านทำให้วงล้อใบพัดหมุน โดยความเร็วรอบที่ใบพัดหมุนแปรผันตรงกับความเร็วที่ของไหลไหลผ่าน โดยทั่วไปความเร็วที่ใบพัดหมุนสามารถวัดได้ ด้วยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จากคอล์ยตรวจจับแม่เหล็ก (Magnetic Pick-up Coil) มีลักษณะเป็นขดลวดพันรอบแม่เหล็กถาวรติดตั้งอยู่ที่ตัวเครื่องมือวัด โดยใบพัดต้องทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก เมื่อใบพัดแต่ละใบเคลื่อนที่ตัดผ่านคอล์ยตรวจจับแม่เหล็กจะเกิดค่าแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตออกมามีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ตามความเร็วในการหมุนของใบพัด และใช้ตัวนับแบบดิจิตอลตรวจนับจำนวนพัลส์ที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการประมวลผลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์แปลงหน่วยให้อยู่ในรูปของปริมาตร ซึ่งได้จากการนับจำนวนพัลส์ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของเครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ Turbine

โครงสร้างของ Turbine Meter มีใบพัดทำมุมเฉียงกับทิศทางการไหล ขณะที่ของไหลไหลผ่านจะทำให้ใบพัดหมุนไปตามอัตราการไหล

ข้อได้เปรียบของ Turbine Meters ต่อ Positive Displacement Meter คือไม่มีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกและมีราคาถูกกว่าทั้งในการติดตั้งและซ่อมแซม ส่วนมาก Turbine Meters จะมีขนาดท่อที่เล็กกว่า Positive Displacement Meter

ข้อเสียของ Turbine Meters คือต้องมีการกำหนดสภาวะการไหลของ Upstream Downstream และจะเกิด Pressure Drop สูงกว่าการใช้ Positive Displacement Meter

การพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดการไหลแบบ Turbine มีดังนี้

1. เลือกขนาดและย่านการวัดของเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
2. เลือกการเชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) ว่าเป็นแบบเกลียวหรือแบบหน้าแปลน เป็นต้น
3. เลือกวัสดุที่ใช้ทำใบพัดที่สามารถทนต่อสภาพการใช้งาน

4. การติดตั้งอุปกรณ์เสริม เช่น Strainer เพื่อเป็นตัวกรองเศษผงตะกอนที่มากับของไหล

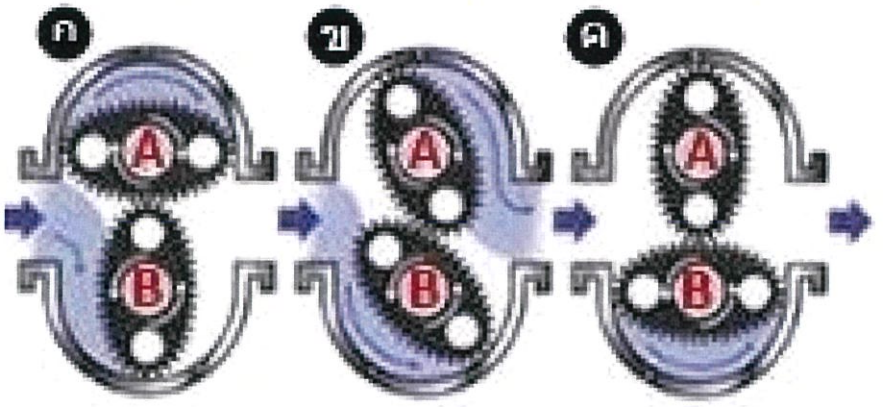
2.3.2.4 Positive Displacement Meter

Positive Displacement Meter จะวัดอัตราการไหลผ่านการใช้อุปกรณ์หมุนเวียนภายใน (Internal Rotating Device) โดยการแบ่งของไหลออกเป็นช่วงย่อยๆ โดยใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยจากของไหลที่ไหลเวียนอยู่

รูปที่ 2.8 Positive Displacement Meter

Positive Displacement Meter เป็นเครื่องมือวัดการไหลเชิงปริมาตร โดยแต่ละรอบของการหมุนของเครื่องมือวัดจะแบ่งปริมาตรของเหลวออกเป็นช่วงย่อยๆระหว่างฟันเฟืองที่ขบกัน แต่ละช่อง ว่างระหว่างฟันเฟืองที่ขบกันจะมีปริมาตรที่แน่นอน ดังนั้นอัตราการไหลขึ้นอยู่กับจำนวนรอบที่ฟันเฟืองที่ขบกันอยู่หมุนไปในขณะที่ของไหลไหลผ่านในหนึ่งหน่วยเวลา ลักษณะของเครื่องมือวัดแบบนี้เป็นหลักการดิจิตอลในยุคแรกๆ อาศัยชุดเฟืองที่ติดกับแกน ทำให้อ่านค่า Flow รวมได้ที่หน้าปัดโดยตรง แต่ในปัจจุบันสามารถต่อเข้ากับระบบดิจิตอลได้โดยตรง หากมีการติดตั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเป็น Pulse ให้ผลิตสัญญาณตามจำนวนรอบของการหมุน

Positive Displacement Meter แบบที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปคือแบบโอวอล ลักษณะเป็นรูปฟันเฟือง (Oval) 2 อันขบกันอยู่ในตัววัด เฟืองนี้จะถูกผลักให้หมุนไปเนื่องจากความดันของของเหลวทาง ด้านเข้า (Inlet) เมื่อเฟืองทั้งคู่หมุนไปจะเกิดจังหวะรับและคายของเหลวสลับกันไป



รูปที่ 2.9 การทำงานของเฟืองคู่ใน Positive Displacement Meter

จากรูปที่ 2.9 ในรูป (ก) เป็นจังหวะที่เฟือง B คายของเหลวออกและเฟือง A รับของเหลวเข้าเต็มที่พร้อมที่จะคายออกเมื่อเฟืองหมุนต่อไป รูป (ข) เป็นจังหวะที่เฟือง A คายของเหลวออกและเฟือง B เริ่มรับของเหลวเข้า จนถึงรูป (ค) เฟือง B รับของเหลวเข้าเต็มที่พร้อมที่จะคายออก เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยการหมุนของเฟืองแต่ละรอบจะส่งผ่านของเหลวไปได้ 4 ช่วงของปริมาตรที่ช่องว่างระหว่างเฟืองกับตัวเรือน การที่ออกแบบตัวหมุนเป็นเฟืองขบกันเพื่อป้องกันการลื่นไถลของตัวโอวอล (Slip) และเพื่อให้เป็นตัวกั้นระหว่างของเหลวทางด้านเข้าและด้านออกได้ดียิ่งขึ้น ค่าความหนืดจะมีผลต่อการวัดเล็กน้อย โดยเฉพาะในช่วงอัตราการไหลต่ำๆ ส่วนค่าความดันสูญเสีย (Pressure Loss) เนื่องจากตัววัดจะแปรเปลี่ยนไปตามเปอร์เซ็นต์ของอัตราการไหลและค่าความหนืด ถ้าค่าความหนืดสูงจะมีค่าความดันสูญเสียสูงกว่าของเหลวที่มีค่าความหนืดต่ำ

ข้อได้เปรียบของ Positive Displacement Meter ต่อ Turbine Meter คือมีความเที่ยงตรงมากกว่าและไม่ต้องการท่อปรับสภาพการไหล และเป็นอุปกรณ์ที่ก่อให้เกิด Pressure Drop น้อยมาก แต่มีข้อเสียคือจำเป็นต้องลดอัตราการไหลสูงสุดลงถึง 25% เนื่องจากเฟืองไม่สามารถรับแรงดันสูงๆได้หากของไหลมีอัตราการไหลที่สูงมากๆ ดังนั้น Positive Displacement Meter จะเหมาะกับการวัดของไหลที่มีความหนืดสูง

การเลือกใช้งาน Positive Displacement Meter มีดังนี้

1. ย่านการวัดที่ใช้งาน
2. ขนาดของท่อ (Pipe Size) ที่ใช้งาน
3. การเชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) ว่าเป็นแบบเกลียวหรือแบบหน้าแปลนและแบบเกลียวจะเป็นเกลียวแบบใด หรือหากเป็นหน้าแปลนจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและมีอัตราการทนความดันเท่าใด

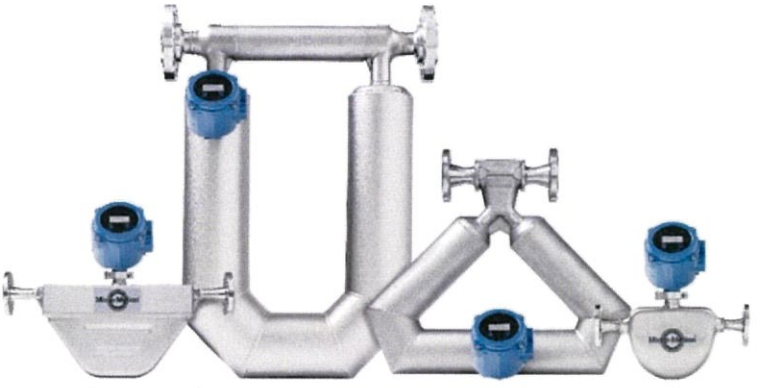
4. ค่าความเที่ยงตรง

5. วัสดุที่ใช้ทำฟันเฟืองที่สัมผัสกับของไหล

6. สัญญาณเอาต์พุตสำหรับใช้งาน

2.3.2.5 Coriolis Mass Flow Meter [7]

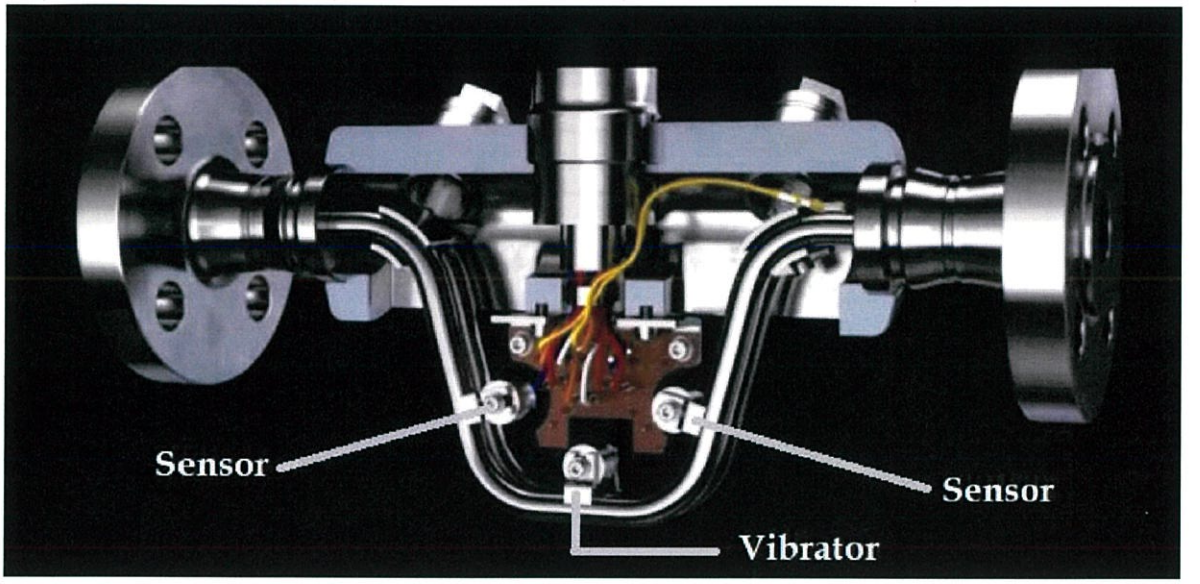
เครื่องมือวัดการไหลเชิงมวลแบบ Coriolis (Coriolis Mass Flow Meter) คือเครื่องมือวัดอัตราไหลและปริมาณการไหลที่มีความเที่ยงตรงสูง ทั้งยังสามารถวัดค่าความหนาแน่นของของเหลวหรือของไหลที่วัดได้ สามารถใช้กับของไหลได้เกือบทุกชนิด และมีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นเครื่องมาสเตอร์ในการสอบเทียบเซนเซอร์ชนิดอื่นๆ นิยมใช้ในอุตสาหกรรมที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง



รูปที่ 2.10 เครื่องมือวัดอัตราการไหลเชิงมวลแบบ Coriolis

Coriolis Mass Flow Meter ประกอบด้วยหลอดสั่นสะเทือนแบบโค้งซึ่งสามารถวัดอัตราไหลเชิงมวลได้โดยตรงจากระบบท่อปิด การวัดโดยใช้เครื่องมือวัดชนิดนี้จะไม่ได้รับผลกระทบทางทฤษฎีจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะของของเหลว เช่น อุณหภูมิและความดัน อีกทั้ง Coriolis Meter มี Turn-down Ratio ที่สูงมาก ซึ่งจะช่วยให้มิเตอร์ทำงานได้ในช่วงกว้างที่มากกว่า Turbine Meter หรือ Positive Displacement Meter

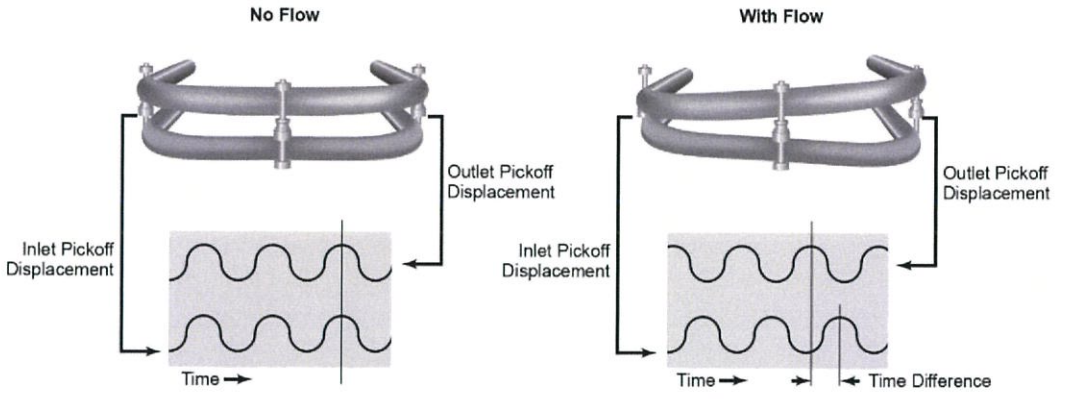
โครงสร้างของ Coriolis Mass Flow Meter ประกอบด้วยท่อที่อ่อนตัวได้ เซนเซอร์ใช้สำหรับวัด การเคลื่อนที่จำนวน 2 ชุด และตัวกำเนิดการสั่น (Vibrator) ที่จะติดตั้งอยู่ตรงกลางระหว่างเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่ทั้งสอง ลักษณะการวางตัวของท่ออ่อนและเซนเซอร์วัดการเคลื่อนที่แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของ Coriolis Mass Flow Meter

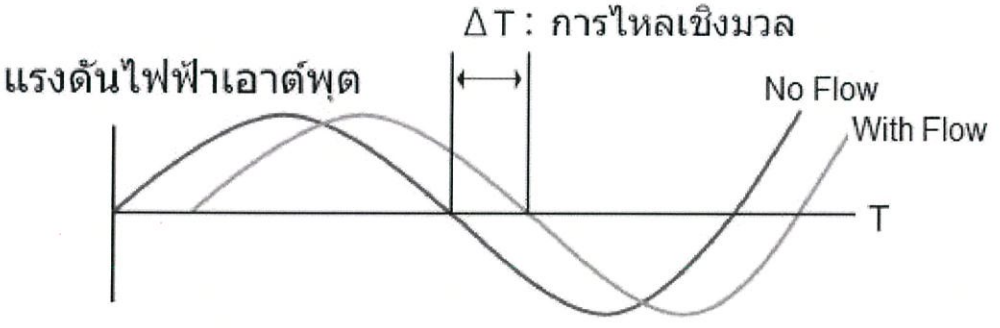
หลักการทำงานของ Coriolis Mass Flow Meter

ในขณะที่ไม่มีของไหล ท่อจะได้รับการกระตุ้นด้วยตัวกำเนิดความถี่ ทำให้ท่อแกว่งในแนวระนาบ ผลจากการที่ท่อพยายามรักษาแนวแรงทำให้ท่อเกิดการแกว่งตัวแบบคลื่นไซน์ (Sine Wave) ต่อมาเมื่อมีของไหลไหลผ่านท่อ การไหลจะทำให้เกิดแรงโคริโอลิส (Coriolis Force) ซึ่งทำให้ท่อเกิดการบิดตัว เนื่องจากความต้านทานต่อการสั่นสะเทือน ความต้านทานต่อการเคลื่อนไหวนี้จะทำให้เกิดการบิดตัวของท่อ ซึ่งการบิดของท่อหรือมุมของการเบี่ยงเบนจากระนาบการสั่นสะเทือนจะถูกวัด และแปลงเป็นค่าอัตรการไหลเชิงมวล โดยสัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้จะแสดงออกมาในรูปสัญญาณความแตกต่างของ Phase ซึ่งจะเป็นความแตกต่างระหว่างตอนที่ไม่มีของไหลกับตอนที่มีของไหลและจะแปรผันตรงกับอัตราการไหล



รูปที่ 2.12 การบิดตัวของท่อในขณะที่ไม่มีของไหลไหลผ่านและขณะที่มีของไหลไหลผ่าน

โดยการเปลี่ยนแปลงในท่อวัดจะถูกบันทึกในรูปของสัญญาณความแตกต่างของ Phase ของ สัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตที่วัดได้ ความเร็วในการแกว่งตัวของท่อหาได้จากการวัดระยะการแกว่งตัวในหนึ่งช่วงเวลา ซึ่งค่าความเร็วนี้สัมพันธ์กับการไหลเชิงมวลของของไหล นอกจากเครื่องมือวัดแบบ Coriolis จะสามารถใช้สำหรับวัดการไหลเชิงมวลได้แล้ว ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการวัดความหนาแน่นได้เช่นกัน



รูปที่ 2.13 กราฟแสดงความต่างเฟสขณะมีของไหลและไม่มีของไหล

คุณสมบัติข้อดีเฉพาะตัวของ Coriolis Mass Flow Meter คือลดปัญหาเรื่องค่าตัวแปรต่างๆของค่าความดัน อุณหภูมิและความหนาแน่นได้ เพราะจะไม่มีผลต่อการวัดแบบนี้ เนื่องจาก Coriolis Mass Flow Meter เป็นการวัดอัตรการไหลเชิงมวลโดยตรง คุณสมบัติข้อนี้ต่างจากเครื่องมือวัดการไหลแบบอื่นๆที่เป็นแบบการวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตร แล้วจึงแปลงค่ามาเป็นมวลหรือน้ำหนักในภายหลัง

ข้อได้เปรียบอีกประการหนึ่งของ Coriolis Mass Flow Meter คือไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของการไหล เช่น การลดอัตราการไหลลงก่อนถึงตัวเครื่องมือวัด ความต้องการท่อปรับสภาพการไหลก่อนเข้าตัวเครื่องมือ

วัด หรือส่วนประกอบทางกลซึ่งจะทำให้ต้องการการบำรุงรักษาน้อยที่สุด เนื่องจากไม่มีส่วนประกอบที่นำมาประกอบร่วมด้วย จึงไม่จำเป็นต้องสอบเทียบบ่อยๆ

คุณสมบัติของมิเตอร์วัดการไหลแบบโคริโอลิส

ข้อดี

- เหมาะสำหรับวัดการไหลของไหลทุกชนิดทั้งแบบสะอาดบริสุทธิ์และแบบมีสารแขวนลอยปะปน
- ลักษณะการทำงานของเครื่องมือวัดการไหลชนิดนี้ไม่มีส่วนใดขวางการไหลของของไหลในระบบ
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature) และความดัน (Pressure) ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องมือ
- สามารถใช้วัดความหนาแน่นของเหลวได้ และในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องมือวัดชนิดนี้ให้สามารถวัดความหนืดได้เช่นกัน
- มีอายุการใช้งานนาน และบำรุงรักษาได้ง่าย เนื่องจากในการทำงานของเครื่องมือวัดไม่มีชิ้นส่วนใดเคลื่อนที่
- สามารถใช้วัดการไหลได้ทั้งสองทิศทางที่ระดับความเที่ยงตรงสูง

ข้อเสีย

- ราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับหลักการตรวจจับอื่นๆ
- สูญเสียแรงดันปริมาณมาก (High Pressure Drop)
- ได้รับผลกระทบจากการสั่นสะเทือนได้ง่าย

การพิจารณาเลือกเครื่องมือวัดการไหลแบบ Coriolis มีดังนี้

1) เลือกย่านการวัดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
2) เลือกวัสดุที่ใช้ทำ Flow Tube ที่สัมผัสกับของไหลโดยตรง
3) เลือก Process Connection ว่าจะเป็นแบบใด
4) ราคาซื้อสำหรับเครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับการลงทุน
5) ของไหลที่ต้องการวัดมีสถานะเป็น Gas หรือเป็น Liquid

2.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิก็มีความสำคัญต่อระบบการซื้อขายแอลพีจีเช่นกัน โดยเฉพาะในกรณีที่ใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลที่วัดเป็นการไหลเชิงปริมาตร ซึ่งจะต้องมีการแปลงค่ามาเป็นมวลหรือน้ำหนักในภายหลัง โดยจะต้องนำค่าของอุณหภูมิมาใช้ในการคำนวณหาปริมาณแอลพีจีที่ถูกส่งออกไปอย่างแท้จริง

และยังเป็นการตรวจสอบสภาวะของแอลพีจีที่กำลังส่งผ่านท่อส่งว่าอยู่ในสภาวะที่ต้องการหรือไม่ โดยแบ่งเป็นทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิและเกจวัดอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่นิยมใช้ในการวัดอุณหภูมิในอุตสาหกรรมมี 2 ชนิดคือ ทรานส์มิตเตอร์ชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง (Resistance Temperature Detector: RTD) และ Thermocouple

2.4.1 Resistance Temperature Detector [8]

อาร์ทีดี (Resistance Temperature Detector: RTD) เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดโลหะที่เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จัดเป็นทรานสดิวเซอร์ประเภท Passive Transducer ในการทำงานจะต้องอาศัยแหล่งจ่ายไฟภายนอกเพื่อจ่ายให้กับวงจร โดยค่าความต้านทานไฟฟ้าของขดลวดโลหะและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันแบบแปรผันตรง เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความต้านทานของโลหะจะมีค่าสูงขึ้น ในการใช้งานควรเลือกใช้โลหะที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานสูง เนื่องจากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิไปเพียงเล็กน้อยค่าความต้านทานของโลหะจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานของขดลวดโลหะที่เปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเป็นดังนี้

$$R_T = R_0(1 + \alpha\Delta T) \qquad (2.1)$$

โดย R_T คือค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิ T °C ใดๆ (Ω)

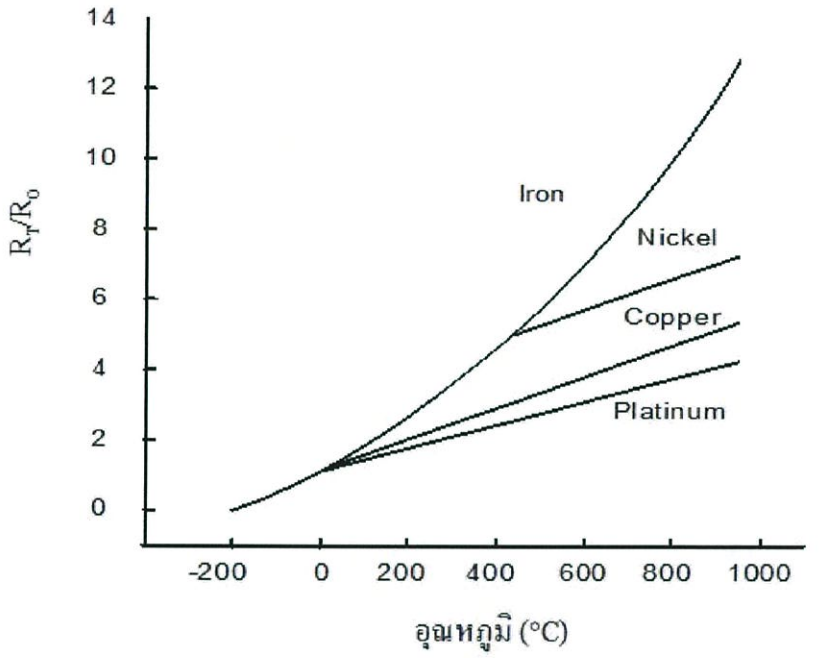
R_0 คือค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิอ้างอิง โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิอ้างอิงที่ 0°C (Ω)

α คือค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ 1°C (Temperature Coefficient of Resistance) (Ω /Ω /°C)

ΔT คือค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ T °C ใดๆกับอุณหภูมิอ้างอิง (°C)

ค่าสัมประสิทธิ์ α จะเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น แพลตทินัมจะมีค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ เท่ากับ 0.00392 Ω /Ω /°C ในขณะที่ทองแดงมีค่าสัมประสิทธิ์ของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ เท่ากับ 0.00425 Ω /Ω /°C

โลหะที่นิยมนำมาใช้ทำอาร์ทีดี ได้แก่ แพลตทินัม (Platinum) นิกเกิล (Nickel) และทองแดง (Copper) ทองแดงและนิกเกิลเป็นวัสดุที่มีราคาถูก ประกอบง่าย จึงนิยมนำมาใช้งานในช่วงอุณหภูมิต่ำ โดยทั่วไปการใช้งานในอุตสาหกรรมและในห้องปฏิบัติการจะนิยมใช้อาร์ทีดีที่ทำมาจากแพลตทินัมมากที่สุด เนื่องจากมีความเที่ยงตรงและมีความเป็นเชิงเส้น (Linearity) สูงที่สุด แต่จะมีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะชนิดอื่น

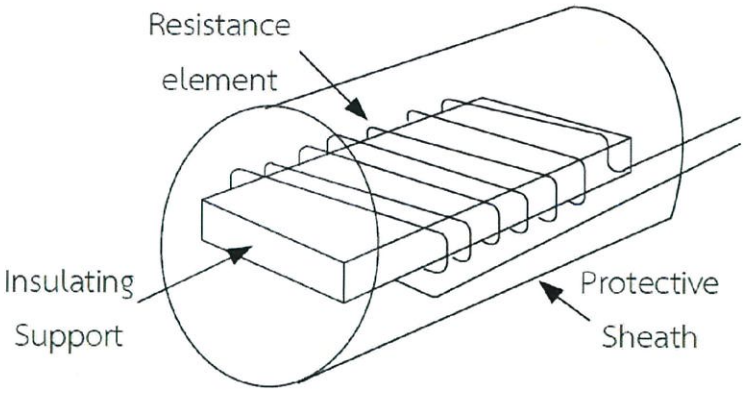


รูปที่ 2.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของโลหะชนิดต่างๆ

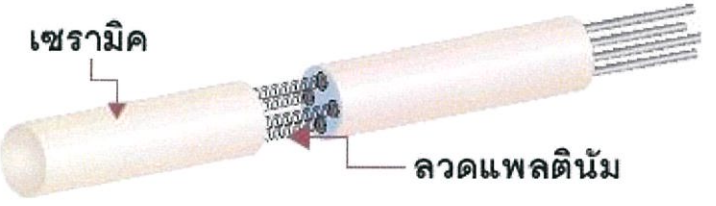
จากรูปที่ 2.14 จะเห็นได้ว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิของทองแดงและแพลตทินัม มีความเป็นเชิงเส้นในย่านของอุณหภูมิที่ค่อนข้างกว้าง และมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแบบเชิงเส้นอย่างชัดเจน แต่เนื่องจากทองแดงสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ง่าย จึงนิยมเลือกใช้อาร์ทีดีที่ทำมาจากแพลตทินัม โดยชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด คือ RTD PT100

เนื่องจากอาร์ทีดีเป็นทรานสดิวเซอร์ประเภท Passive ซึ่งจะต้องการแหล่งจ่ายไฟจากภายนอก การวัดอุณหภูมิด้วยอาร์ทีดีจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ โดยอุณหภูมิที่วัดได้อาจมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง ซึ่งเป็นผลมาจากความร้อนจากแหล่งจ่ายไฟภายนอก

โครงสร้างของอาร์ทีดี ประกอบด้วยลวดโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่งพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวน ไฟฟ้าซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อความร้อน โดยแกนที่ใช้เป็นสารประเภทเซรามิกหรือแก้ว เช่น อะลูมินาบริสุทธิ์ หรือแพลตทินัมที่เคลือบด้วยเซรามิก โดยแกนที่ใช้พันขดลวดต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวใกล้เคียงและสัมพันธ์กันกับสัมประสิทธิ์การขยายตัวของเส้นลวด

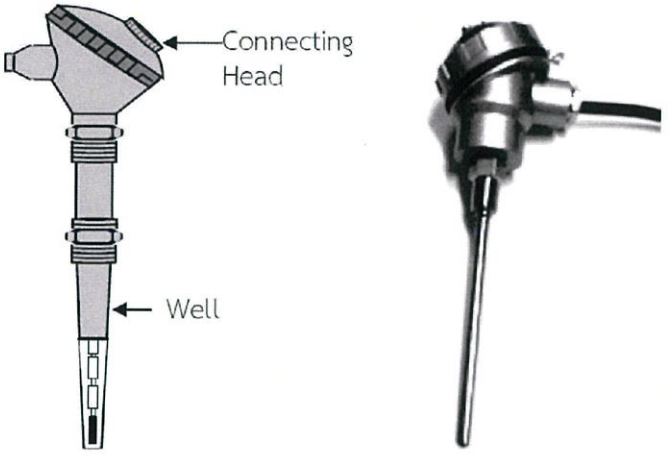


รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายในของอาร์ทีดี



รูปที่ 2.16 ส่วนประกอบของ RTD

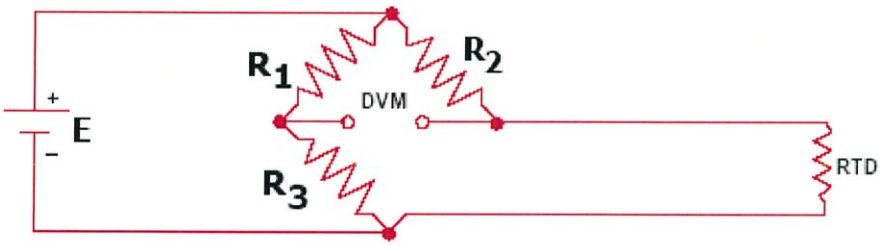
โดยทั่วไปอาร์ทีดีถูกนำไปใช้งานอยู่ในรูปของปลอกโลหะ (Metal Sheath) หรือโพรบ (Probe) หรืออาจติดตั้งไว้ในเทอร์โมเวลล์ (Thermowell) โดยนำแกนที่พันด้วยเส้นลวดมาติดตั้งที่บริเวณปลายของโพรบหรือเทอร์โมเวลล์ เพื่อใช้สัมผัสกับตัวกลางใดๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องมือวัด อุปกรณ์เสริมสำหรับการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลหรืออาร์ทีดี เพื่อวัดอุณหภูมิในกระบวนการ ได้แก่ หัวเชื่อมต่อ (Connecting Head) หรืออาจเรียกว่า หัวกะโหลก โดยช่วงเวลาการตอบสนอง (Response Time) ของ RTD ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลล์หรือโพรบ ช่องว่างระหว่างโพรบและ RTD การติดตั้งและชนิดของของไหลที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เป็นต้น



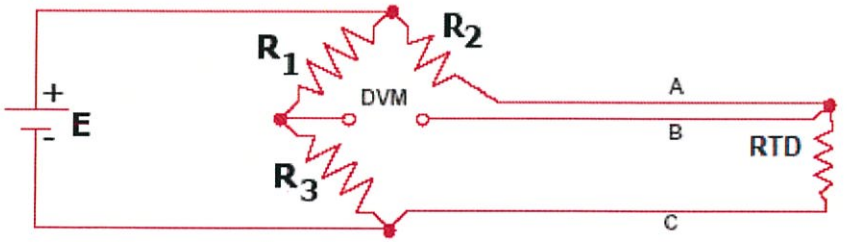
รูปที่ 2.17 โครงสร้างภายนอกของอาร์ทีดี

เนื่องจากอาร์ทีดีเป็นอุปกรณ์ประเภท Passive Element ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีค่ากำลังเอาต์พุตน้อยกว่าอินพุต ดังนั้นการนำเอาอาร์ทีดีไปประยุกต์ใช้งานจำเป็นต้องมีทรานส์มิตเตอร์ ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้การแปลงค่าความต้านทาน R_T เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานเพื่อใช้ในการส่งสัญญาณต่อไป ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำเอาอาร์ทีดีกับทรานส์มิตเตอร์ต่ออยู่ร่วมกันภายในเครื่องมือวัดแล้ว

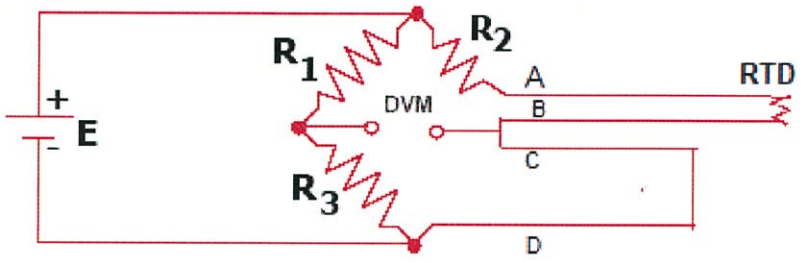
ลักษณะวงจรการต่อใช้งานของอาร์ทีดีมี 3 รูปแบบ คือการต่อแบบ 2 สาย, 3 สาย และ 4 สาย โดยต่อเป็นวงจรวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)



รูปที่ 2.18 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบอาร์ทีดี 2 สาย



รูปที่ 2.19 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบอาร์ทีดี 3 สาย



รูปที่ 2.20 การต่อวงจรวีทสโตนบริดจ์แบบอาร์ทีดี 4 สาย

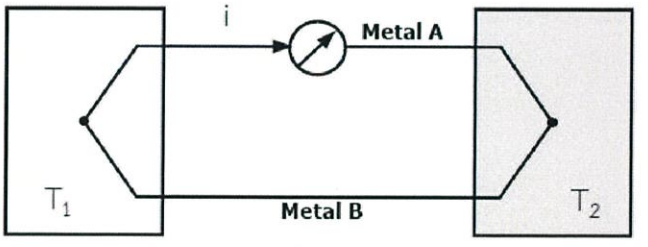
จากรูปที่ 2.18 อาร์ทีดีจะถูกติดตั้งอยู่ในจุดที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ส่วนความต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3 จะอยู่ในอุณหภูมิบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวต้านทานที่มีความถูกต้องสูงและมีค่าขยับเลื่อน (Drift) ต่ำมาก วงจรบริดจ์จะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่ออาร์ทีดีอยู่ในอุณหภูมิ 0 °C ซึ่งจะทำให้อัตราส่วน $\frac{R_2}{RTD}=\frac{R_1}{R_3}$ มิเตอร์จะชี้ที่ 0 °C วงจรนี้ใช้ได้ในกรณีที่ตัวอาร์ทีดีอยู่ใกล้กับวงจรบริดจ์เท่านั้น เพราะถ้าอาร์ทีดีอยู่ไกลจากวงจรบริดจ์จะเกิดความผิดพลาดเนื่องจากค่าความต้านทานของสายต่อตัวนำ ดังนั้นจึงต้องมีการชดเชยความผิดพลาดที่เกิดจากสายต่อตัวนำ ในอุตสาหกรรมจึงนิยมใช้วงจรอาร์ทีดีแบบ 3 สาย ดังรูปที่ 2.19 โดยความยาวของสายทั้ง 3 เส้นคือ A, B และ C ที่เชื่อมต่อระหว่างอาร์ทีดีกับวงจรบริดจ์จะต้องมีความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอด เพื่อให้ค่าความต้านทานของทั้ง 3 สายเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน วงจรการวัดแบบ 3 สายนี้ เป็นแบบที่ให้ความเที่ยงตรงสูงและนิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม ส่วนการต่อใช้งานอาร์ทีดีแบบ 4 สาย จะนิยมใช้กับห้องปฏิบัติการทดลอง โดยที่สายทั้ง 4 จะต้องมีขนาดและความยาวเท่ากันและอยู่ในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิเดียวกันตลอดเช่น เดียวกับการวัดแบบ 3 สาย

การเลือกใช้งานอาร์ทีดีมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

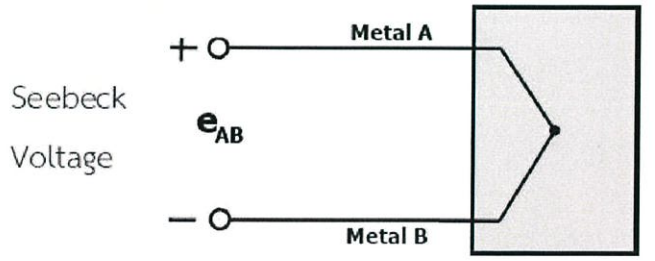
- รูปแบบของตัวเซ็นเซอร์ เช่น Pt 100 หรือ Pt 50
- ความยาวของเทอร์โมเวล (Thermowell) และเซ็นเซอร์ที่ต้องการสัมผัสกับของไหลที่ต้องการวัด
- ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเทอร์โมเวล ทั้งด้านนอกและด้านใน โดยเฉพาะด้านในจะต้องมีขนาดที่พอดีกับขนาดของเซ็นเซอร์ เนื่องจากตัวเซ็นเซอร์จะต้องเสียบเข้าไปในเทอร์โมเวล
- Process Connection เป็นส่วนที่ใช้ยึดติดกับสิ่งที่ต้องการวัด เช่น ที่ท่อหรือถัง เป็นต้น โดยการยึดอาจยึดเป็นแบบเกลียวหรือหน้าแปลน
- กระแสไฟฟ้าที่ต้องไหลผ่านตัวเซ็นเซอร์ เช่น 1 mA, 2 mA หรือ 5 mA
- ค่าความเที่ยงตรง

2.4.2 Thermocouple [9]

เทอร์โมคัปเปิลเป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางไฟฟ้าในรูปของแรงดันไฟฟ้า จัดเป็นทรานสดิวเซอร์ประเภท Active Transducer สามารถกำเนิดแรง ดันไฟฟ้าได้เองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างจุดสองจุด โดยไม่จำเป็นต้องกระตุ้นด้วยแหล่ง จ่ายพลังงานจากภายนอก เป็นอุปกรณ์ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูง สามารถใช้งานได้โดยตรงในรูปของเครื่องมือวัด หรือการส่งสัญญาณเอาต์พุตให้กับระบบควบคุม ซึ่งปรากฏการณ์สำคัญของเทอร์โมคัปเปิลคือปรากฏการณ์ซีเบ็ค (Seebeck Effect) โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อโธมัส ซีเบ็ค (Thomas Seebeck) ที่พบว่าเมื่อนำโลหะต่างชนิดกันมาเชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน ถ้าปลายจุดต่อทั้งสองได้รับอุณหภูมิที่ต่างกันจะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรเส้นลวดทั้งสองและถ้าเปิดปลายจุดต่อด้านหนึ่งออก จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นที่ปลายด้านเปิด โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ปลายด้านเปิดจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิที่จุดต่างทั้งสอง เรียกว่าแรงดันซีเบค (Seebeck Voltage) นอกจากนี้ปรากฏการณ์ซีเบคยังเป็นปรากฏการณ์แบบย้อนกลับได้ เรียกว่า ปรากฏการณ์เพลเทียร์ (Peltier Effect) นั่นคือเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรจะทำให้ปลายด้านหนึ่งร้อนขึ้น และปลายอีกด้านหนึ่งจะเย็นลง และถ้ากลับทิศทางการไหลของกระแสอุณหภูมิทั้งสองด้านจะกลับกันโดยด้านที่ร้อนจะเปลี่ยนเป็นเย็น และด้านที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.21 วงจรการเกิดปรากฏการณ์ซีเบ็ค

$$e_{AB} = \alpha \Delta T \qquad (2.2)$$

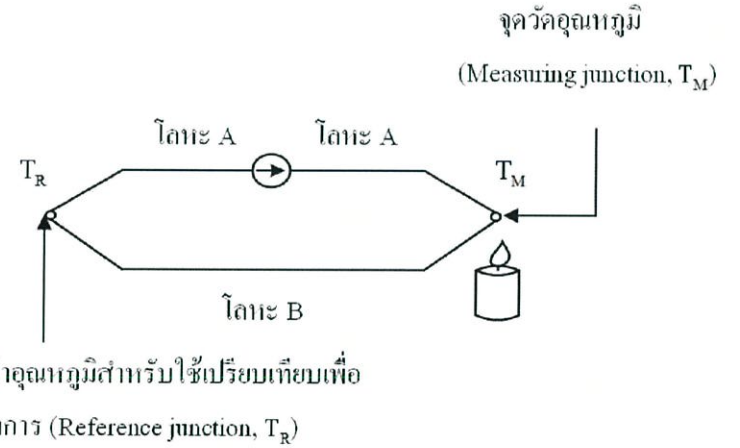
เมื่อ e_{AB} คือแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้, หน่วย V

α คือค่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค

ΔT คือผลต่างของอุณหภูมิ, หน่วย K

เทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วยเส้นลวดโลหะตัวนำต่างชนิดสองเส้นต่อเข้าด้วยกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะใช้เป็นจุดวัดอุณหภูมิหรือจุดต่อร้อน (Measuring Junction หรือ Hot Junction) ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งนำไปต่อกับมิเตอร์หรือวงจรอื่นๆเพื่อแสดงผล เรียกว่าจุดต่อเย็น (Cold Junction) ใช้สำหรับเป็นจุดอ้างอิง (Reference Junction) โดยควบคุมให้อุณหภูมิคงที่ เมื่อบริเวณจุดวัดอุณหภูมิได้รับความร้อนในขณะที่จุดต่อเย็นมีอุณหภูมิคงที่ ความต่างศักย์ระหว่างจุดต่อร้อนและจุดต่อเย็นที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้น ค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสามารถวัดค่าและปรับให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิได้ โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันไฟฟ้าขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะตัวนำของเทอร์โมคัปเปิลและอุณหภูมิที่จุดวัด

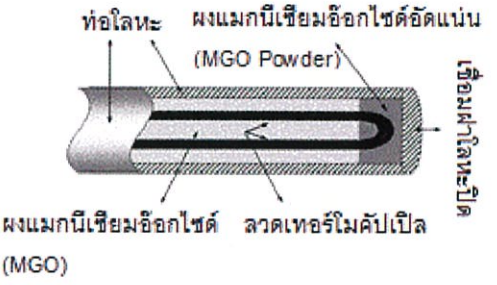
ลักษณะวงจรของเทอร์โมคัปเปิลแสดงดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.22 วงจรของเทอร์โมคัปเปิล

โดยทั่วไปเทอร์โมคัปเปิลที่นำไปใช้งานจะอยู่ในรูปของซีตเทอร์โมคัปเปิล (Sheath Thermocouple) บางครั้งเรียกว่าปลอกโลหะหรือโพรบ (Probe) หรือติดตั้งไว้ในเทอร์โมเวลล์ (Thermowell) โดยติดตั้งที่บริเวณปลายของโพรบหรือเทอร์โมเวลล์ เพื่อใช้สัมผัสกับตัวกลางใดๆ ที่ต้องการวัดอุณหภูมิโดยไม่เกิดการเสียหาย อุปกรณ์เสริมสำหรับการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิล เพื่อวัดอุณหภูมิในกระบวนการ ได้แก่ หัวเชื่อมต่อ (Connecting Head) ซึ่งอุปกรณ์นี้สามารถป้องกันน้ำและฝุ่นละอองได้ วัสดุที่ใช้ทำหัวเชื่อมต่อ ได้แก่

อะลูมิเนียมอัลลอยด์ ที่จะเหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป และเบคาไลท์ (Bakelite) ที่เหมาะสำหรับการใช้งานภายใต้อุณหภูมิสูงพิเศษ โดยเวลาที่ใช้ในการอ่านค่าอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลหรือช่วงเวลาการตอบสนอง (Response Time) ของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ ได้แก่ การเชื่อมต่อจุดวัด ชนิดของวัสดุทำเทอร์โมเวลล์หรือโพรบ ช่องว่างระหว่างโพรบและเทอร์โมคัปเปิล การติดตั้ง และชนิดของของไหลที่ต้องการวัดอุณหภูมิ เป็นต้น



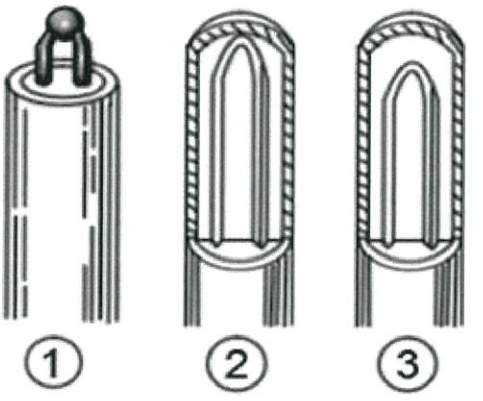
รูปที่ 2.23 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

จากรูปที่ 2.23 โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะคล้ายกับอาร์ทีดี แตกต่างกันที่ตัวเซนเซอร์ที่ใส่ลงไปใน Bulb โดยลักษณะการเชื่อมจุดต่อของเทอร์โมคัปเปิล เพื่อให้เทอร์โมคัปเปิลมีสภาพเรียบร้อยแข็งแรงพร้อมใช้งาน คู่สายของเทอร์โมคัปเปิลจะต้องประกอบอยู่ภายใน Metal Sheath และการประกอบจะมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ

1. จุดต่อแบบเปลือย (Exposed Junction) เหมาะสำหรับงานที่ของไหลไม่มีการกัดกร่อน และต้องการผลการวัดให้เร็วที่สุด แต่มีข้อเสียคือ ชำรุดและเสียหายได้ง่าย มีอายุการใช้งานสั้นและไม่เหมาะสำหรับงานที่มีความดันสูงอีกด้วย

2. จุดต่อแบบเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย Sheath (Grounded Junction) สายทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลจะถูกเชื่อมต่อลงบนส่วนปลาย เหมาะสำหรับงานที่มีของไหลที่มีการกัดกร่อน และให้ผลตอบสนองต่ออุณหภูมิไวกว่าแบบ Ungrounded ทนต่อสภาพงานที่มีความดันสูงได้

3. จุดต่อแบบไม่เชื่อมต่ออยู่กับตัวยึด (Ungrounded Junction) ออกแบบไว้ เพื่อใช้กับของไหลที่มีการกัดกร่อนและทนต่อสภาพความดันสูงๆ มีอายุการใช้งานนาน แต่มีข้อเสียคือให้ผลการวัดช้ากว่าแบบแรก จึงเหมาะสำหรับงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิช้าๆ



รูปที่ 2.24 จุดต่อสำหรับวัดแบบต่างๆสำหรับเทอร์โมคัปเปิล

การเลือกใช้งานเทอร์โมคัปเปิล เนื่องจากเทอร์โมคัปเปิลมีคุณสมบัติที่โดดเด่นหลายประการทั้งด้านราคา ความง่ายในการใช้งานและมีย่านการวัดอุณหภูมิที่กว้างมาก จึงเป็นที่นิยมใช้กันในอุตสาหกรรม การพิจารณาเลือกใช้เทอร์โมคัปเปิลแต่ละประภทให้เหมาะสม มีปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

- ย่านการวัดอุณหภูมิ
- การทนต่อการกัดกร่อนและสารเคมี
- การทนต่อการสั่นสะเทือน
- จุดที่จะนำไปติดตั้ง เช่น หากมีการสั่นสะเทือน อาจจะต้องมีการขันน็อต หรือมีรูเสียบ

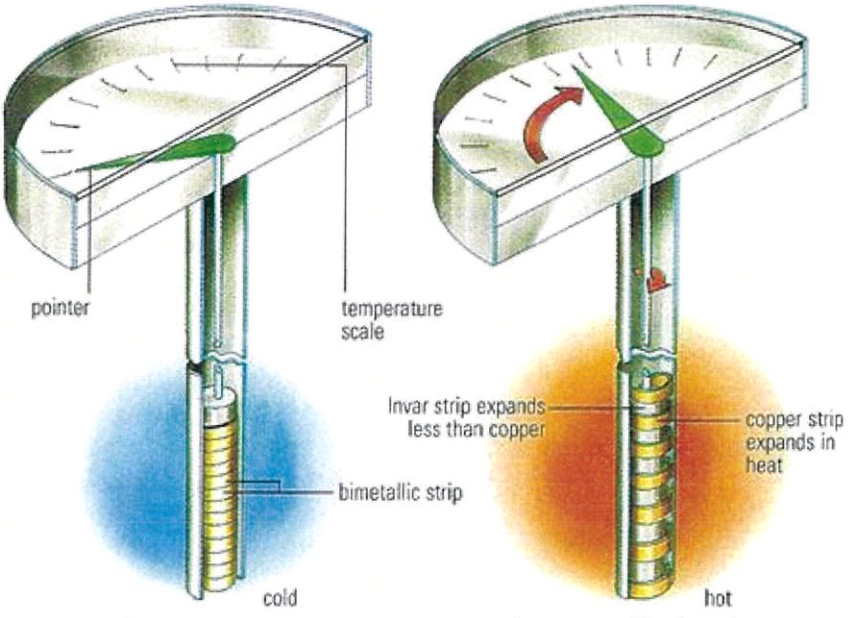
2.4.3 เกจวัดอุณหภูมิ

เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature Gauge) เป็นอุปกรณ์วัดหรืออ่านค่าอุณหภูมิที่มีลักษณะเป็นหน้าปัด สำหรับงานที่ต้องการการวัดทางด้านอุณหภูมิทุกประเภท โดยมีลักษณะให้เลือกหลากหลายตามความต้องการ ทั้งขนาดของหน้าปัด, ความยาวของก้านวัด, ความยาวสาย, ขนาดของเกลียวติดตั้ง และช่วงของการวัดอุณหภูมิ (°C) ในที่นี้จะยกตัวอย่างเป็นเกจวัดอุณหภูมิชนิดแถบโลหะคู่ (Bimetal Thermometer) เนื่องจากเป็นเกจวัดอุณหภูมิที่เลือกใช้กับกระบวนการซื้อขายแอลพีจีนี้

2.4.3.1 เกจวัดอุณหภูมิชนิดแถบโลหะคู่

หลักการของเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่คือ เมื่อแถบโลหะสองชนิดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนไม่เท่ากันถูกนำมาทาบติดกันจนสนิท เมื่อได้รับความร้อน โลหะทั้งสองจะขยายตัวได้

ไม่เท่ากัน ทำให้แถบโลหะโก่งตัวไป ถ้ายึดปลายด้านหนึ่งไว้ ปลายอีกด้านจะเบี่ยงเบนไปตามค่าอุณหภูมิ และถ้าอุณหภูมิลดลงการเบี่ยงเบนก็จะมีทิศทางกลับกันกับตอนแรก



รูปที่ 2.25 การขยายตัวของแถบโลหะที่ทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่ไป

ระยะการโก่งตัวของแถบโลหะคู่ ขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้

1) ความแตกต่างของสัมประสิทธิ์การขยายตัวของแถบโลหะทั้งสอง
2) ความยาวของแถบโลหะคู่
3) ความบางของแถบโลหะ ค่าตัวแปรทั้งสามนี้จะเป็นตัวกำหนดความไว (Sensitivity) ของการวัด
4) ระดับอุณหภูมิ

การเลือกโลหะผสมที่มีความแตกต่างของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว ในปัจจุบันส่วนใหญ่นิยมใช้ Invar ที่เป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิล 36% และเหล็ก 64% ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนน้อยและมีอัตราคงที่ในย่านอุณหภูมิกว้าง ส่วนแถบโลหะที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากจะเป็นโลหะผสมระหว่างนิกเกิล, เหล็ก, โครเมียม และแมงกานีส ความยาวของแถบโลหะคู่สามารถเพิ่มได้โดยการขดขึ้นรูปในลักษณะหลายแบบต่างกัน เช่น แบบก้นหอย (Spiral) แบบ Helix ซ้อน โดยที่พบกันอยู่ทั่วไปคือแบบ Helix ซึ่งจะทำให้ขดมีขนาดเล็กและมีพื้นที่รับความร้อนมาก เมื่อขด Helixได้รับความร้อนก็จะขยายตัวพยายามคลายขดของแถบโลหะคู่ออก ส่งผลไปหมุนแกนและต่อไปชี้บอกค่าที่หน้าปัด

ตัววัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่เหมาะสำหรับการแสดงค่าอุณหภูมิ ณ จุดติดตั้ง สำหรับส่วนของขด Helix ที่มีผลโดยตรงต่อการวัดอุณหภูมิจะอยู่ตรงส่วนปลายของ Sheath ที่จุ่มอยู่ในของไหลที่ต้องการทราบ

อุณหภูมิ ย่านการใช้งานจะอยู่ในช่วง -180 °C ถึง 550 °C เกจวัดอุณหภูมิชนิดนี้จะมีราคาถูก มีหลักการในการวัดที่ง่าย และให้ความไวในการวัดที่ดี

ข้อพิจารณาสำหรับการเลือกใช้งานเครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบแถบโลหะคู่ มีดังนี้

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหน้าปัทม์ (Dial Size)
- ย่านอุณหภูมิที่ต้องการวัด
- การเชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection)
- รูปแบบการใช้งาน
- วัสดุที่ใช้ทำกระเปราะวัดและ Case
- ค่าความเที่ยงตรง

2.4.4 Thermowell [10]

เทอร์โมเวลเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิแบบอาร์ทีดีและเทอร์โมคัปเปิล เพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้แก่ตัวเซ็นเซอร์ และป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับตัวเซ็นเซอร์เนื่องจากสภาวะการใช้งาน และเป็นตัวกลางไม่ให้ของไหลที่ต้องการวัดมาสัมผัสกับตัวเซ็นเซอร์โดยตรง เพื่อลดการกัดกร่อนจากของไหล อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มความสะดวกในการซ่อมบำรุง เมื่อต้องการเปลี่ยนตัวเซ็นเซอร์อีกด้วย

เทอร์โมเวลมีทั้งที่เป็นโลหะและอโลหะ และอาจะมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไป เช่น Protecting Well หรือ Bulb เป็นต้น โดยทั่วก้านของเทอร์โมเวลที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันแบ่งเป็น 3 แบบ ดังต่อไปนี้

1. เทอร์โมเวลแบบ Straight จะมีลักษณะเป็นก้านตรงมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันตลอดความยาวของของส่วนที่เสียบลงไปในท่อ เนื่องจากมีเส้นผ่าศูนย์กลางและปลายที่หนามากจึงใช้เวลาในการตอบสนอง (Response Time) ที่ช้าที่สุดเมื่อเทียบกับเทอร์โมเวลรูปแบบอื่นๆ แต่มีข้อดีคือเมื่อโลหะมีความหนาจะช่วยให้มีทนต่อการกัดกร่อนสูงและมีความทนทานต่อการขัดถูสูง

2. เทอร์โมเวลแบบ Tapered จะมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกที่ค่อยๆลดลงจากจุดที่อยู่ใต้การเชื่อมต่อกระบวนการลงไปที่ปลาย โดยการที่มีลักษณะของก้านเทอร์โมเวลที่เรียวนี้จะช่วยให้เวลาในการตอบสนอง (Response Time) ที่รวดเร็วกว่าแบบ Straight การออกแบบเช่นนี้ช่วยให้มีความต้านทานการสั่นสะเทือนที่ดีและมีการใช้งานกันอยู่ทั่วไปสำหรับงานที่ต้องการวัดของไหลที่มีความเร็วของการไหลสูง

3. เทอร์โมเวลแบบ Stepped โดยปกติก้านของเทอร์โมเวลชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นทรงตรงจากจุดที่เชื่อมต่อกับกระบวนการลงไปประมาณ 2 นิ้วครึ่ง และจะลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลงอีกครั้งโดยเส้นผ่าศูนย์ กลางที่ลดลงจะเท่าเดิมไปจนถึงปลายสุดของก้าน ดังรูปที่ 2.26 การลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่วยให้สามารถตอบ

สนองได้เร็วขึ้น ซึ่งโดยปกติแล้วจะให้ผลตอบสนองที่เร็วที่สุดในสามแบบที่กล่าวมา แต่จะมีความแข็งแรงน้อยที่สุด เหมาะสำหรับกระบวนการที่ต้องการผลตอบสนองที่รวดเร็ว แต่จะไม่เหมาะ กับกระบวนการที่ของไหลมีความเร็วสูงหรือของไหลที่เป็นสารกัดกร่อน

ลักษณะของเทอร์โมเวลแบบต่างๆแสดงดังรูปที่ 2.26

รูปที่ 2.26 เทอร์โมเวลแบบต่างๆ

ในการเลือกใช้เทอร์โมเวลให้เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Dynamic Temperature Measurement) ภายในระบบท่อหรือถัง สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมีดังนี้

อุณหภูมิและความดันใช้งาน (Temperature and Pressure Rating)

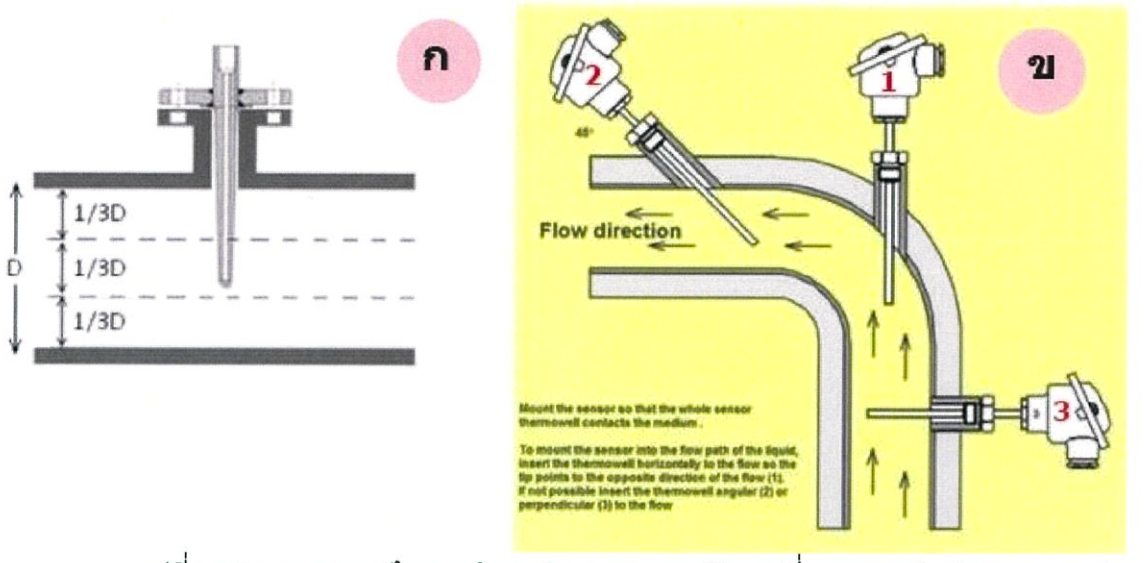
ควรเลือกเทอร์โมเวลที่ได้รับการออกแบบเพื่อให้สามารถทนต่อความดันใช้งานและอุณหภูมิใช้งานได้อย่างปลอดภัยกับระบบที่ต้องการวัดอุณหภูมิ

การติดตั้ง

ในการติดตั้งเทอร์โมเวลต้องคำนึงว่าการติดตั้งเทอร์โมเวล จะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานต่างๆหรือความต้องการของผู้ผลิต ซึ่งการติดตั้งเทอร์โมเวลอาจจะเป็นแบบเกลียว, แบบเชื่อม หรือแบบหน้าแปลน ขึ้นอยู่กับการออกแบบ

ระยะความลึกของเทอร์โมเวล (Thermowell Immersion Depth) ที่เสียบเข้าไปภายในท่อหรือถัง ควรมีระยะที่มากพอ เพื่อให้ผลการนำความร้อน (Effect of Thermal Conductivity) ของโลหะที่ดีเพียงพอต่อการวัดหรือไม่ให้มีผลกระทบหรือความผิดพลาดจากการนำความร้อน (Conduction Error) โดยทั่วไปจึงกำหนดให้ระยะความลึกของเทอร์โมเวลควรจะเป็นระยะ 1 ใน 3 ส่วนตรงกลางของท่อ ดังรูปที่ 2.27 (ก)

ระยะความลึกและตำแหน่งของของเทอร์โมเวลที่เหมาะสมในท่อแสดงดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ระยะความลึกและตำแหน่งของของเทอร์โมเวลที่เหมาะสมในท่อ

จากรูปที่ 2.27 (ข) ในตำแหน่งที่ 1 จะมีความเหมาะสมมากที่สุดในการติดตั้งเทอร์โมเวลเนื่องจากส่วนปลายของเซ็นเซอร์จะไวต่ออุณหภูมิมากที่สุด

วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวล

โดยทั่วไปวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลต้องไม่ทำปฏิกิริยากับของไหลที่ต้องการวัดอุณหภูมิ อีกทั้งควรมีความสามารถในการทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ในกระบวนการทางด้านปิโตรเลียม (น้ำมันเชื้อเพลิง) จะนิยมใช้วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลเป็นชนิด Stainless Steel เกรด 304, 310 และ 316 เป็นต้น

การนำความร้อน (Thermal Conductivity)

ในกรณีที่ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ (Temperature Sensor) ไม่ได้สัมผัสกับผนังของเทอร์โมเวลโดยตรง ควรเติมสารตัวกลางที่มีความสามารถในการนำความร้อน (Heat Conducting Media) ที่เหมาะสมจะช่วยให้มีการนำความร้อนระหว่างตัวตรวจวัดอุณหภูมิกับผนังของเทอร์โมเวลได้ดีขึ้น เพื่อให้เครื่องมือวัดอุณหภูมิทำการวัดอุณหภูมิของของไหลที่ต้องการวัดจริง ไม่ได้เป็นการวัดอุณหภูมิของอากาศบริเวณภายในเทอร์โมเวล อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการตอบสนอง (Response Time) ของตัวตรวจวัดอุณหภูมิอีกด้วย

2.5 เครื่องมือวัดความดัน

เครื่องมือวัดความดันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของระบบการซื้อขายแอลพีจี เนื่องจากในกระบวนการขนส่งแอลพีจีจะขนส่งแอลพีจีในสถานะของเหลว ซึ่งจะต้องอัดความดันให้กับแอลพีจีเพื่อให้เปลี่ยนสถานะจากแก๊สไปเป็นของเหลว ดังนั้นการตรวจสอบค่าของอุณหภูมิอยู่เสมอจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง อีกทั้งยังต้องใช้ค่าของความดันในขณะที่ทำการขนส่งมาใช้ในการชดเชยอุณหภูมิหากใช้เครื่องมือวัด

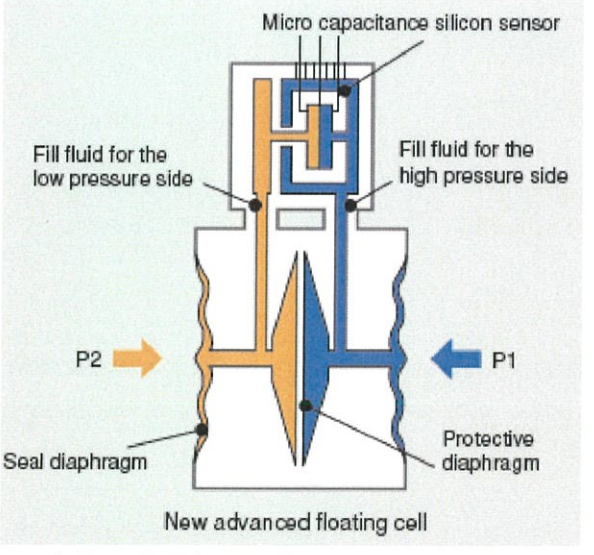
อัตราการไหลที่วัดเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตรอีกด้วย เนื่องจากการซื้อขายแอลพีจีจะขายโดยคิดน้ำหนักเป็นมวล โดยจะมีทั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน และเกจวัดความดัน

2.5.1 **ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน** [11]

อุปกรณ์วัดและส่งสัญญาณความดันหรือที่เรียกว่าทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure Transmitter) ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยประยุกต์ใช้ในการวัดความดัน ระดับของของเหลว และอัตราการไหล ซึ่งตัววัดความดันส่วนใหญ่ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป จะใช้ตัวเซ็นเซอร์เป็นแบบคาปาซิแตนซ์ (Capacitance) และแบบเสตรนเกจ (Strain Gage)

1. ตัวเซ็นเซอร์วัดและส่งสัญญาณความดันแตกต่างแบบคาปาซิแตนซ์

ตัวเซ็นเซอร์วัดและส่งสัญญาณความดันแตกต่างแบบคาปาซิแตนซ์ อาศัยหลักการตรวจจับความดันจากการเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแตนซ์เมื่อมีความดันมากระทำ ค่าคาปาซิแตนซ์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามความดันนี้จะถูกนำไปต่อเป็นวงจรส่งสัญญาณทางไฟฟ้าออกมาจากตัววัด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกระแสไฟฟ้า 4-20 mA dc



รูปที่ 2.28 โครงสร้างของตัวเซ็นเซอร์วัดความดันแตกต่างแบบคาปาซิแตนซ์

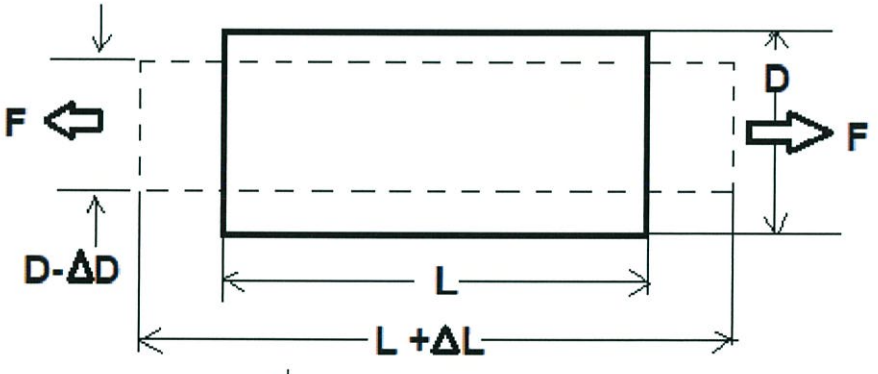
จากรูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างภายในและส่วนประกอบต่างๆของตัวเซ็นเซอร์วัดความดันแตกต่าง ซึ่งประกอบไปด้วยไดอะแฟรมเซ็นเซอร์ (Sensing Diaphragm) ซึ่งมีลักษณะเป็นแคปซูล ขั้วต่อสายของตัวเซ็นเซอร์ แผ่นยึดไดอะแฟรมเซ็นเซอร์ และแผ่นปิดไดอะแฟรมทางด้านความดันสูง (High Side) กับทางด้านความดันต่ำ (Low Side) โดยระหว่างไดอะแฟรมเซ็นเซอร์กับไดอะแฟรมที่รับความดันอินพุตเข้ามาโดยตรง

นั้น จะมีน้ำมันซิลิโคน (Silicone Oil) บรรจุอยู่ภายใน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายของไดอะแฟรมเซ็นเซอร์จากความดันอินพุตโดยตรง

สำหรับหลักการทำงานของไดอะแฟรมเซ็นเซอร์ จะอาศัยผลต่างของความดันอินพุททางด้าน High Side กับทางด้าน Low Side ที่ส่งผ่านจากไดอะแฟรมและน้ำมันซิลิโคนลงไปถึงไดอะแฟรมเซ็น เซอร์ ซึ่งตัวเซ็นเซอร์เป็นแบบคาปาซิแตนซ์ที่เปลี่ยนแปลงค่า (ΔC) จากการที่มีความดันมากระทำกับตัวอิเล็คโทรด (Electrode) ให้เคลื่อนที่ไป โดยกระแสเอาต์พุตจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของความดันอินพุต ในทางอุตสาหกรรม กระแสไฟฟ้าเอาท์พุทมาตรฐานจะแปนกระแสไฟฟ้า 4-20 mA dc

2. ตัวเซ็นเซอร์วัดและส่งสัญญาณความดันแบบสเตรนเกจ

หลักการทำงานของตัววัดและส่งสัญญาณความดันแบบสเตรนเกจจะอาศัยหลักการเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวนำ เมื่อมีแรงมากระทำกับขดลวดตัวนำทำให้ขดลวดตัวนำถูกยืดออก ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดตัวนำเปลี่ยนแปลงไปและความยาวของขดลวดตัวนำก็เปลี่ยนตามไปด้วย ซึ่งค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปจะสัมพันธ์กันกับค่าความยาวของขดลวดที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในที่นี้สิ่งที่ทำให้สเตรนเกจเปลี่ยนค่าความต้านทานไปก็คือแรง แสดงดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 หลักการของเสตรนเกจ

จากรูปที่ 2.29 ตัวนำมีความยาว L และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง D ในสภาวะปกติที่ไม่มีแรงมากระทำกับตัวนำๆจะมีค่าความต้านทาน R เมื่อมีแรงมากระทำกับตัวนำในทิศทางดังรูป ตัวนำจะยืดออกและยาวเพิ่มขึ้น ΔL ขณะเดียวกันเส้นผ่าศูนย์กลางจะลดลง ΔD การที่ตัวนำยาวขึ้นขณะที่พื้นที่ หน้าตัดลดลงจะทำให้ค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น ΔR และถ้ามีแรงมากระทำกับตัวนำในทิศทางตรงกันข้าม ตัวนำจะถูกบีบให้สั้นลงขณะที่พื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้จะทำให้ค่าความต้านทานลดลง โดยแรงที่มากระทำกับตัวนำอาจอยู่ในรูปของความดัน อย่างไรก็ตามค่าสเตรนเกจส่วนใหญ่จะให้ความ สำคัญกับความยาวเป็นหลัก

เนื่องจากตัวนำที่ใช้ทำสเตรนเกจจะมีขนาดเล็กมากๆ เมื่อเทียบกับความยาว ดังนั้นค่าสเตรนเกจจึงหมายถึงความยาวที่เปลี่ยน (ΔL) หารด้วยความยาวเดิม (L)

$$\text{Strain} = \frac{\Delta L}{L} \tag{2.3}$$

และความไวของการวัดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเกจแฟคเตอร์ หรือ Strain Sensitivity ดังนี้

$$\text{Strain Factor} = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} \tag{2.4}$$

เมื่อ ΔR คือค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไป เนื่องจากความยาว L เปลี่ยนไป ΔL

R คือค่าความต้านทานขณะที่มีความยาว L

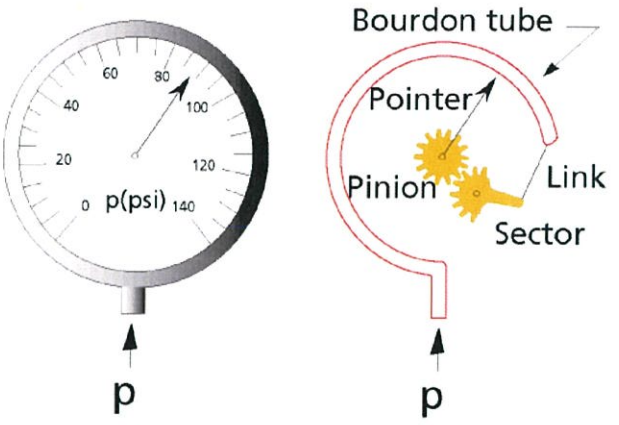
โดยวงจรการต่อใช้งานพื้นฐานคือวงจรวีทสโตน บริดจ์

2.5.2 เกจวัดความดัน [12]

เกจวัดความดันเป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับวัดความดันที่บริเวณต่างๆในกระบวนการ โดยเกจวัดความดันจะถูกติดตั้งอยู่กับกระบวนการผลิตโดยตรงและจะสามารถอ่านค่าได้จากตัวเกจเท่านั้น ดัง นั้นจุดที่จะทำการติดตั้งเกจวัดความดันนี้ จึงต้องตรงกับความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน เกจวัดความดันสามารถวัดความดันได้ทั้งความดันเกจ ความดันสัมบูรณ์ และสุญญากาศ โดยจะแสดงผลเป็นแบบอนาล็อคหรือแบบเข็ม ข้อดีคือ มีราคาถูก ติดตั้งง่าย แต่ข้อเสียคือ อ่านค่าได้อย่างเดียว ไม่ละเอียด และไม่สามารถประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นได้ เกจวัดความดันจะอาศัยหลักการยืดตัวหรือโก่งตัวของวัสดุที่มีสมบัติยืดหยุ่นหรือเรียกว่า "เครื่องมือวัดความดันแบบอิลาสติก" ทำงานโดยอาศัยการแปลงความดันที่อุปกรณ์ได้รับให้อยู่ในรูปการเคลื่อนที่ ประเภทของเกจวัดความดันที่นิยมใช้งานอยู่ในปัจจุบัน มีดังนี้

1. เกจวัดความดันแบบบูร์ดอง (Bourdon Gauge)

เกจวัดความดันแบบบูร์ดองจะมีลักษณะเป็นขดทองแดงกลวง มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงรีซึ่งเมื่อมีความดันเข้าไปภายในท่อ ขดบูร์ดองจะพยายามยืดตัวออกเป็นวงกลม จึงทำให้ดึงแขนที่ต่อกับเข็มชี้หมุนเลื่อนขึ้นแสดงความดันที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.30 เกจวัดความดันชนิดบูร์ดอง

หลักการทำงานของบูร์ดอง

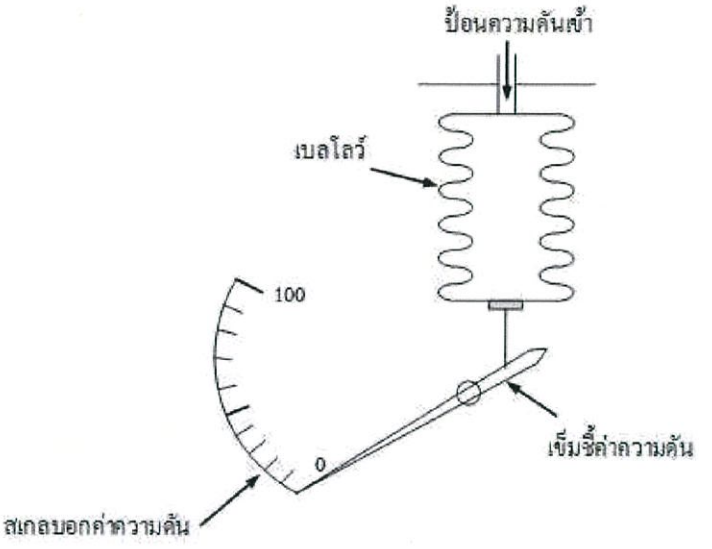
จากรูปที่ 2.30 เมื่อปล่อยความดันให้เข้าไปอยู่ภายในหลอดรูปกลมรี ซึ่งความดันที่ปล่อยเข้าไปนี้จะทำให้หลอดรูปกลมรี ด้านที่เป็นอิสระมีส่วนโค้งที่ถูกเปลี่ยนรูปไป ผลกระทบที่เกิดขึ้นทำให้เกิดความเครียดที่ด้านปลาย ทำให้หลอดรูปกลมรีนี้เคลื่อนที่เป็นแนวโค้ง ซึ่งการเคลื่อนที่นี้จะสามารถไปปรับ เทียบเพื่อใช้ในการวัดค่าความดันที่ต่ออยู่ได้ ส่วนโค้งของหลอดรูปกลมรีที่มีใช้งานกันอยู่ทั่วไปจะมีส่วนโค้งเป็นมุม 270° สำหรับในการวัดความดันสูงๆจะใช้หลอดรูปกลมรีที่มีรูปร่างเป็นเหมือนขดลวดหลายๆรอบ (Helicon Bourdon Tube) หลอดรูปกลมรีนี้จะมีค่าการกลับสู่สภาพเดิมต่ำ (Low Restore) ดังนั้นจึงต้องมีการระวังในการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อลดผลกระทบจากค่าที่อ่านได้

ความเที่ยงตรงของเกจวัดความดันรูปกลมรี จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6% ถึง 2.5% ซึ่งจะเป็นแบบที่มีใช้งานกันในอุตสาหกรรมทั่วๆไป สำหรับใช้ในการวัดค่าความดันระหว่าง 0.6 บาร์ ถึง 4000 บาร์ เนื่องจากหลอดรูปกลมรีทำขึ้นมาจากโลหะ ดังนั้นจึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จากอิทธิพลของอุณหภูมิซึ่งจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสทธิ์การขยายตัวทางอุณหภูมิของวัสดุที่ใช้ทำหลอดรูปกลมรี ความคลาดเคลื่อนของการวัดที่เกิดขึ้นจากอุณหภูมิที่แตกต่างจากอุณหภูมิอ้างอิงจะอยู่ระหว่าง 0.3% ถึง 0.6% ต่อ 10 K (องศาเคลวิน)

2. เกจวัดความดันแบบเบลโลว์ (Bellow)

โครงสร้างของเบลโลว์มีลักษณะคล้ายลูกฟูก ภายในกลวงสามารถยืดหยุ่นตัวได้ ปลายด้านหนึ่งปิดยึดติดกับเข็มชี้วัดระยะ ปลายอีกด้านหนึ่งเปิดเพื่อเป็นช่องทางเข้าของความดันที่ต้องการวัด ภายในเบลโลว์อาจติดตั้งสปริงหรือตัวหยุดการเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันความเสียหายจากการรับค่าความดันเกินพิกัด เมื่อเบล

โลว์ได้รับความดันจากภายนอกทำให้ความดันภายในสูงขึ้น ส่งผลให้เบลโลว์เกิดการยืดตัวออกในทิศทางเดียวกับทิศทางของความดันที่เข้าไปในเบลโลว์



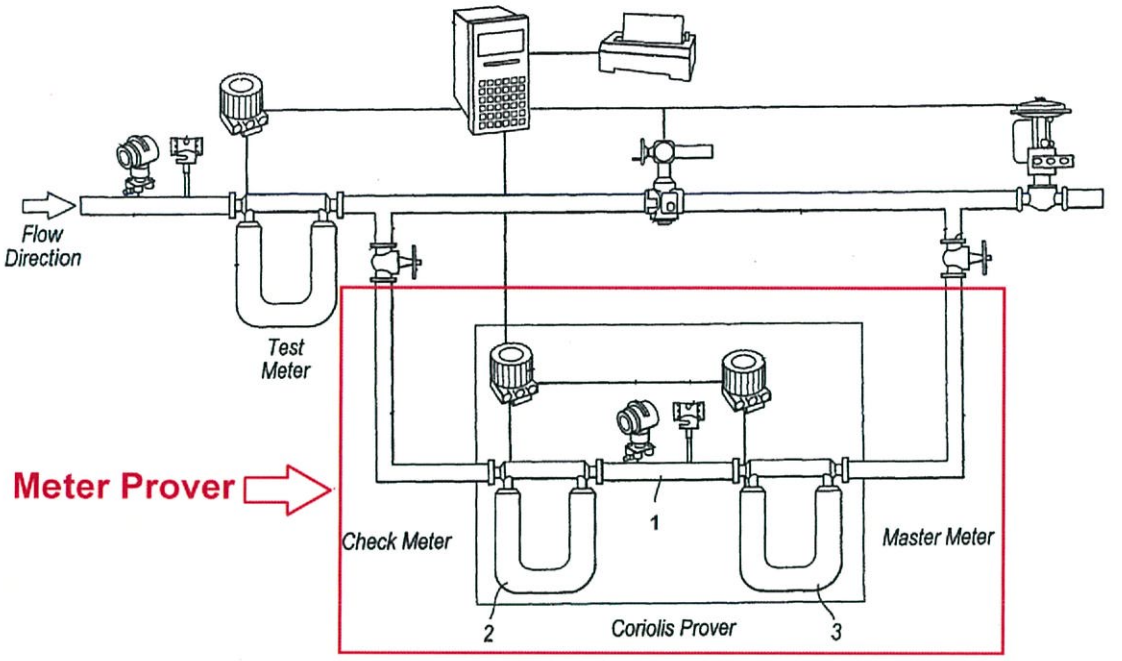
รูปที่ 2.31 โครงสร้างของเบลโลว์

2.6 Meter Prover Manifold

ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดทุกประเภทจะขึ้นอยู่กับสภาวะเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะดังกล่าวนั้น ก็อาจจะส่งผลต่อความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะของของไหล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความดัน การมีสารปนเปื้อนในของไหล และการสึกหรอทั่วไปของชิ้นส่วนต่างๆภายในเครื่องมือวัดและเนื่องจากการทำงานของเครื่องมือวัด สามารถได้รับผลกระทบจากปัจจัยดังกล่าวจึงจำเป็นจะต้องสอบเทียบความถูกต้องอยู่เสมอ ซึ่ง Meter Prover Manifold สามารถติดตั้งแบบถาวรเข้ากับระบบท่อหลักหรือสามารถเช่าจากผู้จัดจำหน่ายได้

The Prover Manifold จะช่วยให้มิเตอร์วัดการขายสามารถประกอบอยู่ในชุดร่วมกับอุปกรณ์สอบเทียบที่สามารถตรวจสอบและรู้ปริมาตรได้ The Prover Manifold ควรมีอุปกรณ์แสดงสถานะของอุณหภูมิและทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ เกจวัดความดัน และทรานส์มิตเตอร์วัดความดันที่มีความเที่ยงตรง ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิและความดันจะส่งสัญญาณไปที่ Flow Computer และส่งสัญญาณไปให้ระบบที่ทำการสอบเทียบ

การเชื่อมต่อ Meter Prover เข้ากับระบบการซื้อขาย (Metering System) แสดงดังรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.32 Meter Prover

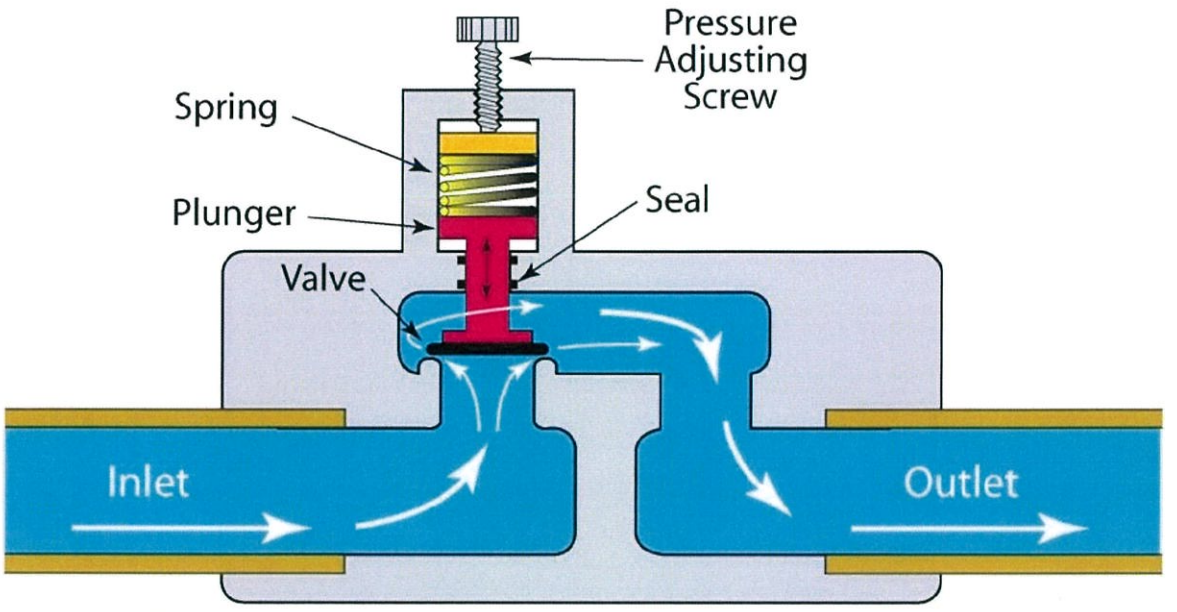
จากรูปที่ 2.32 อธิบายได้ว่าอุปกรณ์ในการสอบเทียบและวิธีการการสอบเทียบเครื่องมือวัดการไหล (Flow Meter Proving Device) ภายใต้สภาวะการใช้งาน ประกอบด้วยเครื่องมือวัดการไหลเชิงมวลแบบ Coriolis (หมายเลข 2 และ 3) ใช้เป็นค่ามาตรฐานในการสอบเทียบโดยจะเชื่อมต่อกันเป็นชุดโดยท่อหมายเลข 1 ในการทดสอบจะให้ของไหลไหลผ่านเครื่องมือวัดการไหลตัวที่ต้องการสอบเทียบ (Test Meter) จากนั้นของไหลจะไหลผ่านเครื่องมือวัดการไหลหมายเลข 2 และหมายเลข 3 ตามลำดับ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดการไหลที่ถูกติดตั้งอยู่ในระบบ

2.7. **วาล์วควบคุม** (Control Valve)

การติดตั้งวาล์วควบคุมที่สามารถจัดการกับแรงดันย้อนกลับ และสามารถควบคุมการไหลได้เป็นสิ่งสำคัญในระบบการวัดซื้อขายที่ถูกต้อง Back Pressure Valve คืออุปกรณ์ที่สร้างความดันต้านกลับในระบบท่อของของไหล เพื่อควบคุมแรงดันภายในท่อให้เป็นไปตามต้องการหรือเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการไหลย้อนกลับของของไหลที่บริเวณปั๊มหรือเพื่อควบคุมแรงดันด้านออกของของไหลให้มีแรงดันตามต้องการ

ลักษณะของวาล์วควบคุมความดันส่วนใหญ่จะใช้แรงดันของสปริงเพื่อสร้างความดันต้านกลับ โดยสามารถปรับความดันต้านกลับได้โดยการหมุนสกรูเพื่อปรับแรงดันของสปริงที่ยึดติดกับบ่าวาล์วปิดทางการไหลของของไหล

การทำงานของ Back Pressure Valve สามารถแสดงดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 หลักการทำงานของวาล์วที่สร้างความดันด้านกลับ (Back Pressure Valve)

2.8. **คุณลักษณะด้านความปลอดภัย** (Safety Features)

เพื่อความปลอดภัยควรมีวาล์วปิดฉุกเฉินอัตโนมัติ (Emergency Shut Down: ESD) ซึ่งออกแบบมาเพื่อปิดระบบท่อ ใช้ทำหน้าที่เปิดหรือปิดลิ้นที่ใต้ถังหรือระบบท่อ โดยมีการออกแบบให้ทำงานได้อย่างรวดเร็ว โดยอาจสั่งการจากอุปกรณ์เปิด/ปิดระยะไกลหรือระบบอัตโนมัติ อุปกรณ์รักษาความปลอดภัยที่ควรได้รับการพิจารณาเพิ่มเติมคือ Fire Sensor และเครื่องตรวจจับก๊าซติดไฟ (Combus-tible Gas Detector)

2.9. **อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม**

Flow-Computer

อาจติดตั้งเครื่อง Flow Computer ภายในหรือระยะไกลที่ออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อและควบคุมระบบการวัดผ่านท่อส่ง(Pipeline Metering System) รูปแบบการทำงานของเครื่อง Flow Computer จะมีลักษณะเป็นการวัดค่าและคำนวณปริมาตรอย่างอัตโนมัติ ควบคุมความดันย้อนกลับและควบคุมอัตราการไหลของวาล์ว การสอบเทียบแบบอัตโนมัติ การเก็บข้อมูล ชุดพิมพ์ผลการทำงาน และความสามารถในการส่งข้อมูลไปยังระบบคอมพิวเตอร์โฮสต์จากระยะไกล

Batch controller

ทำหน้าที่ควบคุมการจ่ายผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปโดยอัตโนมัติ ควบคุมปริมาณการจ่ายสารที่เป็นของ

เหลวให้ได้ปริมาตรตามที่ต้องการหรือเป็นจำนวนลิตรที่ต้องการ เมื่อครบตามจำนวนที่กำหนดไว้ก็จะหยุดการจ่ายผลิตภัณฑ์โดยอัตโนมัติ

Batch Controller สามารถติดตั้งและใช้งานได้อย่างสะดวก โดยมีอินพุทและเอาท์พุทไว้สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ใช้งานร่วมกัน ได้แก่ Flow Meter, Control Valve, อินพุทสวิทช์รวมไปถึงพอร์ทสื่อสารเพื่อสะดวกในการเชื่อมต่อเข้ากับระบบควบคุมอัตโนมัติได้โดยง่าย ลักษณะการติดตั้งจะมีอยู่ 3 แบบหลัก ได้แก่ ติดตั้งหน้าตู้ควบคุม (Panel Mount) ติดตั้งได้ภายนอกอาคารโดยไม่ต้องมีตู้ควบคุม (Field Mount) ได้ระดับการป้องกันถึง IP67 (NEMA 4X) และแบบที่สุดท้ายเป็นการติดตั้งในพื้นที่ ที่สามารถก่อให้เกิดการระเบิดเนื่องจากอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยอุปกรณ์จะถูกติดตั้งอยู่ในกล่องซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่า กล่องกันระเบิด (Explosion Proof) โดยออกแบบให้อุปกรณ์สามารถติดตั้งใช้งานได้ในพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดระเบิดเนื่องจากสารไวไฟในบริเวณนั้น (Hazardous Area) มีปุ่มกดใช้งานพร้อมหน้าจอแสดงผล

2.10 **การสื่อสารหรือระบบ**SCADA

จัดสร้างสภาวะการควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของ Flow Computer หรือ Batch Controller และระบบการสื่อสารอื่นๆที่จำเป็นต้องใช้

2.11 **ระบบตรวจสอบเครื่องมือวัด** (Meter Prover System)

ระบบตรวจสอบโดยทั่วไปที่ใช้สำหรับการสอบเทียบมิเตอร์วัดแอลพีจีคือ การตรวจสอบด้วยวิธี Bi-Directional Meter Prover โดยส่วนมากจะเป็นการจ้างบริษัทที่รับทำการสอบเทียบ (Third Party) ซึ่งจะเป็นองค์กรที่รับทำการตรวจสอบเครื่องมือวัดของระบบ Metering System อยู่แล้ว เข้ามาทำการตรวจสอบให้

2.12 **ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่อันตราย** (Hazardous Area) **และการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส** (Gas Grouping) [13]

2.12.1 **พื้นที่อันตราย** (Hazardous Area)

พื้นที่อันตราย (Hazardous Area) หมายถึง บริเวณที่มีโอกาสจะเกิดการระเบิดหรือไฟไหม้ขึ้นได้ง่าย โดยสภาวะที่จะเกิดเหตุดังกล่าวได้จะต้องมีองค์ประกอบร่วม 3 อย่างในระดับที่เหมาะสมได้แก่

1. มีสารไวไฟในปริมาณมากพอที่จะจุดติดไฟได้ (Flammable Material in Ignitable Quantities) ซึ่งอาจเป็นของเหลวหรือละอองฝุ่นขนาด 0.1 - 0.001 มิลลิเมตร
2. มีออกซิเจนในปริมาณที่เพียงพอให้เกิดการเผาไหม้ (ในอากาศปกติ จะมีออกซิเจนประมาณ 21%)

3. มีแหล่งจุดติดไฟ (Ignition Source) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนที่มากพอกับส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ ซึ่งการจุดติดไฟนี้สามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เปลวไฟ, การสปาร์กของอุปกรณ์ไฟฟ้า, มีความร้อนสูงสะสม และการถ่ายเทประจุจากไฟฟ้าสถิต เป็นต้น

การจำแนกพื้นที่อันตราย

มีวิธีการจำแนก 2 วิธีที่แตกต่างกัน คือ

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

การจำแนกเป็นประเภท (Class) และแบบ (Division) ตามมาตรฐาน NEC

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

1. บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 (Class 1) คือบริเวณที่ซึ่งมีก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Vapors and Gases) ผสมอยู่ในอากาศปริมาณมากเพียงพอที่จะทำให้เกิดการจุดระเบิดได้

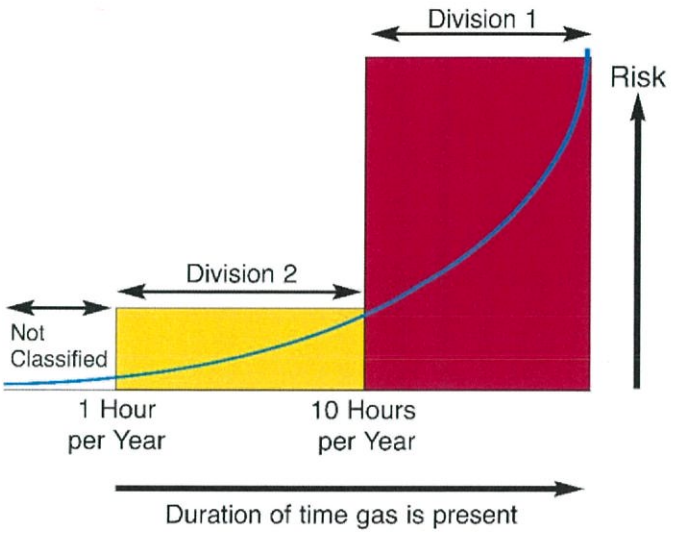
– บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 (Class 1, Division 1) คือบริเวณที่มีการใช้ก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ ซึ่งสามารถรั่วไหลจากกระบวนการทำงานตามปกติ การซ่อมบำรุง รวมทั้งการรั่วไหลจากเหตุอุปกรณ์หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติ และยังอาจทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อนที่ทำให้สารไวไฟรั่วไหลจุดติดไฟได้

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 2 (Class 1, Division 2) คือ บริเวณที่มีการใช้ก๊าซหรือของเหลวไวไฟในระบบปิดซึ่งไม่มีการรั่วไหล นอกจากเกิดความเสียหายของภาชนะบรรจุหรือการทำงานที่ผิดพลาดของเครื่องมืออุปกรณ์ และยังรวมถึงบริเวณที่อยู่ใกล้กับพื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟอาจถ่ายเทถึงกันได้ นอกจากนี้พื้นที่อันตรายประเภทที่ 1 แบบที่ 1 ซึ่งเมื่อได้ติดตั้งระบบระบายอากาศเพื่อช่วยลดปริมาณสารไวไฟที่ผสมในอากาศอย่างเหมาะสม แต่อาจเกิดสภาพอันตรายได้เมื่อระบบระบายอากาศขัดข้อง ก็จัดเป็นพื้นที่อันตรายแบบที่ 2 ด้วย

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

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 1 (Class 2, Division 1) คือ บริเวณที่มีฝุ่นเผาไหม้ได้อยู่ในอากาศในปริมาณมากพอให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ และบริเวณที่มีฝุ่นที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีในปริมาณที่อาจทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิด รวมทั้งกรณีที่ฝุ่นที่เผาไหม้ได้เกิดการรั่วไหลจากอุปกรณ์หรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติและอาจทำให้เกิดประกายไฟหรือความร้อน ซึ่งทำให้ฝุ่นที่รั่วไหลออกมาเกิดการจุดระเบิดได้

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 2 แบบที่ 2 (Class 2, Division 2) คือ บริเวณที่มีฝุ่นที่เผาไหม้ได้อยู่ในอากาศในปริมาณไม่มากพอทำให้เกิดส่วนผสมที่จุดระเบิดได้ในกระบวนการทำงานปกติ รวมถึงบริเวณที่มีฝุ่น ซึ่งอาจสะสมอยู่บนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอาจขัดขวางการระบายความร้อนของอุปกรณ์นั้นแต่ประกายไฟจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือจากการลัดวงจรไฟฟ้าอาจทำให้ฝุ่นเหล่านี้เกิดการจุดระเบิดได้



รูปที่ 2.34 การจำแนกพื้นอันตรายตามมาตรฐาน NEC เป็น Class และ Division ในเทอมของระยะเวลาของการปรากฏของสารไวไฟใน 1 ปี

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

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

– บริเวณอันตรายประเภทที่ 3 แบบที่ 2 (Class 3, Division 2) คือ บริเวณที่มีการจัดเก็บหรือขนถ่ายเส้นใยที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ได้ง่ายในปริมาณมาก

การจำแนกเป็นโซน (Zone) ตามมาตรฐาน IEC

การแบ่งพื้นที่อันตรายตามมาตรฐาน The International Electro-technical Commission (IEC); IEC 60079-10 และ CEC Section 18 ซึ่งครอบคลุมสารไวไฟที่เป็นก๊าซ, ไอระเหย และหมอกฝุ่น (Gases, Vapors and Mists) แต่ไม่รวมฝุ่นไวไฟ (Combustible or Electrically Conductive Dusts) โดยจะคำนึงถึง

โอกาสความเป็นไปได้ที่จะมีการสะสมของสารไวไฟขึ้นได้ แบ่งโอกาสความเป็นไปได้ของการเกิดสภาพบรรยากาศที่จุดติดไฟได้ (Explosive Atmosphere) ออกเป็นโซน 0, โซน 1 และโซน 2

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

พื้นที่ใน Zone 0 จะมีโอกาสสูงที่ความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้น ในภาวะปกติมากกว่า 1,000 ชั่วโมงต่อปี อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในพื้นที่ Zone 0 มักจะเป็นเครื่องมือวัดต่างๆเช่น เครื่องมือวัดระดับของเหลว และเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เป็นต้น อุปกรณ์เครื่องวัดดังกล่าวจะต้องเป็นประเภท Intrinsically Safe เท่านั้นเพราะอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้กำลังไฟฟ้าในระดับต่ำมาก ทำให้เมื่อมีการเกิดลัดวงจรในอุปกรณ์เครื่องมือวัดเหล่านี้ พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่มากพอให้แก๊สหรือไอระเหยไวไฟเกิดการจุดติดไฟได้

2. โซน 1 (Zone 1) คือ พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ หรือเมื่อทำการซ่อมแซมเครื่องมืออุปกรณ์ในบริเวณดังกล่าว เช่น

- บริเวณที่มีการเติมน้ำมันเข้าถังน้ำมันรถยนต์ ซึ่งรถยนต์จะเข้ามาและวิ่งออกไปเมื่อเติมแล้วเสร็จ
- บริเวณรอบช่องเปิดของถังบรรจุ
- บริเวณรอบ Safety Valve และบริเวณใกล้กับ Seal ของ Pump หรือ Compressor
- จุดถ่ายเทสารไวไฟ
- บริเวณที่มีการถ่ายบรรจุแก๊ส
- บริเวณที่มีการใช้สารตัวทำละลาย (Solvent)

พื้นที่ใน Zone 1 มีโอกาสที่จะมีความเข้มข้นของไอระเหยของสารไวไฟเกินกว่า 100% ของค่า Lower Explosive Limit (LEL) ของสารนั้นในภาวะปกติระหว่าง 10 ถึง 1,000 ชั่วโมงต่อปี

3. โซน 2 (Zone 2) คือพื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลของก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศจนเกิดบรรยากาศที่จุดติดไฟแทบไม่เกิดขึ้นในการทำงานปกติ หรือโอกาสเกิดขึ้นได้นานๆครั้ง เช่น เมื่อเกิดอุบัติเหตุในกระบวนการทำงานหรือการทำงานผิดปกติ หรือจะเกิดขึ้นเฉพาะภายในระยะเวลาสั้นๆ ไม่ปล่อยให้เกิดการรั่วไหลเป็นเวลานาน

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

2.12.2 **วิธีการจัดแบ่งกลุ่มแก๊ส** (Gas Grouping)

แก๊สและไอระเหยแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เราจึงไม่สามารถออกแบบอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อใช้ป้องกันการระเบิดสำหรับแก๊สแต่ละชนิดได้ วิธีการที่ดีที่สุดในทางปฏิบัติก็คือการแบ่งกลุ่มแก๊สไวไฟตามลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ

1. Minimum Ignition Current (MIC) คือ ค่ากระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดที่จะทำให้เกิดสปาร์กจนเกิดการลุกติดไฟของแก๊สหรือไอระเหย จากการทดสอบในห้องทดลอง ถ้าแก๊สชนิดหนึ่งมีค่า MIC น้อย แสดงว่าแก๊สนั้นสามารถติดไฟได้ง่าย ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำกว่าค่า MIC เพื่อติดตั้งในบริเวณที่มีแก๊สนี้เจือปนในบรรยากาศ จะช่วยป้องกันการเกิดประกายไฟที่มีความร้อนสูงจนเกิดการจุดระเบิดขึ้นได้ แม้จะเกิดความบกพร่องในวงจรไฟฟ้าก็ตาม

2. Maximum Experimental Safe Gap (MESG) คือ ค่าความกว้างของช่องเปิดมากที่สุดที่จะสามารถป้องกันการแพร่ขยายของเปลวไฟที่เกิดจากการจุดระเบิดของแก๊สชนิดหนึ่ง ผ่านช่องเปิดนั้นไปสู่ภายนอกที่มีแก๊สชนิดเดียวกันเจือปนอยู่ ถ้าแก๊สชนิดใดมีค่า MESG มาก แสดงว่าสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิด (Explosion Proof) หรืออุปกรณ์ป้องกันไฟ (Flameproof) ที่มีค่า MESG น้อยกว่าได้ เนื่องจากยิ่งช่องเปิดแคบลงเท่าไร ก็จะมีโอกาสน้อยลงที่เปลวไฟจากการระเบิดภายในเครื่องห่อหุ้มจะแทรกออกสู่ภายนอก

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างแก๊สหรือไอระเหยของสารไวไฟเรียงลำดับตามอันตรายของสารไวไฟ

Typical Gas	NEC			IEC		
	Group	MESG (mm.)	MIC (mA)	Group	MESG (rel.)	MIC (rel.)
Acetylene	A	0.25	60	IIC	< 0.5	> 0.8
Hydrogen	B	0.28	75	IIC	< 0.5	> 0.8
Ethylene	C	0.65	108	IIB	0.5 - 0.9	0.45 - 0.8
Propane	D	0.97	146	IIA	> 0.9	< 0.45

จากตารางที่ 2.1 ค่า rel. หมายถึงค่าสัมพัทธ์ (Relative Value) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าของแก๊สมีเธน

MESG (rel.) < 1.0 หมายถึงเปลวไฟของแก๊สนี้ผ่านช่องแคบได้ง่ายกว่าของแก๊สมีเทน

MIC (rel.) < 1.0 หมายถึงใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดระเบิดแก๊สนี้น้อยกว่าของแก๊สมีเทน

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าแก๊ส Acetylene และ Hydrogen เป็นแก๊สที่มีอันตรายสูงมาก เพราะเมื่อมีการจุดติดไฟแล้วเปลวไฟสามารถลุกลามผ่านช่องเปิดแคบๆ ออกสู่ภายนอกได้ดีกว่า และจุดติดไฟได้ง่ายกว่าโดยใช้กระแสไฟฟ้าในการจุดติดไฟเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตามมาตรฐาน NEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group A: คือแก๊ส Acetylene

Group B: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio ไม่เกิน 0.45 หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.4

Group C: คือแก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.4 แต่ไม่เกิน 0.8

Group D: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG Ratio มากกว่า 0.75 หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

ตามมาตรฐาน IEC จะมีการจัดกลุ่มแก๊ส (Gas) และไอระเหย (Vapor) ได้ดังนี้

Group IIC: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG ไม่เกิน 0.50 มม. หรือมีค่า MIC Ratio ไม่เกิน 0.45

Group IIB: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.50 มม. แต่ไม่เกิน 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.45 แต่ไม่เกิน 0.8

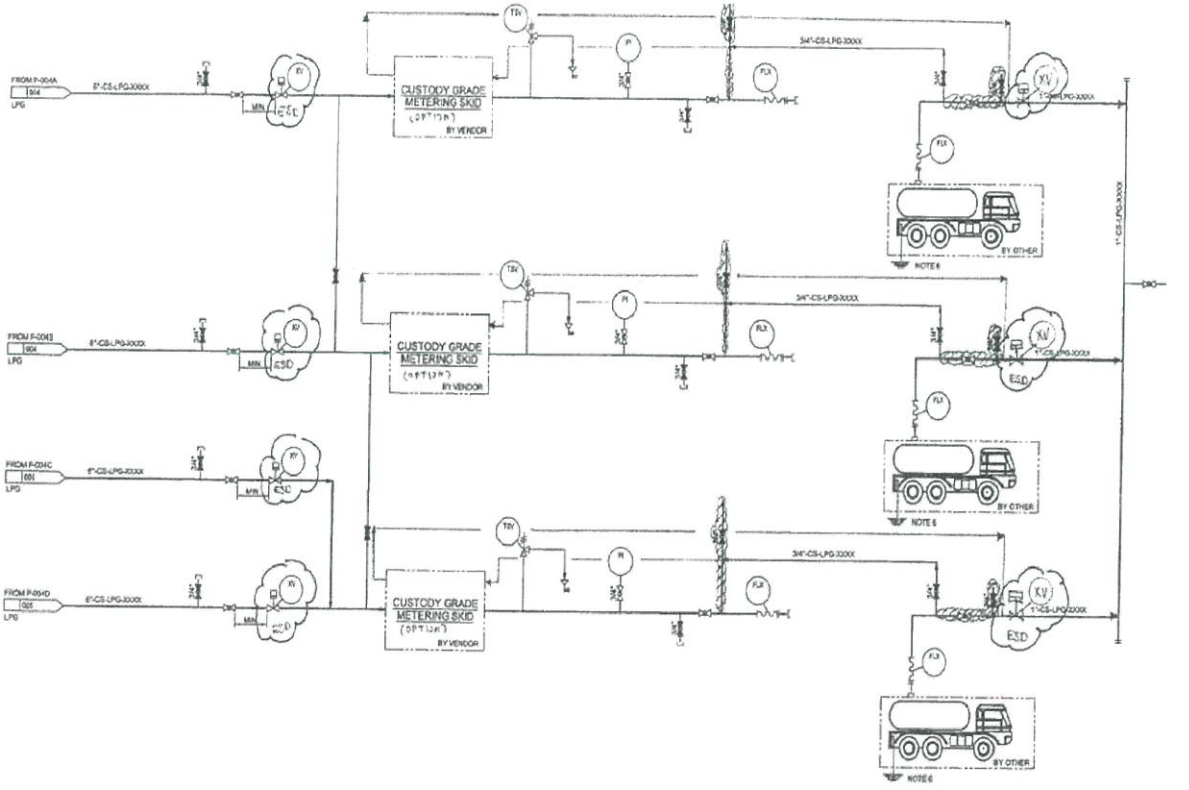
Group IIA: คือ แก๊สและไอระเหยของสารไวไฟ ที่มีค่า MESG มากกว่า 0.90 มม. หรือมีค่า MIC Ratio มากกว่า 0.8

บทที่3
วิธีการดำเนินการออกแบบเครื่องมือวัดและการขอใบเสนอราคาจากผู้จัดจำหน่าย

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบเครื่องมือวัดที่ประกอบอยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี โดยจะอธิบายขั้นตอนตั้งแต่การศึกษาเอกสารของโครงการที่ได้รับมาจากเจ้าของโครงการ การติดต่อกับแผนกต่างๆ เพื่อขอข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการออกแบบเครื่องมือวัด รวมไปถึงการขอใบเสนอราคาจากผู้จัดจำหน่าย

3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาข้อกำหนดต่างๆจากเอกสารของโครงการที่ส่งมาให้ เช่น Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram), Equipment List เป็นต้น ซึ่งจะช่วยบอกความต้องการโดยรวมของโครงการว่ามีความต้องการอะไรบ้าง ทั้งจำนวนและคุณสมบัติขั้นพื้นฐานของเครื่องมือวัดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการออกแบบเครื่องมือวัดและเลือกใช้เครื่องมือวัดต่างๆให้เหมาะสมกับกระบวนการ โดยข้อกำหนดต่างๆเหล่านี้จะอ้างอิง



รูปที่ 3.1 Piping and Instrument Diagram สำหรับกระบวนการที่มีระบบการซื้อขายแอลพีจี

ตามมาตรฐานสากลที่มีการยอมรับโดยทั่วกัน เช่น การเลือกเครื่องมือวัดเพื่อซื้อขายผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม จะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน API (American Petroleum Institute)

โดยข้อกำหนดของโครงการในส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบการซื้อขายแอลพีจี มีดังต่อไปนี้

I. ข้อกำหนดทั่วไป

- หมายเลขประจำตัวเครื่องมือวัดและจำนวนของเครื่องมือวัดควรจะเป็นไปตามที่ระบุไว้ใน Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram)

- อุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์จะต้องส่งส่งสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณ 4-20 mA พร้อมด้วย HART Protocol

- เมื่อเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเขตพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) ระดับการป้องกันที่ได้รับการอนุญาตคือการป้องกันแบบ EEx-d และมาตรฐานที่บอกถึงระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องอยู่ในระดับ IP 65 เป็นอย่างต่ำ

- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter Electronic Housing) ควรทำมาจากอะลูมิเนียมเป็นอย่างต่ำและอาจเคลือบด้วยยูรีเทนหรืออีพ็อกซี่เรซิน (Polyurethane or Epoxy Resin Coated)

- อุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์ทุกตัวจะต้องมีหน้าจอแอลซีดีที่ใช้ในการแสดงผล (Integral Digital Indicators: LCD) และการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างทรานส์มิตเตอร์จะต้องมีขนาด 1/2 นิ้ว และเป็นเกลียวแบบ NPT โดยการเชื่อมต่อหน้าแปลนของอุปกรณ์การวัดทุกตัวจะเชื่อมต่อกับท่อของกระบวนการด้วยอัตราการทนความดันตามอัตราการทนความดันของท่อ (Pipe Rating) เป็นอย่างต่ำ

II. รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดถูกกำหนดไว้ดังต่อไปนี้

1) เกจวัดความดัน

- โดยทั่วไปกำหนดให้ใช้เป็นเกจชนิดบูร์ดอง ซึ่งกระจกที่ใช้ทำหน้าปัทม์จะต้องเป็นกระจกนิรภัย (Safety Glass) และมีขนาดของหน้าปัทม์เท่ากับ 100 mm พร้อมกับพื้นหลังสีขาวและตัวอักษรสีดำ

- อุปกรณ์ที่ใช้ทำตัวเรือนจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) โดยจะต้องทนต่อสภาพอากาศทั้งแดดและฝนซึ่งสามารถเทียบเท่ากับการป้องกันในระดับของ IP65 ได้

- การเชื่อมต่อกับกระบวนการจะต้องเป็นแบบเกลียวตัวผู้ ขนาด 1/2 นิ้ว โดยจะติดตั้งอยู่ทางด้านล่างของตัวเกจหรือแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

- เกจวัดความดันสำหรับไอน้ำหรือของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงจะต้องได้รับการป้องกันโดยการติดตั้งไซฟอนและการเติมกลีเซอรีนจะใช้สำหรับการใช้งานในบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนเท่านั้น

2) ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

- โดยทั่วไปจะถูกติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์หรือแบบติดตั้งโดยตรงขึ้นอยู่กับรูปแบบของกระบวนการ

- วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่ต้องสัมผัสกับของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

- ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิจะต้องใช้งานร่วมกับมานิโฟลด์วาล์วชนิด 2 ทาง และจะต้องมีการเชื่อมต่อกับกระบวนการแบบเกลียวเอียงขนาด 1/2 นิ้วเป็นมาตรฐาน

- ความเที่ยงตรงของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันควรจะเป็น ±0.075% of Span

3) เกจวัดอุณหภูมิ

- ขนาดของหน้าปัทม์จะต้องเท่ากับ 100 mm พร้อมกับพื้นหลังสีขาวและตัวอักษรสีดำ

- วัสดุที่ใช้ทำก้านของเซ็นเซอร์ (Stem) จะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless Steel)

- วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือนจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

- ความเที่ยงตรงของเกจวัดอุณหภูมิควรจะเป็น ±1.0% of Span

4) ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ

- วัสดุที่ใช้ทำ RTD จะต้องทำมาจากแพลทตินัม 100 โอห์ม และจะใช้เป็น RTD ชนิด 3 สายสำหรับการใช้งานกับกระบวนการปกติทั่วไป

- เทอร์โมคัปเปิ้ลจะถูกนำมาใช้งานสำหรับกระบวนการที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 400 ^{0}C ขึ้นไป

5) เทอร์โมเวล

- การเชื่อมต่อของเทอร์โมเวลกับกระบวนการไม่ว่าจะเป็นท่อหรือถังจะต้องเป็นขนาด 1-1/2 นิ้ว ตามมาตรฐาน ANSI B 16.5

- วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลควรจะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

- อัตราการทนความดันของหน้าแปลนจะอ้างอิงตาม Piping Specification หรือ Vessel Specification

- การเชื่อมต่อระหว่างเทอร์โมเวลกับตัวเซ็นเซอร์จะต้องเป็นแบบเกลียวตัวเมีย ขนาด 1/2 นิ้ว

- การเชื่อมต่อเทอร์โมเวลกับท่อหลักของกระบวนการจะต้องเชื่อมต่อกับท่อที่มีขนาด 4 นิ้ว ขึ้นไปเท่านั้น หากขนาดของท่อเล็กกว่า 4 นิ้ว จะต้องมีการขยายขนาดของท่อเพื่อให้รองรับต่อการติดตั้งเทอร์โมเวล

6) อุปกรณ์หลักของระบบการวัดเพื่อซื้อขายจะประกอบไปด้วย

- มิเตอร์วัดการไหลเชิงมวล
- ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแตกต่าง
- ทรานส์มิเตอร์วัดความดัน

- ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ
- เกจวัดความดัน
- เกจวัดอุณหภูมิ
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการไหล Batch Controller
- Grounding System

2. ศึกษากระบวนการต่างๆในระบบการซื้อขายแอลพีจี โดยศึกษาคุณลักษณะของของไหลที่ใช้ในกระบวนการ ตลอดจนศึกษาถึงการทำงานของเครื่องมือวัดต่างๆที่อยู่ในระบบ เพื่อให้ทราบถึงหน้าที่ของเครื่องมือวัดเหล่านั้นว่ามีความสำคัญและจำเป็นต่อระบบอย่างไร

3. ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี เพื่อนำมาพิจารณาในการออกแบบและการติดตั้งให้เหมาะสมกับกระบวนการ และสอดคล้องกับข้อกำหนดต่างๆของโครงการ

3.2 ขั้นตอนการกำหนดรายละเอียดของเครื่องมือวัด

1. เมื่อได้รับเอกสาร Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram) มาแล้ว จัดทำเอกสารรายการเครื่องมือวัด (Instrument Index) ซึ่งจะเป็นการแบ่งประเภทของเครื่องมือวัดต่างๆให้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้สะดวกต่อการจัดทำเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด (Instrument Specification Sheet) โดยระบุข้อมูลของเครื่องมือวัดคร่าวๆ เช่น เลขที่ประจำตัวเครื่องมือวัด สถานที่ตั้งเครื่องมือวัด เลขที่หน้าเอกสาร P&ID หมายเลขประจำตัวท่อหรือถัง ขนาดท่อ ชื่อของของไหลที่จะทำการวัด เป็นต้น

ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.2

Tag No.	Instrument Type	Type Description	P&ID No.	Service.	Line		Fluid
					Line No.	Material	
XV-101	On-Off Valve	Ball On-Off Valve	Z-003-15-PID-001	LPG SHIP UNLOADING AND OSBL	8"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
HS-101	Local Switch	Local Switch	Z-003-15-PID-001	-	-	-	-
PSV-201	Safety Device	Pressure Safety Valve	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	4"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PSV-202	Safety Device	Pressure Safety Valve	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	4"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PSV-203	Safety Device	Pressure Safety Valve	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-2)	4"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PSV-204	Safety Device	Pressure Safety Valve	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-2)	4"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PT-201	Pressure Transmitter	Pressure Transmitter (Impluse line)	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	S-1	CS	LPG
PT-202	Pressure Transmitter	Pressure Transmitter (Impluse line)	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-2)	S-2	CS	LPG
PG-201	Pressure Gauge	Pressure Gauge	Z-003-15-PID-002	P-001A	6"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PG-202	Pressure Gauge	Pressure Gauge	Z-003-15-PID-002	P-001B	6"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PG-203	Pressure Gauge	Pressure Gauge	Z-003-15-PID-002	P-001A	6"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
PG-204	Pressure Gauge	Pressure Gauge	Z-003-15-PID-002	P-001B	6"-CS-LPG-XXXX	CS	LPG
TI-201	Temperature Gauge	Temperature Gauge	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	S-1	CS	LPG
TI-202	Temperature Gauge	Temperature Gauge	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-2)	S-2	CS	LPG
TT-201	Temperature Transmitter	RTD	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	S-1	CS	LPG
TT-202	Temperature Transmitter	RTD	Z-003-15-PID-002	LPG SPHERICAL TANK (S-1)	S-1	CS	LPG

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

2. การติดต่อกับแผนกอื่นในบริษัท เพื่อขอข้อมูลมาจัดทำข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

- ติดต่อกับแผนกกระบวนการ เพื่อขอข้อมูลด้านกระบวนการ เช่น ชื่อของของไหลที่ใช้ในกระบวน การ สถานะของของไหล ความดันและอุณหภูมิที่ออกแบบ ความดันและอุณหภูมิที่ใช้งาน ความหนาแน่นและความหนืดของของไหล เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีความสำคัญอย่างมากต่อการเลือกใช้อุปกรณ์การวัด

- ติดต่อกับแผนกงานท่อ เพื่อขอข้อมูลเกี่ยวกับท่อที่เชื่อมต่อกับกระบวนการ (Process Connection) ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกอุปกรณ์ เช่น ขนาด, Class ของหน้าแปลน และวัสดุที่จะใช้ทำเครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับลักษณะของกระบวนการและของไหลที่จะทำการวัด รวมไปถึงการเชื่อมต่อหน้าแปลนต่างๆ ระหว่างเครื่องมือวัดและท่อหลักของกระบวนการ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับอัตราการทนความดันและรูปแบบของหน้าแปลน โดยข้อมูลด้านกระบวนการแสดงดังรูปที่ 3.3

PROCESS DATA OF METERING SKID

SKID Tag No.	M-001	M-002	M-003	M-004	M-005
Loading application	Ship	Ship	Truck	Truck	Truck
Fluid	LPG	LPG	LPG	LPG	LPG
Metering Line Size	8"	6"	6"	6"	6"
Vapor Return Line Size	4"	4"	1"	1"	1"
Piping Class	300# RF	300# RF	300# RF	300# RF	300# RF
Piping Material	CS	CS	CS	CS	CS
Station Flow Rate	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA
Design Pressure (kg/cm2G)	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
Design Temperature (°C)	-5/60	-5/60	-5/60	-5/60	-5/60
Operating Pressure (kg/cm2G)	16	16	16	16	16
Operating Temperature (°C)	40	40	40	40	40
Viscosity	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA
Density	TBA	TBA	TBA	TBA	TBA

รูปที่ 3.3 ข้อมูลด้านกระบวนการ

- ติดต่อกับแผนกไฟฟ้า เพื่อขอข้อมูลในการแบ่งเขตพื้นที่ว่าอยู่ในเขตพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) หรือเป็นพื้นที่ที่อยู่นอกเขตพื้นที่อันตราย (Non-hazardous Area) ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกเครื่องมือวัดที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากของไหลที่ทำการวัดส่วนใหญ่มักจะเป็นสารที่สามารถจุดติดไฟและทำให้เกิดการระเบิดได้ ดังนั้นจึงต้องมีการจำกัดกระแสไฟที่ใช้กับเครื่องมือวัดที่เป็นอิเล็กทรอ นิกส์ เพื่อป้องกันกรณีที่

เกิดการอาร์กหรือสปาร์คของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อจำกัดกระแสที่ใช้แล้วไม่ว่าจะเกิดการอาร์กหรือสปาร์คใดๆก็จะไม่เพียงพอต่อการจุดประกายไฟได้

3. จัดทำเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด (Instrument Specification Sheet) โดยจะต้องกรอกรายละเอียดข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือวัดให้ครบถ้วนที่สุด เนื่องจากเป็นเอกสารที่จะต้องใช้ในการขอราคาจากผู้จัดจำหน่าย โดยข้อกำหนดของเครื่องมือวัดจะแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อย่อย ดังนี้

I. ข้อมูลทั่วไป

ได้มาจาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) จะประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานต่างๆ เช่น เลขที่ประจำตัวเครื่องมือวัด เลขที่หน้าเอกสารที่เครื่องมือวัดติดตั้งอยู่ สถานที่ตั้งเครื่องมือวัด และขนาดของท่อหรือถัง เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.4

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						

รูปที่ 3.4 ส่วนของข้อมูลทั่วไปสำหรับข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

II. ข้อมูลด้านกระบวนการ

ได้มาจากแผนกกระบวนการจะประกอบด้วย ชื่อและสถานะของของไหล อุณหภูมิและความดันขณะใช้งาน อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ การกัดกร่อน ความหนืด และความหนาแน่นของของไหล เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.5

PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase				
	9			Minimum	Normal	Maximum	Units
	10	Flow					
	11	Temperature					
	12	Pressure					
	13	Density					
	14	Viscosity					
	15	Molecular Weight					
	16	Foaming					
	17	Max. DP Permitted at Nor. Flow					
	18	Corrosive	Erosive / Toxic				
	19	Pulsation Flow					
	20	Vibration at Sensor Location					
	21	Ambient Temperature					
	22	Design Temperature : Min.	Max.				
	23	Design Presssure : Min.	Max.				
	24						

รูปที่ 3.5 ส่วนของข้อมูลด้านกระบวนการสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด

ในส่วนนี้จะเป็นข้อมูลที่ได้มาจากเอกสารที่เป็นข้อกำหนดต่างๆของโครงการ ซึ่งจะมีข้อกำหนดสำหรับการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับกระบวนการที่สุด ผู้ออกแบบจำเป็นต้องเลือกใช้ให้ตรงกับความต้องการของโครงการและตามมาตรฐานกำหนด ผู้ออกแบบต้องมีความระมัดระวังในการเลือกใช้เครื่องมือวัด เนื่องจากเครื่องมือวัดแต่ละตัวมีความต้องการแตกที่ต่างกันไป เช่น แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำที่เหมาะสม เป็นต้น

ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.6

SENSOR	25	Construction Type			
	26	Model	Face/Face Dimension		
	27	Process Connection : Size	Rating		
	28	Nominal Size	Internal Diameter		
	29	Material	Purge Fitting		
	30	Lining	Coating		
	31	Housing Material	Distance to Transm.		
	32	Cable Entry	Cable Length		
	33	Explosion Protection	Enclosure		
	34				
TRANSMITTER	35	Mounting			
	36	Model	Power Supply		
	37	Calibration Range 1	Calibration Range 2		
	38	Inputs	System Accuracy		
	39	Analog Output	Frequency Output		
	40	Digital Communication	Discrete Output		
	41	Housing Material	Electrical Connection		
	42	Explosion Protection	Enclosure		
	43	Local Display			

รูปที่ 3.6 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดสำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

IV. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ รวมไปถึงข้อความเฉพาะที่ผู้ออกแบบต้องการแจ้งรายละเอียดโดยรวมของเครื่องมือจะอยู่ที่ส่วนท้ายของเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ สำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดแสดงดังรูปที่ 3.7

OPTIONS	44	Batch Controller	Heat Tracing		
	45	Remote LCD Display			
PURCHASE	46	Manufacturer			
	47	Model: Sensor / Transmitter			
	48	Purchase Order No.	Requisition No.		
	49	Serial Number : Sensor / Transmitter			
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.			
	51	Certification			
	52	Surge Protection			
	53	Crippled Mode Detection			
Notes: 1. 2.					

รูปที่ 3.7 ส่วนของข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ สำหรับเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัด

3.3 การออกแบบเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี

I. ข้อกำหนดทั่วไปของโครงการในเรื่องของเครื่องมือวัดมีดังนี้

1) หมายเลขประจำตัวเครื่องมือวัดและจำนวนของเครื่องมือวัดควรจะเป็นไปตามที่ระบุไว้ใน Piping and Instrument Diagram (P&I Diagram) และตัวทรานส์มิตเตอร์จะต้องส่งส่งสัญญาณในรูปแบบของสัญญาณ 4- 20 mA พร้อมด้วย HART Protocol

2) เมื่อเครื่องมือวัดถูกติดตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเขตพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) ระดับการป้องกันที่ได้รับการอนุญาตคือการป้องกันแบบ EEx-d สำหรับเครื่องมือวัดแต่ละตัว และมาตรฐานที่บอกถึงระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำ ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าจะต้องอยู่ในระดับ IP 65 เป็นอย่างต่ำ

3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ (Transmitter Electronic Housing) ควรทำมาจากอะลูมิเนียมเป็นอย่างต่ำและอาจเคลือบด้วยยูรีเทนหรืออีพ็อกซี่เรซิน (Polyurethane or Epoxy Resin Coated)

4) ตัวทรานส์มิตเตอร์ทุกตัวจะต้องมีหน้าจอแอลซีดีที่ใช้ในการแสดงผล (Integral Digital Indicators: LCD) และการเชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างทรานส์มิตเตอร์จะต้องมีขนาด 1/2นิ้ว และเป็นเกลียวแบบ NPT โดยการเชื่อมต่อหน้าแปลนของเครื่องมือวัดทุกตัวจะเชื่อมต่อกับท่อของกระบวนการด้วยอัตราการทนความดันตามอัตราการทนความดันของท่อ (Pipe Rating) เป็นอย่างต่ำ

3.3.1 **การออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส** (Coriolis Mass Flow Meter)

ในการออกแบบมิเตอร์วัดอัตราการไหลโคริออลิส จะถูกใช้เพื่อวัดอัตราการไหลของแอลพีจีที่ถูกส่งไปยังรถบรรทุก ซึ่งมีข้อกำหนดในการออกแบบดังนี้

1) จะต้องวัดเป็นการไหลเชิงมวล
2) มิเตอร์วัดการไหลจะเชื่อมต่อกับท่อของกระบวนการโดยที่ขนาดของท่อเท่ากับ 6 นิ้ว
3) มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสที่มีขนาดใหญ่จะนิยมใช้เป็นท่อลักษณะตัวยู
4) ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำจะต้องอยู่ในระดับ IP65 เป็นอย่างต่ำ
5) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้จะเป็นสัญญาณ 4-20 mA พร้อมด้วย HART Protocol
6) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ ควรทำมาจากอะลูมิเนียมเป็นอย่างต่ำ

ดังนั้นจึงมีการออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสดังนี้

- รูปแบบโครงสร้างของท่อโคริออลิส: U-Style หมายถึง เป็นท่อลักษณะรูปตัวยู
- วัสดุที่ใช้ทำท่อวัดและห่อหุ้มท่อวัด: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ชนิดของทรานส์มิตเตอร์: แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม
- แหล่งจ่ายไฟ: 4 Wires 220 V AC
- ค่าความเที่ยงตรง: ± 0.1 % of Rate
- สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้: 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ พร้อมด้วย HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า: NPT เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน: IP 65 หรือดีกว่า

3.3.2 **การออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ**

ในการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิจะถูกติดตั้งอยู่บนท่อของกระบวนการ เพื่อใช้ในการวัดอุณหภูมิของแอลพีจีที่จะถูกส่งไปยังรถบรรทุก ซึ่งแอลพีจีที่จะถูกขนส่งนั้นจะต้องมีสถานะเป็นของเหลว จึงต้องมีการเฝ้าดูค่าของอุณหภูมิไว้เพื่อเช็คให้แน่ใจอยู่เสมอว่าแอลพีจีที่กำลังขนส่งอยู่ในสถานะของเหลวจริง

I. ข้อกำหนดในการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิมีดังนี้

1) ใช้ RTD ชนิด 3 สายในการใช้งานกับกระบวนการปกติทั่วไป
2) วัสดุที่ใช้ทำ RTD จะต้องทำมาจากแพลทตินัม 100 โอห์ม
3) เทอร์โมคัปเปิ้ลจะถูกนำมาใช้งานสำหรับกระบวนการที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 400 ^{0}C ขึ้นไป

4) วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลควรจะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

5) อัตราการทนความดันของหน้าแปลนจะอ้างอิงตาม Piping Specification หรือ Vessel Specification

6) ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำจะต้องอยู่ในระดับ IP65 เป็นอย่างต่ำ

7) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้จะเป็นสัญญาณ 4-20 mA พร้อมด้วย HART Protocol

8) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ ควรทำมาจากอะลูมิเนียมเป็นอย่างต่ำ

9) ความเที่ยงตรงควรมีค่าเป็น ± 0.075% of Span

II. ข้อกำหนดในการออกแบบเทอร์โมเวลมีดังนี้

1) การเชื่อมต่อของเทอร์โมเวลกับกระบวนการไม่ว่าจะเป็นท่อหรือถังจะต้องเป็นขนาด 1-1/2 นิ้ว ตามมาตรฐาน ANSI B 16.5

2) วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลควรจะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

3) อัตราการทนความดันของหน้าแปลนจะอ้างอิงตาม Piping Specification หรือ Vessel Specification

4) การเชื่อมต่อระหว่างเทอร์โมเวลกับตัวเซ็นเซอร์จะต้องเป็นแบบเกลียวตัวเมียขนาด 1/2 นิ้ว

5) การเชื่อมต่อเทอร์โมเวลกับท่อหลักของกระบวนการจะต้องเชื่อมต่อกับท่อที่มีขนาด 4 นิ้ว ขึ้นไปเท่านั้น หากขนาดของท่อเล็กกว่า 4 นิ้วจะต้องมีการขยายขนาดของท่อเพื่อให้รองรับต่อการติดตั้งเทอร์โมเวล ดังนั้นจึงมีการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิดังนี้

- เป็นทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิชนิด: RTD
- ชนิดของอุปกรณ์: 3 Wires ซึ่งการเลือกนี้จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงที่ต้องการหรือความต้องการของโครงการ
- ขนาดการเชื่อมต่อ: 1-1/2"NPT ANSI 300 lb RF สามารถอธิบายได้ว่ามีขนาดการเชื่อมต่อ 1-1/2 นิ้ว โดย ANSI 300 lb จะสามารถทนความดันตามเงื่อนไขใน Standard ASME B16.5
- ชนิดของทรานส์มิตเตอร์: แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม
- แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wires 24 V DC
- ค่าความเที่ยงตรง: ± 0.1% of Span
- สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้: 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครง การ
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า: NPT เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน: IP 65 เป็นอย่างต่ำ

- U Length: 250mm จะเป็นความยาวที่เสียบอุปกรณ์การวัดเข้าไปในท่อ รวมระยะความยาวของ Nozzle

3.3.3 การออกแบบเกจวัดอุณหภูมิ

I. ข้อกำหนดในการออกแบบเกจวัดอุณหภูมิมีดังนี้

1) เกจวัดอุณหภูมิจะต้องมีขนาดของหน้าปัทม์เท่ากับ 100 mm พร้อมกับพื้นหลังสีขาวและตัว อักษรสีดำ

2) วัสดุที่ใช้ทำก้านของเซ็นเซอร์ (Stem) จะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316 (316 Stainless Steel)

3) วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือนจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

4) ความเที่ยงตรงของเกจวัดอุณหภูมิควรจะเป็น ±1.0% of Span

II. ข้อกำหนดในการออกแบบเทอร์โมเวลมีดังนี้

1) การเชื่อมต่อของเทอร์โมเวลกับกระบวนการไม่ว่าจะเป็นท่อหรือถังจะต้องเป็นขนาด 1-1/2 นิ้ว ตามมาตรฐาน ANSI B 16.5

2) วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวลควรจะทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

3) อัตราการทนความดันของหน้าแปลนจะอ้างอิงตาม Piping Specification หรือ Vessel Specification

4) การเชื่อมต่อระหว่างเทอร์โมเวลกับตัวเซ็นเซอร์จะต้องเป็นแบบเกลียวตัวเมีย ขนาด 1/2 นิ้ว

5) การเชื่อมต่อเทอร์โมเวลกับท่อหลักของกระบวนการจะต้องเชื่อมต่อกับท่อที่มีขนาด 4 นิ้ว ขึ้นไปเท่านั้น หากขนาดของท่อเล็กกว่า 4 นิ้วจะต้องมีการขยายขนาดของท่อเพื่อให้รองรับต่อการติดตั้งเทอร์โมเวล ดังนั้นจึงมีการออกแบบเกจวัดอุณหภูมิดังนี้

- ประเภทของอุปกรณ์: Bi-metal Thermometer
- วัสดุที่ใช้ทำก้านของเทอร์โมมิเตอร์: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316
- วัสดุของหน้าปัทม์: Laminate Safety Glass ซึ่งเป็นกระจกนิรภัยแบบลามิเนตเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งแกร่งและตอบสนองการใช้งานในด้านความปลอดภัย
- ขนาดของหน้าปัทม์คือ 100 mm และมีพื้นหลังสีขาวและตัวอักษรสีดำ
- ค่าความเที่ยงตรง: ± 1 % of Span
- มาตรฐานการป้องกัน: IP 65 หรือดีกว่านี้

- ขนาดการเชื่อมต่อ: 1-1/2"NPT ANSI 300lb RF สามารถอธิบายได้ว่า มีขนาดการเชื่อมต่อ 1-1/2 นิ้วโดย ANSI 300lb หมายความว่าสามารถทนความดันได้ 300 ปอนด์ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐาน ASME B16.5

- วัสดุที่ใช้ทำ Thermowel: เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 316

- U Length: 250mm จะเป็นความยาวที่เสียบอุปกรณ์การวัดเข้าไปในท่อรวมระยะความยาวของ Nozzle

3.3.4 การออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

ในการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดันจะถูกติดตั้งอยู่บนท่อของกระบวนการ เพื่อตรวจสอบสถานะของความดันว่าอยู่ในจุดที่ต้องการหรือไม่ เนื่องจากแอลพีจีที่จะถูกขนส่งนั้นจะต้องมีสถานะเป็นของเหลว จึงต้องมีเช็คค่าความดันอยู่เสมอเพื่อให้แน่ใจได้ว่าแอลพีจีที่กำลังขนส่งอยู่ในสถานะของเหลวจริง เพราะหากมีการลดความดันลงจะทำให้แอลพีจีสามารถเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอได้

I. ข้อกำหนดในการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน มีดังนี้

1) ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันโดยทั่วไปจะถูกติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์หรือแบบติดตั้งโดยตรง ขึ้นอยู่กับรูปแบบของกระบวนการ

2) ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันจะต้องใช้งานร่วมกับมานิโฟลด์วาล์วชนิด 2 ทาง และจะต้องมีการเชื่อมต่อกับกระบวนการแบบเกลียวเอียงขนาด 1/2 นิ้วเป็นมาตรฐาน

3) ระดับการป้องกันฝุ่นและน้ำจะต้องอยู่ในระดับ IP65 เป็นอย่างต่ำ

4) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้จะเป็นสัญญาณ 4-20 mA พร้อมด้วย HART Protocol

5) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์ ควรทำมาจากอะลูมิเนียมเป็นอย่างต่ำ

6) ความเที่ยงตรงของทรานส์มิตเตอร์วัดความดันควรจะเป็น ±0.075% of Span

7) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่ต้องสัมผัสกับของเหลวจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) เป็นอย่างต่ำ

ดังนั้นจึงมีการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดันดังนี้

- วัสดุที่ใช้ทำท่อวัดและห่อหุ้มท่อวัด: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม
- ชนิดของทรานส์มิตเตอร์: แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน
- วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม
- แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wires 24 V DC

- ค่าความเที่ยงตรง: ± 0.075 % of Span
- สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้: 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า: NPT เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- มาตรฐานการป้องกัน: IP 65 หรือดีกว่านี้
- อุปกรณ์เสริมอื่นๆ: 2 Way Manifold

3.3.5 การออกแบบเกจวัดความดัน

I. ข้อกำหนดในการออกแบบเกจวัดความดัน มีดังนี้

1) เกจวัดอุณหภูมิโดยทั่วไปกำหนดให้ใช้เป็นเกจชนิดบูร์ดอง

2) กระจกที่ใช้ทำหน้าปัทม์จะต้องเป็นกระจกนิรภัย (Safety Glass)

3) ขนาดของหน้าปัทม์เท่ากับ 100 mm พร้อมกับพื้นหลังสีขาวและตัวอักษรสีดำ

4) วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือนจะต้องทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด 304 (304 Stainless Steel) โดยจะต้องทนต่อสภาพอากาศทั้งแดดและฝน ซึ่งสามารถเทียบเท่ากับการป้องกันในระดับของ IP65 ได้

5) การเชื่อมต่อกับกระบวนการจะต้องเป็นแบบเกลียวตัวผู้ขนาด1/2 นิ้ว โดยจะติดตั้งอยู่ทางด้านล่างของตัวเกจหรือแบบที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

6) เกจวัดความดันสำหรับไอน้ำหรือของเหลวที่มีอุณหภูมิสูงจะต้องได้รับการป้องกัน โดยการติดตั้งไซฟอน และการเติมกลีเซอรีนจะใช้สำหรับการใช้งานในบริเวณที่มีการสั่นสะเทือนเท่านั้น

ดังนั้นจึงมีการออกแบบเกจวัดความดัน ดังนี้

- ประเภทของอุปกรณ์: บูร์ดอง
- ขนาดของหน้าปัทม์คือ 100 mm และมีพื้นหลังสีขาวและตัวอักษรสีดำ
- ตำแหน่งการติดตั้ง: ด้านล่าง (Bottom) ของเครื่องมือ
- วัสดุที่ใช้ทำหลอดบูร์ดอง: เหล็กกล้าไร้สนิม
- ขนาดการเชื่อมต่อ (Process Connection): 1/2" NPT เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ
- ค่าความเที่ยงตรง: ± 1 % of Full Scale
- มาตรฐานการป้องกัน: IP 65 หรือดีกว่านี้
- วัสดุของหน้าปัทม์: Laminate Safety Glass ซึ่งเป็นกระจกนิรภัยแบบลามิเนตเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งแกร่งและตอบสนองการใช้งานในด้านความปลอดภัย

3.4 ขั้นตอนการดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์

1. เมื่อจัดทำเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจีเสร็จแล้ว ทำการส่งเอกสารดังกล่าวเพื่อขอใบเสนอราคาจากผู้จัดจำหน่าย โดยจะส่งให้ผู้จัดจำหน่ายอย่างต่ำ 3 รายโดยจะขอราคาของเครื่องมือวัดทั้งหมดในระบบ ไม่มีการแยกซื้อเครื่องมือวัดแต่ละตัว

2. ติดตามสถานะของเอกสารใบเสนอราคาจากทางผู้จัดจำหน่ายที่ได้ส่งเอกสารขอราคาไปให้ครบทุกรายตามวัน และเวลาที่ได้ตกลงกันไว้ เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้จัดจำหน่ายสนใจและป้องกันการล่าช้าเนื่องจากในการทำงานจะต้องมีกำหนดเวลาที่ชัดเจนหรืออาจสอบถามถึงปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างการทำเอกสารเสนอราคาของผู้จัดจำหน่าย เช่น ทางผู้จัดจำหน่ายอาจไม่มีเครื่องมือวัดตัวที่ต้องการแต่มีเครื่องมือวัดอื่นที่สามารถทำงานทดแทนกันได้และสามารถตอบสนองความต้องการของทางเจ้าของโครงการณ์ได้เช่นกัน

3. เมื่อได้รับเอกสารใบเสนอราคาจากทางผู้จัดจำหน่ายแล้ว ตรวจสอบเอกสารข้อกำหนดของเครื่องมือวัดที่ผู้จัดจำหน่ายตอบกลับมาว่ามีความถูกต้อง ตรงตามที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งหากมีข้อสงสัยเกี่ยว กับเครื่องมือวัดตัวใดสามารถเจรจากับทางผู้จัดจำหน่าย เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในตัวเครื่องมือวัดที่ผู้จัดจำหน่ายเสนอมา

4. จัดทำเอกสารแสดงการเปรียบเทียบราคา (Bid Tabulation) โดยภายในเอกสารจะเป็นการแสดงรายละเอียดของเครื่องมือวัดที่ผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายตอบกลับมา พร้อมทั้งราคาของเครื่องมือวัดตัวนั้นๆเพื่อทำการเปรียบเทียบให้ได้เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องตรงตามความต้องการของโครงการและมีราคาที่ถูกที่สุด

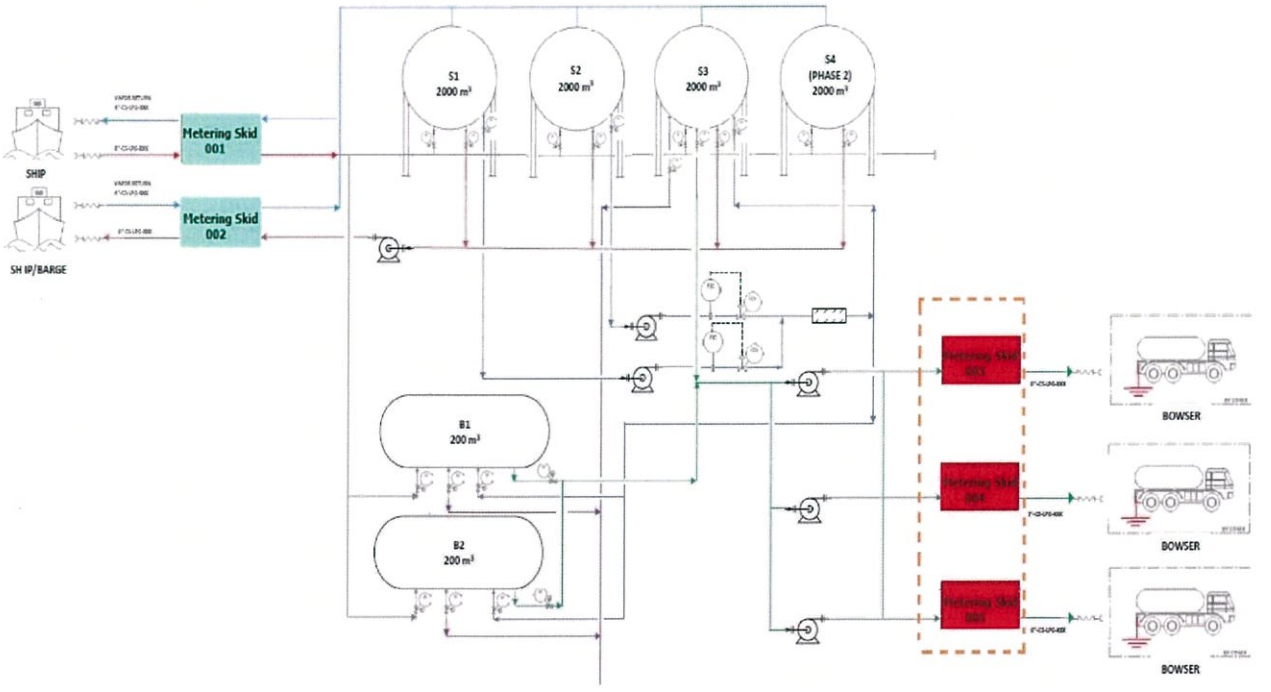
เนื่องจากระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาเป็นระยะเวลาเพียง 4 เดือน ทำให้หน้าที่ที่ได้รับมอบหมายสิ้นสุดลงตรงนี้ ขั้นตอนต่อจากนี้จะเป็นการคัดเลือกผู้จัดจำหน่ายที่มีเครื่องมือวัดตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบและโครงการ เพื่อที่จะนำราคาของผู้จัดจำหน่ายดังกล่าวไปใช้ในการประเมินค่าใช้จ่ายสำหรับโครงการต่อไป

บทที่4
ผลการดำเนินการออกแบบและการติดตั้ง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการดำเนินการออกแบบเครื่องมือวัด โดยจะแสดงรายละเอียดประจำตัวของเครื่องมือวัดนั้นๆ รวมไปถึงการติดตั้งเครื่องมือวัดที่เลือกใช้ เครื่องมือวัดในโครงงานนี้ประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหล เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และเครื่องมือวัดความดัน ซึ่งเครื่องมือวัดการไหลที่เลือกใช้คือมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Mass Flow Meter) เครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เลือกใช้คือเทอร์โมมิเตอร์ชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง (Resistance Temperatures Detector) และเกจวัดอุณหภูมิชนิดแถบโลหะคู่ (Bi-Metal Thermometer) ส่วนเครื่องมือวัดความดันที่เลือกใช้คือ ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันชนิดไดอะแฟรม (Pressure Transmitter) และเกจวัดความดันชนิดบูร์ดอง (Pressure Gauge Bourdon Type)

สำหรับโครงการจัดเก็บและขนส่งแอลพีจีจะเป็นการขนส่งผ่านทางเรือ และนำมาเก็บไว้ในสถานที่จัดเก็บที่เป็นถังขนาดใหญ่ (Tank Farm) จากนั้นแอลพีจีจะถูกขายให้กับรถบรรทุกโดยผ่านการวัดของระบบการซื้อขายก๊าซแอลพีจีที่มีความเที่ยงตรงเพื่อวัดปริมาณของแอลพีจีที่ขายออกไป

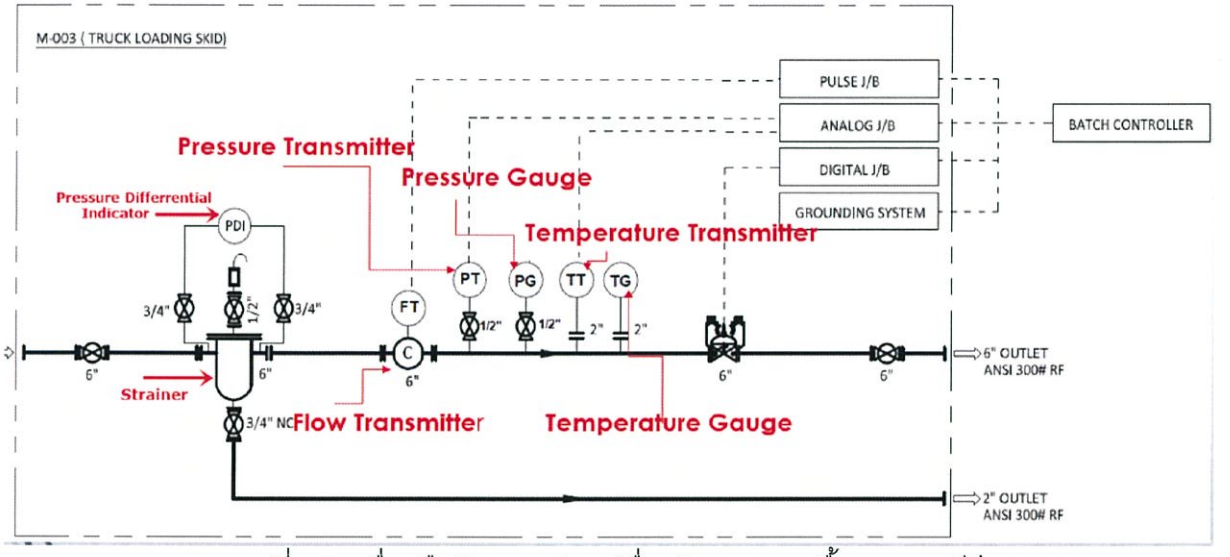
Block Flow Diagram สำหรับกระบวนการที่มีระบบการซื้อขายแอลพีจีติดตั้งอยู่ แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 Block Flow Diagram ของกระบวนการที่มีระบบการซื้อขายแอลพีจีติดตั้งอยู่

จากรูปที่ 4.1 สามารถอธิบายได้ว่าในโครงการนี้มีระบบการซื้อขายแอลพีจีอยู่ทั้งหมด 5 ระบบโดยเป็นการซื้อขายผ่านทางเรือ 2 ระบบ คือ Metering Skid หมายเลข 001 และ 002 และเป็นการซื้อขายผ่านทางรถบรรทุกเป็นจำนวน 3 ระบบคือ Metering Skid หมายเลข 003, 004 และ 005 ซึ่งขอบเขตของงานที่ได้รับมอบหมายคือการออกแบบระบบการซื้อขายผ่านทางรถบรรทุก โดยทุกระบบจะประกอบไปด้วยเครื่องมือวัดที่เหมือนกัน ที่ประกอบไปด้วยตัวกรอง มิเตอร์วัดอัตราการไหล ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิ เกจวัดความดันและอุณหภูมิ ซึ่ง LPG จากถังเก็บจะถูกวัดด้วยระบบดังกล่าวก่อนจ่ายให้กับรถบรรทุก

จากการออกแบบเครื่องมือวัดต่างๆที่ติดตั้งในระบบการซื้อขายแอลพีจี ตามข้อกำหนดของโครงการและจากการปรึกษาและขอคำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือวัดกับทางผู้จัดจำหน่าย ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 สามารถออกแบบระบบการซื้อขายแอลพีจีได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์อื่นๆในระบบการซื้อขายแอลพีจี

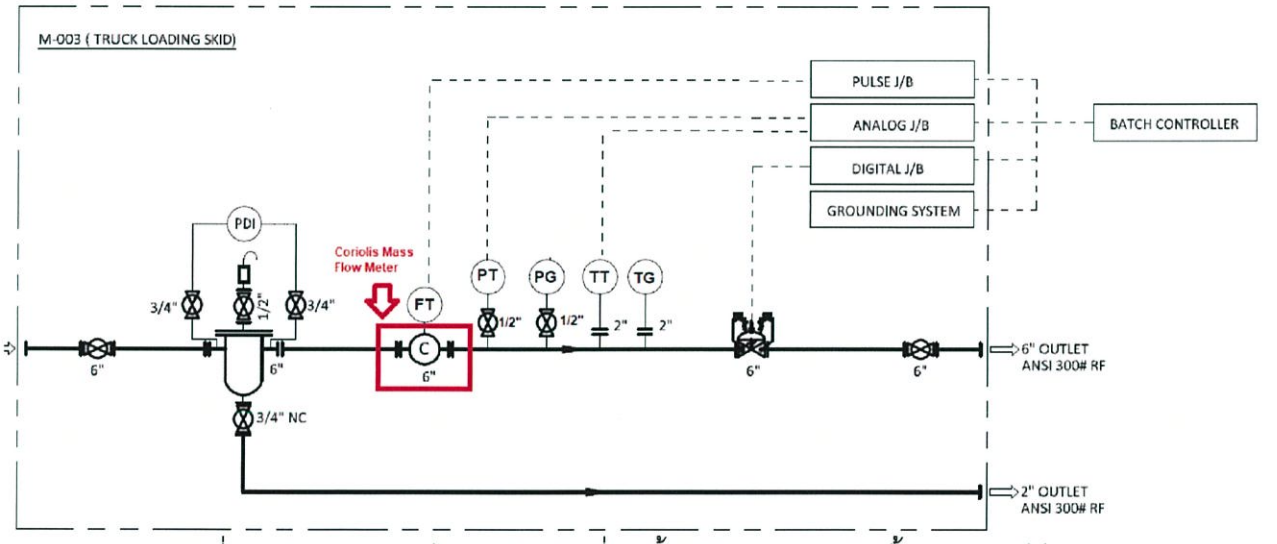
จากรูปที่ 4.2 เมื่อแอลพีจีไหลเข้ามาในระบบการซื้อขายจะผ่านการกรองด้วยตัวกรอง ซึ่งที่ตัวกรองจะมีการติดตั้งเครื่องมือวัดความดันแตกต่างเอาไว้ เพื่อตรวจสอบว่าตัวกรองเกิดการอุดตันหรือไม่ ซึ่งถ้าหากตัวกรองตันก็จะได้ทำการระบายออก ต่อมาแอลพีจีจะไหลผ่านมิเตอร์วัดการไหล ซึ่งในที่นี้เลือกใช้เป็นมิเตอร์วัดการไหลชนิดโคริออลิส ต่อจากนั้นจะมีการวัดอุณหภูมิและความดันของแอลพีจีโดยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความดันทั้งชนิดทรานส์มิตเตอร์และเกจวัด โดยเครื่องมือวัดเหล่านี้จะส่งสัญญาณไปที่ Batch Controller เพื่อทำการคำนวณปริมาณแอลพีจีที่ถูกส่งออกไป

รายละเอียดของเครื่องมือวัดและการติดตั้งเครื่องมือวัดที่อยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจีมีดังต่อไปนี้

4.1 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส (Coriolis Mass Flow Meter)

4.1.1 เหตุผลในการติดตั้ง

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการซื้อขายแอลพีจี โดยการซื้อขายจะวัดอัตราการไหลเชิงน้ำหนักของแอลพีจีที่ไหลผ่านท่อด้วยเครื่องมือวัดการไหล ซึ่งในที่นี้เลือกใช้คือมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส เนื่องจากสามารถวัดอัตราการไหลเชิงมวลได้อย่างเที่ยงตรง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดันของแอลพีจี จะส่งผลต่อความหนาแน่นของแอลพีจี ซึ่งมีผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนหากวัดเป็นอัตราการไหลเชิงปริมาตร เพราะอาจทำให้เกิดความได้เปรียบเสีย เปรียบทางการค้าระหว่างฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ทำให้ในการวัดอัตราการไหลของแอลพีจีเพื่อการซื้อขายจะนิยมวัดเป็นการไหลเชิงมวลมากกว่าการวัดเป็นการไหลเชิงปริมาตร โดยการวัดการไหลเชิงมวลจะไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความดัน ดังกล่าวจึงมีความเหมาะสมมากกว่า อย่างไรก็ตามข้อกำหนดของโครงการต้องการให้วัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรได้ด้วย ดังนั้นจึงมีการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันและอุณหภูมิไว้ด้วย เพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่นของ LPG



รูปที่ 4.3 มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี

จากการข้อกำหนดของโครงการดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบททที่ 3 สามารถแสดงรายละเอียดการออกแบบมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสได้ดังนี้

4.1.2 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

I. ข้อมูลทั่วไปที่ได้จาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: FT-001

- FT หมายถึง Flow Transmitter

- 001 หมายถึง เลขที่ประจำอุปกรณ์

2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์: ระหว่างท่อขนส่งแอลพีจีกับรถบรรทุก

3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID: Z-003-15-PID-008

4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: ระบุไว้ว่า Zone2 IIA หมายถึง อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย

- Zone 1 หมายถึงพื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ

- IIA เป็นการแบ่งกลุ่มของแก๊สหรือไอระเหย เนื่องจากแอลพีจีมีส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทน

5) บริเวณที่ติดตั้ง: ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Batch Controller

6) ขนาดของท่อ: ท่อมีขนาด 6 นิ้ว

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ: ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: แอลพีจี สถานะของเหลว

2) อัตราการไหลขณะทำงาน: ระบุไว้เป็น TBC (To be Confirm) หมายถึงรอการยืนยันค่าอัตราการไหลจากทางเจ้าของโครงการ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน: 40^{0}C และ 16 บาร์เกจ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 60^{0}C และ 21.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดและทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) โครงสร้างของเซ็นเซอร์: ท่อลักษณะตัวยู

2) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 6"ANSI 300 lb, RF-WN อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 6 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face) ชนิดของหน้าแปลนถูกออกแบบให้มีการส่งถ่ายความเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นกับหน้าแปลน ไปยังเส้นท่อผ่านบริเวณคอที่แข็งแรง ทำให้ไม่มีปัญหาการแตกร้าวที่รอยเชื่อม

3) วัสดุที่ใช้ทำท่อวัด: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น

4) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มท่อวัด: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel)

5) ชนิดของทรานส์มิตเตอร์: แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน

6) การเชื่อมต่อสายเคเบิ้ลและความยาวของสายเคเบิ้ล: ไม่มีการใช้งานในส่วนนี้ เนื่องจากเป็นการติดตั้งในรูปแบบ Integral

7) แหล่งจ่ายไฟ: 4 Wires 220 V AC แบ่งได้เป็น 2 สาย สำหรับแหล่งจ่ายไฟ และอีก 2 สาย สำหรับส่งสัญญาณ

8) ค่าความเที่ยงตรง: ± 0.1% of Reading เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

9) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้: 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

10) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม

11) การป้องกันการระเบิด: EExd ทนต่อไฟและการระเบิด

12) มาตรฐานการป้องกัน: IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่บ่งบอกถึงระดับการป้องกันของแข็ง (ฝุ่น) และน้ำของเครื่องจักร (Mechanical Casings) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Enclosures) การบอกถึงระดับการป้องกันนั้น จะถูกแสดงโดยตัวเลข 2 หลักคือ IPxx โดยหลักแรกจะหมายถึงระดับการป้องกันของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญ ส่วนหลักที่สองจะหมายถึงระดับการป้องกันน้ำ ในที่นี้ IP65 หมายถึง สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์และสามารถป้องกันน้ำจากการฉีดได้ทุกทิศทาง

13) ชนิดของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า: NPT (National Pipe Tapered) เป็นมาตรฐานเกลียวท่อของ ASME เป็นเกลียวท่อแบบเทเปอร์คือเกลียวเอียง

IV. ข้อมูลด้านอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ใบรับรองคุณภาพ: ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ ใบรับรองการทนต่อไฟและการระเบิด

2) Surge Protection หมายถึง มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหาย อันเนื่องมาจากแรงดันเกินชั่วขณะโดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะจากฟ้าผ่า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากเช่นนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ และเครื่องมือ-เครื่องใช้ในการควบคุมการประมวลผลได้

3) การตรวจพบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output–Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output-Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 ถึง 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ

เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสแสดงดังรูปที่ 4.4

GENERAL	1	**Tag Number**			**FT-001**				
	2	Service			LPG Bowser Loading Station				
	3	P&ID No.			Z-003-15-PID-008				
	4	Area Classification	Location		Zone1 IIA		Field-Batch Controller		
	5	Line No.	Line Size	schedule	6"-CS-LPG-XXXX		6	in	-
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		-	Carbon steel			
	7								
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		LPG		Liquid		
	9				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**	
	10	Flow			TBC	TBC	TBC	kg/h	
	11	Temperature			- 5	40	60	°C	
	12	Pressure			-	16	21.5	kgf/cm²-g	
	13	Density			-	-	-	kg/m³	
	14	Viscosity			-	-	-	cP	
	15	Molecular Weight			-				
	16	Foaming			-				
	17	Max. DP Permitted at Nor. Flow			- kgf/cm²				
	18	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-		
	19	Pulsation Flow			-				
	20	Vibration at Sensor Location			-				
	21	Ambient Temperature			-				
	22	Design Temperature :	Min.	Max.	-5 °C		60 °C		
	23	Design Presssure :	Min.	Max.	kgf/cm²-g		21.5 kgf/cm²-g		
	24								
SENSOR	25	Construction Type			U-Style				
	26	Model	Face/Face Dimension		CMF		-		
	27	Process Connection : Size	Rating		6"		ANSI 300 lb, RF-WN		
	28	Nominal Size	Internal Diameter		Manufacturer's Standard		Manufacturer's Standard		
	29	Material	Purge Fitting		SS316L		-		
	30	Lining	Coating		-		-		
	31	Housing Material	Distance to Transm.		SS304		-		
	32	Cable Entry	Cable Length		-		-		
	33	Explosion Protection	Enclosure		EEx d		IP 65 as minimum		
	34								
TRANSMITTER	35	Mounting			Integral Type				
	36	Model	Power Supply		2700		4-wire,220VAC		
	37	Calibration Range 1	Calibration Range 2		- kg/h		-		
	38	Inputs	System Accuracy		-		+/-0.1% of reading		
	39	Analog Output	Frequency Output		4 - 20 mA		Yes		
	40	Digital Communication	Discrete Output		HART Protocol		-		
	41	Housing Material	Electrical Connection		Polyurethane-Painted Aluminum		1/2" NPT(F)		
	42	Explosion Protection	Enclosure		ATEX : EEx d		IP 65		
	43	Local Display			Yes				
OPTIONS	44	Batch Controller	Heat Tracing		Yes		-		
	45	Remote LCD Display							
PURCHASE	46	Manufacturer							
	47	Model: Sensor / Transmitter							
	48	Purchase Order No.	Requisition No.						
	49	Serial Number : Sensor / Transmitter							
ADDITIONAL FEATURES	50	Drawing No.							
	51	Certification			Material, Calibration, Hydrostatic Test and Ex_Proof				
	52	Surge Protection			Yes (Internal)				
	53	Crippled Mode Detection			Yes (Compliance NAMUR NE 43)				

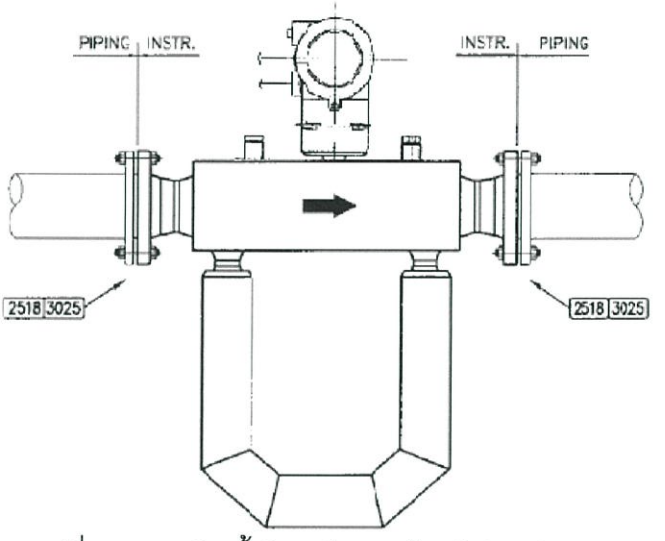
Notes: 1.
2.

No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Coriolis Mass Flow Meter		
						Code:	Doc. No:	Sheet of

Date : Time :

รูปที่ 4.4 เอกสารรายละเอียดของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

4.1.3 ลักษณะการติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส



รูปที่ 4.5 การติดตั้งมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส

หมายเหตุ: หมายเลข 3025 คือสลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

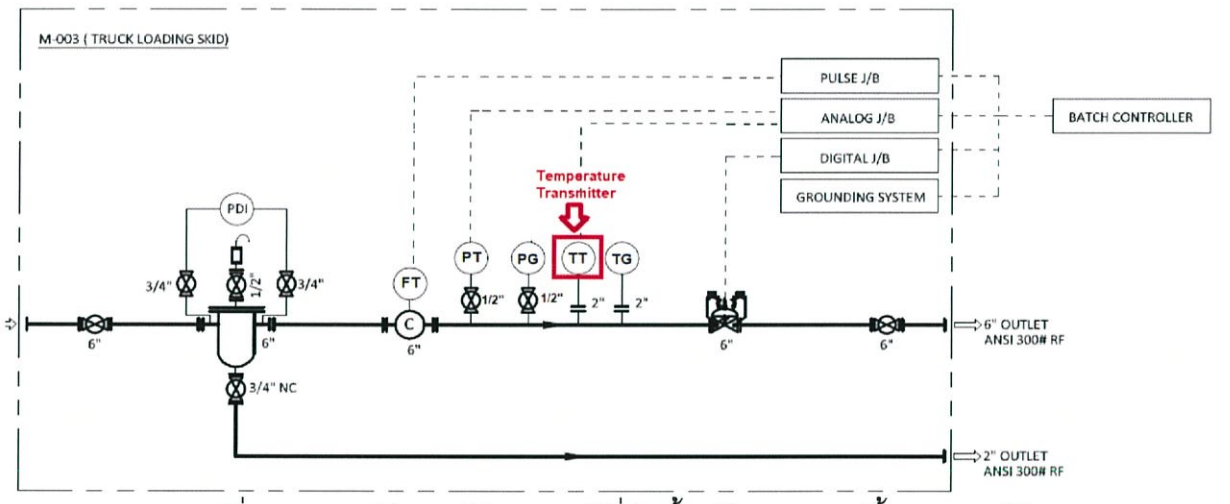
หมายเลข 2518 คือประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของของไหลและทำช่วยให้การเชื่อมต่อมีความแน่นหนาเพิ่มมากขึ้น

มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งในรูปแบบอินทิกรัล (Integral Type) คืออุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์และเซ็นเซอร์อยู่ด้วยกัน และท่อรูปตัวยูห้อยอยู่ในลักษณะดังรูปที่ 4.5 เนื่องจากของไหลที่ต้องการวัดมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งทางแผนกระบบท่อ (Piping) จะเตรียมหน้าแปลน (Flange) ซึ่งจะมีขนาด 6 นิ้ว เท่ากับขนาดของท่อหลักของกระบวนการที่มิเตอร์วัดการไหลโคริออลิสจะถูกนำไปติดตั้ง เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าแปลนของมิเตอร์วัดการไหลโคริออลิส โดยใช้สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) ทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน ที่ตัวทรานส์มิตเตอร์จะมีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าและสายสัญญาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 สาย สำหรับแหล่ง จ่ายไฟ และอีก 2 สายสำหรับส่งสัญญาณเข้า Batch Controller

4.2 ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ (Temperature Transmitter)

4.2.1 เหตุผลในการติดตั้ง

เนื่องจากเป็นกระบวนการวัดเพื่อซื้อขายแอลพีจีจะเป็นการวัดอัตราการไหลเชิงมวล ในการส่งแอลพีจีผ่านท่อจะต้องรักษาระดับของอุณหภูมิและความดันให้มีความเหมาะสม ที่จะทำให้แอลพีจีอยู่ในสถานะของเหลวโดยจะมีค่าอุณหภูมิที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งจะต้องมีการตรวจเช็คค่าอุณหภูมิอยู่เสมอเพื่อให้แน่ใจว่าแอลพีจีที่กำลังลำขนส่งนั้นมีสถานะเป็นของเหลวจริง โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่เลือก ใช้คือเทอร์โมมิเตอร์ชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง (Resistance Temperature Detector: RTD) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมและมีความเหมาะสมของย่านอุณหภูมิที่ต้องการวัด เนื่องจากมีของไหลในกระบวนการมีอุณหภูมิต่ำกว่า 500 ^{0}C ซึ่งเทอร์โมมิเตอร์ชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงมีความเหมาะสมมากกว่าเทอร์โมคัปเปิล และเลือกใช้เป็นแบบ 3 สาย เพื่อชดเชยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่อยู่ล้อมรอบทำให้อุณหภูมิที่วัดได้มีความเที่ยงตรงสูง



รูปที่ 4.6 ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในระบบการซื้อขายแอลพีจี

จากการข้อกำหนดของโครงการดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบททที่ 3 สามารถแสดงรายละเอียดการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิได้ดังนี้

4.2.2 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิชนิดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลง

I. ข้อมูลทั่วไป ที่ได้จาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: TT-001

- TT หมายถึง Temperature Transmitter

- 001 หมายถึง เลขที่ประจำอุปกรณ์

2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์: ระหว่างท่อขนส่งแอลพีจีกับรถบรรทุก

3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID: Z-003-15-PID-008

4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย

- Zone 1 หมายถึง พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ

- IIA เป็นการแบ่งกลุ่มของแก๊สหรือไอระเหย เนื่องจากแอลพีจีมีส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทน

5) บริเวณที่ติดตั้ง: ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Batch Controller

6) ขนาดของท่อ: ท่อมีขนาด 6 นิ้ว

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ: ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: แอลพีจี สถานะของเหลว

2) อัตราการไหลขณะทำงาน: ระบุไว้เป็น TBC (To be Confirm) หมายถึงรอการยืนยันค่าอัตราการไหลจากทางเจ้าของโครงการ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน: 40^{0}C และ 16 บาร์เกจ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 60^{0}C และ 21.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดและทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ประเภทของเซ็นเซอร์: RTD ชนิด 3 สาย

2) วัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์: Pt 100 โอห์ม หมายถึง เซนเซอร์วัดอุณหภูมิซึ่งใช้ลวดความต้านทานเป็นแพลทินั่ม (Platinum) โดยที่อุณหภูมิ 0°C จะมีค่าความต้านทาน 100 โอห์ม และจะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย 0.385 โอห์มต่อ 1°C

3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวเซ็นเซอร์: เหล็กกล้าไร้สนิม

4) การเชื่อมต่อระหว่างเซ็นเซอร์กับทรานส์ดิวเซอร์: Nipple-Unioun-Nipple โดย Nipple หมายถึงอุปกรณ์ข้อต่อที่มีปลายเป็นเกลียวตัวผู้ (เกลียวนอก) และ Unioun หมายถึงข้อต่อที่เอาไว้เชื่อมระหว่าง Nipple ทั้งสอง

5) ชนิดของทรานส์มิตเตอร์: แบบ Integral คือตัวเซ็นเซอร์และทรานส์มิตเตอร์อยู่ด้วยกัน

6) การเชื่อมต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟกับทรานส์มิตเตอร์: 1/2"NPT (F) หมายถึงมีขนาดการเชื่อม ต่อ 1/2 นิ้วโดยเป็นเกลียวตัวเมียแบบ NPT (เป็นเกลียวท่อแบบเทเปอร์คือเกลียวเอียง)

7) แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wires 24 V DC Loop Powered

8) การป้องกันการระเบิด: EExd ทนต่อไฟและการระเบิด

9) มาตรฐานการป้องกัน: IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่บ่งบอกถึงระดับการป้องกันของแข็ง (ฝุ่น) และน้ำของเครื่องจักร (Mechanical Casings) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Enclosures) การบอกถึงระดับการป้องกันนั้น จะถูกแสดงโดยตัวเลข 2 หลัก คือ IPxx โดยหลักแรกจะหมายถึงระดับการป้องกันของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญ ส่วนหลักที่สองจะหมายถึงระดับการป้อง กันน้ำ ในที่นี้ IP65 หมายถึง สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์และสามารถป้องกันน้ำจากการฉีดได้ทุกทิศทาง

10) ค่าความเที่ยงตรง: ± 0.1% of Span เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

11) สัญญาณเอาท์พุตที่ใช้: 4 ถึง 20 มิลลิแอมป์ พร้อมด้วย HART Protocol เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

12) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม

IV. ข้อมูลของเทอร์โมเวล ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การเชื่อมต่อกับกระบวนการ: 2"ANSI 300 lb, RF อธิบายได้ว่ามีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 2 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

2) วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวล: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) มีส่วนผสมของคาร์บอนในอัตราส่วนที่ต่ำ ส่งผลให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น

3) โครงสร้างของเทอร์โมเวล:

- Drilled Barstock: เป็นการขึ้นรูปตัวเทอร์โมเวลโดยใช้การกลึงจากเหล็กที่เป็นแท่งให้เหลือเป็นทรงของเทอร์โมเวลแบบ Tapered

- Tapered: เป็นตัวเทอร์โมเวลที่มีลักษณะเป็นเหมือนรูปกรวยปลายตัดคือ ส่วนบนจะกว้างกว่าส่วนปลายแต่ตรงปลายไม่แหลม

4) ขนาดการเชื่อมต่อภายใน: 1/2"NPT หมายถึง ขนาดของเทอร์โมเวลที่ใช้เชื่อมต่อกับเทอร์โมมิเตอร์ คือมีขนาด1/2นิ้ว และมีเกลียวเป็นแบบเทเปอร์

5) ความยาวของส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหน้าแปลน (Length Below Flange): เป็นความยาวที่เริ่มตั้งแต่หน้าแปลนลงไปจนปลายสุดก้านเทอร์โมเวล ซึ่งได้ระบุมาเป็น 250 มิลลิเมตร โดยเป็นระยะของนอซเซิล 150 เมตร รวมกับระยะความยาวที่เสียบเข้าไปในท่ออีก 100 มิลลิเมตร สามารถคำนวนได้จากความยาว 2/3 ของท่อ ซึ่งท่อที่ใช้มีขนาด 6 นิ้ว ระยะที่เสียบเทอร์โมเวลเข้าไปในท่อจึงเท่ากับ 100 มิลลิเมตร

6) การประทับตราตัวเลขประจำตัวอุปกรณ์: ถูกระบุไว้ว่า TW no., TW-001, Flange & Rating, Material, U-length หมายถึง จะต้องมีข้อมูลตัวเลขประจำตัวอุปกรณ์พร้อมทั้งขนาดของหน้าแปลนและ

อัตราการทนความดันของวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวล และความยาวของส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหน้าแปลนลงบนป้ายประจำตัวอุปกรณ์

V. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) LCD Display หมายถึง มีหน้าจอแอลซีดีไว้สำหรับแสดงผลที่ตัวทรานส์มิตเตอร์

2) Surge Protection หมายถึง มีการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากแรงดันเกินชั่วขณะโดยการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันแรงดันเกินชั่วขณะจากฟ้าผ่า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลาสั้นๆ ได้ ซึ่งพลังงานที่สูงมากนี้สามารถสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ และเครื่องมือ-เครื่องใช้ในการควบคุมการประ มวลผลได้

3) ใบรับรองคุณภาพ: ต้องการ ใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ ใบรับรองการทนต่อไฟและการระเบิด และใบรับรองการตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์การวัดและการทดสอบที่โรงงานผลิต

4) การตรวจพบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output –Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output-Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 ถึง 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6 mA (ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ

เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ ดังรูปที่ 4.7

GENERAL	1	**Tag Number**			TT-001			
	2	Service			LPG Bowser Loading Station			
	3	P&ID No.			Z-003-15-PID-008			
	4	Area Classification	Location		Zone1 IIA		Field - Batch Controller	
	5	Line No.	Line Size	schedule	6"-CS-LPG-XXXX		6 in	-
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		- Inch.		Carbon Steel	
	7	Equipment No.	Nozzle No.		-		-	
PROCESS CONDITIONS	8	Design Pressure	Design Temperature		21.5 kgf/cm²-g		-5 50 °C	
	9	Fluid Name	Fluid Phase		LPG		Liquid	
	10				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**
	11	Flow			TBC	TBC	TBC	
	12	Temperature			-5	40	60	°C
	13	Pressure			-	16	21.5	kgf/cm²-g
	14	Density@Normal	Velocity@Max Flow		-	kg/m³	-	m/s
	15	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-	
ELEMENT	16	Type			Dual element/RTD,3-wire			
	17	Stem(Sheath) O / D	Construction		-		-	
	18	Sensor Material			PT-100			
	19	Sensor Length			MFR. Std.			
	20	Stem(Sheath) Material			316 SS			
	21	Extension: Type	Material		Nipple-Union-Nipple		316 SST	
	22	Accuracy			+/-0.1%			
	23	Other			-			
TRANSMITTER	24	Type	Output		Integral		4-20 mA with HART Protocol	
	25	Connection	Power Supply		1/2" NPT(F)		2 wire 24 Vdc loop powered	
	26	Instrument Range : Min.	Max.		- °C		- °C	
	27	Calibration Range : Min.	Max.		- °C		- °C	
	28	Explosion Protection	Enclosure		ATEX :Exd		IP 65 as minimum	
	29	Mounting	Electrical Connection		-		1/2" NPT(F)	
	30	System Accuracy	Housing Material		+/-0.1% of span		Aluminum with polyurethane paint	
WELL	31	Process Connection			2" ANSI 300 lb, RF			
	32	Material	Stellite		316L SS		-	
	33	Sheathing	Coating		-		-	
	34	Construction Type	Internal Connection		Flanged Barstock / Tapered Type		1/2" NPT(F)	
	35	Lagging Extension	Plug & Chain		MFR. Std.		No	
	36	Overall Length			MFR. Std.			
	37	Stamping			Tag no. TW-001, Flange & Rating, Material, U-Length.			
	38	Length Below Thread / Flanged			250 mm. (U-Length)			
	39	Root O.D. (mm)	Tip O.D. (mm)		MFR. Std.		MFR. Std.	
OPTIONS	40	LCD Display	Mounting Bracket		Integral LCD Display		-	
	41	Remote LCD Display	Surge Protection		No		Yes (Integral)	
PURCHASE	42	Manufacturer	Model					
	43	Detailed Model						
	44	Purchase Order No.	Requisition No.					
	45	Serial Number						
ADDITIONAL FEATURES	47	Drawing No.						
	48	Certification			Material, Calibration, Ex_proof			
	49	Crippled Mode Detection			High (NAMUR recommendation NE 43)			
	50	Other			Wake Frequency calculations sheets.			

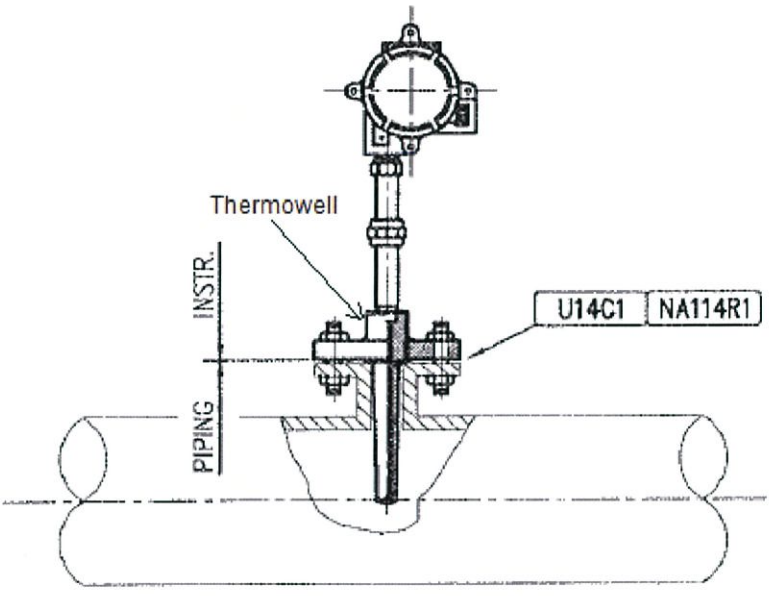
Notes: See notes

							TE/TT Temperature Transmitter	
No.	By	Date				Code:	Doc. No:	Sheet of

Date : Time :

รูปที่ 4.7 เอกสารรายละเอียดของทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ

4.2.3ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.8 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ

หมายเหตุ: หมายเลข U14C1 คือสลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

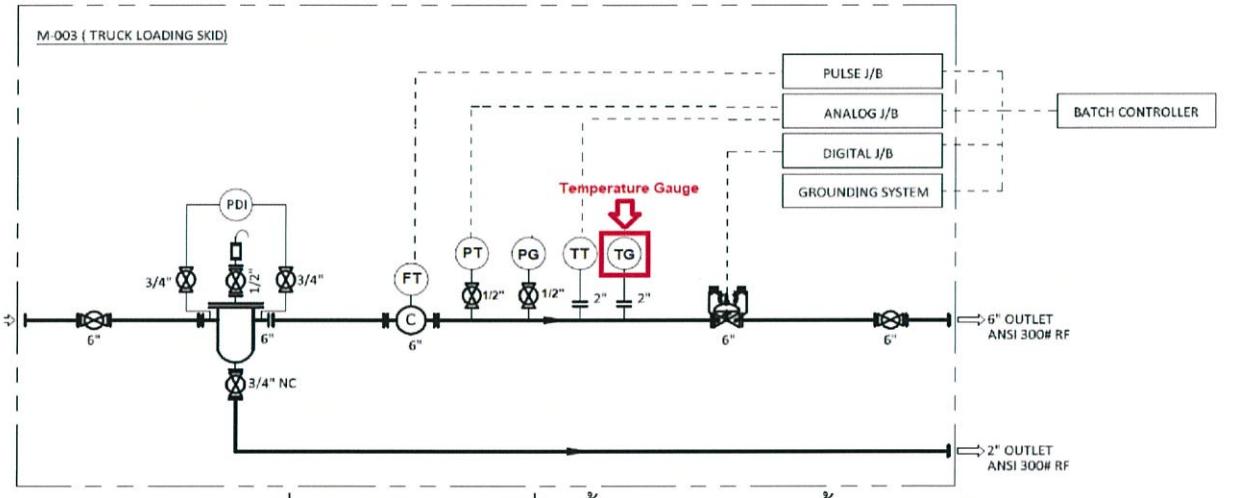
หมายเลข NA114R1 คือประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของของไหลและทำช่วยให้การเชื่อมต่อมีความแน่นหนาเพิ่มมากขึ้น

ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิ ถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยเป็นการติดตั้งในรูปแบบอินทิกรัล (Integral Type) คืออุปกรณ์ทรานส์มิตเตอร์และเซ็นเซอร์อยู่ด้วยกัน ซึ่งทางแผนกระบบท่อ (Piping) จะเตรียมหน้าแปลน (Flange) ซึ่งมีขนาด 6 นิ้ว เท่ากับขนาดของท่อหลักของกระบวนการที่ ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิจะถูกนำไปติดตั้ง เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าแปลนของทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน โดยใช้สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) ทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน ซึ่งในการติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิจะต้องมีการติดตั้งเทอร์โมเวลด้วย เนื่องจากเทอร์โมเวลเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งที่ต้องการวัดสัมผัสกับเครื่องมือวัดโดยตรงและเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับตัว เครื่องมือวัด และที่ตัวทรานส์มิตเตอร์จะมีการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้าและสายสัญญาณ โดยแบ่งออกเป็น 2 สาย คือสำหรับแหล่งจ่ายไฟ และสำหรับส่งสัญญาณเข้า Batch Controller

4.3 เกจวัดอุณหภูมิ (Temperature Gauge)

4.3.1 เหตุผลในการติดตั้ง

เนื่องจากเป็นกระบวนการขนส่งแอลพีจีที่ต้องมีการกำหนดความดันและอุณหภูมิให้อยู่ในจุดที่เหมาะสมที่ทำให้แอลพีจีมีสถานะเป็นของเหลวอยู่ตลอด ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจวัดค่าของอุณหภูมิของแอลพีจีอยู่เสมอ โดยมีการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิดังที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 4.2.1 แต่ก็ต้องมีการติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิไว้ด้วยเช่นกัน เพื่อให้สามารถตรวจสอบอุณหภูมิที่สถานที่หน้างานได้และเพื่อให้รู้อุณหภูมิขณะที่ทำการขนส่งอยู่เสมอ โดยเกจวัดอุณหภูมิที่ใช้เป็นเกจวัดอุณหภูมิชนิดแผ่นโลหะคู่



รูปที่ 4.9 เกจวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี

จากการข้อกำหนดของโครงการดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบททที่ 3 สามารถแสดงรายละเอียดการออกแบบเกจวัดอุณหภูมิได้ดังนี้

4.3.2 เอกสารรายละเอียดของเกจของวัดอุณหภูมิ

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

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: TG - 001

-TG หมายถึง Temperature Gauge

-001 หมายถึง เลขที่ประจำอุปกรณ์

2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์: ระหว่างท่อขนส่งแอลพีจีกับรถบรรทุก

3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID: Z-003-15-PID-008

4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย

- Zone 1 หมายถึง พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ

- IIA เป็นการแบ่งกลุ่มของแก๊สหรือไอระเหย เนื่องจากแอลพีจีมีส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทน

5) บริเวณที่ติดตั้ง: ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Batch Controller

6) ขนาดของท่อ: ท่อมีขนาด 6 นิ้ว

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ: ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: แอลพีจี สถานะของเหลว

2) อัตราการไหลขณะทำงาน: ระบุไว้เป็นTBC (To be Confirm) หมายถึงรอการยืนยันค่าอัตราการไหลจากทางเจ้าของโครงการ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน: 40^{0}C และ 16 บาร์เกจ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 60^{0}C และ 21.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ประเภทของเซ็นเซอร์: เทอร์โมมิเตอร์แบบแถบโลหะคู่

2) ขนาดของหน้าปัทม์และสีของหน้าปัทม์: หน้าปัทม์มีขนาด 100 มิลลิเมตร โดยพื้นหลังของหน้า ปัทม์เป็นพื้นขาว และตัวอักษรเป็นสีดำ

3) วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือนของหน้าปัทม์: เหล็กกล้าไร้สนิม

4) การซีลรอบหน้าปัทม์: Weatherproof Heavy-Duty หมายถึง ต้องทนต่อสภาพอากาศทั้งแดดและฝนได้

5) วัสดุที่ใช้ทำกระจกหน้าปัทม์: Laminated Safety Glass คือกระจกนิรภัยแบบลามิเนตเพื่อจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งแกร่งและตอบสนองการใช้งานในด้านความปลอดภัย

6) ก้านของเทอร์โมมิเตอร์ (Stem): ในส่วนนี้จะมีส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- รูปแบบก้าน (Type): Thread คือเป็นแบบเกลียว

- การเชื่อมต่อ (Connection): 1/2" NPT (M) หมายความว่า จุดเชื่อมต่อมีขนาด 1/2"NPT (M) คือมีขนาด 1/2 นิ้วและเป็นเกลียวตัวผู้แบบ NPT

- ความยาวก้าน (Length): ระบุไว้ว่า MFR. Std. (Manufacturer Standard) หมายถึง ความยาวของก้านเทอร์โมมิเตอร์จะขึ้นอยู่กับมาตรฐานของผู้ผลิต

- วัสดุที่ใช้ทำก้านเทอร์โมมิเตอร์: ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม

- ตำแหน่ง (Position): สามารถหมุนปรับได้

- เส้นผ่าศูนย์กลาง (Diameter): ระบุไว้ว่า MFR. Std. (Manufacturer Standard) หมายถึง เส้นผ่าศูนย์กลางของก้านเทอร์โมมิเตอร์ขึ้นอยู่กับมาตรฐานผู้ผลิต

7) ค่าความเที่ยงตรง: ± 1% of Span เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

IV. ข้อมูลของเทอร์โมเวล ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) การเชื่อมต่อกระบวนการ: 2" ANSI 300 lb, RF อธิบายได้ว่า มีการเชื่อมต่อหน้าแปลนขนาด 2 นิ้ว ซึ่งมีอัตราการทนความดัน 300 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว รูปแบบของหน้าแปลนเป็นแบบผิวหน้ายก (Raise Face)

2) วัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวล: เหล็กกล้าไร้สนิมที่มีส่วนผสมของคาร์บอนในปริมาณต่ำทำให้สามาถเพิ่มความเหนียวได้มากยิ่งขึ้น

3) โครงสร้างของเทอร์โมเวล:

- Drilled Barstock เป็นการขึ้นรูปตัวเทอร์โมเวลโดยใช้การกลึงจากเหล็กที่เป็นแท่งให้เหลือเป็นทรงของเทอร์โมเวลแบบ Tapered

- Tapered เป็นตัวเทอร์โมเวลที่มีลักษณะเป็นเหมือนรูปกรวยคือ ส่วนบนจะกว้างกว่าส่วนปลาย

4) ขนาดการเชื่อมต่อภายใน: 1/2"NPT หมายถึง ขนาดของเทอร์โมเวลที่ใช้เชื่อมต่อกับเทอร์โมมิ เตอร์ คือมีขนาด1/2นิ้ว และมีเกลียวเป็นแบบเทเปอร์

5) ความยาวของส่วนที่เลยหน้าแปลนขึ้นไป (Lagging Extension): เป็นความยาวของเทอร์โมเวลตั้งแต่หน้าแปลนขึ้นไปสุดปลายด้านบนของเทอร์โมเวล โดยได้ระบุเป็นตามมาตรฐานของผู้ผลิต

6) ความยาวโดยรวมของเทอร์โมเวล (Overall Length): เป็นการบอกขนาดความยาวของเทอร์โมเวลทั้งหมด โดยสามารถรวมได้หาได้จากการรวมค่าระหว่าง Lagging Extension กับ Length below Flange

7) ความยาวของส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหน้าแปลน (Length below Flange): เป็นความยาวที่เริ่มตั้งแต่หน้าแปลนจนลงไปจนปลายสุดก้านเทอร์โมเวล ซึ่งได้ระบุมาเป็น 250 มิลลิเมตร โดยเป็นระยะของนอซเซิล 150 เมตร รวมกับระยะความยาวที่เสียบเข้าไปในท่ออีก100มิลลิเมตร สามารถคำนวนได้จากความยาว 2/3 ของท่อ ซึ่งท่อที่ใช้มีขนาด 6 นิ้ว ระยะที่เสียบเทอร์โมเวลเข้าไปในท่อจึงเท่ากับ100 มิลลิเมตร

V. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ

1) ใบรับรองคุณภาพ: ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ

2) มาตรฐานการป้องกัน: IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่บ่งบอกถึงระดับการป้องกันของแข็ง (ฝุ่น) และน้ำของเครื่องจักร (Mechanical Casings) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Enclosures) การบอกถึงระดับการป้องกันนั้น จะถูกแสดงโดยตัวเลข 2 หลัก คือ IPxx โดยหลักแรกจะหมายถึงระดับการป้องกัน

ของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญ ส่วนหลักที่สองจะหมายถึงระดับการป้องกันน้ำ ในที่นี้ IP65 หมายถึง สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์และสามารถป้องกันน้ำจากการฉีดได้ทุกทิศทาง

VI. ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นๆ มีการระบุข้อมูลดังนี้

1) การทำป้ายประจำตัวอุปกรณ์ (Tag Plate) จะต้องระบุเลขประจำตัวอุปกรณ์พร้อมทั้งชื่อของผู้ผลิตอุปกรณ์ หมายเลขโมเดล วันที่ทำการสอบเทียบครั้งสุดท้าย และช่วงของการสอบเทียบควรจะประทับไว้ที่ตัวอุปกรณ์

2) การประทับตราตัวเลขประจำตัวอุปกรณ์: ถูกระบุไว้ว่า TW no., TW-002, Flange & Rating, Material, U-length หมายถึง จะต้องมีข้อมูลตัวเลขประจำตัวอุปกรณ์พร้อมทั้งขนาดของหน้าแปลนและอัตราการทนความดันอวัสดุที่ใช้ทำเทอร์โมเวล และความยาวของส่วนที่อยู่ต่ำกว่าหน้าแปลนลงบนป้ายประจำตัวอุปกรณ์

3) ความยาวของนอซเชิลคือ150 มิลลิเมตร เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

เอกสารรายละเอียดของเกจวัดอุณหภูมิ แสดงดังรูปที่ 4.10

GENERAL	1	**Tag Number**			TG-001					
	2	Service			LPG Bowser Loading Station					
	3	P&ID No.			Z-003-15-PID-008					
	4	Area Classification	Location		Zone 1 IIA		Field			
	5	Line No.	Line Size	schedule	6"-CS-LPG-XXXX		-		-	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		-		Carbon Steel			
	7	Equipment No.	Nozzle No.		-		-			
PROCESS CONDITIONS	8	Design Pressure	Design Temperature		21.5 kgf/cm²		60 °C			
	9	Fluid Name	Fluid Phase		LPG		Liquid			
	10				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**		
	11	Flow			TBC	TBC	TBC	-		
	12	Temperature			-5	40	60	°C		
	13	Pressure			-	16	21.5	kgf/cm²-g		
	14	Density@Normal	Velocity@Max Flow		-	kg/m³	-	m/s		
	15	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-			
THERMOMETER	16	Type			Bi - Metallic					
	17	Calibration Range Min.	Max.		- °C		- °C			
	18	Dial Size	Dial Color		100 mm (4 inch)		White dial / Black figure			
	19	Case Material	External Calibrator		SS 316		Yes			
	20	Hermet. Sealed Case	Lens Material		Weatherproof heavy-duty		Laminated safety glass			
	21	Stem	Type	Connection	Length	Thread	1/2" NPT(M)	MFR. Std.		
	22		Material	Position	Diameter	SS 316Ti	Adjustable "every angle"	MFR. Std.		
	23	Accuracy				+/- 1% of full scale				
	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			2" ANSI 300 lb. RF					
	34	Material			316L SS					
	35	Sheathing	Coating		-		-			
	36	Construction Type	Internal Connection		Drilled Barstock / Taper Type		1/2" NPT(F)			
	37	Lagging Extension	Plug & Chain		MFR. Std.		No			
	38	Treatments	Finish		-		-			
	39	Overall Length	Stamping		MFR. Std.		Yes, see note2			
	40	Length Below Thread / Flanged			250mm. (U-Length)					
	41	Root O.D. (mm.)	Tip O.D. (mm.)		MFR. Std.		MFR. Std.			
PURCHASE	42	Manufacturer	Model							
	43	Detailed Model								
	44	Purchase Order No.	Requisition No.							
	45	Price	Item Number	Serial Number						
ADDITIONAL FEATURES	47	Drawing No.								
	48	Certification			Material, Calibration					
	49	Other			Enclosure : IP65					
	50									

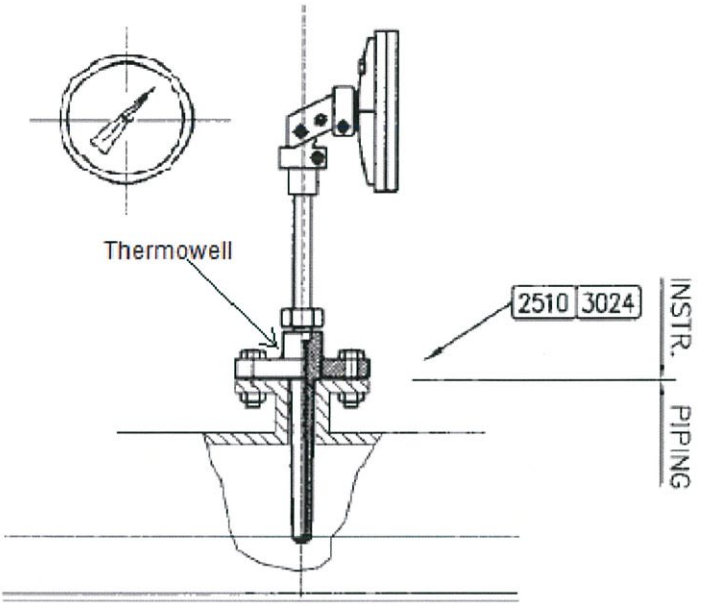
Notes: 1. SST tag plate to be stamped with tag No., Manufacturer's name, Model No., shall be provided on the instrument.
2. Line 39, Stamping : Tag no. TW-002, Flange & Rating, Material, U-Length.
3. Nozzle length = 150 mm.

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

Date : Time :

รูปที่ 4.10 เอกสารรายละเอียดของเกจวัดอุณหภูมิ

4.3.3การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ



รูปที่ 4.11 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ

หมายเหตุ: หมายเลข 3024 คือสลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

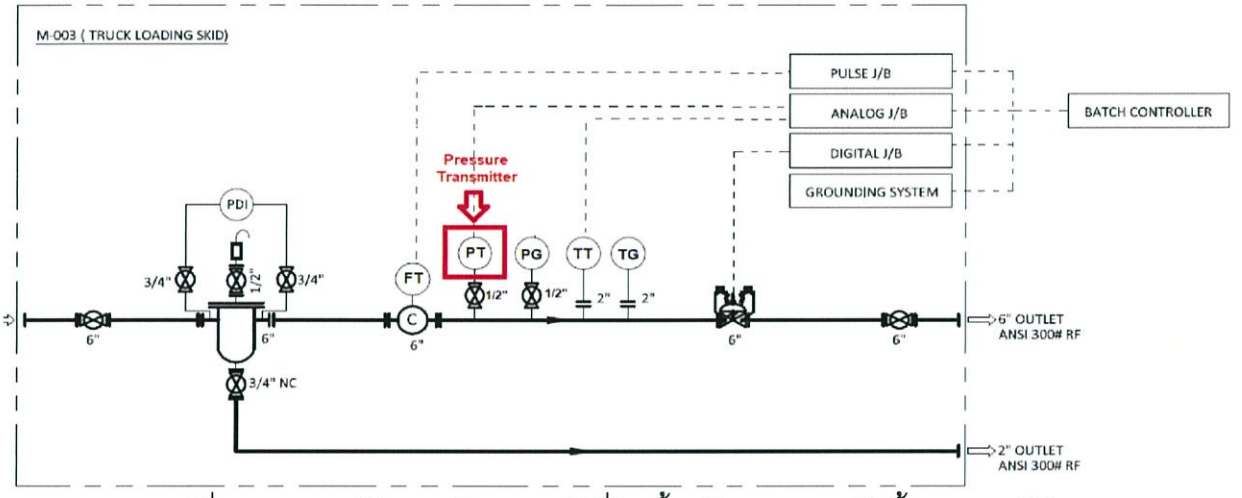
หมายเลข 2510 คือประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วซึมของของไหลและทำช่วยให้การเชื่อมต่อมีความแน่นหนาเพิ่มมากขึ้น

เกจวัดอุณหภูมิ ถูกติดตั้งอยู่ในกระบวนการ โดยทางแผนกระบบท่อ (Piping) จะเตรียมหน้าแปลน (Flange) สำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกับหน้าแปลนของเทอร์โมเวล โดยใช้สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) ทำหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน ในการติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิก็จะต้องมีการติดตั้งเทอร์โมเวลเช่นเดียวกับทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิด้วยเหตุผลเดียวกันคือ ทำหน้าที่เป็นตัวป้อง กันไม่ให้สิ่งที่ต้องการวัดสัมผัสกับเครื่องมือวัดโดยตรงและเพื่อเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับตัวเครื่องมือวัด

4.4 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

4.4.1 เหตุผลในการติดตั้ง

เนื่องจากเป็นกระบวนการวัดเพื่อซื้อขายแอลพีจี ในการส่งผ่านแอลพีจีผ่านท่อจะต้องรักษาระดับของอุณหภูมิและความดันให้มีความเหมาะสม ที่จะทำให้แอลพีจีอยู่ในสถานะของเหลวโดยจะมีค่าความดันที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งจะต้องมีตรวจวัดค่าความดันของแอลพีจีอยู่เสมอเพื่อให้แน่ใจว่าแอลพีจีที่กำลังขนส่งนั้นมีสถานะเป็นของเหลวจริง โดยอุปกรณ์ที่เลือกใช้คือทรานส์มิตเตอร์วัดความดันแบบไดอะแฟรม ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมและมีความเหมาะสมของช่วงความดันที่ต้องการวัด



รูปที่ 4.12 ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี

จากการข้อกำหนดของโครงการดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบททที่ 3 สามารถแสดงรายละเอียดการออกแบบทรานส์มิตเตอร์วัดความดันได้ดังนี้

4.4.2 เอกสารรายละเอียดทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

I. ข้อมูลทั่วไป ที่ได้จาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: PT-001

- PT หมายถึง Pressure Transmitter
- 001 หมายถึง เลขที่ประจำอุปกรณ์

2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์: ระหว่างท่อขนส่งแอลพีจีกับรถบรรทุก

3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID: Z-003-15-PID-008

4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย

-Zone 1 หมายถึง พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ

- IIA เป็นการแบ่งกลุ่มของแก๊สหรือไอระเหย เนื่องจากแอลพีจีมีส่วนผสมของโพรเพนและบิว เทน

5) บริเวณที่ติดตั้ง: ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Batch Controller

6) ขนาดของท่อ: ท่อมีขนาด 6 นิ้ว

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ: ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: แอลพีจี สถานะของเหลว

2) อัตราการไหลขณะทำงาน: ระบุไว้เป็น TBC (To be Confirm) หมายถึง รอการยืนยันค่าอัตราการไหลจากทางเจ้าของโครงการ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน: 40^{0}C และ 16 บาร์เกจ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 60^{0}C และ 21.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัดและทรานส์มิตเตอร์ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ช่วงการวัดที่อุปกรณ์สามารถทำได้: ระบุเป็น MFR. Std. (Manufacturer Standard) หมายถึง เป็นไปตามมาตรฐานของผู้ผลิต

2) ช่วงของการสอบเทียบ: 0 ถึง 25 โดยในการเลือกค่าสูงสุดของช่วงการสอบเทียบโดยปกติจะเลือกตามความเหมาะสมกับค่าความดันที่ใช้ในกระบวนการในกระบวนการนี้ความดันที่ออกแบบอยู่ที่ 21.5 kgf/cm^2-g ดังนั้นจึงเลือกค่าสูงสุดของช่วงการสอบเทียบที่ 25 kgf/cm^2-g

3) วัสดุที่ใช้ห่อหุ้มตัวทรานส์มิตเตอร์: ทำมาจากอะลูมิเนียม

4) ประเภทของเซ็นเซอร์: แบบไดอะแฟรม

5) วัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์: เหล็กกล้าไร้สนิมคาร์บอนต่ำ ซึ่งจะช่วยให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น

6) วัสดุที่ใช้ทำตัวทรานส์มิตเตอร์, หน้าแปลนและวาล์วระบาย: เหล็กกล้าไร้สนิมคาร์บอนต่ำ

7) วัสดุที่ใช้ทำส่วนที่สัมผัสกับของไหล: ทำมาจากแกรไฟต์ที่บรรจุด้วยเทฟลอนซึ่งมีคุณสมบัติในด้านการทนทานต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทนความร้อนสูง

8) ของเหลวที่ถูกบรรจุไว้ในไดอะแฟรม: ซิลิโคน

9) แหล่งจ่ายไฟ: 2 Wire 24 VDC Loop Powered

10) สัญญาณเอาต์พุต: 4-20 mA HART โปรโตคอล เป็นไปตามข้อกำหนดของโครงการ

11) ค่าความเที่ยงตรง: +/-0.075% of Span

12) ลักษณะการเชื่อมต่อกระบวนการ และการเชื่อมต่อสายไฟ: 1/2" NPT (F) หมายถึงมีขนาดการเชื่อมต่อ 1/2 นิ้ว โดยเป็นเกลียวแบบเทเปอร์ ซึ่งทิ้งเกลียวเป็นแบบเกลียวตัวเมีย

IV. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ

1) LCD Display คือมีหน้าจอแอลซีดีไว้สำหรับแสดงผลที่ตัวทรานส์มิตเตอร์

2) Surge Protection คือ มีการป้องกันกรณีเกิดฟ้าผ่า จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์

3) วาล์วมานิโฟลด์: 2 Way Manifold หมายถึง วาล์ว 2 ทาง วัสดุที่ใช้ทำวาล์ว 2 ทางเป็นเหล็ก กล้าไร้สนิมและมีขนาดการเชื่อมต่อ 1/2 นิ้ว โดยเป็นเกลียวแบบ NPT (เกลียวเอียง)

4) ใบรับรองคุณภาพ: ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ และใบรับรองการทนต่อไฟและการระเบิด

5) การตรวจพบความผิดพลาดของระบบ: NAMUR NE43 เป็นสัญญาณที่ใช้ในการกำหนดระบบปฏิบัติการ AO-LL (Analog Output –Lower Limit) และ AO-UL (Analog Output-Upper Limit) ซึ่งได้รับการออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่งสัญญาณได้มากกว่าสัญญาณมาตรฐานเดิม (4 ถึง 20 mA) เล็กน้อย โดยจะส่งสัญญาณ 3.6 mA หรือ 21.6mA (ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้) ไปที่ตัวควบคุมในกรณีที่เกิดการผิดพลาดของระบบ

เอกสารรายละเอียดทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน แสดงดังรูปที่ 4.13

GENERAL	1	**Tag Number**			PT-001							
	2	Service			LPG Bowser Loading Station							
	3	P&ID No.			Z-003-15-PID-008							
	4	Area Classification	Location		Zone1 IIA				Field - Batch Controller			
	5	Line No.	Line Size	schedule	6"-CS-LPG-XXXX				6	in	-	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		-				Carbon Steel			
	7	Equipment No.	Nozzle No.									
PROCESS CONDITIONS	8	Fluid Name	Fluid Phase		LPG				Liquid			
	9				**Minimum**		**Normal**		**Maximum**		**Units**	
	10	Flow			TBC		TBC		TBC			
	11	Temperature			-5		40		60		°C	
	12	Pressure (DP for Diff Pressure Transmitter)			-		16		21.5		kgf/cm²-g	
	13	Density									kg/m³	
	14	Viscosity									cP	
	15	Corrosive	Erosive	Toxic	-		-		-			
	16	Design Pressure	Design Temp.		21.5		kgf/cm²-g		-5	60	°C	
TRANSMITTER	17	Instrument Range : Min.	Max.		MFR. Std.	kgf/cm²-g			MFR. Std.	kgf/cm²-g		
	18	Calibration Range : Min.	Max.		0	kgf/cm²-g			25	kgf/cm²-g		
	19	Housing Material			Aluminum with Polyurethane paint							
	20	Element Type	Element Material		Diaphragm				316L SST			
	21	Body Material	Body Rating		316L SST				-			
	22	Process Flanges Material	Vent Valve Material		316L SST				316L SST			
	23	Wetted O-Rings Material			Graphite - Filled PTFE							
	24	Fill Fluid			Silicone							
	25	Power Supply	Output		2-wires, 24 VDC loop powered				4-20 mA with HART Protocol			
	26	Explosion Protection	Enclosure		EEx-d				IP65 as minimum			
	27	System Accuracy			+/- 0.075 % of Span							
	28	Process Connection	Electrical Connection		1/2" NPT(F)				1/2" NPT(F)			
	29											
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				No			
	40	Remote LCD Display	Distance to Trans.		No				-			
	41	Hydrostatic Testing			-							
	42	Cleaning			-							
	43	Surge Protection			Integral							
	44	Manifold Valve	Material	Process Connection	2 Way Manifold		316 SST		1/2"NPT			
	45	Mounting Bracket			-							
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, Ex_proof							
	52	Crippled Mode Detection			Yes. (NAMUR recommendation NE43)							
	53	Purge set or Blowback block			No							

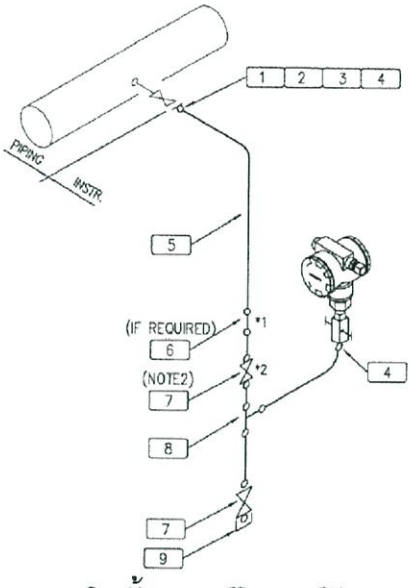
Notes: See notes

No.	By	Date	Revision	Check	Appr	Pressure Transmitter		Sheet of

Date : Time :

รูปที่ 4.13 เอกสารายละเอียดทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

4.4.3 ลักษณะการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน



รูปที่ 4.14 การติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดัน

จากรูปที่ 4.14 เป็นการติดตั้งแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 คือ ประเก็น (Gasket) มีหน้าที่ป้องกันการรั่วของของเหลว

หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อตหกเหลี่ยม (Bolt and Hex Nut) มีหน้าที่เชื่อมต่อหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

หมายเลข 3 คือ หน้าแปลนที่มีช่องเป็นเกลียว (Thread Flange) ลักษณะเกลียว NPT

หมายเลข 4 คือ ข้อต่อตัวผู้ (Male Connector)

หมายเลข 5 คือ ท่อ (Tube)

หมายเลข 6 คือ ข้อต่อสองทาง (Union)

หมายเลข 7 คือ วาล์ว (Needle Valve)

หมายเลข 8 คือ ข้อต่อสามทาง (Union Tee)

หมายเลข 9 คือ ท่อสำหรับอุดรู (Plug Tube)

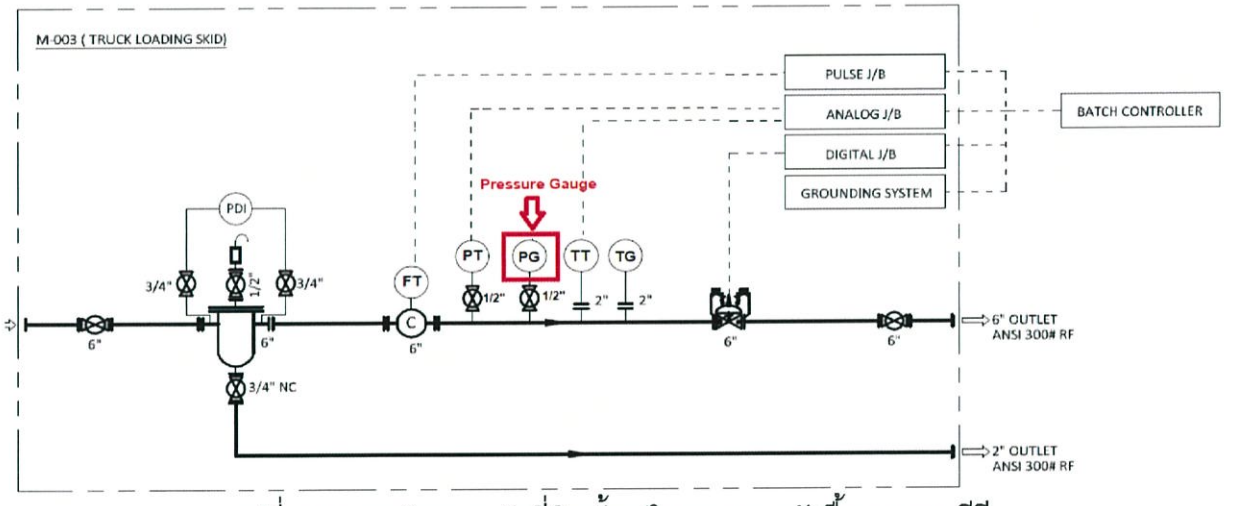
ในการติดตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันจะติดตั้งในรูปแบบอิมพัลส์ไลน์ (Impulse Line) โดยกรณีนี้ของไหลในกระบวนการคือ แอลพีจี ซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว ดังนั้นการติดตั้งจะถูกแท็ปลงมา 45 องศา หลังจากนั้นจะมีวาล์วกั้น (Block Valve) ติดตั้งไว้ เพื่อใช้สำหรับในกรณีที่ต้องการซ่อมบำรุงหรือนำทรานส์มิตเตอร์ไปสอบเทียบ และมีการติดตั้งวาล์วมานิโฟลด์ที่ทรานส์มิตเตอร์เป็นลักษณะวาล์ว 2 ทาง ประกอบ

ไปด้วย Isolate Valve 1 ตัว Vent Valve1 ตัว ไว้ใช้ในการซ่อมบำรุงหรือสอบเทียบ เพราะในทางปฏิบัติเมื่อเราปิดวาล์วกั้นแล้ว ภายในท่อก่อนถึงตัวทรานส์มิตเตอร์ยังคงมีความดันและของไหลในกระบวนการหลงเหลืออยู่ จึงต้องกำจัดความดันและของไหลนี้ออกไป โดยใช้ Isolate Valve และ Vent Valve ทำหน้าที่ในการระบายออก

4.5 เกจวัดความดันชนิดแถบโลหะคู่

4.5.1 เหตุผลในการติดตั้ง

เนื่องจากเป็นกระบวนการขนส่งแอลพีจี ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญกับค่าของอุณหภูมิและความดัน ณ เวลาต่างๆ เนื่องจากต้องรักษาสถานะของแอลพีจีให้เป็นของเหลวอยู่เสมอ นอกจากจะต้องติด ตั้งทรานส์มิตเตอร์วัดความดันดังที่ได้กล่าวในหัวข้อ 4.4.1 แต่ก็ยังต้องมีการติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิไว้สำหรับการตรวจดูอุณหภูมิได้จากที่หน้างานด้วยเช่นกัน เพื่อให้สะดวกต่อการตรวจสอบค่าของอุณหภูมิขณะอยู่ที่หน้างานจริง



รูปที่ 4.15 เกจวัดความดันที่ติดตั้งอยู่ในระบบการวัดซื้อขายแอลพีจี

จากการข้อกำหนดของโครงการดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบททที่ 3 สามารถแสดงรายละเอียดการออกแบบเกจวัดความดันได้ดังนี้

4.5.2 เอกสารรายละเอียดเกจวัดความดัน

I. ข้อมูลทั่วไป ที่ได้จาก Piping and Instrument Diagram (P&ID) ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) เลขที่ประจำตัวอุปกรณ์: PG-001

- PG หมายถึง Pressure Gauge

- 001 หมายถึง เลขที่ประจำอุปกรณ์

2) สถานที่ติดตั้งอุปกรณ์: ระหว่างท่อขนส่งแอลพีจีกับรถบรรทุก

3) เลขที่หน้าเอกสาร P&ID: Z-003-15-PID-008

4) การแบ่งเขตพื้นที่อันตราย: อยู่ในเขตพื้นที่อันตราย

-Zone 1 หมายถึง พื้นที่อันตรายเนื่องจากมีการรั่วไหลก๊าซหรือไอระเหยของสารไวไฟ (Flammable Gases or Vapors) ออกมาผสมอยู่ในบรรยากาศที่จุดติดไฟได้อยู่บ่อยครั้งในกระบวนการทำงานตามปกติ

- IIA เป็นการแบ่งกลุ่มของแก๊สหรือไอระเหย เนื่องจากแอลพีจีมีส่วนผสมของโพรเพนและบิวเทน

5) บริเวณที่ติดตั้ง: ติดตั้งภายในกระบวนการและส่งสัญญาณเชื่อมต่อกับ Batch Controller

6) ขนาดของท่อ: ท่อมีขนาด 6 นิ้ว

7) วัสดุที่ใช้ทำท่อ: ท่อเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

II. ข้อมูลทางด้านกระบวนการ ได้มาจากแผนกกระบวนการ ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ชื่อของไหลและสถานะของของไหล: แอลพีจี สถานะของเหลว

2) อัตราการไหลขณะทำงาน: ระบุไว้เป็น TBC (To be Confirm) หมายถึงรอการยืนยันค่าอัตราการไหลจากทางเจ้าของโครงการ

3) อุณหภูมิและความดันขณะทำงาน: 40^{0}C และ 16 บาร์เกจ ตามลำดับ

4) อุณหภูมิและความดันที่ออกแบบ: 60^{0}C และ 21.5 บาร์เกจ ตามลำดับ

III. ข้อมูลด้านอุปกรณ์การวัด ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้

1) ประเภทของเกจ: Adjustable Pointer Type Pressure Gauge หมายถึงสามารถปรับเข็มได้เล็กน้อยในกรณีที่เข็มชี้ไม่ตรง เป็นการ Set Zero ของอุปกรณ์

2) ขนาดการเชื่อมต่อ: Threaded 1/2"NPTM หมายถึงมีขนาดการเชื่อมต่อ 1/2 นิ้ว เป็นเกลียวแบบเทเปอร์ (เกลียวเอียง)

3) การเชื่อมต่อของตัวเกจ: เชื่อมต่อทางด้านล่าง

4) ขนาดของหน้าปัทม์: มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง100มิลลิเมตร

5) วัสดุที่ใช้ทำตัวเรือนของหน้าปัทม์: เหล็กกล้าไร้สนิม

6) วัสดุที่ใช้ทำกระจกหน้าปัทม์: Laminated Safety Glass

7) โครงสร้างและวัสที่ใช้ทำแหวนรอง: เป็นแบบ Bayonet Lock Bezel ทำมาจากเหล็กกล้าไร้สนิม

8) การระบายความดันออกจากตัวเกจ: เป็นการระบายผ่านทาง Blow out disc (เป็นรูระบายความดันอยู่บนหัวของตัวเกจ)

9) ค่าความเที่ยงตรง: +/-1% of Full Scale

10) ประเภทของเซ็นเซอร์: แบบบูร์ดอง

11) วัสดุที่ใช้ทำหลอดบูร์ดอง: เหล็กกล้าไร้สนิมคาร์บอนต่ำ ซึ่งจะทำให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้น

12) วัสดุที่ใช้ทำเบ้าของหลอดบูร์ดอง (Socket) และเฟืองขับเข็มหมุน: เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ และเหล็กกล้าไร้สนิม ตามลำดับ

13) ของเหลวที่บรรจุอยู่ในหน้าปัทม์: ไม่มีการบรรจุของเหลวในหน้าปัทม์ ในบางกรณีอาจมีการบรรจุกลีเซอรีนในหน้าปัทม์เพื่อช่วยดูดซับแรงสั่นสะเทือนและความดันที่เกิดขึ้นภายในตัวเกจ จะนิยมใช้ในกรณีที่จุดที่ใช้งานมีการสั่นสะเทือนตลอดเวลาหรือจุดวัดความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมอย่างรุนแรง

14) มาตรฐานการป้องกัน: IP (Ingress Protection) คือมาตรฐานที่บ่งบอกถึงระดับการป้องกันของแข็ง (ฝุ่น) และน้ำของเครื่องจักร (Mechanical Casings) และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Enclosures) การบอกถึงระดับการป้องกันนั้น จะถูกแสดงโดยตัวเลข 2 หลัก คือ IPxx โดยหลักแรกจะหมายถึงระดับการป้องกันของฝุ่นหรือการสัมผัสโดยบังเอิญ ส่วนหลักที่สองจะหมายถึงระดับการป้องกันน้ำ ในที่นี้ IP65 หมายถึง สามารถป้องกันฝุ่นได้อย่างสมบูรณ์และสามารถป้องกันน้ำจากการฉีดได้ทุกทิศทาง

IV. ข้อมูลของอุปกรณ์เสริมและอื่นๆ

1) ใบรับรองคุณภาพ: ต้องการใบรับรองวัสดุ ใบรับรองการสอบเทียบ

2) วาล์วมานิโฟลด์: 2 Way Manifold หมายถึง วาล์ว 2 ทาง วัสดุที่ใช้ทำวาล์ว 2 ทางเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมและมีขนาดการเชื่อมต่อ 1/2 นิ้ว โดยเป็นเกลียวแบบ NPT (เกลียวเอียง)

V. ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นๆ มีการระบุข้อมูลดังนี้

1) การทำป้ายประจำตัวอุปกรณ์ (Tag Plate) จะต้องระบุเลขประจำตัวอุปกรณ์พร้อมทั้งชื่อของผู้ผลิตอุปกรณ์ หมายเลขโมเดล วันที่ทำการสอบเทียบครั้งสุดท้าย และช่วงของการสอบเทียบควรจะประทับไว้ที่ตัวอุปกรณ์

2) การป้องกันความดันเกินจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 130 เปอร์เซ็นต์ของ Full Scale

เอกสารรายละเอียดของเกจวัดความดันแสดงดังรูปที่ 4.16

GENERAL	1	**Tag Number**			**PG-001**					
	2	Service			LPG Bowser Loading Station					
	3	P&ID No.			Z-003-15-PID-008					
	4	Area Classification	Location		Zone1 IIA		Field			
	5	Line No.	Line Size	schedule	6"-CS-LPG-XXXX		6	in	-	
	6	Line Internal Diameter	Pipe Material		- in		Carbon Steel			
PROCESS CONDITIONS	7	Fluid Name	Fluid Phase		LPG		Liquid			
	8	Design Pressure	Design Temperature		21.5	kgf/cm²-g	60	°C		
	9				**Minimum**	**Normal**	**Maximum**	**Units**		
	10	Flow			TBC	TBC	TBC			
	11	Temperature			-5	40	60	°C		
	12	Pressure			-	16	21.5	kgf/cm²-g		
	13	Density			-	-	-	kg/m³		
	14	Viscosity			-	-	-	cP		
	15	Pulsation	Vibration		-		-			
	16	Corrosive	Erosive	Toxic	-	-	-			
GAUGE	17	Type			Adjustable pointer type Pressure Gauge					
	18	Figure Interval			-					
	19	Connection Size			Threaded 1/2" NPTM					
	20	Mounting Connection			Bottom Connection					
	21	Dial Size	Dial Color		100 mm		Black Letter on White Background			
	22	Case Material	Window Material		304 SST		Laminated safety glass			
	23	Ring Construction	Ring Material		Bayonet Lock Bezel		304 SST			
	24	Calibration Range Min.	Max.		MFR. Std. kgf/cm²-g		MFR. Std. kgf/cm²-g			
	25	Blow Out Protection	Nominal Accuracy		Blow out Disc		+/- 1% of Full Scale			
	26	Pressure Element Type			Bourdon Tube					
	27	Pressure Element Material			316 SST					
	28	Socket Material	Movement Material		316 SST		304/303 SST			
	29	Case Fill Fluid	Enclosure		-		IP 65 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	316SST	1/2"NPT			
	43	Syphon : Type	Material		-		-			
	44	Pulsation Dampener	Material		-		-			
	45	Overload Stop and Vacuum Stop			-					
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								
	53									

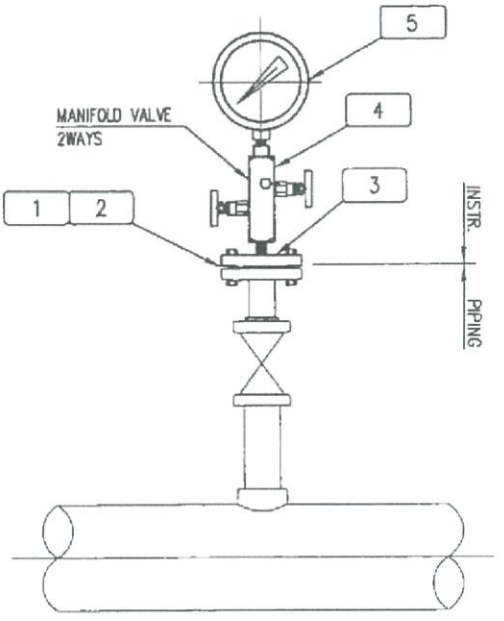
Notes: 1.SST tag plate to be stamped with tag No., Manufacturer's name, Model No., Calibration range shall be provided on the instrument.
2.Over range protection up to 130% of full scale shall be provided.

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

Date : Time :

รูปที่ 4.16 เอกสารรายละเอียดเกจวัดความดัน

4.5.3 ลักษณะการติดตั้งเกจวัดความดัน



รูปที่ 4.17 การติดตั้งเกจวัดอุณหภูมิ

จากรูปที่ 4.17 เป็นการติดตั้งแบบอินไลน์ (In line) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

หมายเลข 1 คือ ปะเก็น (Gasket) จะถูกติดตั้งไว้ระหว่างหน้าแปลนทั้งสอง เพื่อป้องกันการรั่วไหลของของไหล

หมายเลข 2 คือ สลักเกลียวและน็อต (Bolt and Nut) ทำหน้าที่ในการยึดหน้าแปลนเข้าด้วยกัน

หมายเลข 3 คือ ข้อต่อตัวผู้ (3 Male Connector) เป็นส่วนเชื่อมต่อที่มีลักษณะเป็นเกลียวตัวผู้ทั้ง 2 ด้านโดยจะใช้ในการเชื่อมต่อกันระหว่างตัวอุปกรณ์

หมายเลข 4 คือ วาล์วมานิโฟลด์แบบ 2 ทาง (Way Manifold Valve) ทำหน้าที่ป้องกันของไหลเข้าตัวเกจพร้อมทั้งทำหน้าที่ระบายของไหลออกจากตัวเกจในกรณีต้องการซ่อมบำรุงเกจ

หมายเลข 5 คือ เกจวัดความดัน (Pressure Gauge)

การติดตั้งเกจวัดความดันแบบอินไลน์จำเป็นต้องติดตั้งวาล์วกั้น (Block Valve) เพื่อทำหน้าที่ควบคุมของไหลที่จะเข้าไปในตัวเกจ และเพื่อความสะดวกในการติดตั้งและการถอดเกจวัดความดันออกเพื่อการซ่อมบำรุง โดยการจัดเตรียมวาล์วกั้น (Block Valve) และหน้าแปลนจะเป็นหน้าที่ของแผนกระบบท่อ (Piping) และจะต้องมีการติดตั้งวาล์ว 2 ทาง (2 Ways Manifold Valve) ซึ่งประกอบไปด้วย Isolate Valve 1 ตัว Vent Valve1 ตัว ไว้ใช้ในการซ่อมบำรุงหรือสอบเทียบ

บทที่5
สรุปผลการดำเนินการออกแบบและจัดซื้ออุปกรณ์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลสรุปจากการดำเนินงานทั้งหมด ปัญหาและอุปสรรคในการทำงานรวมไปถึงแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆที่พบ เพื่อให้ดำเนินงานสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานที่ผ่านมาทำให้มีความเข้าใจในการวัดและควบคุมของระบบซื้อขายแอลพีจี รวมไปถึงทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดต่างๆ ที่รวมอยู่ในระบบซึ่งประกอบไปด้วยมิเตอร์วัดการไหล เครื่องมือวัดอุณหภูมิ และเครื่องมือวัดความดัน โดยสามารถจำแนกได้เป็นสองประเภทคือทรานส์มิตเตอร์และเกจวัด นอกจากนี้ยังได้ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องมือวัดอื่นๆที่ถูกติดตั้งอยู่ในระบบด้วย เช่น ตัวกรองเป็นต้น ที่จะทำให้การวัดซื้อขายเป็นไปอย่างถูกต้องเที่ยงตรง พร้อมทั้งวิธีการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆเพื่อให้เครื่องมือวัดทุกตัวสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้งานได้ในระยะเวลาที่ยาวนาน

เครื่องมือวัดที่ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบประกอบด้วย มิเตอร์วัดการไหลจำนวน 3 ตัว ทรานส์มิตเตอร์วัดอุณหภูมิจำนวน 3 ตัว เกจวัดอุณหภูมิจำนวน 3 ตัว ทรานส์มิตเตอร์วัดความดันจำนวน 3 ตัว และเกจวัดความดันจำนวน 3 ตัว โดยเครื่องมือวัดดังกล่าวได้มีการออกเอกสารข้อกำหนดของเครื่อง มือวัดไปยังผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายเพื่อขอใบเสนอราคา ซึ่งเมื่อได้รับใบเสนอราคาแล้วจะต้องทำการตรวจสอบข้อมูลจากผู้จัดจำหน่ายว่าตรงตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ หากมีข้อสงสัยหรือข้อขัดข้องใดๆจะต้องติดต่อเพื่อเจรจากับทางผู้จัดจำหน่ายเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากผู้จัดจำหน่ายแต่ละรายมาเปรียบเทียบทั้งคุณสมบัติและราคาโดยจะจัดทำในรูปแบบของเอกสารการเทียบ

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1) มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการวัดและการทำงานของอุปกรณ์การวัดต่างๆไม่มากพอ
2) ไม่มีประสบการณ์ในการวางแผนเกี่ยวกับงานที่ได้รับมอบหมาย ทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงาน
3) ไม่มีประสบการณ์ในการจัดทำและจัดเตรียมเอกสารต่างๆ ส่งผลให้การทำงานมีความผิดพลาด
4) ไม่มีประสบการณ์ในการเจรจาต่อรองกับผู้จัดจำหน่าย ส่งผลให้เกิดความขัดข้องระหว่างการพูดคุยเจรจาและทำให้ได้รับข้อมูลที่ผิดพลาด
5) เนื่องจากสถานะของงานเป็นงานฟีด (Feed) ทำให้ข้อมูลพื้นฐานต่างๆที่ได้รับจากทางเจ้าของของโครงการยังไม่ครบถ้วนและละเอียดเท่าที่ควรจึงทำให้เป็นปัญหาต่อการออกแบบเล็กน้อย

6) บางครั้งเอกสารที่ได้รับจากทางผู้จัดจำหน่ายมีความล่าช้า ทำให้ขั้นตอนต่อๆไปในการทำงาน เกิดความล่าช้าตามไปด้วย

5.3 แนวทางการแก้ไข

1) ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัดต่างๆให้มากยิ่งขึ้น

2) สอบถามผู้นิเทศงานให้เข้าใจถึงกระบวนการต่างๆและลำดับขั้นต่างๆของการปฏิบัติงาน

3) ศึกษาการจัดทำเอกสารจากเอกสารงานอื่นๆที่มีการดำเนินการจนเสร็จสมบูรณ์แล้วพร้อมทั้งศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับงานเอกสารและโปรแกรมที่ใช้เพื่อให้การจัดทำเอกสารรวดเร็วยิ่งขึ้น

4) ควรติดตามผู้นิเทศน์งานไปด้วย ในกรณีที่มีผู้จัดจำหน่ายมาขอพบผู้นิเทศเพื่อเรียนรู้วิธีการเจรจาพูดคุยกับผู้จัดจำหน่าย

5) พยายามศึกษาและทำความเข้าใจเอกสารทั้งหมดที่เจ้าของโครงการส่งมาให้ เพื่อให้เข้าใจถึงความต้องการของเจ้าของโครงการและเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการปฏิบัติงาน

6) ติดต่อและติดตามสถานะของใบเสนอราคากับทางผู้จัดจำหน่ายอยู่เสมอเพื่อป้องกันการล่าช้า

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระยะเวลาในการปฏิบัติงานเป็นช่วงระยะเวลาเพียง 4 เดือน จึงทำให้ขั้นตอนการทำงานสิ้นสุดอยู่ที่การจัดทำเอกสารการเปรียบเทียบคุณสมบัติและราคาของอุปกรณ์ต่างๆเท่านั้น ขั้นตอนต่อจากนี้จะเป็นการเจรจาต่อรองในเรื่องของรายละเอียดของแผนกโปรเจคต่อไปว่า ผู้จัดจำหน่ายรายใดจะเป็นผู้ที่มีราคาเหมาะสมมากที่สุด และมีอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติครบถ้วนที่สุด ดังนั้นหากมีระยะเวลาในการดำเนินงานที่เพิ่มมากขึ้น คาดว่าจะสามารถปฏิบัติงานได้เสร็จสิ้นและได้รับความรู้ความเข้าใจในการทำงานทุกขั้นตอนอย่างสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

[1] ประกาศิต ดีล้อม; แอลพีจี คืออะไร; แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/mithdynamite/lpg-khux-xari (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[2] แหล่งที่มาของก๊าซปิโตรเลียมเหลว; แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/mithdynamite/lpg-khux-xari/haelng-thima-khxng-kas-pitorleiym-helw-lpg (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[3] การขนส่ง LPG; แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/mithdynamite/lpg-transportation (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[4] การเก็บรักษา LPG; แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/mithdynamite/kar-keb-raksa (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[5] การนำ LPG ไปใช้ประโยชน์; แหล่งที่มา: http://www.siamchemi.com/%E0%B8%81%E0%B9%8A%E0%B8%B2%E0%B8%8B-lpg/ (สืบค้นวันที่ 20 ตุลาคม 2560)

[6] รศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์ (2549) วิศวกรรมการวัดคุม กรุงเทพ: แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

[7] ผศ.ดร.นวภัทรา หนูนาค; เครื่องมือวัดการไหลแบบโคริออลิส; แหล่งที่มา:http://www.foodnet work solution.com/wiki/word/7256/coriolis-mass-flow-meter (สืบค้นวันที่ 21 ตุลาคม 2560)

[8] ผศ.ดร.พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์; RTD; แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4260/rtd (สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2560)

[9] ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.นิธิยา รัตนาปนนท์; Thermocouple; แหล่งที่มา: http://www.foodnet worksolution.com/wiki/word/0991/thermocouple (สืบค้นวันที่ 15 ธันวาคม 2560)

[10] Thermowell Selection; แหล่งที่มา: http://www.pakoengineering.com/blog/2017 (สืบค้นวันที่ 29 ธันวาคม 2560)

[11] สมศักดิ์ กีรติวุฒิเศรษฐ์ (2541) หลักการและการใช้งานเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม กรุงเทพ: บริษัท ส. เอเชียเพรส จำกัด

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

[13] พื้นที่อันตราย (Hazardous Area Classification); แหล่งที่มา: http://www.cbwmthai.org/test/Activity_Detail.aspx?id=14 (สืบค้นวันที่ 3 มกราคม 2561)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล : นางสาววัลยา หวังอับดุลเลาะ

วัน เดือน ปีเกิด : 5 พฤษภาคม พ.ศ.2539

ภูมิลำเนา : 34/1 หมู่ 1 แขวงโคกแฝด เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

อีเมลล์ : da_200cm@hotmail.com

ประวัติการศึกษา : ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร

: ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า จังหวัดกรุงเทพมหานคร

: ระดับปริญญาตรี

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน : มิถุนายน - กรกฎาคม พ.ศ.2560

นักศึกษาฝึกงาน แผนก Design Instrument

บริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน)

: สิงหาคม – พฤศจิกายน พ.ศ.2560

นักศึกษาสหกิจศึกษา แผนก Instrument

บริษัท ทีทีซีแอล จำกัด (มหาชน)