



รายงานสหกิจศึกษาบับสมบูรณ์

การควบคุมความดันภายในถังปิดด้วย Centum VP
และการวินิจฉัยของเครื่องมือวัด
Pressure Control in Closed Tank by Centum VP
and the Diagnostic of Instruments

นายวีร์ วีรวัฒน์ปรัชญา

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การควบคุมความดันภายในถังปิดด้วย Centum VP
และการวินิจฉัยของเครื่องมือวัด

Pressure Control in Closed Tank by Centum VP
and the Diagnostic of Instruments

นายวีร์ วีรวัฒน์ปรัชญา

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา	การควบคุมความดันภายในถังปิดด้วย Centum VP และการวินิจฉัยของเครื่องมือวัด
ชื่อ-สกุล นักศึกษา	นายวีร์ วีรวัฒน์ปรัชญา
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและควบคุม
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคะฉนันทน์
ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน	นายอรรถพล ทิมผลประเสริฐ
สถานประกอบการ	บริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

โครงการฉบับนี้เป็นการทำฟังก์ชันเสริมสำหรับใช้งานกับแพลตฟอร์มโมเดลของบริษัทโยโกกาวา โดยในส่วนแรกจะเป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมกระบวนการ, โปรแกรมสั่งการโดยการสร้างเงื่อนไขในการควบคุม (Interlocking) และกราฟิกสำหรับใช้ในกระบวนการควบคุมความดันภายในถังปิด โดยใช้ระบบดีซีเอส Centum VP ในส่วนที่สองจะเป็นการจำลองการสร้างสถานการณ์ให้เครื่องมือวัดตรวจวินิจฉัยความผิดปกติที่เกิดขึ้น เพื่อศึกษาสาเหตุของการเกิดความผิดปกติและการวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยใช้เครื่องมือวัดระดับ EJX110A และเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34 ทำให้ผู้ที่มีความคุ้นเคยกับเครื่องมือวัดมากขึ้น ซึ่งโครงการนี้เป็นกรณีศึกษาสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกอบรมการใช้งาน Centum VP และแพลตฟอร์มโมเดล

คำสำคัญ : DCS , Centum VP , Interlocking , Instrument , Diagnostic

Cooperative Title : Pressure Control in Closed Tank by Centum VP
and the Diagnostic of Instruments

Student intern name : Mr.We Weerawatpruchya

Department : Instrumentation and Control Engineering

Faculty : Engineering

Advisor name : Asst.Prof.Dr.Tattaya Pukkalanun

Mentor name : Mr. Auttapon Timpolprasert

Company : Yokogawa (Thailand) Ltd. Bangkok.

ABSTRACT

This project is the additional function for apply with the plant model of Yokogawa company. First part is about generating process control program, creating command program by writing condition (Interlocking) and creating graphic for pressure control in closed tank via DCS Centum VP. Second part is about making a self-diagnostic simulation of Instrument to study a cause of failure and analyze the situation with level transmitter EJX110A and Rotamass flow meter RCCT34, which can make user familiar with the field instrument. This project is case study, which can be adapted for Centum VP training course and plant model.

Keywords : DCS , Centum VP , Interlocking , Instrument , Diagnostic

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งทางบริษัทได้ให้โอกาสข้าพเจ้าในการศึกษาหาความรู้และประสบการณ์การทำงานเพื่อนำไปใช้ในอนาคต การทำสหกิจศึกษาที่บริษัทแห่งนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้และเข้าใจชีวิตในการทำงานและการปรับตัวเข้ากับผู้อื่น ขอขอบคุณ คุณอรุณพล ที่ได้ให้ความรู้และความช่วยเหลือในการทำโครงการ ขอขอบคุณ คุณกิตติกาญจน์ ที่ได้ให้คำปรึกษาในการปรับปรุงแก้ไขโครงการและให้โอกาสข้าพเจ้าในการเข้าอบรมการใช้งานโปรแกรมต่างๆของบริษัทโยโกกาวา ขอขอบคุณ คุณสินีนาถ ที่ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้มาทำโครงการที่บริษัท และขอขอบคุณ ผศ.ดร.ทัตยา ปุคคละนนท์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาประจำภาควิชา ที่คอยดูแล ช่วยเหลือและให้คำปรึกษานักศึกษาทุกคนในการทำโครงการที่บริษัทจนสำเร็จลุล่วง

ผู้จัดทำ

วีร์ วีรวัฒน์ปรัชญา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 DCS CENTUM VP	4
2.1.1 การพัฒนาการควบคุมไปสู่ระบบการควบคุมแบบ DCS	4
2.1.2 กระบวนการ (Process)	5
2.1.3 การควบคุม (Control)	6
2.1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการ	6
2.1.5 ประเภทของวิธีการควบคุมกระบวนการ	7
2.1.6 วิวัฒนาการของระบบการควบคุมอัตโนมัติ ไปสู่การใช้งาน Centum VP	11
2.2 Centum VP System Configuration	15
2.2.1 HIS (Human Interface Station)	15
2.2.2 FCS (Field Control Station)	17

2.2.3 Network Vnet/IP Domain	18
2.3 Hart protocol	21
2.3.1 HART protocol	21
2.3.2 Device Descriptions (DD)	26
2.3.3 สาย Cable และการ Wiring.....	27
2.3.4 การ Calibrate HART Device	28
2.4 เครื่องมือวัดระดับ.....	29
2.4.1 วิธีการวัดระดับโดยตรง.....	30
2.4.2 วิธีการวัดระดับโดยอ้อม โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์.....	31
2.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล.....	32
2.5.1 เครื่องวัดอัตราการไหลแบบ Coriolis.....	32
2.5.2 มาตรฐานวัดมวลคอริโอลิสกับการไหลของเหลว ภายในท่อที่ส่วนผสมของฟองอากาศ	33
2.5.3 ผลของการเกิดฟองอากาศหรือฟองก๊าซในของเหลวภายในมาตรวัดมวลคอริโอลิส.....	33
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ	42
3.1 การออกแบบแผ่นโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด	42
3.2 การเพิ่ม tag อินพุตและเอาต์พุต	43
3.3 การสร้าง Control Drawing สำหรับควบคุมความดันในถังปิด.....	46
3.4 การสร้างหน้า Graphic.....	52
3.5 การทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34	55
3.6 การทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A	56
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน.....	59
4.1 การ Test function โพรเจค.....	59
4.1.1 หน้ากราฟิกสำหรับควบคุมความดันภายในถังปิด.....	59
4.1.2 หน้า Pattern รูปแบบการเตรียมแผ่นโมเดล.....	60

4.1.3 หน้า Process control drawing DR0023	61
4.1.4 หน้า Control group CG0012-H	61
4.1.5 หน้า Overview OV0012-H.....	61
4.1.6 หน้า Sequence Table PIC121_ST	62
4.1.7 หน้า Logic Chart PIC122_LC	62
4.2 การออกแบบแพลนโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด	63
4.3 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A	64
4.4 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34.....	69
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ	71
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	71
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	71
5.3 คำแนะนำ	71
เอกสารอ้างอิง.....	72

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แบบจำลององค์ประกอบของกระบวนการ	5
ภาพที่ 2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการ.....	7
ภาพที่ 2.3 การควบคุมแบบป้อนกลับ	7
ภาพที่ 2.4 การควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนขาออกแบบป้อนกลับ.....	8
ภาพที่ 2.5 การควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า.....	9
ภาพที่ 2.6 การควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนขาออกแบบป้อนล่วงหน้า.....	9
ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process	10
ภาพที่ 2.8 ตัวอย่าง Sequence Control การควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process	10
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่าง Flow Chart การควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process	11
ภาพที่ 2.10 การพัฒนารุ่นของ CENTUM	14
ภาพที่ 2.11 System Component of Vnet/IP Network	15
ภาพที่ 2.12 Enclosed Display Style Control Type HIS	15
ภาพที่ 2.13 Element of New HIS Display	16
ภาพที่ 2.14 Frame and Pop up Window	16
ภาพที่ 2.15 แสดงสัญญาณ Digital และ Analog Modulate กัน.....	21
ภาพที่ 2.16 แสดงตัว Handheld ซึ่งในที่นี้คือ Host	22
ภาพที่ 2.17 แสดง Request Response Mode ระหว่าง Host และ Device	23
ภาพที่ 2.18 แสดง Burst Mode ระหว่าง Host และ Device	23
ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะ สัญญาณ HART จาก Oscilloscope ใน Mode Request Response	24
ภาพที่ 2.20 แสดงการส่งสัญญาณ ระหว่าง Host DCS/PLC กับ Device ที่เป็น Positioner	24
ภาพที่ 2.21 แสดงการส่งสัญญาณ ระหว่าง Host DCS/PLC กับ Device ที่เป็น Transmitter	25
ภาพที่ 2.22 แสดง Commands ทั้ง 3 ชนิด	26

ภาพที่ 2.23 แสดงตัวอย่างการสื่อสารระหว่าง Device Transmitter กับ Host system	26
ภาพที่ 2.24 แสดงตัวอย่าง ตาราง DD File Library ของผู้ผลิตต่าง ๆ.....	27
ภาพที่ 2.25 แสดงตารางสายเคเบิล ขนาด AWG 18 กับจำนวนตัว devices และค่าความจุไฟฟ้า	28
ภาพที่ 2.26 แสดงการต่อ Host ทั้ง Primary Host, Secondary Host และ Device HART.....	28
ภาพที่ 2.27 แสดง Block Diagram ของ Device แบบธรรมดา.....	28
ภาพที่ 2.28 แสดง Block Diagram ของ HART Device	29
ภาพที่ 2.29 ตัวอย่างกระจกมองระดับแบบต่างๆ	30
ภาพที่ 2.30 เครื่องวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่างกัน.....	31
ภาพที่ 2.31 แรงบิดตัวที่เกิดจากของไหลที่ไหลอยู่ภายใน Flow Tube	32
ภาพที่ 2.32 มุมปรากฏภายนอกที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณมวลสารที่ไหลอยู่ในท่อ.....	32
ภาพที่ 2.33 รูปแบบการไหลแบบ 2-phase	33
ภาพที่ 2.34 โครงสร้างโดยทั่วไปของมาตรวัดมวลคอรีออริส	34
ภาพที่ 2.35 หลักการทำงานของมาตรวัดมวลคอรีออริส	34
ภาพที่ 2.36 สัญญาณจากตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ sensor's pickoffs (PO).....	35
ภาพที่ 2.37 ตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter).....	35
ภาพที่ 2.38 การเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นภายใน coil	36
ภาพที่ 2.39 ระดับพลังงานที่จ่ายได้ของตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter) เทียบกับเวลา.....	38
ภาพที่ 2.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Drive Power และท่อวัด.....	39
ภาพที่ 2.41 ระดับพลังงานที่จ่ายได้ของตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter) เทียบกับเวลา.....	39
ภาพที่ 2.42 รูปแบบอากาศที่เข้าไปหรือเกิดขึ้นในระบบท่อแบบ gas bubbles และ slug flow	40
ภาพที่ 2.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmissivity กับ ความถี่ของการสั่นของท่อวัด.....	41
ภาพที่ 2.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง Drive Gain อัตราการไหลมวล และค่าความหนาแน่น.....	41
ภาพที่ 3.1 แบบของแพลนโมเดลที่ใช้ควบคุมความดันในถังปิด	42
ภาพที่ 3.2 รายละเอียดของแพลนโมเดลที่ใช้ควบคุมความดันในถังปิด	43

ภาพที่ 3.3 แสดงการ์ดต่างๆที่ถูกใช้ใน control unit	43
ภาพที่ 3.4 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการคอนานาล็อกอินพุตและเอาต์พุต.....	44
ภาพที่ 3.5 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการ์ดดิจิตอลอินพุต.....	45
ภาพที่ 3.6 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการ์ดดิจิตอลเอาต์พุต	46
ภาพที่ 3.7 แสดงหน้า Control Drawing ที่อยู่ในไฟล์โปรเจค	46
ภาพที่ 3.8 หน้า Control Drawing 1	47
ภาพที่ 3.9 Sequence Table “Initial”	47
ภาพที่ 3.10 หน้า Control Drawing 8 สำหรับการควบคุมปั้มน้ำและ solenoid valve	48
ภาพที่ 3.11 หน้า Control Drawing 10 สำหรับการเลือกขาสัญญาณเอาต์พุตและการเลือกแลป	49
ภาพที่ 3.12 แสดง Sequence Table (ST_SEL3).....	50
ภาพที่ 3.13 หน้า Control Drawing 24 สำหรับใช้ควบคุมความดัน	50
ภาพที่ 3.14 Logic Chart (PIC122_LC).....	51
ภาพที่ 3.15 หน้า Window ที่ใช้สำหรับเก็บหน้า Graphic	52
ภาพที่ 3.16 หน้า Graphic สำหรับควบคุมความดันในถังปิด LAB12-P	52
ภาพที่ 3.17 หน้า Pattern 6 สำหรับการควบคุมความดันในถังปิด.....	53
ภาพที่ 3.18 หน้า Control group (CG0012-P).....	53
ภาพที่ 3.19 หน้า Overview (OV0012-P)	54
ภาพที่ 3.20 หน้า Configuration ที่ใช้สำหรับเก็บหน้า Trend	54
ภาพที่ 3.21 หน้า Trend (TR0001) group7.....	55
ภาพที่ 3.22 การทดสอบการเตือนของสายเซนเซอร์แต่ละเส้น	55
ภาพที่ 3.23 การเตือนของ Pressure Sensor Error บนโปรแกรม PRM	56
ภาพที่ 3.24 การออกแบบชุดทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A	56
ภาพที่ 3.25 การทดสอบ Slug Detection	57
ภาพที่ 3.26 ภาพจำลองการไหลของอากาศภายในท่อ	58

ภาพที่ 3.27 แบบจำลองแผ่นป้าย Slug Detection	58
ภาพที่ 4.1 หน้าต่างโปรแกรม BKHBos	59
ภาพที่ 4.2 หน้ากราฟสำหรับควบคุมความดันภายในถังปิด.....	60
ภาพที่ 4.3 หน้า Pattern รูปแบบการเตรียมแพลนโมเดล.....	60
ภาพที่ 4.4 หน้า Control group CG0012-H	61
ภาพที่ 4.5 หน้า Overview OV0012-H	62
ภาพที่ 4.6 หน้า Sequence Table PIC121_ST	62
ภาพที่ 4.7 หน้า Logic Chart PIC122_LC	63
ภาพที่ 4.8 แบบสามมิติแพลนโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด.....	63
ภาพที่ 4.9 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A	64
ภาพที่ 4.10 (SW-1) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM	65
ภาพที่ 4.11 (SW-1) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM	65
ภาพที่ 4.12 (SW-1) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS	66
ภาพที่ 4.13 (SW-2) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM	66
ภาพที่ 4.14 (SW-2) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM	67
ภาพที่ 4.15 (SW-2) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS	67
ภาพที่ 4.16 (SW-3) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM	68
ภาพที่ 4.17 (SW-3) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM	68
ภาพที่ 4.18 (SW-3) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS	69
ภาพที่ 4.19 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34	69
ภาพที่ 4.20 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS	70

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

Centum VP เป็นระบบ DCS (Distributed Control System) ของบริษัทโยโกกาว่าซึ่งเป็นระบบที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายสำหรับการควบคุมอุปกรณ์เครื่องมือวัดและกระบวนการที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ ซึ่งระบบ DCS นี้เป็นระบบที่มีความสำคัญในงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมไฟฟ้า, อุตสาหกรรมน้ำมัน, อุตสาหกรรมเคมี และอุตสาหกรรมอาหาร เป็นต้น แต่ในการควบคุมกระบวนการนั้น เครื่องมือวัดก็ถือว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญเช่นกัน นอกจากการใช้งานในการวัดค่าต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการแล้ว เราต้องมีความรู้และความคุ้นเคยในการบำรุงรักษา เมื่อเครื่องมือวัดเกิดความผิดปกติด้วย เมื่อเครื่องมือวัดมีประสิทธิภาพและมีความเที่ยงตรง เราก็จะสามารถควบคุมระบบให้มีเสถียรภาพและสร้างความคุ้มค่าให้กับกระบวนการผลิต

โครงการนี้เป็นการศึกษาโปรแกรมเสริมสำหรับแพลตฟอร์มโมเดล ในการควบคุมความดันในถังปิดโดยใช้ระบบ DCS Centum VP ซึ่งใช้ทำให้ผู้ทดลองมีความเข้าใจในเรื่องของระบบ DCS และพื้นฐานสำหรับการใช้ function block (Sequence Table, Logic Chart) ในการสร้างเงื่อนไขเพื่อสั่งการอุปกรณ์แบบ Interlocking ในการเปิดหรือปิดปั๊มน้ำและโซลินอยด์วาล์ว นอกจากนี้ยังมีการจำลองการสร้างสถานการณ์เพื่อให้อุปกรณ์วัดเกิดความผิดปกติโดยใช้เครื่องมือวัดระดับ EJX110A และเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34 การแสดงสัญญาณเตือนที่ได้จากการตรวจสอบความผิดปกติในตัวอุปกรณ์ (Diagnostic) และนำกราฟของกระบวนการขณะที่เกิดความผิดปกติมาวิเคราะห์ เพื่อให้ผู้ใช้ได้เข้าใจการใช้งานเครื่องมือวัดมากขึ้น

การเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา เป็นการเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้ทำโครงการร่วมกับบริษัทต่างๆ ที่นักศึกษาให้ความสนใจ เป็นการนำความรู้ที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการทำงานในสายงานที่ศึกษาอยู่ ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจและได้ประสบการณ์ในการทำงาน ซึ่งจะเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับระบบ DCS Centum VP
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมหน้า Control Drawing
3. เพื่อศึกษาการใช้งาน function block สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุม
4. เพื่อศึกษาการเขียนหน้า Graphic ในการควบคุมกระบวนการ

5. เพื่อศึกษาการใช้งานเครื่องมือวัด

6. เพื่อศึกษาความผิดปกติที่เครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamss RCCT34 และเครื่องมือวัดระดับ EXJ110A สามารถตรวจสอบได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เขียน Control Drawing เพื่อใช้ในการสั่งการอุปกรณ์ต่างๆแบบ Interlocking และเขียนหน้า Graphic สำหรับใช้ในการควบคุมกระบวนการ และการปรับค่าพารามิเตอร์

2. ทำชุดทดลองการ diagnostic ของเครื่องมือวัดเพื่อใช้ในการศึกษาสาเหตุการเกิดความผิดปกติ

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างของระบบและการใช้งานโปรแกรม Centum VP

2. แก้ไขและเขียนโปรแกรมเพิ่มในการควบคุมความดันในถังปิด

3. เขียนหน้าจอ Graphic และทำการเชื่อมต่อกับ tag เพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูล

4. ทดสอบเงื่อนไขและการใช้โปรแกรม โดยการ Test function

5. ทดลองการสร้างความผิดปกติเพื่อดูผลตอบสนองของเครื่องมือวัด

6. สร้างโมเดลสำหรับการทดลองการตรวจจับของผิดปกติของเครื่องมือวัด

ตารางที่ 1.1 แสดงวิธีดำเนินงาน

ลำดับ	หัวข้องาน	ระยะเวลาการดำเนินงาน															
		สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	รับทราบหัวข้อโปรเจค	■	■	■	■												
2	กำหนดจุดประสงค์ของโครงการ		■	■	■												
3	ศึกษาเรื่อง Centum VP			■	■												
4	ศึกษาเรื่องเครื่องมือวัด				■												
5	เขียน Control drawing และ Graphic					■	■	■	■								
6	Test function ทดสอบโปรแกรม								■	■	■	■	■				
7	ทำชุดทดลองฟังก์ชัน diagnostic ของเครื่องมือวัด									■	■	■	■				
8	ทดสอบและปรับปรุงโครงการ											■	■	■	■	■	■
9	จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์													■	■	■	■
10	นำเสนอปริญญานิพนธ์															■	■

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำโปรแกรมควบคุมความดันในถังปิดไปใช้ในการอบรมการใช้งานแพล้นโมเดล
2. สามารถนำชุดทดลองการ diagnostic ของเครื่องมือวัดไปเป็นตัวอย่างในการศึกษาการใช้งาน
3. สามารถนำโครงงานไปเป็นต้นแบบสำหรับการทำส่วนเสริมสำหรับแพล้นโมเดลหลัก

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 DCS CENTUM VP

2.1.1 การพัฒนาการควบคุมไปสู่ระบบการควบคุมแบบ DCS

ระบบการควบคุมได้รับการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2473 จนกระทั่งทุกวันนี้ โดยมีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อตอบสนองต่อปัจจัยพื้นฐานในด้าน ความปลอดภัย, ความซับซ้อนของระบบควบคุม, ปริมาณการผลิต, คุณภาพของผลิตภัณฑ์, การแข่งขันทางการตลาด และการตอบสนองต่อความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีที่กำลังเปลี่ยนไป เช่น เทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์, เทคโนโลยีด้านการสื่อสาร ตลอดจนเทคโนโลยีด้านวัสดุ โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ที่มีการประมาณกันว่า ทุกๆสิบปี ความสามารถของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นสิบเท่า ทั้งในด้านความจุและความเร็วในการประมวลผล

ผู้ผลิตได้พัฒนาระบบการควบคุมกระบวนการผลิตจากระบบการควบคุมแบบนิวมेटิกส์(ระบบลม), ระบบควบคุมด้วย Analog Electronics Controller ไปสู่การควบคุมการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ ในครั้งแรกได้มีการนำระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เฉพาะงานเฝ้าคุม (Monitoring) กระบวนการผลิต แล้วถูกพัฒนามาเป็นระบบ Supervisory Process Control (หรือเรียกอีกอย่างว่า Set Point Control) เรื่อยมาจนถึง Direct Digital Control (DDC) จนกระทั่งกลายเป็นระบบควบคุมแบบกระจายส่วน Distributed Control System (DCS) ซึ่งเป็นระบบควบคุมโรงงานที่ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์หลายตัวต่อกันเป็นเครือข่าย ฟังก์ชันการควบคุมจะถูกกระจายให้คอมพิวเตอร์แต่ละส่วน ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการย่อยๆ โดยข้อมูลของกระบวนการจะถูกส่งผ่านส่วนสื่อสารไปยังคอมพิวเตอร์อีกตัวหนึ่ง ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อกับพนักงานโดยผ่านทางจอภาพและแป้นพิมพ์

ส่วนประกอบหลักในระบบ DCS

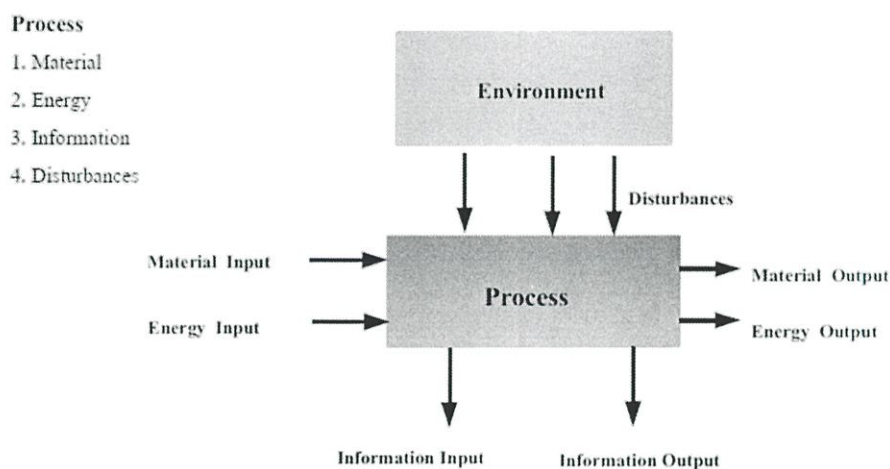
1. Human Interface เป็นส่วนที่แสดงผลทำการสั่งการเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนได้แก่

- Operator Interface สำหรับให้ผู้ควบคุมตรวจสอบสถานะและควบคุมการผลิต
- Engineering Interface สำหรับให้วิศวกรระบบทำหน้าที่ปรับเปลี่ยนหรือเพิ่มเติมระบบควบคุม ซึ่งรวมทั้งการกำหนดระบบ การสำรองข้อมูล (Back Up) กรณีที่ระบบเกิดการ Shutdown

2. Communication System ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่าง Human Interface กับ Controlling Unit

3. Controlling Unit ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการผลิตตามขั้นตอนที่กำหนดไว้โดย Engineering Interface ซึ่งตัวแปรบางตัวสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดย Operator Interface นอกจากนี้ DCS ยังสามารถติดต่อกับระบบควบคุมอื่นๆได้ เช่น PLC, Single Loop Controller

2.1.2 กระบวนการ (Process)



ภาพที่ 2.1 แบบจำลององค์ประกอบของกระบวนการ

กระบวนการ (Process) หมายถึง ขั้นตอนการปฏิบัติงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นผลผลิตที่ต้องการ หรืออีกนัยหนึ่งจะหมายถึง กระบวนการทางกายภาพที่เราต้องการควบคุมให้มีสภาวะตามที่ต้องการ แม้ว่าสภาพแวดล้อมอาจจะเปลี่ยนแปลง หรือได้รับผลกระทบจากสิ่งรบกวนจากภายนอกก็ตาม ซึ่งองค์ประกอบของกระบวนการมีดังนี้

1. วัสดุ (Materials) ได้แก่ วัตถุดิบและสารประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในกระบวนการผลิต
2. พลังงาน (Energy) ได้แก่ พลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น พลังงานกลจากเครื่องจักรต่างๆ พลังงานไฟฟ้าที่ให้แกเครื่องจักรนั้น รวมถึงพลังงานความร้อนด้วย
3. สารสนเทศ (Information) ได้แก่ ข้อมูลของตัวแปรที่ต้องการควบคุม, คำสั่งในการควบคุม และความรู้เฉพาะด้านที่ใช้ในกระบวนการผลิต
4. สิ่งรบกวน (Disturbance) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นภายนอกกระบวนการ หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเอง ที่ไม่สามารถควบคุมได้และส่งผลกระทบต่อสภาพของกระบวนการให้เปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะเดิมที่ต้องการ ซึ่งสิ่งรบกวนจะมี 2 ชนิดคือ

4.1 การรบกวนภายใน (Internal Disturbance) เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นในกระบวนการ เช่น ความผิดพลาดของเครื่องมือวัด

4.2 การรบกวนภายนอก (External Disturbance) เป็นการรบกวนที่เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมภายนอกกระบวนการ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

2.1.3 การควบคุม (Control)

การควบคุมกระบวนการ หมายถึง การดูแลกำกับส่วนต่างๆของ Process ให้เป็นไปตามต้องการ ขั้นตอนหลักๆ ของการควบคุมประกอบด้วย

1. การรวบรวมข้อมูลของตัวแปร หรือ พารามิเตอร์ของ Process
2. การนำเอาข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการคำนวณ, ประมวลผลและตัดสินใจในการควบคุมกระบวนการ
3. กระทำการควบคุมกระบวนการตามผลที่ได้จากการตัดสินใจ

ระบบควบคุม (Control System)

ระบบควบคุม หมายถึง โรงงานเครื่องจักร กระบวนการผลิต อุปกรณ์วัดและอุปกรณ์ควบคุมที่ปฏิบัติการร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการคือ

1. การกำจัดผลการรบกวนจากสภาพแวดล้อมภายนอก
2. การรักษาเสถียรภาพของกระบวนการ
3. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2.1.4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการ

SV : Set Point Variable หมายถึง ค่าเป้าหมายที่ต้องการ

MV : Manipulated Variable หมายถึง ตัวแปรปรับค่าที่ออกจากตัวควบคุมไปยังกระบวนการ เพื่อทำการปรับค่าที่ต้องการควบคุมของกระบวนการ

PV : Process Variable หมายถึง ตัวแปรที่วัดได้จากกระบวนการ (ตัวแปรที่จะต้องถูกควบคุมเพื่อให้ได้ค่าตามเป้าหมาย) เช่น ค่าระดับ, ค่าอัตราการไหล, ค่าความดัน และค่าอุณหภูมิ

DV : Deviation Variable หมายถึง ตัวแปรที่แสดงค่าผิดพลาดของผลต่างระหว่าง PV กับ SV โดยมีความสัมพันธ์ คือ $DV = PV - SV$

PV → Process Variable
 SV → Set Point Variable
 MV → Manipulated Variable
 DV → Deviation Variable



ภาพที่ 2.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมกระบวนการ

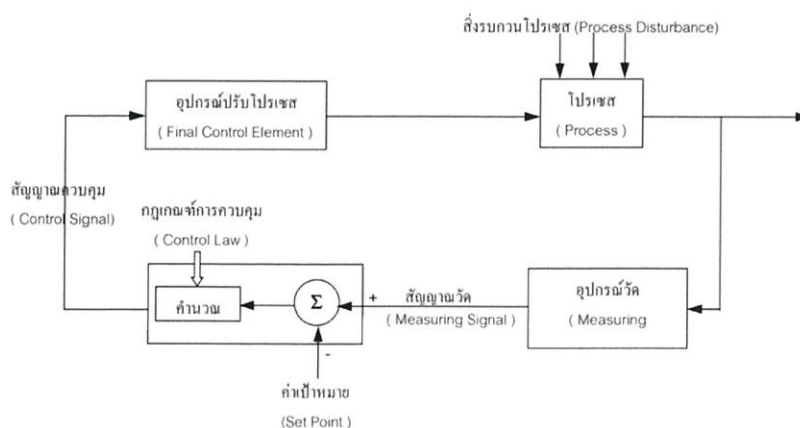
2.1.5 ประเภทของวิธีการควบคุมกระบวนการ

วิธีการในการควบคุมกระบวนการ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ลูปควบคุม (Loop Control)
 - การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)
 - การควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า (Feed Forward Control)
2. การควบคุมลำดับขั้นตอนของกระบวนการ (Sequence Control)

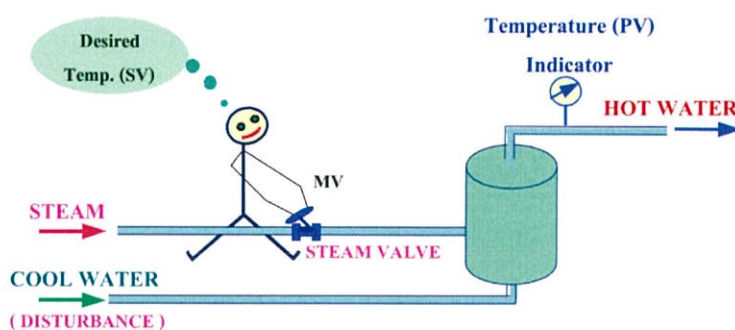
การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control)

การควบคุมแบบป้อนกลับนั้น ตัวแปรปรับโปรเซส (Manipulated Variable) ถูกกำหนดโดยตัวแปรโปรเซส ที่เราต้องการควบคุมดังภาพที่ 1.3 เป็นการควบคุมนำผลลัพธ์ที่ได้จากการควบคุมครั้งก่อน เพื่อนำมาตรวจสอบและประมวลผลเพื่อหาสัญญาณควบคุมในครั้งต่อไป



ภาพที่ 2.3 การควบคุมแบบป้อนกลับ

หลักการของการควบคุมแบบนี้ เริ่มจากการวัดค่าตัวแปรโพรเซส (Process Variable) นำไปเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมาย (Set Point) ระบบจะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อค่าตัวแปรโพรเซสที่วัดได้มีค่าต่างจากค่าเป้าหมาย โดยที่ผลต่างของการเปรียบเทียบ (Deviation) หรือความคลาดเคลื่อน (Error) จะถูกนำไปคำนวณหาระดับของสัญญาณควบคุม (Control Signal) ที่เหมาะสม “ป้อนกลับ (Feed Back)” ไปปรับโพรเซส การทำงานจะทำซ้ำๆ จนตัวแปรโพรเซสมีค่าเท่ากับค่าเป้าหมาย

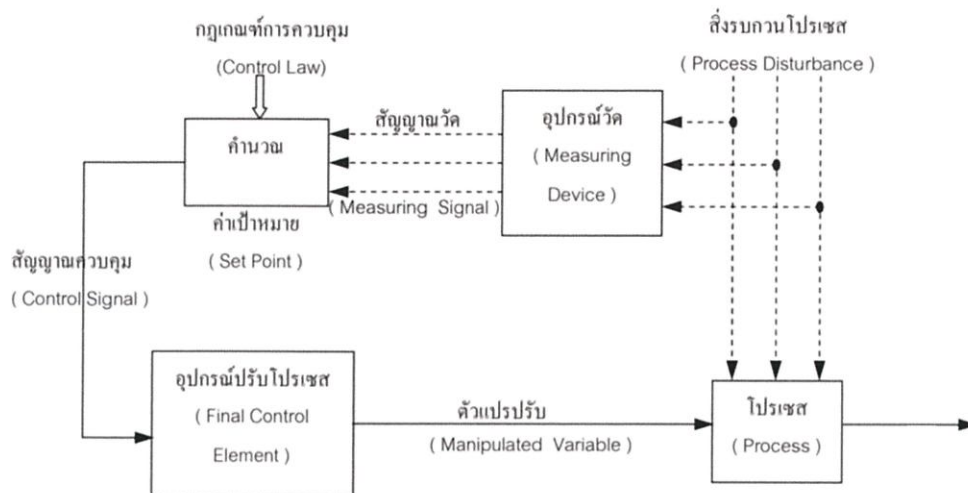


ภาพที่ 2.4 การควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนขาออกแบบป้อนกลับ

ตัวแปร Process Variable (PV) ที่อ่านได้จากมิเตอร์วัดอุณหภูมิน้ำร้อนขาออก จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าอุณหภูมิเป้าหมายที่ต้องการ (SV) อยู่เสมอ หลังจากการประมวลผลและตัดสินใจแล้ว จึงทำการปรับเปอร์เซ็นต์การเปิด-ปิดวาล์วตามสัดส่วนของตัวแปรปรับค่า (MV) จนกระทั่งค่าผิดพลาดมีค่าเท่ากับศูนย์ ทิศทางการปรับค่าตัวแปรปรับค่า (MV) จะมีทิศทางที่จะรักษาค่าตัวแปรโพรเซส (PV) ให้เท่ากับค่าเป้าหมาย (SV) แม้จะมีสิ่งรบกวนคอยกระทำต่อตัวแปร (PV) เช่น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า, อัตราการไหลของน้ำเย็นและสภาพแวดล้อมอื่นๆ

การควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า (Feed Forward Control)

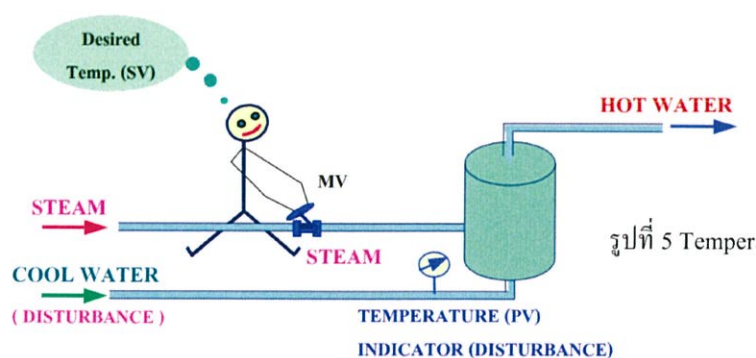
การควบคุมแบบนี้เป็นการควบคุมแบบคาดการณ์ล่วงหน้า โดยนำค่าตัวแปรที่มีผลทำให้กระบวนการเปลี่ยนแปลงมาเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจ และควบคุมกระบวนการ



ภาพที่ 2.5 การควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า

หลักการสำคัญของการควบคุมแบบนี้ เริ่มจากการวัดหาค่าสิ่งรบกวนกระบวนการ (Process Disturbance) แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณหาสัญญาณควบคุมที่เหมาะสม “ป้อนล่วงหน้า (Feed Forward)” ไปปรับกระบวนการต้านกับสิ่งรบกวน ก่อนที่ตัวแปรกระบวนการจะเปลี่ยนแปลงไป

จากตัวอย่างด้านล่าง สิ่งรบกวนกระบวนการคือ อุณหภูมิของน้ำเย็น ทุกๆครั้งที่อุณหภูมิของน้ำเย็นเปลี่ยน จะคำนวณหาค่า MV ใหม่ เพื่อเปลี่ยนอัตราการไหลของไอน้ำไปชดเชยกับสิ่งรบกวนที่เกิดขึ้น ก่อนที่อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนไป



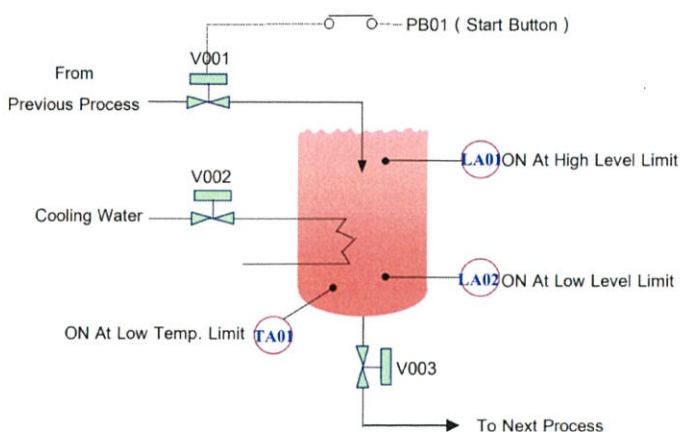
ภาพที่ 2.6 การควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนขาออกแบบป้อนล่วงหน้า

ในการออกแบบระบบควบคุมแบบป้อนล่วงหน้า (Feed Forward Control) เราจำเป็นต้องรู้ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรปรับกระบวนการ (MV) กับสิ่งรบกวนกระบวนการอย่างชัดเจน ซึ่งในทางปฏิบัติเราจะรู้ความสัมพันธ์แบบนี้คร่าวๆเท่านั้น เพื่อให้การควบคุมเป็นไปได้โดยถูกต้อง การควบคุมแบบป้อน

ล่องหน้่ามักใ้ใช้งานร่ว้กับระบบควบคุมแบบป้อนกลับ เป็นระบบควบคุมแบบผสมผสาน (Combination Control)

การควบคุมแบบลำดับขั้นตอน (Sequence Control)

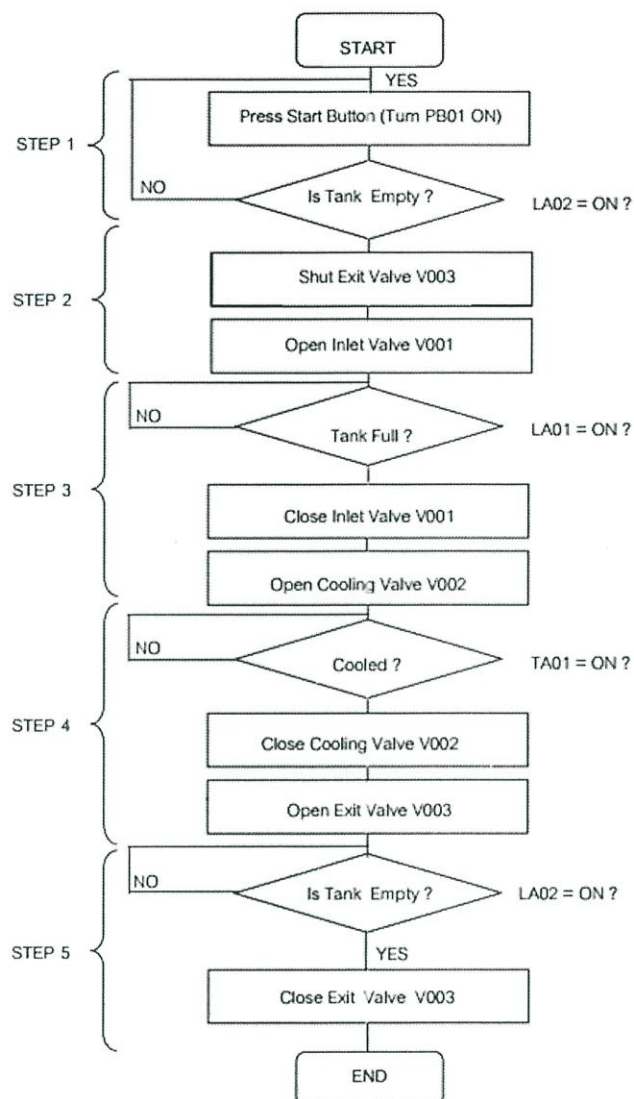
การควบคุมแบบลำดับขั้นตอน หมายถึง การสั่งการหรือการควบคุมกระบวนการซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า โดยการสั่งการนั้นจะเป็นไปตามเงื่อนไขแล้สถานการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งสถานะของเหตุการณ์ต่างๆ ทราบได้จากอุปกรณ์ตรวจจับที่ต่อกับสัญญาณ Digital Input หรือ Internal Switch เป็นต้น



ภาพที่ 2.7 ตัวอย่างการควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process

Symbol	Comment	Rule Number	01	02	03	04	05	06
		Step Label	A1	A2		A3		A4
PB01.PV.ON	Start button		Y					
LA01.PV.ON	Limit Switch High level		N	Y				
LA02.PV.ON	Limit Switch Low level		Y			Y		
TA01.PV.ON	Temp. Limit Switch				Y			
V001.PV.H	Inlet Valve		Y	N				
V002.PV.H	Water Inlet Valve			Y	N			
V003.PV.H	Exit Valve				Y	N		
Destination step	THEN		A2		A3	A1		
	ELSE							

ภาพที่ 2.8 ตัวอย่าง Sequence Control การควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process



ภาพที่ 2.9 ตัวอย่าง Flow Chart การควบคุมลำดับขั้นตอนของ Cooling Process

2.1.6 วิวัฒนาการของระบบการควบคุมอัตโนมัติ ไปสู่การใช้งาน Centum VP

▪ จุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีวัดคุม

การนำระบบวัดคุมอัตโนมัติมาใช้ในงานวัดปริมาณทางด้านอุตสาหกรรม อันได้แก่ อุณหภูมิ, อัตราการไหล และความดัน เริ่มเกิดขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1930 ซึ่งใช้ในกระบวนการกลั่นน้ำมัน ลักษณะเด่นของเทคโนโลยีการวัดคุมในช่วงนี้คือเครื่องมือวัดคุมจะติดตั้งที่ห้องที่บริเวณแหล่งของกระบวนการผลิต ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดคุมที่ทำด้วยเครื่องจักรกลขนาดใหญ่

- ช่วง ค.ศ. 1950 ถึง 1960 คือช่วงของการผันเปลี่ยนเทคโนโลยี

ช่วง ค.ศ. 1950 ถึง 1960 เทคโนโลยีทางด้านการวัดคุมได้รับการพัฒนาอย่างมากควบคู่ไปกับการฟื้นตัวด้านเศรษฐกิจของญี่ปุ่นที่มุ่งไปสู่อุตสาหกรรมเหล็ก, ปิโตรเลียม และอุตสาหกรรมสิ่งทอ ลักษณะของการวัดคุมจะประกอบด้วยเครื่องวัดคุมแบบ Analog Single Loop Controller จำนวนมาก โดยในช่วงเริ่มต้นจะใช้ตัวควบคุมแบบ Pneumatic ที่ทำงานด้วยลม แต่ด้วยความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และขนาดของกระบวนการผลิตที่ใหญ่ขึ้น อุปกรณ์การวัดคุมจึงได้รับการพัฒนาจากระบบ Pneumatic ไปสู่อิเล็กทรอนิกส์

- ค.ศ. 1960 ปีแห่งจุดเริ่มต้นของคอมพิวเตอร์กับงานวัดคุม

ใน ค.ศ. 1960 นับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้งานควบคุมกระบวนการ โดยลำดับตามการทำงานและความสามารถของคอมพิวเตอร์ดังนี้

- Data Logging

เป็นการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการบันทึกผลและเฝ้าคุม (Recording and Monitoring)

- Set Point Control

เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีสมรรถนะทางด้านการคำนวณที่ดีขึ้น จึงได้ถูกออกแบบให้ทำหน้าที่คำนวณหาเงื่อนไขที่ดีที่สุด (Optimum Process Conditions) ของกระบวนการ การคำนวณหาค่าตัวแปรเป้าหมาย (SV) ให้แก่เครื่องควบคุมแต่ละตัว โดยสถาปัตยกรรมที่กล่าวมานี้เรียกว่า Set Point Control หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Supervisory Process Control

- Direct Digital Control หรือ DDC

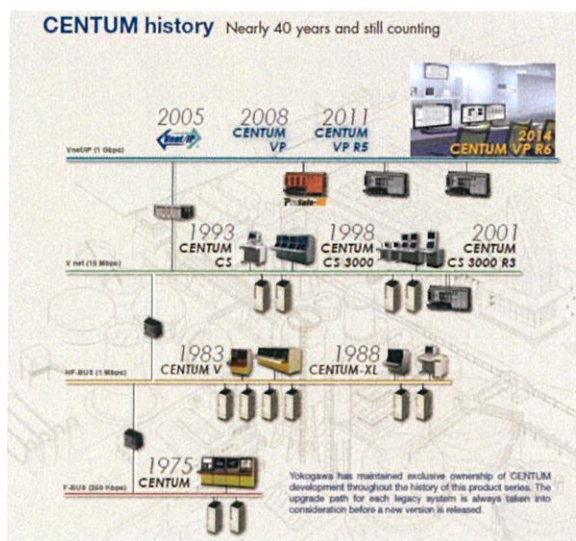
ต่อมาประมาณปี ค.ศ. 1965 ได้นำเอาคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการคำนวณสูงๆ มาใช้แทนเครื่องควบคุมแบบ Analog การควบคุมนี้อาศัย Digital Computer เพียงหน่วยเดียว ควบคุมกระบวนการแบบศูนย์รวมและรับผิชอบต่อ Loop การควบคุมจำนวนหลายร้อย Loop เรียกสถาปัตยกรรมแบบนี้ว่า Direct Digital Control หรือ DDC แต่มีปัญหาของ DDC เนื่องจากการล้มเหลวของคอมพิวเตอร์ที่คาดไม่ถึงได้ส่งผลทำให้การปฏิบัติการต่อกระบวนการผลิตหยุดชะงัก (Plant Operation to a Halt) ดังนั้นการออกแบบด้วยการสำรองอุปกรณ์ดังเช่น CPU, อุปกรณ์การ Backup และอื่นๆจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็น แต่เมื่อคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องมีการสำรองอุปกรณ์ จึงมีผลทำให้ระบบ DDC ไม่สามารถแทนที่ระบบการควบคุมแบบ Analog ได้ทั้งหมด เพราะมีราคาแพงมากในตอนนั้น

- ค.ศ. 1975 ปีแห่งการเริ่มต้นของ DCS (Distributed Control System)

การกำเนิดของ Microprocessor ในปี พ.ศ. 1970 ได้นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงหลายสาขารวมทั้งทางด้านวิศวกรรมวัดคุมด้วย ราคาของ Microprocessor ที่ลดลง ประกอบกับประสิทธิภาพที่เพิ่มสูงขึ้นจึงเป็นผลทำให้ระบบควบคุมที่ใช้เพียงระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ 1 หน่วย ควบคุมแบบรวมศูนย์ สามารถที่จะใช้เป็นระบบการควบคุมแบบกระจาย Chip Microprocessor กระจายไปอยู่แต่ละ Station สื่อสารกันกับ Operator Station ทาง Terminal ของจอภาพเพื่อใช้ในการเฝ้าคุมและปฏิบัติการ หลังจากปี ค.ศ. 1975 บรรดาผู้ผลิตทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยได้เริ่มขยายการประยุกต์ ต่อการควบคุมแบบ Batch และการควบคุมลำดับขั้น (Batch and Sequence Control)

นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1970 ทางสมาคม IEC (International Electrotechnical Commission) ได้ประชุมร่วมร่างมาตรฐานเกี่ยวกับการส่งกระแสไฟขนาด 4-20 mA DC. เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อเครื่องวัดคุมทางอุตสาหกรรมแบบ Analog ที่ต่างผู้ผลิต และต่อมาอุปกรณ์วัดคุมอุตสาหกรรมแบบใหม่ได้รับการพัฒนาไปสู่ระบบ Digital การเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างอุปกรณ์ (Devices) เปลี่ยนจากการส่งสัญญาณแบบ Analog เป็นการส่งข้อมูลข่าวสาร (Information) จำนวนมากแบบ Digital มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลจึงเริ่มมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆ และด้วยการคำนึงถึงเหตุผลข้อนี้ ทางสมาคม IEC จึงได้ร่าง Bus อิสระแตกต่างกันไปตามแต่ละผู้ผลิต ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และการสื่อสารข้อมูลได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว คอมพิวเตอร์ได้รับการขยายบทบาทจากงานทางด้านควบคุมไปสู่งานทางด้านบริหารทางด้านการผลิต (Production Management System) และระบบการบริการงานสารสนเทศ (Management Information System)

จึงเป็นที่มาของการพัฒนาตัวระบบ CENTUM เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมีการพัฒนาระบบความปลอดภัยที่ดี (Security Consistency) เพิ่มผลตอบแทนต่อการลงทุน (Return On Investment) มีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นของระบบ ในขณะเดียวกันลดความเสี่ยงอันเป็นต้นทุนของเจ้าของ (Cost of ownership) ทั้งนี้ลูกค้าที่มีระบบ CENTUM อยู่เดิม สามารถทำการ Migrate ระบบเดิมเป็นระบบใหม่โดยมีช่วง Down Time หรือ Shut Down Plant ที่น้อยที่สุด CENTUM VP ถือเป็น Generation ที่ 8 ในตระกูล CENTUM โดยจุดประสงค์เพื่อให้เป็นไปตาม Concept ของ “Vigilant Plant” ที่ได้ตั้งไว้ในปี 2005 โดยที่จุดมุ่งหมายของ Vigilant Plant นั้น เพื่อการเติบโตในด้านผลกำไรของธุรกิจ โยโกกาวา ปรารถนาในสิ่งที่เป็น 3 Excellence อันได้แก่ Production, Asset และ Saf



ภาพที่ 2.10 การพัฒนารุ่นของ CENTUM

■ ข้อได้เปรียบของ CENTUM VP

CENTUM VP ทำงานในสภาพแวดล้อมที่ทำให้ทุกคนรับทราบในความเปลี่ยนแปลงและพร้อมที่จะก้าวไปข้างหน้าด้วยความท้าทาย

- Information Visible (See Clearly)

CENTUM VP ช่วยให้จุดวิกฤตของโรงงานสามารถที่จะมองเห็นได้ง่ายสามารถตรวจจับ ตลอดจนเก็บรวบรวมข้อมูลโดยปราศจากการ delay ของข้อมูลพร้อมส่งผ่านให้ผู้รับผิดชอบได้ทันเวลา

- Performance Foresight (Know in Advance)

CENTUM VP จะทำการเก็บข้อมูลที่เป็น Historical data ที่เป็น real time และสามารถทำนายข้อมูลในอนาคตได้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถที่จะตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว

- Operation Agility (Act With Agility)

CENTUM VP ช่วยให้สามารถปรับเปลี่ยน line การผลิตได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองความต้องการทางธุรกิจได้ ป้องกันปัญหาคอขวด (bottle necks) ในระบบการผลิต

- Safe and Unified plant operation with Non stop Improvement

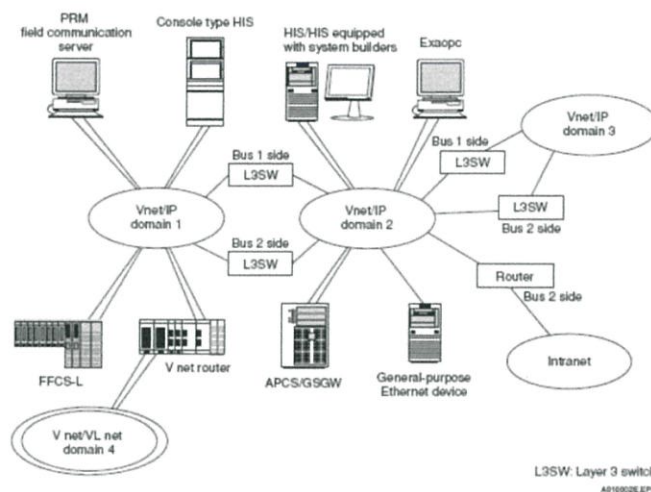
มีการควบคุมความปลอดภัยป้องกันการ Overload ของข้อมูล

- Security and Standard information

การควบคุมความปลอดภัยได้รับการรับรองจากผู้เชี่ยวชาญ

2.2 Centum VP System Configuration

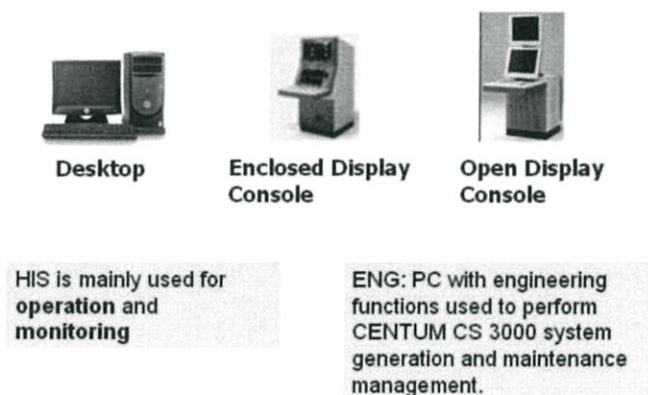
ส่วนประกอบหลักๆของระบบ CENTUM VP ยังคงใช้หลักการเดียวกับ CS3000 ซึ่งประกอบด้วย



ภาพที่ 2.11 System Component of Vnet/IP Network

2.2.1 HIS (Human Interface Station)

Human Interface Station (เครื่องคอมพิวเตอร์) เป็นหน่วยแสดงผลและบังคับการที่เชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้กับกระบวนการผลิต จะตั้งอยู่ในห้องควบคุมเพื่อทำหน้าที่แสดงข้อมูลของกระบวนการผลิตที่ส่งมาจาก Field Control Station เช่น การสั่งให้ทำการเปลี่ยนค่าเป้าหมาย (Set Point) หรือการเปลี่ยนสถานะโหมดของระบบควบคุม (Loop Status) เป็นต้น



ภาพที่ 2.12 Enclosed Display Style Control Type HIS

นอกจากนี้หน้าต่างของ HIS ยังถูกออกแบบให้เหมือนกับ Window Desktop มีการเปิดหน้าจอ Menu ที่ทับซ้อนกัน ซึ่ง User สามารถเข้าไปเลือก Menu ต่างๆ หรือปิด Menu ที่ไม่ต้องการได้ มี Browser Bar ที่ทำหน้าที่เหมือน Navigation tool มี System Message Banner ที่ทำหน้าที่แสดง Alarm Area ซึ่งมีลักษณะดังภาพต่อไปนี้

Windows Desktop = Whole Area of CRT

System Message Banner = Alarm Display Area

Browser Bar = Navigation Tool

Container Window = Container Window or Pop up Window

* Frame = An element of Container Window

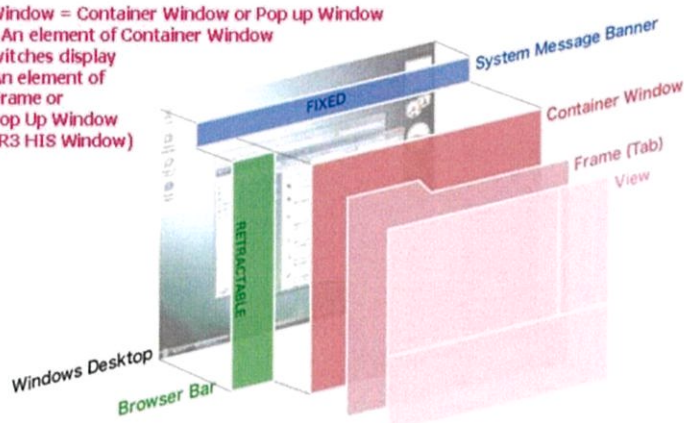
* Tab = Switches display

* View = An element of

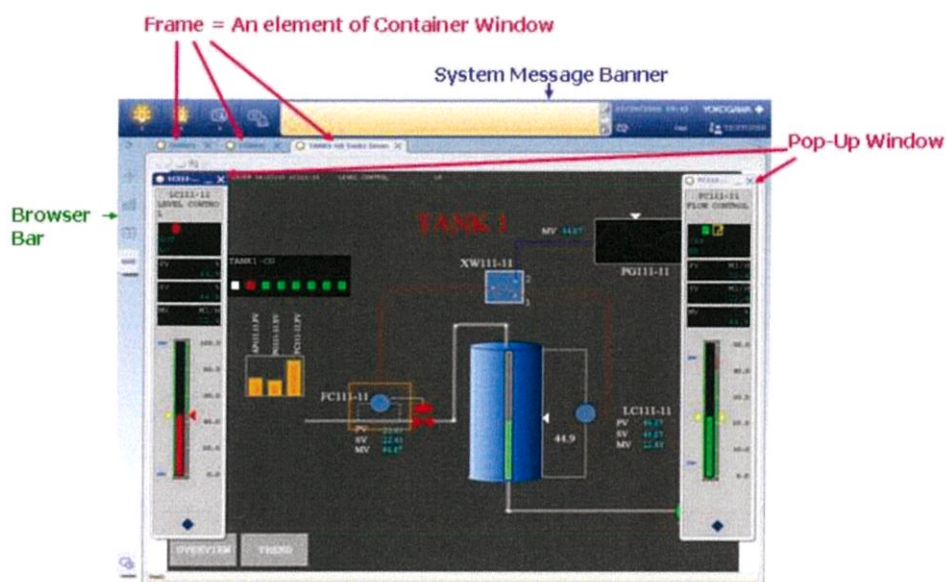
Frame or

Pop Up Window

(R3 HIS Window)



ภาพที่ 2.13 Element of New HIS Display



ภาพที่ 2.14 Frame and Pop up Window

2.2.2 FCS (Field Control Station)

Field Control Station เป็นหน่วยควบคุมกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบด้วย การควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) และการควบคุมแบบลำดับขั้นตอน (Sequence Control) การทำงานของ Field Control Station นั้นเริ่มจากการอ่านสัญญาณจากอุปกรณ์วัดค่าที่ส่งสัญญาณมาที่ I/O Module จะถูกส่งไปยัง Processor Card เพื่อทำการคำนวณหาค่า MV จากผลต่างระหว่าง PV กับ SV ในสมการการควบคุมแบบ PID โดยค่า SV ได้รับมาจาก Human Interface Station (HIS) ซึ่งส่งผ่านมาตามสาย Vnet หรือ Vnet/IP หลังจากนั้นจึงส่งสัญญาณ MV ออกไปควบคุมอุปกรณ์ปรับโปรเซส โดยผ่านทาง I/O Module

ส่วนประกอบของ Field Control Station

- Communication Coupler Unit

เป็นส่วนที่ไว้ใช้เป็น Terminal ต่อกับ Vnet เพื่อรับส่งสัญญาณระหว่าง Field Control Station กับ Human Interface Station (HIS)

- Processor Card

เป็น Cards ที่ใช้ในการประมวลผลการคำนวณเพื่อควบคุมกระบวนการผลิต

- Power Supply Unit

เป็นส่วนที่รับ Power Supply มาจาก Power Distribution Board จากนั้นแปลง Power Supply นั้นเป็น DC Voltage ทั้งนี้เพื่อที่จะจ่ายให้กับ Cards และ Unit ต่างๆ ในแต่ละ Nest ให้สามารถทำงานได้

- Battery Unit

เป็น Battery สำรองไว้เพื่อ Back Up ข้อมูลต่างๆ ในหน่วยความจำของ Processor Card ในระหว่างที่เราปิดเครื่องหรือ Power Failure ซึ่งระยะเวลาที่ Battery สามารถ Back Up ข้อมูลต่างๆ ได้ 72 ชั่วโมง อายุการใช้งาน Battery Back Up นั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในการใช้งานของ Battery นั้น

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งาน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 30 °C Battery จะมีอายุการใช้งาน 3 ปี

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งาน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 40 °C Battery จะมีอายุการใช้งาน 1.5 ปี

ถ้าอุณหภูมิในการใช้งาน ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 50 °C Battery จะมีอายุการใช้งาน 9 เดือน

- Power Distribution Board

เป็นส่วนที่กำหนดหรือกระจาย Power ไปยังส่วนต่างๆของ FCS โดยส่ง Power ผ่านเข้าไปทาง Input Terminal และมีสัญญาณไฟออกมาทาง Output Connector เพื่อรองรับสัญญาณที่เข้ามาจาก Power Supply นั้น FCS จะไม่มี Switch ในการเปิดหรือปิด Power Supply ภายในตัว ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกมาต่อเพิ่มเช่น Switch หรือ Breaker

- I/O Module

เป็นส่วนที่เป็น Interface ระหว่าง Process กับ FCS ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ Input จากกระบวนการผลิตแล้วส่งไปยัง Field Control Station ทำการคำนวณประมวลผลการควบคุม แล้วส่งสัญญาณควบคุม (Output) ออกไปควบคุมกระบวนการผลิตโดยผ่าน I/O Module

- Vnet Coupler unit

ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมระหว่าง Vnet และ FCS ส่วนประกอบต่างๆใน Vnet Coupler มีดังนี้

Communication Switch

- ENBL เป็นตำแหน่งที่แสดงว่ามีการติดต่อกันอยู่ระหว่าง Vnet และ FCS ถ้ากำหนดตำแหน่งของ Switch มาที่ ENBL การทำงานอยู่ในสภาวะปกติ
- DSBL ถ้ากำหนดตำแหน่งของ Switch มาที่ DSBL แสดงว่าไม่ต้องการให้มีการติดต่อกันระหว่าง Vnet และ FCS

Status Lamps บน CPU

- RCV หลอดไฟนี้ติดเป็นสีเขียวเมื่อมีการรับสัญญาณมาจากสาย Vnet ถ้าไม่มีสัญญาณหลอดไฟนี้จะดับ
- SND-L หลอดไฟติดเป็นสีเขียวเมื่อ CPU Card ตัวซ้ายมือของ FCS ได้ส่งสัญญาณผ่าน Vnet
- SND-R หลอดไฟติดเป็นสีเขียวเมื่อ CPU Card ตัวขวามือของ FCS ได้ส่งสัญญาณผ่าน Vnet

2.2.3 Network Vnet/IP Domain

Centum VP ถูกออกแบบให้ใช้งานบน Network Vnet/IP เท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย 2 Subnet ได้แก่ Bus1 และ Bus2 ทำงานเหมือนกับเป็น Duplexed network ซึ่งจะถูก Config ให้ Network เป็นอิสระแยกจากกัน Bus1 ถูกใช้สำหรับ Control Communication Bus2 จะเป็น Open Communication กรณี Bus1 ใช้งานไม่ได้ Bus2 จะ takeover communication แทนที่

- Vnet

Vnet เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลระหว่าง FCS และ HIS ซึ่งสาย Vnet ที่ต่อออกมาจาก FCS นั้นจะต้องผ่านส่วนที่เรียกว่า Vnet Coupler Unit และต่อเข้า HIS โดยผ่าน Vnet Interface Card ซึ่งมี BNC Connector เป็นตัวเชื่อมระหว่าง Vnet กับ Vnet Interface Card

- Vnet/IP

Vnet/IP domain ประกอบด้วย 2 Sub Network คือ Bus1 และ Bus2 ใน Centum VP ประกอบด้วย Vnet/IP ถึง 16 Domain แต่ละ Domain มี 64 Station ขยายได้ถึง 124 สำหรับอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกันด้วย Ethernet เช่น PC และ Router Station ของ Vnet/IP จะต่อกับ Layer2 Switch ตัวอย่างของ Vnet/IP Station ได้แก่ HIS, FFCS-L, APCS, GSGW เป็นต้น

- Vnet Interface Card

Vnet Interface Card เป็นการ์ดที่ติดตั้งใน PCI Slot (Peripheral Component Interconnect) ของ PC/AT Compatible Personal Computer เพื่อเป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อระหว่าง Vnet กับ เครื่องคอมพิวเตอร์ (HIS) โดยผ่าน BNC Connector

Vnet Interface Card (VF701) จะมี 2 Ports เพื่อไว้สำหรับต่อ Vnet สำรองในการสื่อสารระหว่าง FCS และ HIS

ส่วนต่างๆของ Vnet Interface Card

- RCV Lamp หลอดไฟนี้จะติดเมื่อได้รับสัญญาณจากสาย Vnet มายัง Vnet Interface Card ของ HIS ถ้าไม่มีการรับสัญญาณ หลอดไฟนี้จะดับ
- SND หลอดไฟนี้จะติดเมื่อมีการส่งสัญญาณจาก Vnet Interface Card ของ HIS ไปยังสาย Vnet ถ้าไม่มีการส่งสัญญาณออกไป หลอดไฟนี้จะดับ
- BNC Connector จะเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง Vnet และ Vnet Interface Card ของ HIS ซึ่งจะใช้ BNC Connector ชนิด T-Connector

- Ethernet

Ethernet เป็นรูปแบบการต่อสัญญาณระหว่างคอมพิวเตอร์ในเครือข่ายที่นิยมกันมากที่สุด ซึ่งหลักการส่งสัญญาณของ Ethernet คล้ายกับการคุยกันอย่างสุภาพ คือจะต้องหยุดรอจังหวะว่างเสียก่อนถึงจะส่งข้อมูลไปในเครือข่ายได้

ในระบบ Centum VP นั้นเราใช้ Ethernet ในการเชื่อมต่อกันระหว่าง HIS ซึ่งเป็น Personnel Computer และ Management Computer ซึ่งเป็น MIS (Management Information System) ให้แต่ละ Station สามารถที่จะเข้าถึงข้อมูลซึ่งกันและกันได้

HIS หรือ PC ที่ต่อบน Ethernet จะต้องมีการกำหนด Ethernet IP Address ซึ่งในระบบ CS3000 นี้ Ethernet IP Address จะถูกกำหนดโดยอัตโนมัติตามชนิดของ Bus, หมายเลข Domain และหมายเลข Station โดยมีรูปแบบดังนี้

172,17,{dd},{ss}

- 172 : System Fixed
- 17 : Identifier showing that the Bus type is Ethernet.
- {dd} : Two – Digit Domain Number Specified during the Project Creation
- {ss} : Two – Digit Station Number Specified during the Project Creation

- **Printer**

เป็นเครื่องพิมพ์ (Printer) ที่ใช้กับ PC ทั่วไปที่ Support Window NT

- **Hub**

เป็นอุปกรณ์ที่เป็นศูนย์กลางการสื่อสารที่สายเคเบิลที่ต่อจากคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อื่น เช่น เครื่องพิมพ์ ทุกสายเคเบิลจะเชื่อมต่อกันที่ Hub

- **Bus**

เป็นเส้นทางที่ให้สัญญาณไฟฟ้าวิ่งไปมาระหว่าง CPU และอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Human Interface Station

- **BCV (Bus Converter)**

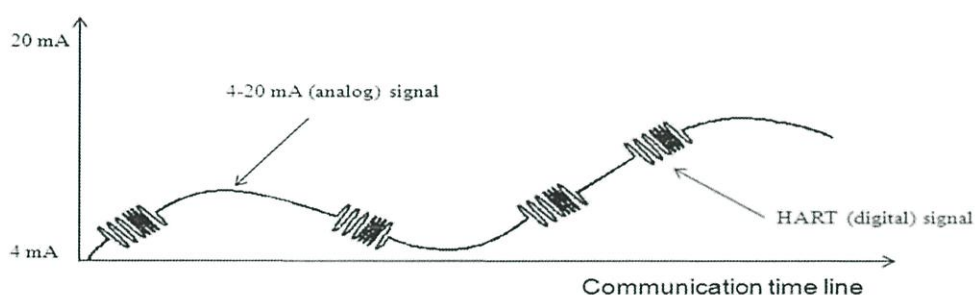
เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณเมื่อระบบ Centum VP ต่อกับระบบการควบคุมอื่น เช่น Centum CS หรือ MXL เพื่อให้ทั้ง 3 ระบบสามารถดูแลหรือปฏิบัติการใดๆ ได้ที่หน้าจอที่กำลังทำงานอยู่ เช่น เรากำลังทำงานอยู่ที่ ICS ของ Centum VP เราสามารถที่จะมองเห็นหรือทำการควบคุม ส่วนของการควบคุมระบบ ได้เหมือนกับว่าตัว BCV ทำหน้าที่แปลงสัญญาณของระบบ สามารถที่จะคุยกันรู้เรื่องกับระบบ Centum VP สามารถที่จะ Operate ด้วยกับระบบ CS3000, CS1000 โดยผ่านอุปกรณ์ BCV

2.3 Hart protocol

2.3.1 HART protocol

HART มาจากคำเต็มว่า Highway Addressable Remote Transducer คือการสร้าง ทางด่วน (Highway) เพื่อการสื่อสารกับตัวอุปกรณ์ (Transducer) แบบที่ติดต่อกันที่ใดก็ได้ (Remote) พร้อมกับมีการตั้งชื่อหรือกำหนดตำแหน่ง (Address) ได้

การสื่อสาร HART นั้นจัดเป็นการสื่อสารแบบ Digital ที่มี Analog 4-20 mA เป็นสื่อ คือยังคงใช้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง 4-20 mA ในการวัดและควบคุมหรือติดต่อกัน ระหว่างตัวอุปกรณ์ เช่น ทรานสมิตเตอร์ วัดค่าทางกายภาพ แล้วแปลงเป็นสัญญาณ PV (Process Variable) ส่งสัญญาณ Analog ที่วัดได้นี้ให้ระบบควบคุม DCS (Distributed Control System) หรือ PLC (Programmable Logic Control) หรือส่งสัญญาณ Analog จาก DCS หรือ PLC ที่ประมวลผลแล้วเป็นสัญญาณ MV (Multivariable Value Output) ให้กับ Positioner ที่อยู่ที่ตัว Control Valve สัญญาณ Digital ที่สื่อสารนั้นมีหลายค่า และมีจำนวนมาก โดยใช้ ความถี่เช่นเดียวกับการสื่อสารทางไกล (Telecommunication) จาก FSK (Frequency Shift Keying) Modems ตามภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แสดงสัญญาณ Digital และ Analog Modulate กัน

สัญญาณ HART ใช้ ความถี่ 2 ค่า แทนสถานะของ โลจิก 0 และ 1 คือ ความถี่ 1,200 Hz แทน โลจิก 1 และความถี่ 2,200 Hz แทนโลจิก 0 โดยทั้ง 2 สัญญาณ จะขึ้นอยู่กับสัญญาณ Analog โดยสัญญาณ ความถี่นี้จะมีค่าแรงดัน (Voltage) อยู่ที่ +/- 0.6 Volt สัญญาณความถี่ทั้ง 2 ความถี่จะสมมาตรกันระหว่างช่วงบวก (+) และช่วงลบ (-) ในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ไม่เกิดการรบกวนกับสัญญาณ Analog 4-20 mA DC

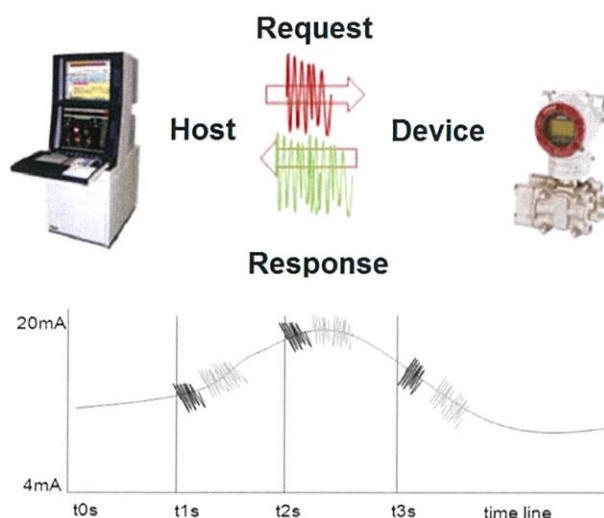
สัญญาณ HART เป็นการสื่อสารแบบ 2 ทาง (2 Way Communication) ระหว่าง ตัวอุปกรณ์ (Device) และ ตัว Host คือสามารถติดต่อไปมาได้ระหว่าง Device และ Host ซึ่ง Host ในที่นี้อาจเป็น เครื่องมือ Handheld หรือ DCS หรือ PLC ก็ได้



ภาพที่ 2.16 แสดงตัว Handheld ซึ่งในที่นี้คือ Host

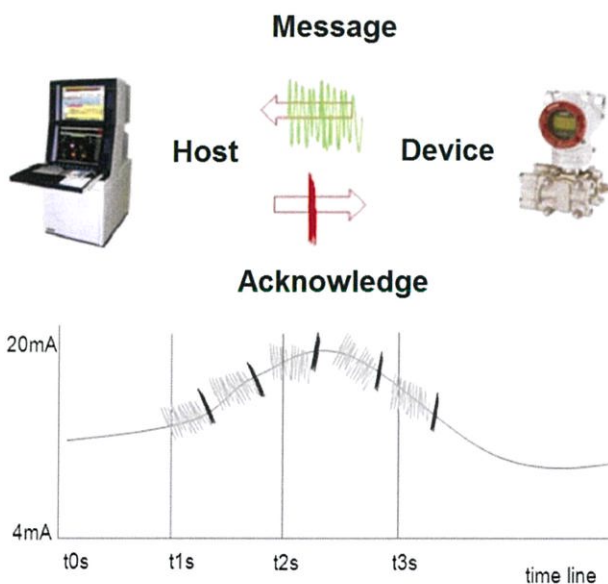
สัญญาณ HART นี้ ติดต่อกันด้วยระบบ Master-Slave Protocol คือมีตัวที่ทำหน้าที่ เป็น Master ในที่นี้คือ Host นั้นเอง และมี Slave ในที่นี้คือ Devices ต่าง ๆ ด้วยแต่เดิมมา ในระบบ HART Network จะมี Host ได้แค่ตัวเดียว คือถ้าตัวอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณ HART กับ Host System แล้วก็ไม่ สามารถติดต่อกับ Handheld ได้ แต่ว่าอุปกรณ์ HART รุ่นใหม่ ๆ (Rev 5 เป็นต้นมา) สามารถรองรับการมี Host ได้สูงสุด 2 Host ประโยชน์ของการรองรับ 2 Host คือ DCS หรือ PLC ก็สามารถติดต่อสื่อสารกับ อุปกรณ์ได้ แล้วก็สามารถใช้ Handheld ติดต่อในเวลาเดียวกันได้ โดยตั้งให้ DCS หรือ PLC เป็น Primary Host และ Handheld เป็น Secondary Host

ระบบของ HART จะติดต่อสื่อสารผ่านระบบ Master-Slave คือ ตัวอุปกรณ์จะคุยได้ก็ต่อเมื่อ Host คุยมาก่อน เราเรียกการคุยของ Host ว่า Request และการคุยของอุปกรณ์ว่า Response ด้วยเหตุนี้ เราจึงเรียกการสื่อสารแบบนี้ว่า Request Response Mode ซึ่งเป็นการสื่อสารปกติที่ใช้งานอยู่ทั่ว ๆ ใน Mode นี้จะส่งสัญญาณ ได้ คำสั่ง (Command) ละ 1 วินาที และใน 1 Command จะมีประมาณ 2-3 ข้อมูล หากมี 2 Host Primary Host จะเป็นผู้ส่ง Request Mode ใน 1 วินาทีที่สามารถ รับส่งได้ 1,200 Bit



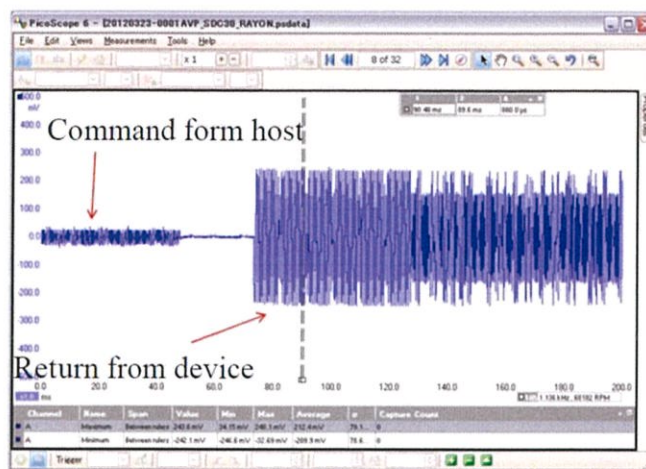
ภาพที่ 2.17 แสดง Request Response Mode ระหว่าง Host และ Device

ระบบ HART ยังมีอีก Mode ให้เลือกใช้ เรียกว่า Burst Mode เป็น Mode ที่ให้ตัวอุปกรณ์สามารถส่งข้อมูลได้เร็วขึ้น และต่อเนื่องโดยไม่ต้องรอ Request จาก Host Host จะเพียง Acknowledge เมื่อได้รับข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ ทำให้ส่งข้อมูลได้มากกว่าโหมด Request-Response คือ 2-3 Command ต่อ 1 วินาที มักใช้กับระบบที่ต้องการ Diagnostic หรือข้อมูลจากตัวอุปกรณ์จำนวนมากและต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.18 แสดง Burst Mode ระหว่าง Host และ Device

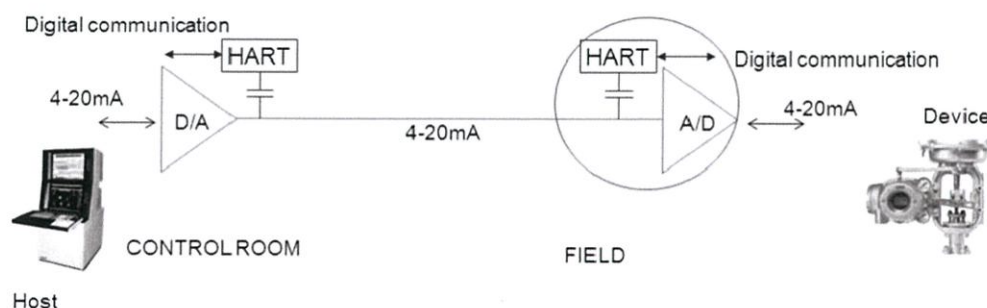
เพื่อให้เห็นภาพสัญญาณ HART ได้ชัดเจนขึ้น ขอให้ดูที่ Oscilloscope จะเห็นลักษณะของ Command จาก Host และ Response จากตัวอุปกรณ์



ภาพที่ 2.19 แสดงลักษณะ สัญญาณ HART จาก Oscilloscope ใน Mode Request Response

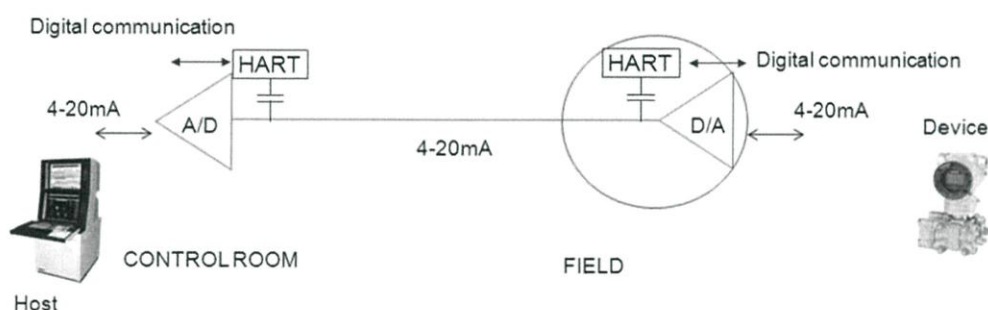
การติดต่อสื่อสารระหว่างสัญญาณ Analog และ Digital-HART ในระบบเครื่องมือวัดระหว่าง ตัวอุปกรณ์ และ Host System นั้นจะแยกจากกัน โดยจะแตกต่างกันระหว่าง Host คุยกับ Positioner และ Host คุยกับ Device

กรณีที่ Host คุยกับ Positioner สัญญาณ Analog 4-20 mA หลังจากแปลงจาก Digital ที่ Host-DCS/PLC ด้วย D/A แล้ว จะ Modulate กับ สัญญาณ HART Request ที่อยู่ในรูปความถี่ แล้วไปยังตัว Positioner โดยสัญญาณ Analog 4-20 mA จะถูกแปลงเป็น Digital ด้วย A/D ส่วนสัญญาณ HART Request จะผ่าน LPF (Low Pass Filter) กรองความถี่แล้วแปลงเป็น Digital ให้ Microprocessor ของตัว Device หลังจากนั้น สัญญาณ HART Response จากตัว Positioner จะส่งไปหา Host-DCS/PLC และถูกแปลงผ่าน LPF (Low Pass Filter) เช่นกัน ซึ่งจะเลือกเฉพาะความถี่ 1,200 และ 2,200 Hz เท่านั้น ส่วนความถี่ที่มาจากสัญญาณอื่น เสมือนเป็น Noise จะถูกจำกัดด้วย LPF นั้นเอง



ภาพที่ 2.20 แสดงการส่งสัญญาณ ระหว่าง Host DCS/PLC กับ Device ที่เป็น Positioner

ในกรณีที่ Host คุยกับ Transmitter สัญญาณ Analog 4-20 mA หลังจากแปลงจาก Digital ที่ Device-Transmitter ด้วย D/A แล้ว จะ Modulate กับ สัญญาณ HART Response ที่อยู่ในรูปความถี่ แล้วไปยัง Host-DCS/PLC โดยสัญญาณ Analog 4-20 mA จะถูกแปลงเป็น Digital ด้วย A/D ส่วน สัญญาณ HART Response จะผ่าน LPF (Low Pass Filter) กรองความถี่แล้วแปลงเป็น Digital ให้ Microprocessor ของตัว Host-DCS/PLC ซึ่งจะเลือกเฉพาะความถี่ 1,200 และ 2,200 Hz เท่านั้น ส่วน ความถี่ที่มาจากสัญญาณอื่น เสมือนเป็น Noise จะถูกจำกัดด้วย LPF นั้นเอง



ภาพที่ 2.21 แสดงการส่งสัญญาณ ระหว่าง Host DCS/PLC กับ Device ที่เป็น Transmitter

จะเห็นว่า สัญญาณ HART และสัญญาณ Analog ที่ Modulate กันในสายสัญญาณ (Cable) อยู่ นั้น จะแยกกันโดยสิ้นเชิง และเป็นอิสระต่อกัน ที่ Host และตัว Devices (Positioner หรือ Transmitter) และยังอธิบายได้ว่า สัญญาณ Digital HART สามารถใช้กับระบบ Analog 4-20 mA DC ได้ อีกทั้ง เทคโนโลยีการสื่อสารด้วย HART นั้น เป็นระบบที่เปิดให้มีการผลิตได้ ทำให้มีผู้ผลิต Protocol นี้จำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็นผู้ผลิต Host หรือผู้ผลิต Transmitter หรือผู้ผลิต Valve Positioner ทำให้ไม่ต้องกังวล กับความหลากหลายหรือยุ่งยากของการเตรียม Handheld ใช้งานที่หลากหลายยี่ห้อ

HART Command แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ

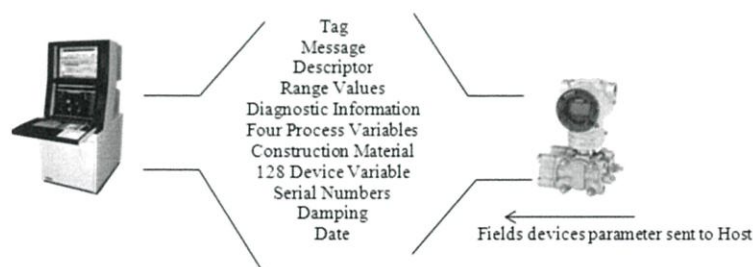
Universal Commands, Common Practice Commands และ Device Specific Commands ให้ดูแต่ละชนิดของ Commands ว่ามีอะไรบ้าง โดย HART Commands นี้จะมี 38 Bit ของ Address ประกอบด้วย ผู้ผลิต ID, ชนิดของอุปกรณ์ และข้อมูลอื่น ๆ ซึ่ง HART Master จะรู้เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปด้วยดี

Universal Commands	Common Practice Commands	Device-Specific Commands
<ul style="list-style-type: none"> • Read manufacturer and device type • Read primary variable (PV) and units • Read current output and percent of range • Read up to four predefined dynamic variables • Read or write eight-character tag, 16-character descriptor, date • Read or write 32-character message • Read device range values, units, and damping time constant • Read or write final assembly number • Write polling address 	<ul style="list-style-type: none"> • Read selection of up to four dynamic variables • Write damping time constant • Write device range values • Calibrate (set zero, set span) • Set fixed output current • Perform self-test • Perform master reset • Trim PV zero • Write PV unit • Trim DAC zero and gain • Write transfer function (square root/linear) • Write sensor serial number • Read or write dynamic variable assignments 	<ul style="list-style-type: none"> • Read or write low-flow cut-off • Start, stop, or clear totalizer • Read or write density calibration factor • Choose PV (mass, flow, or density) • Read or write materials or construction information • Trim sensor calibration • PID enable • Write PID setpoint • Valve characterization • Valve setpoint • Travel limits • User units • Local display information

ภาพที่ 2.22 แสดง Commands ทั้ง 3 ชนิด

2.3.2 Device Descriptions (DD)

HART ได้พัฒนารูปแบบภาษา ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ (EDDL- Electronics Device Description Language) อย่างมีมาตรฐานเป็นสากล ตาม IEC 61804-2 ภาษาที่ใช้คือ ภาษา C นั้นเอง โดยมีสมาคม HART เป็นผู้บริหาร การขึ้นทะเบียนและควบคุม การใช้ภาษาให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดปัญหาโดยเฉพาะผู้ผลิต Host และผู้ผลิต Device รายต่าง ๆ



ภาพที่ 2.23 แสดงตัวอย่างการสื่อสารระหว่าง Device Transmitter กับ Host system

DD File ในรูปอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เรียกกันว่า EDD File จะสามารถดาวน์โหลดได้จากเว็บไซต์ของผู้ผลิตต่าง ๆ แต่ละราย และสามารถดาวน์โหลดจากเว็บไซต์ของ FieldComm Group ได้ แต่ไม่ควรใช้วิธี Copy File ให้กันเพื่อเป็นการรักษาความปลอดภัย จะเห็นว่าผู้ผลิตแต่ละรายจะมี Code ต่างกัน เช่น Azbil มี Code 0x000036 ABB มี Code 0x000012 เป็นต้น และ Device Code ของอุปกรณ์แต่ละตัว

ตามแต่ผู้ผลิต รวมถึง Dev-Rev และ DD-Rev ที่มีการกำกับดูแลการจดทะเบียนและควบคุมโดย FieldComm Group ในบางอุปกรณ์ อาจมีหลาย Revision ต้องใช้ความระมัดระวังในการเลือกดาวน์โหลดให้ได้ DD File ที่ตรงกับอุปกรณ์ เช่นนั้นแล้วจะมึปัญหาเกี่ยวกับการสื่อสาร ระหว่าง Devices กับ Host

HART EDD Library							
Manufacturer Name	Code	Device Type	Dev Code	Dev Rev	DD Rev	Category	Description
ABB	0x000012	50XM2000	0x0007	0	5	Flow	Magnetic
Azbil	0x000036	AT9000	0x360D	2	1	Pressure	
Azbil	0x000036	SVP-V2	0x0014	1	2	Valve	Positioner
Azbil	0x000036	AVP700	0x360F	1	4	Valve	Positioner
Fisher Controls	0x000013	DVC6200	0x1309	2	5	Valve	Positioner
Flowsolve	0x000030	Logix 420	0x3009	71	2	Valve	Positioner
Foxboro Eckardt	0x00003F	SRD991	0x0004	1	2	Valve	Positioner
Fuji Electric	0x000015	FRC	0x0081	1	1	Temperature	
Honeywell	0x000017	ST3000	0x0001	5	4	Pressure	

ภาพที่ 2.24 แสดงตัวอย่าง ตาราง DD File Library ของผู้ผลิตต่าง ๆ

2.3.3 สาย Cable และการ Wiring

โดยทั่วไปแล้วสามารถใช้สายเช่นเดียวกับ สายสัญญาณ Analog 4-20 mA dc แต่ว่าเพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณรบกวน (Noise) จากสัญญาณความถี่อื่น ๆ ที่อาจรบกวนได้จึงควรใช้สายที่มี Shield หุ้มแต่ละเส้น โดยสายขนาด AWG 18 สามารถใช้ได้ไกลถึงเกือบ 3 กิโลเมตร แต่สิ่งที่เป็นตัวกำหนดสำคัญสุดในเรื่องระยะทางคือค่าความจุ (Capacitance) และจำนวนของ Device ในสายคู่ นั้น ที่สายขนาด AWG18 ในขณะเดียวกัน ค่าความต้านทานก็สำคัญเช่นกัน คือต้องไม่น้อยกว่า 230 โอห์ม ดังตารางที่ 3 และสามารถเชื่อมต่อกับ Secondary Host ได้แค่ 1 Host เท่านั้น คือทั้งระบบจะมี Host ได้แค่ 2 Host เท่านั้น และแน่นอนว่าสามารถใช้ร่วมกับ analog device ในด้านความต้านทานสูงสุด (Load) ที่รับได้นั้น จะขึ้นอยู่กับ ความสามารถของตัว Device เอง สามารถดูได้จาก Specification Sheet และ Power Supply ที่ยี่ห้อผู้ผลิตรองรับโหลดได้สูงด้วย

Cable Capacitance – pf/ft (pf/m) Cable Length – feet (meters)				
No. Network Devices	20 pf/ft (65 pf/m)	30 pf/ft (95 pf/m)	50 pf/ft (160 pf/m)	70 pf/ft (225 pf/m)
1	9,000 ft (2,769 m)	6,500 ft (2,000 m)	4,200 ft (1,292 m)	3,200 ft (985 m)
5	8,000 ft (2,462 m)	5,900 ft (1,815 m)	3,700 ft (1,138 m)	2,900 ft (892 m)
10	7,000 ft (2,154 m)	5,200 ft (1,600 m)	3,300 ft (1,015 m)	2,500 ft (769 m)
15	6,000 ft (1,846 m)	4,600 ft (1,415 m)	2,900 ft (892 m)	2,300 ft (708 m)

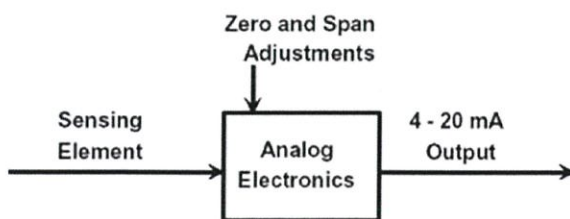
ภาพที่ 2.25 แสดงตารางสายเคเบิล ขนาด AWG 18 กับจำนวนตัว devices และค่าความจุไฟฟ้า



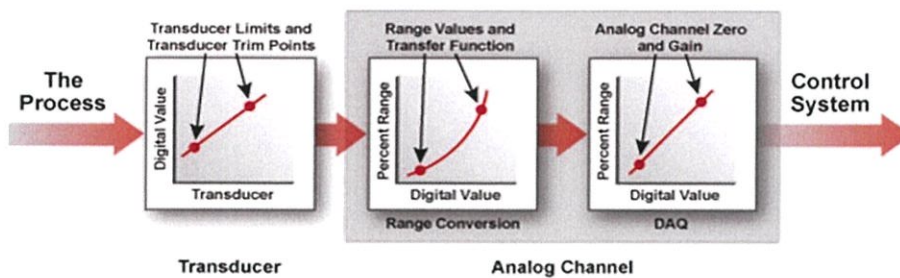
ภาพที่ 2.26 แสดงการต่อ Host ทั้ง Primary Host, Secondary Host และ Device HART

2.3.4 การ Calibrate HART Device

การ Calibrate HART Device สามารถทำได้ 2 จุดด้วยกัน ทำที่ Transducer และทำที่ Analog Electronics Board ซึ่งต่างจาก Device ธรรมดา ที่ทำได้แค่จุดเดียวคือ ที่ Electronics Board โดยการปรับ Zero/Span เท่านั้น แต่ HART Device สามารถปรับที่ Transducer หรือส่วน Sensing และที่ Analog Channel (Electronics Board) ปรับ Zero, Gain, Range Value (Span)



ภาพที่ 2.27 แสดง Block Diagram ของ Device แบบธรรมดา



ภาพที่ 2.28 แสดง Block Diagram ของ HART Device

หากว่าความสัมพันธ์ระหว่าง Input และ Output ไม่ Linear จะเป็นเรื่องที่ยากมากสำหรับ Device แบบธรรมดา แต่ด้วยการมี Microprocessor ทำให้สามารถคำนวณได้ ไม่ว่าจะเป็นรูปของ Linear หรือ Non-linear อย่าง Square Root, Exponential หลังจากผ่าน Transducer Block แล้วจะแปลงเป็นสัญญาณ Digital Input (PV) เมื่อเราใช้ Handheld เราจะอ่านค่านี้ได้ ที่เป็นส่วนแปลงค่า (Convert) ที่มี Transfer Function อยู่ภายใน จึงปรับ Value Span และ Function ที่ ส่วน Convert นี้ได้ด้วย และปรับ Gain/Zero ที่ Analog Channel ได้อีกเช่นกัน ที่ Transducer จะมี Commands ที่ให้ปรับได้ หรือ คำนวณกันในชื่อ Sensor Trim

HART Devices นอกจากจะทำหน้าที่ เช่นเดียวกับ Device อื่น ๆ ทั่วไปแล้วแล้วยังมีความสามารถในการสื่อสารแบบดิจิทัล ที่เป็นมาตรฐานสากล (IEC) และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายของภาคอุตสาหกรรมในปัจจุบันนี้ และมีอุปกรณ์ HART ติดตั้งอยู่ทั่วโลกไม่น้อยกว่า 40 ล้านตัว จึงเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่ยุคดิจิทัล ด้วยการวัดและควบคุมด้วยสัญญาณ อนุาลอก แต่วิเคราะห์หาสาเหตุ (Diagnostic) ด้วยดิจิทัล ก่อนที่จะเป็นวัดและควบคุมด้วยดิจิทัลและวิเคราะห์หาสาเหตุ (Diagnostic) ด้วยดิจิทัลในยุคของ Industry 4.0 ที่กำลังมาถึง

2.4 เครื่องมือวัดระดับ

การวัดระดับถ้าแบ่งตามหลักการจะแบ่งได้ 2 หลักการคือ

1. วิธีการวัดโดยตรง (Direct) ซึ่งเป็นวิธีการวัดแบบง่าย ๆ
2. วิธีการวัดโดยอ้อม (Indirect) โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ให้สัญญาณแบบต่อเนื่อง

ปัจจุบันหลักการดังกล่าวที่ใช้อยู่ในวงการอุตสาหกรรม ได้แก่

- หลักการของแรงและความดัน (Force and Pressure)
- หลักการทางไฟฟ้า (Resistance, Conductance & Capacitance)
- หลักการการเดินทางของเสียง (Ultrasonic)

- หลักการแผ่รังสีและการดูดซับพลังงานของสาร (Radiation)
- สวิตช์ระดับแบบให้สัญญาณตามจุดเซ็ระดับซึ่งมีหลักการแบบอินฟราเรด เช่น ลูกลอย ความนำไฟฟ้าและการสั้นสะท้อน เป็นต้น

2.4.1 วิธีการวัดระดับโดยตรง

วิธีการวัดระดับโดยตรง เป็นวิธีที่ประหยัด ง่าย และเชื่อถือได้ ซึ่งแบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันได้แก่ แบบกระจกมองระดับและแบบลูกลอย

■ กระจกแก้วมองระดับ (Glass Gauge)

กระจกมองระดับเป็นวิธีที่สามารถดูระดับของเหลวได้โดยตรง นิยมใช้กับภาชนะที่ไม่สูงมาก และถ้าเป็นแบบพิเศษจะสามารถใช้งานได้กับภาชนะที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ซึ่งง่ายต่อการติดตั้งและปลอดภัยต่อการใช้งาน กระจกมองระดับจะถูกติดตั้งไว้ภายนอกภาชนะ มีวาล์วปิดทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อตัดส่วนนี้ออกเมื่อมีการซ่อมบำรุง



ภาพที่ 2.29 ตัวอย่างกระจกมองระดับแบบต่างๆ

กระจกมองระดับแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) ถูกสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้แทนที่แบบท่อแก้วใส (รูป ข) โดยแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) นี้จะประกอบด้วยแผ่นแก้วสะท้อนแสงและหลอดแก้วใส โดยที่แผ่นแก้วสะท้อนนี้จะวางอยู่หลังหลอดแก้วใสและจะถูกเจาะให้เป็นร่องแบบมุมรูปฟันเรือยเพื่อไว้สะท้อนแสง ส่วนมุมด้านในของแผ่นแก้วที่เป็นเจาะเป็นร่องนี้จะออกแบบให้พอดีแสงที่มาจากกระทบ โดยเมื่อแสงตกกระทบอยู่ในช่วงระดับของๆเหลวแสงจะถูกดูดกลืนไปหมดจึงทำให้ดูมืด ส่วนแสงที่อยู่เหนือระดับของๆเหลวจะสะท้อนแสงกลับออกมา ทำให้ดูโปร่งใสมากกว่าจึงทำให้ดูชัดมากขึ้น ซึ่งแบบแผ่นแก้วเรียบ (Flat Glass) นี้เหมาะสำหรับของเหลวที่ใสสะอาด ไม่มีสี และมีค่าความหนืดต่ำ เพราะถ้ามีของเหลวที่ต้องการดู

ระดับมาเคลือบบนแผ่นแก้วหรือถ้าของเหลวด้านในเดือดมีไอน้ำมาเกาะที่แผ่นแก้วก็จะทำให้หารอ่านค่าระดับทำได้ยาก และอาจผิดพลาดไปได้เช่นกัน แต่ข้อดีคือๆไม่ต้องมีหลอดไฟฟ้าส่องแสงสว่างก็สามารถอ่านระดับได้ดี

2.4.2 วิธีการวัดระดับโดยอ้อม โดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

■ หลักการวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่าง (Differential Pressure)

การวัดระดับโดยวิธีวัดความดันแตกต่างเป็นวิธีที่แพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรม สามารถใช้กับของเหลวที่สกปรก มีความดันหรืออุณหภูมิสูงได้ดี โดยหลักการวัดระดับแบบนี้ใช้หลักการวัดความดันที่เกิดจากความสูงของของเหลวที่ต้องการวัดระดับดังสมการ

$$P = h \cdot SG_m \quad (2-1)$$

P คือ ค่าความดันมีหน่วยเป็น เมตรน้ำ

h คือ ค่าความสูงของของเหลว มีหน่วยเป็น เมตร

SG_m คือ ค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ต้องการวัด (ไม่มีหน่วย)

ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity: SG) ของสารเป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของสารนั้น เช่น น้ำมีค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 1 พรอทมีค่าความถ่วงจำเพาะเป็น 13.6 เป็นต้น ดังนั้นความดันที่เกิดขึ้นจึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของของเหลว นั้น ทำให้สามารถหารความสูงของของเหลวได้จาก

$$h = \frac{P}{SG_m} \quad (2-2)$$



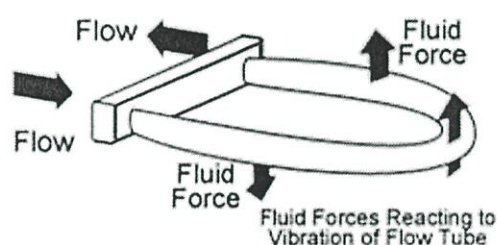
ภาพที่ 2.30 เครื่องวัดระดับแบบอาศัยหลักการความดันแตกต่าง

2.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล

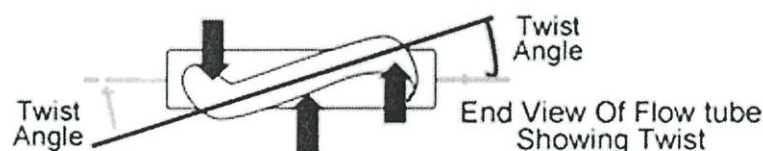
ตัวแปรที่สำคัญในระบบควบคุมตัวหนึ่งคือ การไหล (Flow) เนื่องจากตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องการควบคุมจะถูกควบคุมโดยปริมาณของอัตราการไหลเกือบทั้งสิ้น โดยส่งผลไปที่วาล์วควบคุม (Control Valve) ส่วนวิธีการวัดอัตราการไหลมีหลายชนิด แต่ละวิธีก็มีหลักการแตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่แล้วจะไม่ใช้การหาอัตราการไหลโดยตรง แต่จะวัดความเร็ว (Velocity) ของการไหลแล้วคำนวณออกมาเป็นอัตราการไหลอีกทีหนึ่ง

2.5.1 เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบ Coriolis

หลักการของ Coriolis คือ เมื่อมวลสาร (Mass) ไหลผ่านท่อโค้งรัศมีครึ่งวงกลม ภายนอกท่อจะเกิดแรงบิดตัว (Coriolis Force) ปรากฏขึ้น แรงบิดนี้จะเกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณในการไหลของมวลสารนั้นๆ Coriolis เป็นเครื่องมือวัดอัตราการไหลในรูปของมวลสารโดยตรงแบบเดียวที่มีใช้อยู่ในขณะนี้และส่วนใหญ่การจับสัญญาณก็จะตรวจเช็คความถี่ที่เกิดขึ้นนั่นเอง



ภาพที่ 2.31 แรงบิดตัวที่เกิดจากของไหลที่ไหลอยู่ภายใน Flow Tube



ภาพที่ 2.32 มุมปรากฏภายนอกที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับปริมาณมวลสารที่ไหลอยู่ในท่อ

คุณสมบัติข้อดีเฉพาะตัวของ Coriolis คือ ลดปัญหาเรื่องค่าตัวแปรต่างๆ ของค่าความดัน อุณหภูมิ และความหนาแน่นได้ เพราะว่าจะไม่มีผลต่อการวัดแบบนี้เนื่องจาก Coriolis เป็นการวัดของการไหล

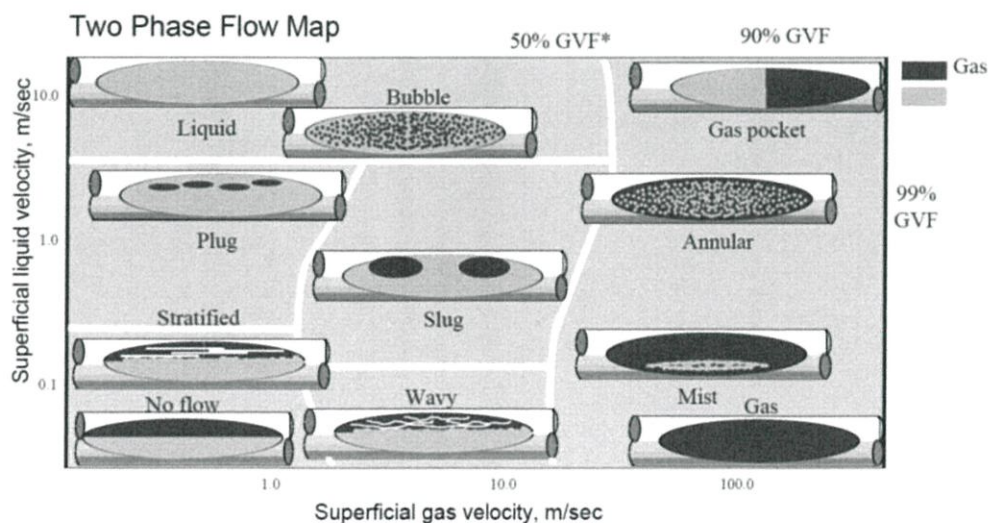
(Mass Flow) โดยตรงแม้จะเป็นการไหลแบบห้วงๆก็ตามก็สามารถอ่านค่าได้ถูกต้อง คุณสมบัติข้อนี้ต่างจากเครื่องมือวัดแบบอื่นๆ ที่เป็นแบบวัดอัตราการไหลเชิงปริมาตรเกือบทั้งสิ้นแล้วจึงแปลงค่ามาเป็นมวลหรือน้ำหนักภายหลัง

การติดตั้งเนื่องจากการหมุนวนหรือการไหลที่ไม่เป็นระเบียบของของเหลว ที่ไม่ค่อยมีผลต่อการวัด เช่น ตัววัดแบบอื่นๆ ดังนั้นการติดตั้งจึงไม่จำเป็นต้องเตรียมหาจุดติดตั้งที่มีท่อทางตรงก่อนและหลังสำหรับเครื่องมือวัดแบบนี้ ดังนั้นตำแหน่งสำหรับการติดตั้งสามารถทำได้ตามความจำเป็น

2.5.2 มาตรฐานมวลคอริออริสกับการไหลของเหลว ภายในท่อที่ส่วนผสมของฟองอากาศ

มาตรวัดปริมาตรของเหลว, มาตรฐานมวลคอริออริส และมาตรวัดน้ำ ในงานด้านซึ่งตัววัด ได้ถูกออกแบบเพื่อทำการวัดปริมาณของไหลที่มีเพียงสถานะเดียวล้วนๆ “Single Phase Fluid” นั่นคือหากเป็นของเหลวก็ของเหลวสถานะเดียว หากเป็นก๊าซก็เป็นก๊าซสถานะเดียว ต้องไม่มีส่วนผสมระหว่างกัน เช่น มาตรวัดปริมาตรของเหลวที่มีฟองอากาศหรือฟองก๊าซของของเหลว นั้นผสมอยู่ขณะทำการวัด ซึ่งการไหลผสมกันระหว่างของไหลทั้ง 2 ชนิดนั้นเราก็จะเรียกของไหลชนิดนี้รวมๆ กันว่า “Two-Phase Fluid” หากหนักเข้าไปอีกของไหลอาจผสมเพิ่มจากเดิมด้วยฝุ่น โคลนตม อนุภาคแขวนลอยเข้าไป คราวนี้ก็จะเรียกว่า “Three-Phase Fluid” ซึ่งยิ่งมีการผสมของของไหลหลายสถานะ ความยุ่งยากซับซ้อนในการออกแบบมาตรวัดเพื่อทำการวัดปริมาณของไหลให้แม่นยำถูกต้องก็ยิ่งยุ่งยากซับซ้อนสูงขึ้น

2.5.3 ผลของการเกิดฟองอากาศหรือฟองก๊าซในของเหลวภายในมาตรวัดมวลคอริออริส



ภาพที่ 2.33 รูปแบบการไหลแบบ 2-phase

เพื่อให้ได้ผลวัดการไหลของมวลและค่าความหนาแน่นที่ถูกต้องแม่นยำ มาตรฐานมวลคอริออริสมีตัวกำเนิดสั่นสะเทือน (Drive Coil) ทำหน้าที่กระตุ้นให้ท่อวัด (Flow Tube Sensor หรือ Measuring Tubes หรือ Flow Tubes) สั่นด้วยความถี่ค่าหนึ่งโดยมีค่าความถี่ธรรมชาติ (natural frequency) การสั่นคองที่ค่าหนึ่ง เพื่อให้ท่อวัดเกิดการเคลื่อนที่แน่นอนค่าหนึ่ง ซึ่งระยะเคลื่อนที่ดังกล่าวต้องมีค่ามากเพียงพอเพื่อผลิตสัญญาณที่ค่าละเอียดสูงพอ (High-resolution Signals) บนตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของ Flow Tube Sensor หรือเรียกอีกว่า sensor's pickoffs (PO) ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไปจากอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณ (Electric Transmitter หรือ Remote Flow Transmitter (RFT)) จะถูกจ่ายไปให้เพียงพอต่อการทำงานตัวกำเนิดสั่นสะเทือน (Drive Coil) ที่จะกระตุ้นให้ท่อวัดสั่น โดยตัวอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณจะคอยตรวจสอบการทำงานภายหลังจากจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังตัวกำเนิดสั่นสะเทือน ได้จากสายสัญญาณที่เชื่อมมาจากตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ sensor's pickoffs (PO) ซึ่งหากท่อวัดสั่นแล้วมีระยะเคลื่อนที่ลดน้อยลงหรือมากเกินไป ตัวอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณจะทำการเพิ่มหรือลดพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไปเพื่อกระตุ้นตัวกำเนิดสั่นสะเทือนให้ทำหน้าที่รักษาระยะเคลื่อนที่ให้คงที่ตลอดเวลา การเพิ่มพลังงานไฟฟ้าหรือลดพลังงานไฟฟ้านี้เองจึงเป็นที่มาของคำว่า "Drive Gain"

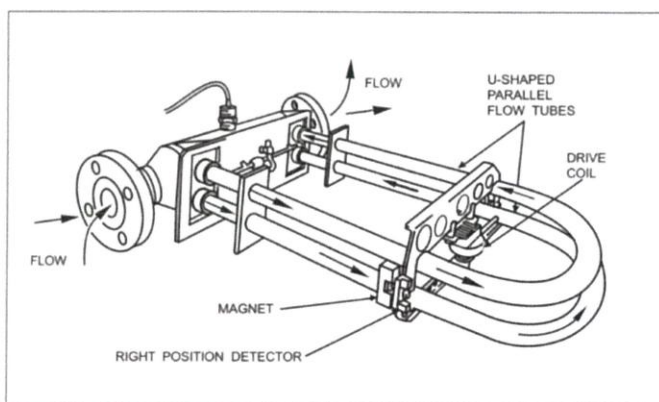
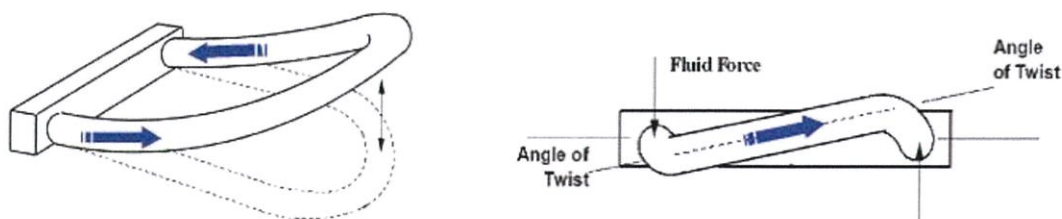
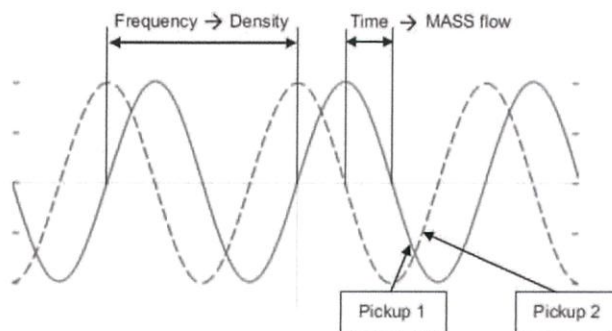


Figure 10-6. Typical Construction
(Courtesy of Micro Motion, Inc.)

ภาพที่ 2.34 โครงสร้างโดยทั่วไปของมาตรฐานมวลคอริออริส



ภาพที่ 2.35 หลักการทำงานของมาตรฐานมวลคอริออริส



ภาพที่ 2.36 สัญญาณจากตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ sensor's pickoffs (PO)

“Drive Gain” หมายถึง ค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณพลังงานที่จ่ายออกไปจากอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณประจำมาตรวัด (Coriolis Transmitter หรือ Remote Flow Transmitter; RFT) เพื่อไปกระตุ้นตัววัด (Sensor) ในที่นี้ก็คือ “Flow Tube Sensor” หรือ “Measuring Tube” ผ่านตัวกำเนิดคลื่นสะท้อน กับปริมาณพลังงานที่เกิดขึ้นและตรวจวัดได้ของตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของ Flow Tube Sensor หรือเรียกอีกกว่า sensor's pickoffs (PO)

ในสภาวะทำงานปกติค่า Drive Gain จะมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่เมื่อค่า Drive gain เกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจนถึงสภาวะที่อิ่มตัวหรือที่เรียกว่า “Saturated” นั้นหมายความว่าตัว Transmitter ประจำมาตรวัดฯ ได้ส่งพลังงานสูงสุดเท่าที่มีออกไปเพื่อไปกระตุ้นตัววัด

ค่า Transmissivity Ratio (T_r) หรือค่า Drive Gain จึงมีค่าเท่ากับ the pickoff outputหารด้วย the drive input

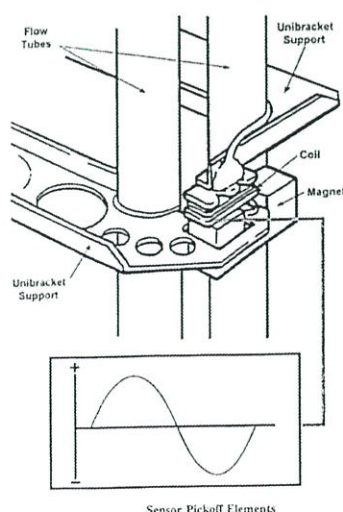
$$T_r = \frac{OUTPUT}{INPUT} = \frac{V_{ac} Pickoff Coil}{V_{ac} Drive Coil} \quad (2-3)$$



ภาพที่ 2.37 ตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter)

ในสภาวะปกติคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำท่อวัดซึ่งสะท้อนในค่าของค่าความแข็ง (stiffness) ของท่อวัด รูปร่างของท่อวัด และขนาดของท่อวัดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณของพลังงานที่ต้องใช้โดยส่งไปยังตัวกำเนิดสั่นสะเทือนเพื่อทำให้ท่อวัดมีระยะสั่นเคลื่อนที่ด้วยระยะที่ต้องการ โดยทั่วไปท่อที่มีขนาดใหญ่ต้องการพลังงานกระตุ้นในการสั่นมากกว่าท่อวัดที่มีขนาดเล็ก และท่อวัดที่มีรูปทรงเป็นท่อตรงต้องการพลังงานกระตุ้นให้สั่นมากกว่าท่อที่มีรูปร่างโค้งงอเนื่องจากรูปทรงท่อวัดแบบตรงจะมีค่าความแข็ง (stiffness) ของท่อวัดสูงกว่าท่อวัดที่มีรูปทรงโค้งงอ ด้วยเหตุนี้ปริมาณพลังงานที่ต้องใช้กระตุ้นให้ท่อวัดสั่นสะเทือนให้มีระยะการเคลื่อนที่ที่ต้องการออกแบบไว้ในแต่ละชนิดจึงมีค่าที่แตกต่างกันออกไป

ตัวตรวจับการเคลื่อนที่ของ Flow Tube Sensor หรือเรียกอีกว่า sensor's pickoffs (PO) ที่ถูกติดตั้งบริเวณขาของท่อวัดทั้งสอง ทั้งทางด้านเข้าและด้านออกของเหลวเพื่อทำการตรวจับการเคลื่อนที่ของขาท่อวัดทั้ง 2 ท่อแต่ละด้านซึ่งตัวตรวจับการเคลื่อนที่ส่วนใหญ่เป็น electromagnetic และประกอบด้วย electromagnetic จำนวน 2 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย magnet และ coil โดยติดตั้ง magnet เข้ากับท่อหนึ่งและติดตั้ง coil กับอีกท่อหนึ่งในตำแหน่งตรงข้ามกัน ทั้ง magnet และ coil เคลื่อนที่สัมพันธ์กันเมื่อท่อวัดเกิดการบิดตัวเนื่องจากของเหลวไหลผ่านท่อวัดซึ่งถูกกระตุ้นให้สั่นด้วยความถี่ธรรมชาติคงที่ (No Flow) เมื่อ coil เคลื่อนที่ไปด้านหน้าและหลังตัดผ่านสนามแม่เหล็กคงที่ (uniform field of magnet) ของ magnet ส่งผลให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นภายใน coil มีค่าในระดับ mV นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นภายใน coil เทียบกับคาบเวลา เมื่อมองผ่านจาก oscilloscope รูปร่างคล้ายกับ SINE WAVE ซึ่งสัญญาณจากตัวตรวจับการเคลื่อนที่จะถูกส่งไปเปรียบเทียบกับในทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อหาค่าปริมาณการบิดตัวของท่อวัด (Coriolis Twist) แล้วแปลงเป็นอัตราการไหลมวลต่อไป

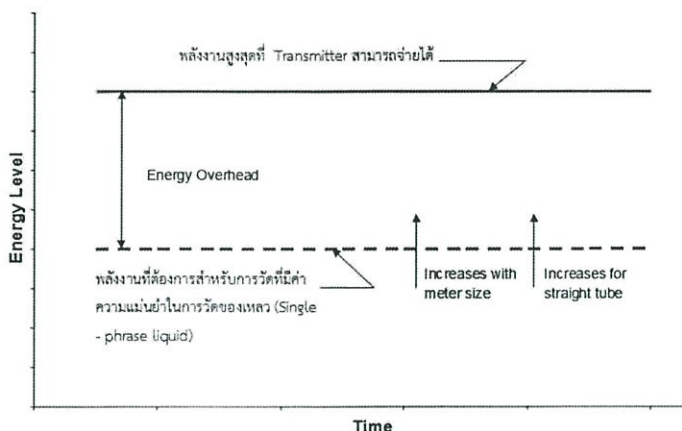


ภาพที่ 2.38 การเหนี่ยวนำไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นภายใน coil

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นภายใน coil เทียบกับ คาบเวลา จึงมีค่าที่เกี่ยวข้องที่เรียกว่า “Amplitude”

“Amplitude” หมายถึง ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) ถูกวัดได้จากตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของ Flow Tube Sensor หรือเรียกอีกว่า sensor’s pickoffs (PO) มีค่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะการเคลื่อนที่ของ Flow Tube ซึ่งเป็นค่าระยะห่างระหว่างจุดสูงสุดกับจุดต่ำสุดของการเคลื่อนที่ของ Flow Tube ค่า amplitude นี้บ่อยครั้งจะถูกอ้างว่าเป็นค่า PO Amplitude เช่น ในกรณีมาตรวัดมวลคอรีออริสของ Micro Motion ซึ่งจะมี sensor’s pickoffs (PO) จำนวน 2 ตัว ก็จะถูกเรียกเป็น LPO (Left-pickoff) และ RPO (Right-pickoff)

ด้วยเหตุผลหลายประการ เช่น กฎทางฟิสิกส์ ลักษณะทอวัต การเชื่อมประกอบทอวัต การออกแบบระบบไฟฟ้าภายใต้ข้อจำกัดด้านความปลอดภัยของไฟฟ้า (intrinsic safety requirements) และอื่นๆ จึงทำให้พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไปจากอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณเพื่อไปกระตุ้นทอวัตให้มีการสั่นเพิ่มมากขึ้นจึงมีอยู่อย่างจำกัด ระดับพลังงานเส้นประ เป็นระดับพลังงานที่มาตรวัดต้องการเพื่อให้ผลการวัดยังคงถูกต้องแม่นยำตามที่ได้รับการออกแบบไว้เมื่อมาตรวัดมวลคอรีออริสทำการวัดของเหลวซึ่งมีสถานะของเหลวล้วน (Single-phase liquid) นั่นคือ พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไปจากอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณจะถูกจ่ายไปให้เพียงพอต่อการทำงานตัวกำเนิดสั่นสะเทือน (Drive Coil) ที่จะกระตุ้นให้ทอวัตสั่นเกิดการเคลื่อนที่ด้วยระยะแน่นอนค่าหนึ่ง ซึ่งระยะเคลื่อนที่ดังกล่าวมีค่ามากเพียงพอเพื่อผลิตสัญญาณที่ค่าละเอียดสูงพอบนตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ของ Flow Tube Sensor ส่วนระดับพลังงานเส้นทึบเป็นระดับพลังงานสูงสุดที่อุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณสามารถจ่ายออกมาได้ พลังงานส่วนต่างนี้เรียกว่า “Energy Overhead” โดยปกติพลังงานส่วนต่างนี้จะแสดงค่าเป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานสูงสุดที่อุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณสามารถจ่ายออกมาได้ต่อพลังงานที่มาตรวัดต้องการเพื่อให้ผลการวัดยังคงถูกต้องแม่นยำตามที่ได้รับการออกแบบไว้เมื่อมาตรวัดมวลคอรีออริสทำการวัดของเหลวซึ่งมีสถานะของเหลวล้วน (Single-phase liquid) ทั้งนี้ค่า Energy Overhead ในแต่ละมาตรวัดมวลคอรีออริสจะมีค่าที่แตกต่างกันออกไป

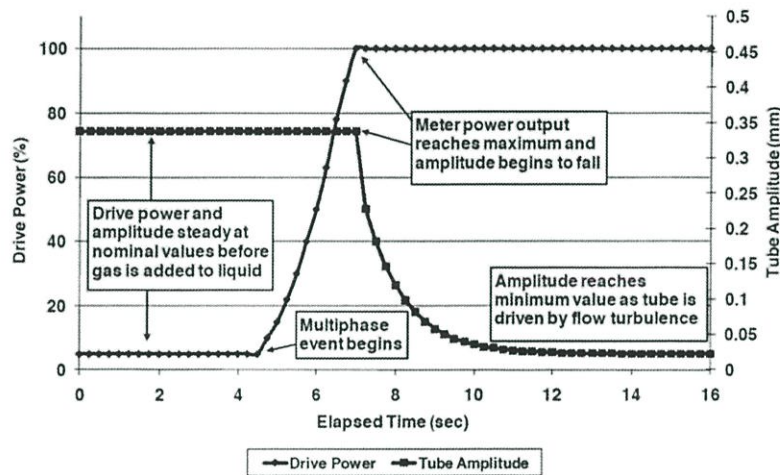


ภาพที่ 2.39 ระดับพลังงานที่จ่ายได้ของตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter) เทียบกับเวลา

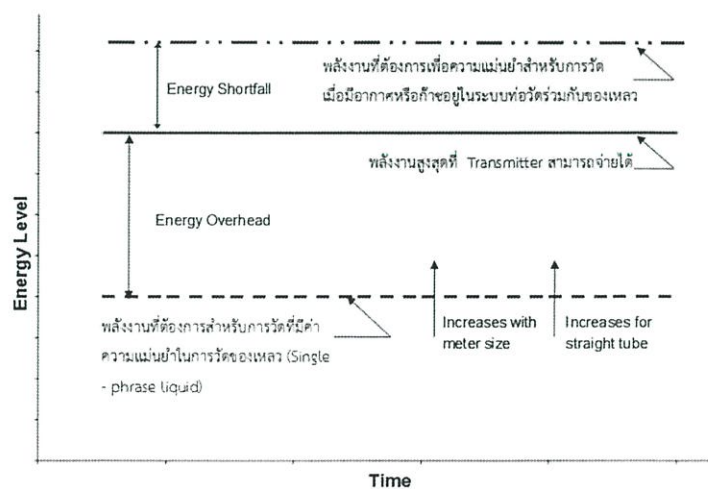
ก่อนจะกล่าวเนื้อหาต่อไปให้เราย้อนกลับมายังเรื่องการออกแบบระบบไฟฟ้าของมาตรวัดมวลคอริออริสซึ่งต้องออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อความปลอดภัยเมื่อนำไปใช้งานในพื้นที่อันตราย (Hazardous Area) ที่เรียกว่า ระบบ Intrinsic safety ระบบ Intrinsic safety คือ หลักการที่ใช้ป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าจากการเป็นต้นเหตุของการระเบิดในสภาพแวดล้อมที่อันตราย ซึ่งมีการปะปนของก๊าซหรือฝุ่นผงไวไฟและมีโอกาสระเบิดได้ง่าย เช่น การเกิดประกายไฟหรือเกิดความร้อนสูงจากการทำงาน จนเป็นเหตุจุดระเบิดส่วนผสมของก๊าซหรือฝุ่นไวไฟเหล่านั้น อุปกรณ์ไฟฟ้าระบบ Intrinsic safety จึงต้องได้รับการออกแบบและติดตั้งด้วยวิธีการที่ไม่ให้มีกำลังงานมากเพียงพอที่จะก่อให้เกิดการจุดประกายไฟหรือความร้อนที่จะเป็นสาเหตุให้ส่วนผสมของก๊าซหรือฝุ่นไวไฟเกิดระเบิดในพื้นที่อันตรายได้แม้ในกรณีที่เกิดการผิดพลาดก็ตาม ด้วยเหตุนี้ อุปกรณ์ที่เป็นระบบ Intrinsic safety จะทำงานที่แรงดันไฟฟ้าต่ำและใช้พลังงานต่ำกว่า 1 วัตต์ ดังนั้นวิธีการออกแบบดังกล่าวจึงเป็นวิธีการที่แตกต่างจากวิธีป้องกันการจุดระเบิดด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าไว้ในอุปกรณ์ explosion proof ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ประกายไฟจากการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแลบออกมาหรือเกิดความร้อนสูงจากการทำงานจนเป็นเหตุจุดระเบิดส่วนผสมของก๊าซหรือฝุ่นไวไฟหรือเมื่อมีการระเบิดก็ระเบิดอยู่ภายในตัวอุปกรณ์ explosion proof

พบว่าเมื่อมีอากาศรั่วเข้าผสมกับของเหลวในระบบท่อ หรือของเหลวเองเกิดการระเหยกลายเป็น ก๊าซ อากาศหรือก๊าซดังกล่าวจะไปดูดซับพลังงานที่กระทำต่อท่อวัด ทำให้ท่อวัดสั้นน้อยลง เมื่ออุปกรณ์ถ่ายถอดสัญญาณซึ่งคอยตรวจจับการเคลื่อนที่ของท่อวัดจากตัวตรวจจับการเคลื่อนที่ sensor's pickoffs (PO) พบว่าท่อวัดสั้นแล้วมีระยะ เคลื่อนที่ลดน้อยลง ตัวอุปกรณ์ถ่ายถอดสัญญาณจะทำการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไปกระตุ้นตัวกำเนิดสั้นสะเทือนเพื่อรักษาระยะเคลื่อนที่ให้คงที่ตลอดเวลา (และในทางกลับกัน) แต่ต้องระวังว่าพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายออกไปจากอุปกรณ์ถ่ายถอดสัญญาณมีอยู่อย่างจำกัด เมื่ออากาศรั่วเข้ามามากขึ้นหรือของเหลวเองกลายเป็นไอเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า Drive gain สูงมากขึ้นเข้าสู่สภาวะที่

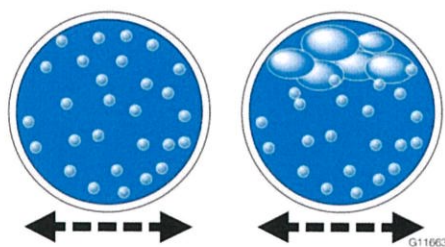
เรียกว่า “อิ่มตัว (saturated)” และหากอากาศรั่วเข้ามาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ท่อวัดก็ยิ่งต้องการพลังงานสูงขึ้นในการกระตุ้นให้ท่อวัดสั่นเพื่อรักษาระยะเคลื่อนที่ให้คงที่ (amplitude คงที่) จนกระทั่งอุปกรณ์ถ่ายทอดสัญญาณไม่สามารถเพิ่มพลังงานไฟฟ้าที่จ่ายไปกระตุ้นตัวกำเนิดสั่นสะเทือนเพื่อรักษาระยะเคลื่อนที่ให้คงที่ได้อีกต่อไป พลังงานที่ขาดหายไปช่วงนี้เรียก “Energy shortfall” ทำให้ระยะเคลื่อนที่มีค่าลดลงต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ส่งผลให้มาตรวัดมวลคอริออริสให้ผลการวัดปริมาณและค่าค่าความหนาแน่นแม่นยำลดลง จนไปถึงการให้ผลการวัดที่ไม่เสถียร



ภาพที่ 2.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Drive Power และท่อวัด



ภาพที่ 2.41 ระดับพลังงานที่จ่ายได้ของตัวถ่ายทอดสัญญาณ (transmitter) เทียบกับเวลา



ภาพที่ 2.42 รูปแบบอากาศที่เข้าไปหรือเกิดขึ้นในระบบท่อแบบ gas bubbles และ slug flow

กราฟหมายเลข 500 แสดงถึงการทำงานปกติของ มาตรวัดมวลคอริออริสเมื่อของเหลวภายในท่อไม่มีฟองอากาศเข้าไป (single phase liquid) นั้นหมายถึงท่อวัดสั้นโดยอิสระไม่ถูกหน่วงหรือดูดซับพลังงานการสั่นด้วยฟองอากาศ การสั่นของท่อวัดจะมีค่าความถี่ธรรมชาติการสั่น หรือ Resonant Frequency อยู่ที่ความถี่

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_s}{m}} \quad (2-4)$$

K_s = Spring Constant ของท่อวัด

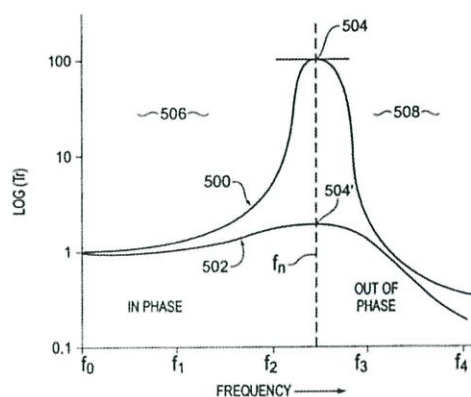
m = มวลของระบบท่อวัดซึ่งเป็นผลรวมของมวลท่อวัดและมวลของเหลวภายในท่อวัดด้วย

f_n = ความถี่ธรรมชาติของท่อวัดขณะสั้นเมื่อมีของเหลวไหลผ่านท่อ

โดยที่ความถี่ธรรมชาติดังกล่าวจะมีค่า Transmissivity หรือ Drive Gain สูงสุดของกราฟอยู่ที่ตำแหน่ง 504 ดังนั้นเมื่อหาค่าความถี่ธรรมชาติของท่อวัดขณะสั้นเมื่อมีของเหลวไหลผ่านท่อจากสมการข้างบน การหาค่าความหนาแน่นของเหลวซึ่งไหลผ่านท่อวัดได้ เท่ากับ

$$\rho = \frac{A}{f_n^2} - B \quad (2-5)$$

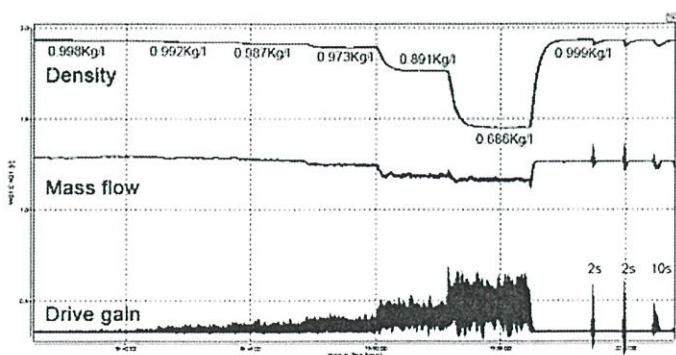
เมื่อค่าคงที่ A และ B เป็นค่าคงที่ซึ่งหาได้จากการสอบเทียบของผู้ผลิต



ภาพที่ 2.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmissivity กับ ความถี่ของการสั่นของท่อวัด

กราฟหมายเลข 502 แสดงถึงการทำงานไม่ปกติของมาตรวัดมวลคอริออริสเมื่อของเหลวภายในท่อ มีฟองอากาศเข้าไป (2 - phase liquid) นั้นหมายถึงท่อวัดสั่นไม่อิสระต่อไป แต่จะถูกหน่วงหรือดูดซับ พลังงานการสั่นด้วยฟองอากาศ การสั่นของท่อวัดจะยังคงมีค่าความถี่ธรรมชาติ (f_n) ที่ความถี่เท่าเดิมแต่ที่ ความถี่ดังกล่าวจะมีค่า Transmissivity หรือ Drive Gain สูงสุดของกราฟอยู่ที่ตำแหน่ง 504' ซึ่งมีค่าสูงสุด ต่ำลงจากเดิม การลดลงของแอมพลิจูดตำแหน่งสูงสุดของกราฟ $\text{Log}(T_r)$ จากตำแหน่ง 504 เป็น 504' เนื่องจากฟองอากาศจึงทำให้ยากต่อการตรวจวัดค่าความถี่ธรรมชาติ (f_n) ส่งผลให้สมรรถนะและความเที่ยงตรงของมาตรวัดมวลคอริออริสลดลงตามไปด้วย

พื้นที่ทางทงซ้ายมือของความถี่ธรรมชาติ (f_n) ของทั้งทั้งกราฟหมายเลข 500 และ 502 เรียกว่า พื้นที่ 506 จะเป็นพื้นที่แสดงให้เห็นว่าท่อวัดจะมีการสั่นด้วยความถี่เดียวกันแต่ความถี่ที่วัดได้จาก pickoffs coil ของแต่ละขาของท่อวัดจะมีการ “drift” มากน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลมวล ในทาง กลับกัน พื้นที่ทางขวามือของความถี่ธรรมชาติ (f_n) ของทั้งทั้งกราฟหมายเลข 500 และ 502 เรียกว่า พื้นที่ 508 จะเป็นพื้นที่แสดงให้เห็นว่าท่อวัดจะมีการสั่นด้วยความถี่ต่างกัน (out of phase) เมื่อวัดจาก pickoffs coil ของแต่ละขาของท่อวัด ผลที่ได้ตามมาพบว่าได้ค่าความถี่ที่ไม่ถูกต้องแม่นยำส่งผลให้ค่าความหนาแน่นที่วัดได้มีความถูกต้องแม่นยำนำถือน้อยลงตามมา ด้วยเหตุฉะนี้แลเช่นกัน



ภาพที่ 2.44 ความสัมพันธ์ระหว่าง Drive Gain อัตราการไหลมวล และค่าความหนาแน่น

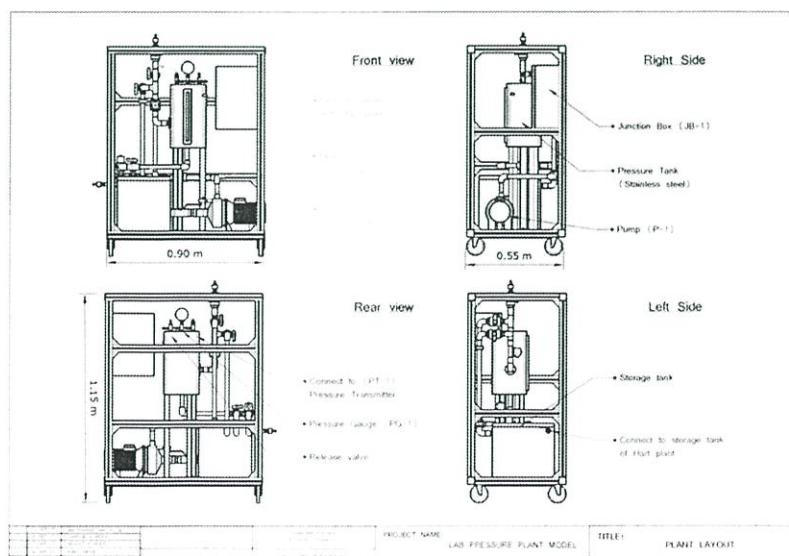
บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

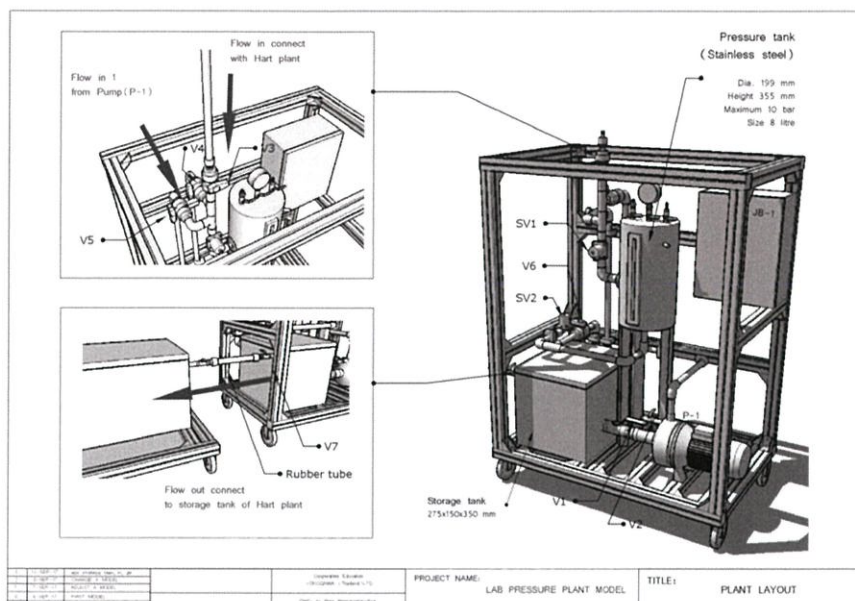
ในโครงการนี้จะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะเป็นการเขียน Control Drawing, Graphic ที่จะใช้สำหรับกระบวนการควบคุมความดันในถังปิด บนแพลตฟอร์มโมเดลเสริมที่จะทำการออกแบบ โดยจะเขียนโปรแกรมโดยใช้ DCS Centum VP ของบริษัทโยโกกาว่า ซึ่งจะมีสองลักษณะคือ แบบ H จะใช้งานคู่กับ Hart Plant และแบบ P จะใช้งานแค่ Plant ตัวเองซึ่งมีรูปแบบการควบคุมเหมือนกัน ในส่วนที่สองจะเป็นการจำลองสถานการณ์ให้เครื่องมือวัดระดับ EJX110A และเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34 ตรวจสอบความผิดปกติ และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น แล้วจึงนำไปสร้างเป็นชุดทดลองเพื่อใช้ในการศึกษา

3.1 การออกแบบแพลตฟอร์มโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด

ขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบแพลตฟอร์มโมเดลที่ใช้สำหรับการควบคุมความดันในถังปิด ซึ่งจะถูกแยกออกมาจากแพลตฟอร์มหลักที่มีอยู่แล้ว และสามารถควบคุมกระบวนการด้วยตัวเองหรือควบคุมกระบวนการร่วมกับแพลตฟอร์มหลักได้ แต่ยังใช้ Field Control Station (FCS0101) อันเดิมอยู่ ซึ่งแพลตฟอร์มโมเดลที่ใช้สำหรับการควบคุมความดันในถังปิดจะมีส่วนประกอบหลักๆคือ junction box, pressure tank, storage tank, water pump 3, solenoid valve 5 (ทางเข้าถัง), solenoid valve 6 (ทางออกถัง) และ pressure gauge



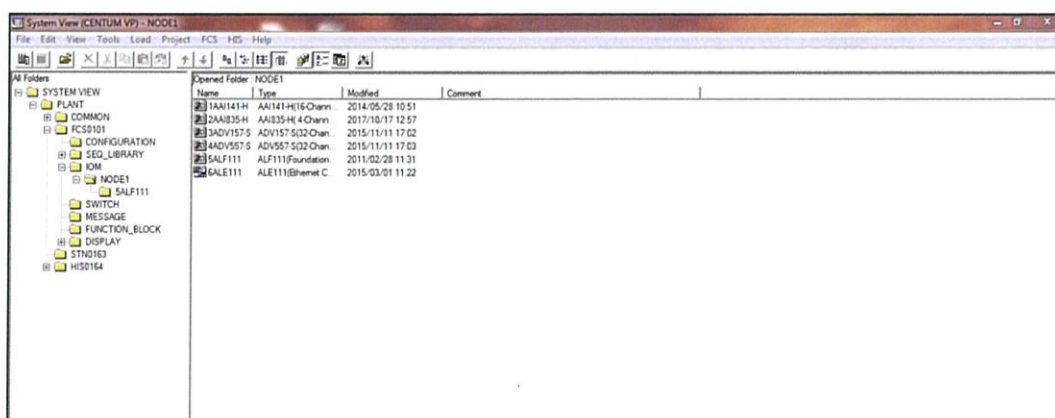
ภาพที่ 3.1 แบบของแพลตฟอร์มโมเดลที่ใช้ควบคุมความดันในถังปิด



ภาพที่ 3.2 รายละเอียดของแพลนโมเดลที่ใช้ควบคุมความดันในถังปิด

3.2 การเพิ่ม tag อินพุตและเอาต์พุตในโปรแกรม

เริ่มต้นด้วยการเพิ่มส่วนประกอบที่ใช้ในโปรแกรม โครงการนี้จะใช้การ์ดบน control unit 3 ตัวหลักๆ คือ การ์ดอนาล็อก 4 อินพุต 4 เอาต์พุต (AAI835-H), การ์ดดิจิทัล 32 อินพุต (ADV157-S) และ การ์ดดิจิทัล 32 เอาต์พุต (ADV557-S) ดังแสดงในรูปที่



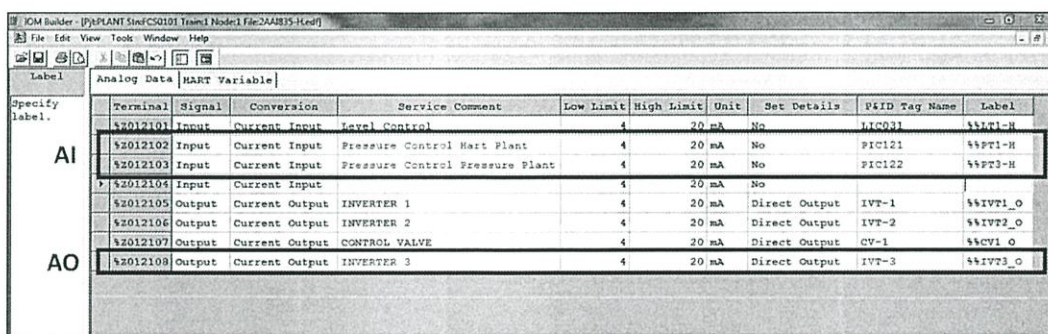
ภาพที่ 3.3 แสดงการ์ดต่างๆที่ถูกใช้ใน control unit

- การเพิ่ม tag อนาล็อกอินพุตและเอาต์พุต

การ์ดอนาล็อกนี้เป็นการ์ดที่ใช้สัญญาณ 4-20 mA ในการรับส่งข้อมูล ซึ่งจะมีการระบุ tag ของแต่ละสัญญาณที่ Terminal เช่น %z012101 แต่ด้วยความลำบากในการใช้งาน จึงสามารถกำหนดชื่อเองใหม่ที่ Label โดยขึ้นต้นด้วย %% เช่น %%LT1-H

ขั้นตอนนี้จะมีการเพิ่ม tag อยู่ 3 tag คือ

1. %%PT1-H เป็นการรับค่าอินพุตมาจากเครื่องมือวัดความดันตัวที่ 1 เพื่อนำมาใช้เป็นค่า PV (Process Variable) ในการแสดงผลและการนำไปเปรียบเทียบสำหรับการควบคุมกระบวนการ ในแลป 12-H ชุดควบคุม PIC121 เป็นการควบคุมความดันบนแพลตฟอร์มโมเดล
2. %%PT3-H เป็นการรับค่าอินพุตมาจากเครื่องมือวัดความดันตัวที่ 3 เพื่อนำมาใช้เป็นค่า PV (Process Variable) ในการแสดงผลและการนำไปเปรียบเทียบสำหรับการควบคุมกระบวนการ ในแลป 12-P ชุดควบคุม PIC122 เป็นการควบคุมความดันบนแพลตฟอร์มโมเดลเสริม
3. %%IVT3_O เป็นการส่งค่าเอาต์พุตไปสั่งการอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ P3



Terminal	Signal	Conversion	Service Comment	Low Limit	High Limit	Unit	Set Details	PLID Tag Name	Label
AI	%z012101	Input	Current Input	Level Control	4	20 mA	No	LIC031	%%PT1-H
	%z012102	Input	Current Input	Pressure Control Mart Plant	4	20 mA	No	PIC121	%%PT1-H
	%z012103	Input	Current Input	Pressure Control Pressure Plant	4	20 mA	No	PIC122	%%PT3-H
AO	%z012104	Input	Current Input		4	20 mA	No		
	%z012105	Output	Current Output	INVERTER 1	4	20 mA	Direct Output	IVT-1	%%IVT1_O
	%z012106	Output	Current Output	INVERTER 2	4	20 mA	Direct Output	IVT-2	%%IVT2_O
	%z012107	Output	Current Output	CONTROL VALVE	4	20 mA	Direct Output	CV-1	%%CV1_O
	%z012108	Output	Current Output	INVERTER 3	4	20 mA	Direct Output	IVT-3	%%IVT3_O

ภาพที่ 3.4 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการ์ดอนาล็อกอินพุตและเอาต์พุต

- การเพิ่ม tag ดิจิตอลอินพุต

การ์ดดิจิตอลอินพุตเป็นการ์ดที่ใช้รับค่าสัญญาณดิจิตอลจากอุปกรณ์ ซึ่งจะมีการระบุ tag ของแต่ละสัญญาณที่ Terminal เช่น %z013101 แต่ด้วยความลำบากในการใช้งาน จึงสามารถกำหนดชื่อเองใหม่ที่ Tag name ได้

ขั้นตอนนี้จะมีการเพิ่ม tag อยู่ 6 tag คือ

1. PU-3RI เป็นการรับค่าอินพุตมาจากปั้มน้ำ P3 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะของปั้มน้ำว่าใช้โหมดควบคุมแบบไหน ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Local สัญญาณจะเป็น 0 ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Remote สัญญาณจะเป็น 1

2. PU-3I เป็นการรับค่าอินพุตมาจากปั้มน้ำ P3 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะการทำงานของปั้มน้ำ ถ้าปั้มน้ำเริ่มทำงานแล้ว (Run) สัญญาณจะเป็น 1 ถ้ายังไม่ทำงานสัญญาณจะเป็น 0

3. V-5RI เป็นการรับค่าอินพุตมาจาก solenoid valve 5 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะของ solenoid valve ว่าใช้โหมดควบคุมแบบไหน ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Local สัญญาณจะเป็น 0 ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Remote สัญญาณจะเป็น 1

4. V-5I เป็นการรับค่าอินพุตมาจาก solenoid valve 5 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะการทำงานของ solenoid valve ถ้า valve เปิดสัญญาณจะเป็น 1 ถ้า valve ปิดสัญญาณจะเป็น 0

5. V-6RI เป็นการรับค่าอินพุตมาจาก solenoid valve 6 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะของ solenoid valve ว่าใช้โหมดควบคุมแบบไหน ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Local สัญญาณจะเป็น 0 ถ้าเป็นโหมดควบคุมแบบ Remote สัญญาณจะเป็น 1

6. V-6I เป็นการรับค่าอินพุตมาจาก solenoid valve 6 ซึ่งเป็นสัญญาณที่บอกสถานะการทำงานของ solenoid valve ถ้า valve เปิดสัญญาณจะเป็น 1 ถ้า valve ปิดสัญญาณจะเป็น 0

Terminal	Signal	Mode	F&ID Tag Name	Tag Name	Tag Comment	Switch Pos
42013101	Input	Status Input	CONTROL MODE SELECTOR HART PLAN	PU-1RI	PUMP #1 LOCAL/REMOTE	ON,,OFF,CN
42013102	Input	Status Input	PUMP 1 STATUS RUN	PU-1I	PUMP #1 RUN	CN,,OFF,CN
42013103	Input	Status Input	SV1 DRAIN WATER TANK HART	V-1I	SOLINOID SV1 OPEN	CN,,OFF,CN
42013104	Input	Status Input	SV4 SELECTOR CV1	CU-SS	CONTROL CV1	CN,,OFF,CN
42013105	Input	Status Input	SV4 SELECTOR INV1	CU-ALM	CONTROL INV1	CN,,OFF,CN
42013106	Input	Status Input	CONTROL MODE SELECTOR PRESSURE	PU-3RI	PUMP #3 LOCAL/REMOTE	ON,,OFF,CN
42013107	Input	Status Input	PUMP 3 STATUS RUN	PU-3I	PUMP #3 RUN	CN,,OFF,CN
42013108	Input	Status Input	SV5 CONTROL MODE	V-5RI	SOLINOID SV5 LO/RE	CN,,OFF,CN
42013109	Input	Status Input	SV5 FLOW IN PRESSURE TANK	V-5I	SOLINOID SV5 OPEN	CN,,OFF,CN
42013110	Input	Status Input	SV6 CONTROL MODE	V-6RI	SOLINOID SV6 LO/RE	CN,,OFF,CN
42013111	Input	Status Input	SV6 FLOW OUT PRESSURE TANK	V-6I	SOLINOID SV6 OPEN	CN,,OFF,CN
42013112	Input	Status Input				CN,,OFF,CN
42013113	Input	Status Input				CN,,OFF,CN

ภาพที่ 3.5 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการติดตั้งอินพุต

- การเพิ่ม tag ดิจิตอลเอาต์พุต

การติดตั้งอินพุตเป็นการดัดแปลงค่าสัญญาณดิจิตอลไปควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งจะมีการระบุ tag ของแต่ละสัญญาณที่ Terminal เหมือนกับการติดตั้งอินพุต

ขั้นตอนนี้จะมีการเพิ่ม tag อยู่ 3 tag คือ

1. PU-3ST เป็นการส่งค่าสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุตเพื่อไปสั่งการให้ปั้มน้ำ P3 เริ่มทำงาน หลังจากปรับโหมดควบคุมเป็นโหมด Remote แล้ว

2. SV5-O เป็นการส่งค่าสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุตเพื่อไปสั่งการ solenoid valve 5 ให้เปิด หลังจากปรับโหมดควบคุมเป็นโหมด Remote แล้ว

3. SV6-O เป็นการส่งคำสั่งสัญญาณดิจิทัลเอาต์พุตเพื่อไปสั่งการ solenoid valve 6 ให้เปิด หลังจากที่ปรับโหมดควบคุมเป็นโหมด Remote แล้ว

Terminal	Signal	Mode	PEID Tag Name	Tag Name	Tag Comment	Switch Point
\$2014101	Output	Status Output	PUMP1 START	FU-1ST	PUMP #1 REMOTE START	ON,,OFF,ON
\$2014102	Output	Status Output	SV1 SOV OPEN	SV1-O	SV1 OPEN	ON,,OFF,ON
\$2014103	Output	Status Output	SV4 INVT CTL MODE	SV4-IV	SV4 INVT CTL MODE	ON,,OFF,ON
\$2014104	Output	Status Output	PUMP3 START	FU-3ST	PUMP #3 REMOTE START	ON,,OFF,ON
\$2014105	Output	Status Output	SV5 SOV OPEN	SV5-O	SV5 OPEN	ON,,OFF,ON
\$2014106	Output	Status Output	SV6 SOV OPEN	SV6-O	SV6 OPEN	ON,,OFF,ON
\$2014107	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014108	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014109	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014110	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014111	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014112	Output	Status Output				ON,,OFF,ON
\$2014113	Output	Status Output				ON,,OFF,ON

ภาพที่ 3.6 แสดง tag ที่ถูกกำหนดในการดิจิทัลเอาต์พุต

3.3 การสร้าง Control Drawing สำหรับควบคุมความดันในถังปิด

ขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้าง function block ในหน้า Control Drawing เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ และการควบคุมกระบวนการสำหรับการควบคุมความดันภายในถังปิด

Name	Type	Modified	Comment
DR0001	Control Drawing	2017/10/17 14:30	INITIAL
DR0002	Control Drawing	2011/02/28 11:27	Test
DR0003	Control Drawing	2015/03/05 16:32	
DR0004	Control Drawing	2015/03/01 10:52	
DR0005	Control Drawing	2015/03/01 10:52	
DR0006	Control Drawing	2015/03/01 10:52	
DR0007	Control Drawing	2015/03/04 11:18	ALARM
DR0008	Control Drawing	2017/10/17 11:41	PUMP AGT VALVE FUNC. BLOCK
DR0009	Control Drawing	2017/10/16 16:32	CV OUTPUT AND LAB SELECT
DR0010	Control Drawing	2017/10/16 16:46	LAB PRESSURE CONTROL HART
DR0011	Control Drawing	2015/03/01 11:40	WIRELESS DIAGNOSTIC
DR0012	Control Drawing	2015/11/10 16:30	LAB1 FLOW CONTROL HART
DR0013	Control Drawing	2011/02/26 10:37	LAB2 LEVEL CONTROL HART
DR0014	Control Drawing	2011/02/26 10:28	LAB3 PRESSURE CONTROL HART
DR0015	Control Drawing	2011/02/26 10:42	LAB4 FLOW CONTROL FIELDBUS
DR0016	Control Drawing	2011/02/28 08:26	LAB5 LEVEL CONTROL FIELDBUS
DR0017	Control Drawing	2011/02/26 10:44	LAB6 CASCADE CONTROL BETWEEN LEVEL & FLOW HART
DR0018	Control Drawing	2015/11/11 15:58	LAB7 LEVEL PROCESS (NON SELF REGULATING)
DR0019	Control Drawing	2011/02/26 10:41	LAB8 CASCADE CONTROL BETWEEN LEVEL & FLOW FIELDB
DR0020	Control Drawing	2011/02/26 09:41	LAB9 PID
DR0021	Control Drawing	2011/02/26 09:46	LAB10 INTERLOCKING
DR0022	Control Drawing	2011/02/26 10:47	LAB11 TEMP CONTROL WIRELESS
DR0023	Control Drawing	2017/10/17 16:12	LAB12 H PRESSURE CONTROL IN TANK
DR0024	Control Drawing	2017/10/17 16:21	LAB12 L PRESSURE CONTROL IN TANK
DR0025	Control Drawing	2011/02/26 09:26	
DR0026	Control Drawing	2015/03/01 10:52	

ภาพที่ 3.7 แสดงหน้า Control Drawing ที่อยู่ในไฟล์โปรเจค

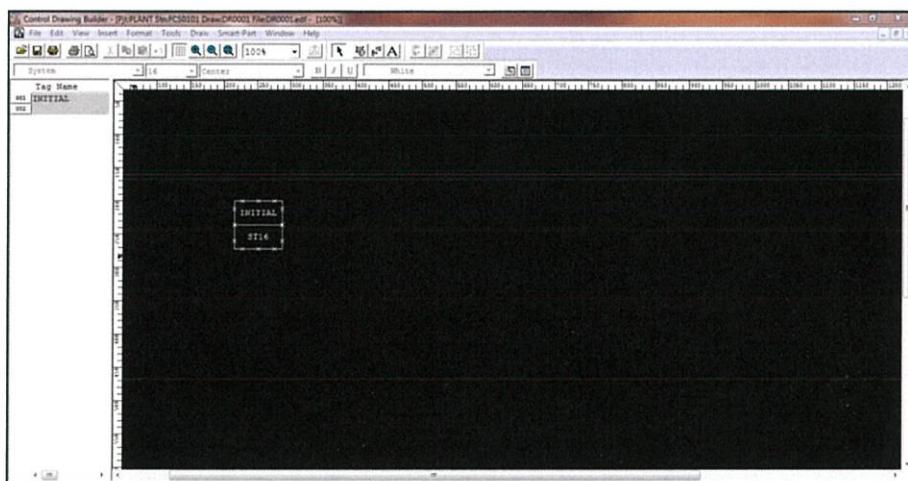
- การเพิ่มเงื่อนไขเพื่อเปลี่ยนโหมด Sequence Table ให้พร้อมใช้งาน

ที่หน้า Control Drawing 1 (DR0001) จะเป็นหน้าที่มี Sequence Table “Initial” ที่จะถูกตั้งค่าให้เป็นโหมด Auto เมื่อเริ่มใช้งานโปรเจค โดยใน Sequence Table นี้จะมีเงื่อนไขที่ตั้งค่าให้ function

block อื่นในโปรเจกเปลี่ยนเป็นโหมด Auto ต่อ เนื่องจากการที่จะใช้ให้ function block บางตัวเริ่มทำงานได้นั้น จะต้องเปลี่ยนโหมดของตัวมันจาก Manual เป็น Auto เสียก่อน

ในขั้นตอนนี้จึงมีการเปลี่ยนโหมดของ function block ที่ใช้ในการควบคุมอยู่ 3 ตัวคือ

1. Manual Loader Switch (CV3-12)
2. Sequence Table (ST_SEL3)
3. Logic Chart (PIC122_LC)



ภาพที่ 3.8 หน้า Control Drawing 1

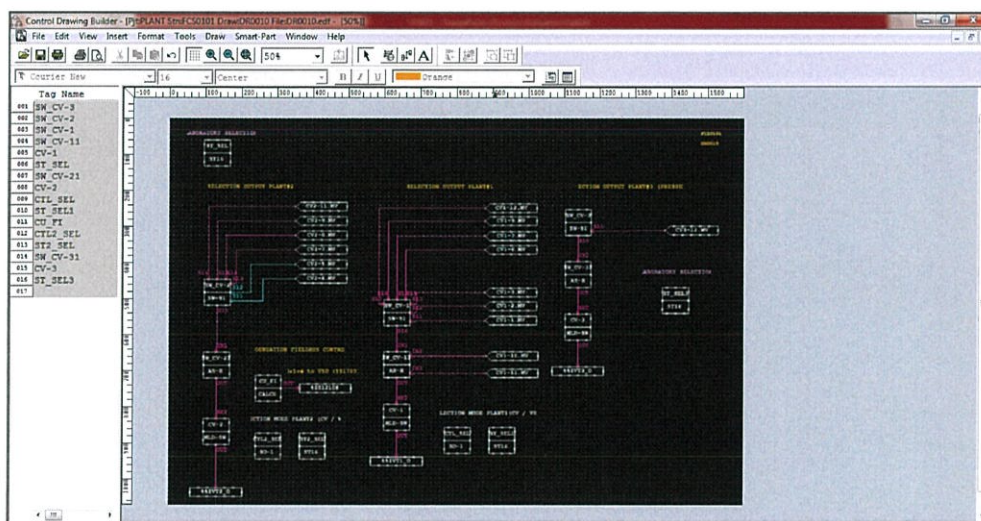
No.	Tag name, Data Item	Data	Comment	5	9	13	17	21	25	29
C01										
C02										
C03										
A18	CV2-9.MODE	AUT		Y						
A19	CV2-11.MODE	AUT		Y						
A20	CV3-12.MODE	AUT		Y						
A21	ST_SEL.MODE	AUT		Y						
A22	ST_SEL3.MODE	AUT		Y						
A23	PIC121_ST.MODE	AUT		Y						
A24	PIC122_LC.MODE	AUT		Y						
A25										
A26										
A27										
A28										
A29										
A30										
A31										
A32										
NEXT										

ภาพที่ 3.9 Sequence Table “Initial”

- การเพิ่ม function block สำหรับการเลือกขาสัญญาณเอาต์พุตและการเลือกแลป

ที่หน้า Control Drawing 10 (DR0010) จะเป็นหน้าสำหรับการเขียน function block เพื่อใช้ในการเลือกขาสัญญาณสำหรับส่งค่าเอาต์พุตไปยังอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ควบคุมปั้มน้ำเมื่อมีการกดปุ่มเลือก enable แลป โดยการเพิ่มส่วนการทำงานดังนี้

1. เพิ่มชุดการเลือกรับค่า Auxiliary Block (SW-91) เพื่อใช้ในการเลือกรับค่าจากหลายอินพุต ไปควบคุมอินเวอร์เตอร์ เมื่อมีการกดปุ่ม enable แลป ก็จะไปเข้าเงื่อนไขใน Sequence Table (ST_SEL) จากนั้นขาของสัญญาณจะถูกเลือกทำให้สามารถที่จะส่งเอาต์พุตจากแลปเพื่อไปควบคุมอินเวอร์เตอร์ได้ โดยผ่านทาง Block SW-91 นี้



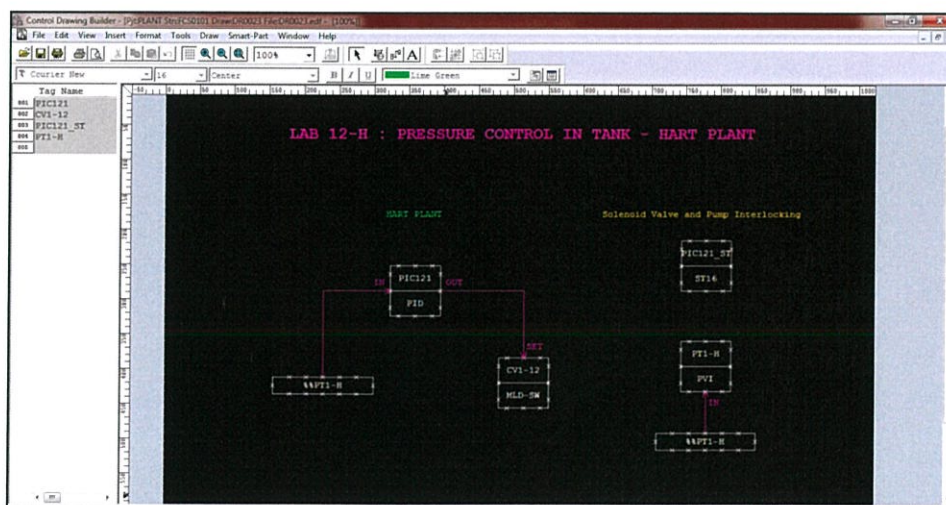
ภาพที่ 3.11 หน้า Control Drawing 10 สำหรับการเลือกขาสัญญาณเอาต์พุตและการเลือกแลป

2. เพิ่มชุดเงื่อนไข Sequence Table (ST_SEL3) จะเป็น function block ที่ใช้ในการกำหนดเงื่อนไข Condition เมื่อโปรแกรมมีสถานการณ์เกิดขึ้นตรงตามเงื่อนไขแล้วก็จะทำการ (Action) สั่งงานตามที่ได้ระบุไว้ใน function block โดยจะมีการเพิ่มเงื่อนไขคือ เมื่อมีการกดปุ่ม enable แลปแล้ว จะมีการสั่งงานให้ Auxiliary Block (SW-91) ให้เลือกรับค่าจากโปรแกรมแลปที่ได้เลือก enable ไว้เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ได้

No.	Tag name	Data Item	Data	Comment
CO1	SEL_LAB122.PV	ON		
CO2				
AD1	SW_CV-3.SW	1	LAB12	
AD2	SW_CV-31.SW	1	LAB12	
AD3	SEL_LAB122.PV	N		
AD4	SW_CV-31.MODE	AUT		
AD5	CV-3.MODE	AUT		
AD6				
AD7				
AD8				
AD9				
A10				
A11				
A12				
A13				
A14				
A15				
A16				

ภาพที่ 3.12 แสดง Sequence Table (ST_SEL3)

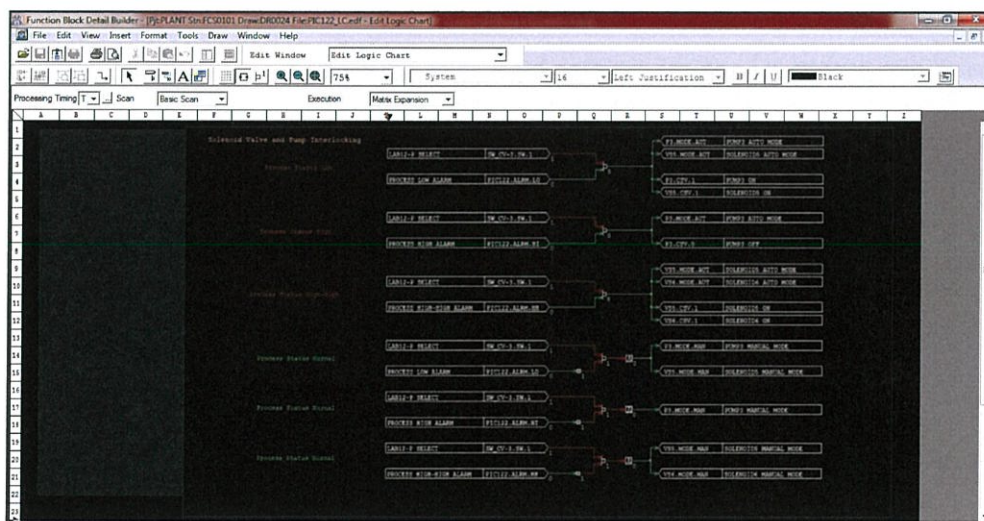
- การสร้างหน้า Control Drawing สำหรับใช้ควบคุมความดัน
 การสร้างหน้าแลปที่ใช้ควบคุมการจะประกอบด้วย 3 ส่วนคือ
 1. PVI block (PT3-H) ใช้สำหรับการรับค่า PV (Process Variable) จากเครื่องมือวัดความดันเพื่อนำมาแสดงผล
 2. PID block (PIC122) ใช้ควบคุมกระบวนการโดยการปรับค่า PID โดยจะรับค่า PV (Process Variable) มาทำการเปรียบเทียบค่า แล้วจะส่งเอาท์พุทไปที่ MLD-SW block เพื่อทำการส่งค่าไปควบคุมอินเวอร์เตอร์ต่อไป
 3. LC64 block (PIC122_LC) เป็น block ที่ใช้สำหรับสร้างเงื่อนไขในการทำงานเพื่อใช้เปิดหรือปิดปั๊มน้ำและ solenoid valve



ภาพที่ 3.13 หน้า Control Drawing 24 สำหรับใช้ควบคุมความดัน

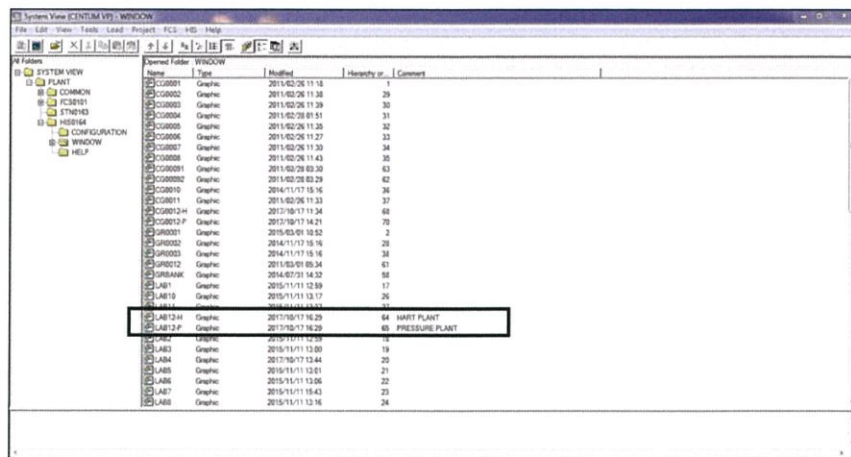
ในส่วนของ LC64 block (PIC122_LC) จะใช้ในการสร้างเงื่อนไขเพื่อควบคุมการทำงานแบบ Interlocking ของปั้มน้ำและ solenoid valve โดยมีหลักการดังนี้

1. ขณะที่ค่า PV (Process Variable) อยู่ที่สถานะ Low ปั้มน้ำ P3 และ solenoid valve 5 (ทางเข้าถัง) จะถูกเปลี่ยนเป็นโหมด Auto และจะถูกสั่งให้เป็น 1 (สั่งเปิด) เพื่อให้ น้ำเพิ่มเข้ามาในถังเพื่อเพิ่มความดัน
2. เมื่อค่า PV (Process Variable) หลุดออกจากสถานะ Low ปั้มน้ำ P3 และ solenoid valve 5 (ทางเข้าถัง) จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นโหมด Manual
3. เมื่อค่าของ PV (Process Variable) ถึงสถานะ High ปั้มน้ำ P3 จะถูกเปลี่ยนเป็นโหมด Auto และจะถูกสั่งให้เป็น 0 (สั่งปิด) ทันทีเพื่อไม่ให้มีน้ำเพิ่มเข้ามาในถังควบคุมความดัน
4. ถ้าเกิดสถานการณ์ที่ค่า PV (Process Variable) ถึงสถานะ High-High solenoid valve 5, 6 (ทางออกถัง) จะถูกเปลี่ยนเป็นโหมด Auto และจะถูกสั่งให้เป็น 1 (สั่งเปิด) ทันทีเพื่อให้สร้างสมดุลความดันภายในถัง
5. เมื่อค่าของ PV (Process Variable) หลุดออกจากสถานะ High-High solenoid valve 5, 6 จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นโหมด Manual
6. เมื่อค่าของ PV (Process Variable) หลุดออกจากสถานะ High ที่ได้กำหนดไว้ ปั้มน้ำ P3 จะถูกเปลี่ยนกลับเป็นโหมด Manual เหมือนเดิม



ภาพที่ 3.14 Logic Chart (PIC122_LC)

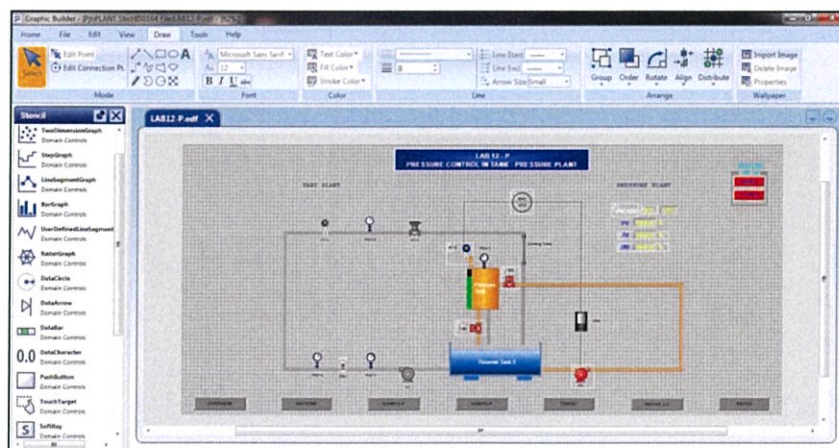
3.4 การสร้างหน้า Graphic



ภาพที่ 3.15 หน้า Window ที่ใช้สำหรับเก็บหน้า Graphic

- การสร้างหน้าแลปที่ใช้ควบคุมกระบวนการ

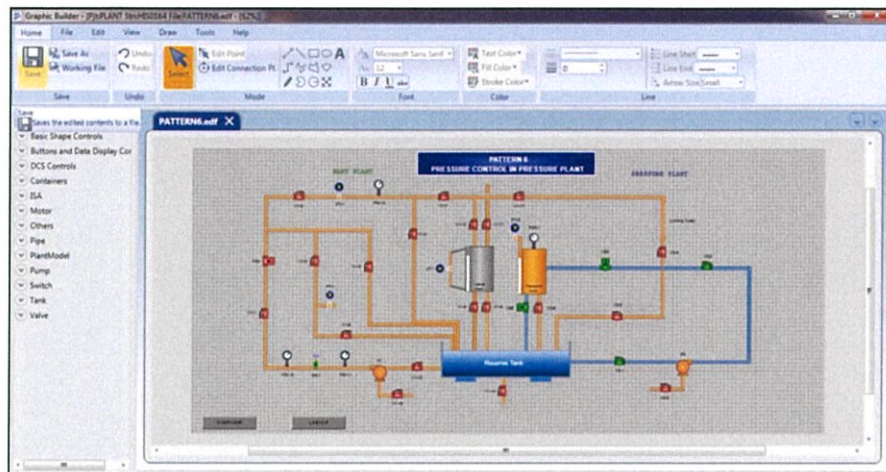
หน้านี้จะ เป็น หน้า ที่ แสดง ถึง กระบวนการ ควบคุม ความดัน ใน ถัง ปิด ซึ่ง จะ เริ่ม จาก การ สูบ น้ำ จาก บั้ม น้ำ ขึ้น ไป ที่ ถัง แล้ว ไหล กลับ มา ที่ ถัง พัก โดย ที่ จะ สามารถ ควบคุม ความดัน ใน ถัง ได้ จาก ปริมาณ น้ำ ที่ สูบ เข้า ไป ใน ถัง และ การ ควบคุม การ เปิด ปิด ของ solenoid valve ซึ่ง ใน หน้า นี้ จะมี ปุ่ม touch target ที่ เชื่อม ต่อ ไป ยัง อุปกรณ์ ต่าง ๆ เพื่อ ตรวจสอบ สถานะ, ควบคุม การ เปิด ปิด และ สามารถ ควบคุม กระบวนการ ได้ จาก PID control block



ภาพที่ 3.16 หน้า Graphic สำหรับควบคุมความดันในถังปิด LAB12-P

- การสร้างหน้า Pattern สำหรับการใช้งานแพลนโมเดล

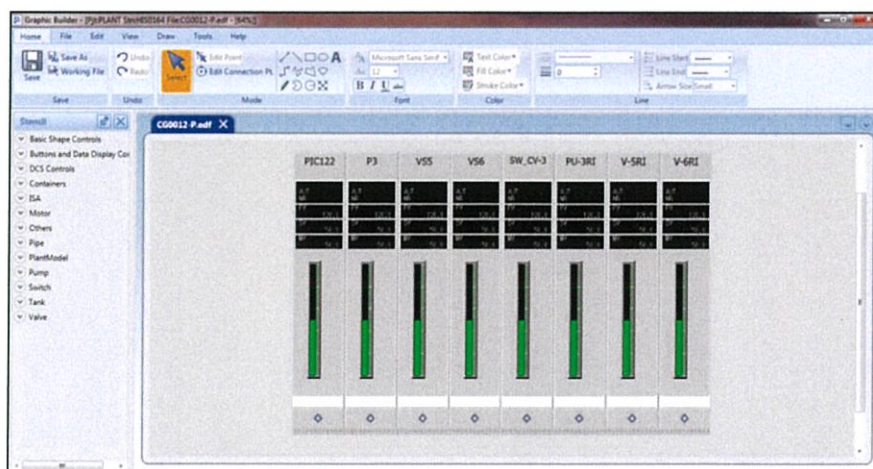
หน้า Pattern เป็นหน้าที่ใช้บอกรูปแบบของการจัดอุปกรณ์บนแพลนโมเดล เพื่อให้พร้อมที่จะเริ่มทำแลป โดย Pattern 6 นี้จะแสดงโครงสร้างของแพลนสำหรับการควบคุมความดันในถังปิด และการตั้งค่าการเปิดปิดวาล์วให้ตรง เพื่อพร้อมสำหรับการควบคุม



ภาพที่ 3.17 หน้า Pattern 6 สำหรับการควบคุมความดันในถังปิด

- การสร้างหน้า Control Group สำหรับการควบคุมกระบวนการ

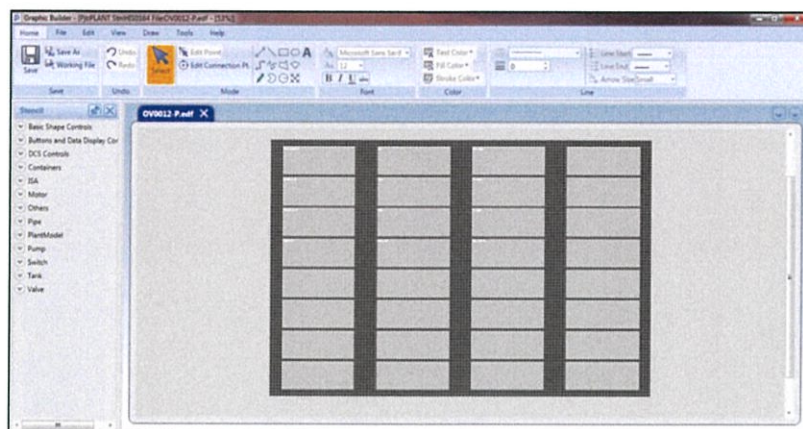
หน้า Control Group เป็นหน้าที่รวบรวม faceplate ทั้งหมดที่ใช้ในการควบคุมกระบวนการ เช่น การปรับค่าพารามิเตอร์, การเปิดปิดปั๊มน้ำและ solenoid valve ซึ่งสร้างความสะดวกในการใช้งาน



ภาพที่ 3.18 หน้า Control group (CG0012-P)

- การสร้างหน้า Overview สำหรับการควบคุมกระบวนการ

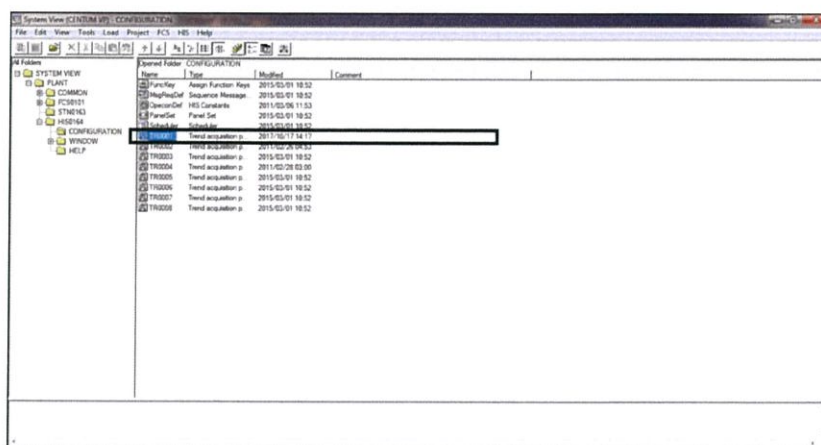
หน้า Overview เป็นหน้าที่แสดงค่าสถานะทั้งหมดของตัวอุปกรณ์แต่ละตัวที่ใช้ในกระบวนการ และยังสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้า faceplate หลักของอุปกรณ์นั้นได้อีกด้วย



ภาพที่ 3.19 หน้า Overview (OV0012-P)

- การสร้างหน้า Trend สำหรับการควบคุมกระบวนการ

หน้า Trend คือหน้าที่ใช้แสดงสถานะของกระบวนการในรูปแบบของ Graph โดยดึงค่ามาจาก tag ที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ ใน 1 หน้าสามารถใช้ได้ทั้งหมด 8 ค่า ซึ่งในโปรแกรมนี้จะทำการดึงค่ามาจาก กระบวนการควบคุมความดันในถังปิดทั้งหมด 3 ค่า คือ PV (Process Variable), SV (Set point Variable), MV (Manipulated Variable) โดย Trend graph นี้สามารถนำไปวิเคราะห์สถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้



ภาพที่ 3.20 หน้า Configuration ที่ใช้สำหรับเก็บหน้า Trend

Block Number and Format	Acquisition Data	Data Axis Span Change	Low limit value	High limit value	Data type
1	PIC122.FV	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	100.0	Default
2	PIC122.SV	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	100.0	Default
3	PIC122.MV	<input checked="" type="checkbox"/>	0.0	100.0	Default
4		<input type="checkbox"/>			
5		<input type="checkbox"/>			
6		<input type="checkbox"/>			
7		<input type="checkbox"/>			

ภาพที่ 3.21 หน้า Trend (TR0001) group7

3.5 การทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A

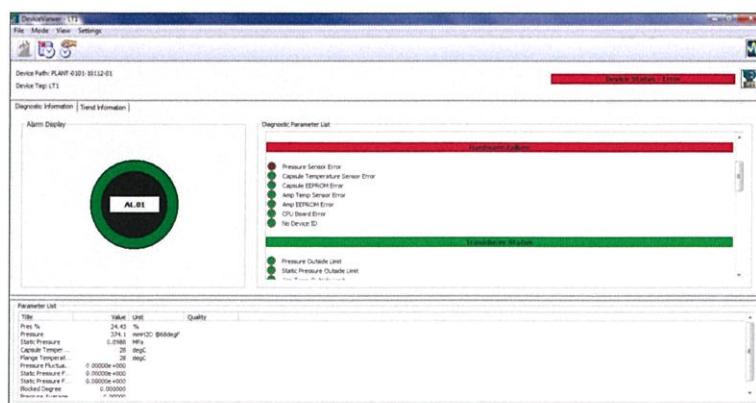
ในส่วนของเครื่องมือวัดความดันจะเป็นการทดลองการวินิจฉัยความผิดปกติ (Diagnostic) ในส่วนของการส่งข้อมูลจากเซนเซอร์มายังอุปกรณ์ ซึ่งจะทำการทดสอบ 3 อย่างคือ

1. Pressure Sensor Failure การเตือนแบบนี้หมายถึง การเตือนความล้มเหลวของการส่งข้อมูลเกี่ยวกับ การส่งค่าความดันของกระบวนการจากเซนเซอร์วัดความดัน
2. Capsule Temperature Sensor Failure การเตือนแบบนี้หมายถึง การเตือนความล้มเหลวของการส่งข้อมูลเกี่ยวกับ การส่งค่าอุณหภูมิของแคปซูลเซนเซอร์จากเซนเซอร์ตัววัด
3. Capsule EEPROM Failure การเตือนแบบนี้หมายถึง การเตือนความล้มเหลวของการส่งข้อมูลเกี่ยวกับ การส่งข้อมูลจาก Capsule EEPROM

ในขั้นตอนการทดสอบจะประดิษฐ์สายแพร์เพื่อช่วยการทดสอบ โดยจะทดสอบจากการถอดสายเซนเซอร์ที่อยู่ในอุปกรณ์ 10 เส้น เพื่อดูลักษณะการเตือนของแต่ละสาย



ภาพที่ 3.22 การทดสอบการเตือนของสายเซนเซอร์แต่ละเส้น



ภาพที่ 3.23 การเตือนของ Pressure Sensor Error บนโปรแกรม PRM

หลังจากที่ทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว จะเป็นการออกแบบป้ายและชุดอุปกรณ์เพื่อใช้สำหรับการทดลองสร้างสถานการณ์ให้เกิดการล้มเหลว และใช้ศึกษาการเตือนที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.24 การออกแบบชุดทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A

3.6 การทดสอบ diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34

นอกจากเครื่องมือวัดจะใช้สำหรับการวัดค่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการแล้ว เครื่องมือวัดเหล่านี้ยังมีฟังก์ชันการวินิจฉัยความผิดปกติที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์ (Diagnostic) ด้วย ในส่วนของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34 นี้ก็จะมีฟังก์ชัน Diagnostic เช่น การตรวจสอบการถูกกัดกร่อนในท่อ (Corrosion Detection), การตรวจสอบเมื่อในท่อไม่มีของเหลว (Empty Pipe Detection) แต่ในโครงการนี้จะทำการทดสอบการเกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ (Slug Flow) ซึ่งได้กล่าวถึงในส่วนของเนื้อหา

ในการจำลองการเกิด Slug Flow ขั้นแรกจะต้องทำการตั้งค่าในเครื่องมือวัดเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการตรวจจับฟองอากาศขนาดใหญ่ (Slug Detection) ซึ่งจะต้องตั้งค่าดังนี้

1. Slug Criteria เป็นการตั้งค่าว่าจะให้ตรวจจับฟองอากาศที่ปริมาณเท่าใด (ตั้งค่าที่ขนาด 0-13 V) เนื่องจากในขณะที่เกิด Slug Flow ที่ Drive Coil จะต้องจ่ายความต่างศักย์เพิ่มขึ้นในการทำให้ท่อสั้น จึงมีการนำค่านี้มาใช้ในการตรวจจับ และส่งเป็นสัญญาณเตือน

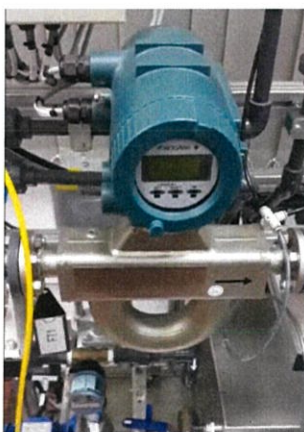
2. Slug Duration เป็นการตั้งค่าเวลาวินาที (Sec) หน่วงเวลาในการตรวจจับ Slug Flow เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศขนาดเล็กหรือการเกิดฟองอากาศระยะสั้น

3. After Slug เป็นการเลือกโหมดเมื่อมีการเริ่มตรวจจับ Slug Flow แล้วว่าจะให้เครื่องมือวัดค้างค่าเอาไว้ (Hold) หรือจะให้ทำการวัดต่อ (Measure)

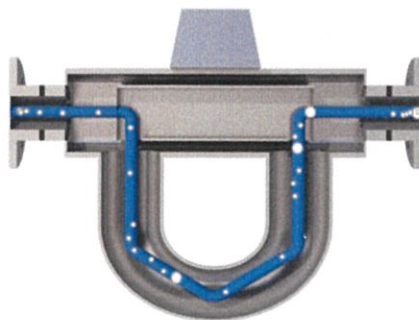
4. Drive gain Damping เป็นการตั้งเวลาวินาที (Sec) ในการหน่วงการทำงานของ Drive Coil เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดฟองอากาศขนาดเล็กหรือการเกิดฟองอากาศระยะสั้น

หลังจากที่ตั้งค่าที่ตัวเครื่องมือวัดแล้ว จะเริ่มทำการทดสอบโดยการใส่ลมเข้าไปในท่อโดยใช้ปั๊มลม

ในช่วงก่อนที่จะผ่านเครื่องมือวัด เมื่อปริมาณลมถึงช่วงค่าที่ตั้งไว้ ที่หน้าจอของเครื่องมือวัดจะแสดงการเตือนการเกิดฟองอากาศขนาดใหญ่ภายในท่อ (Slug Detection)



ภาพที่ 3.25 การทดสอบ Slug Detection



ภาพที่ 3.26 ภาพจำลองการไหลของอากาศภายในท่อ

เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้วจะทำการจัดเป็นชุดการทดลอง โดยในการทดสอบการตรวจจับฟองอากาศขนาดใหญ่ในเครื่องมือวัดอัตราการไหล จะมีการออกแบบแผ่นป้ายของ Slug Flow Detection



ภาพที่ 3.27 แบบจำลองแผ่นป้าย Slug Detection

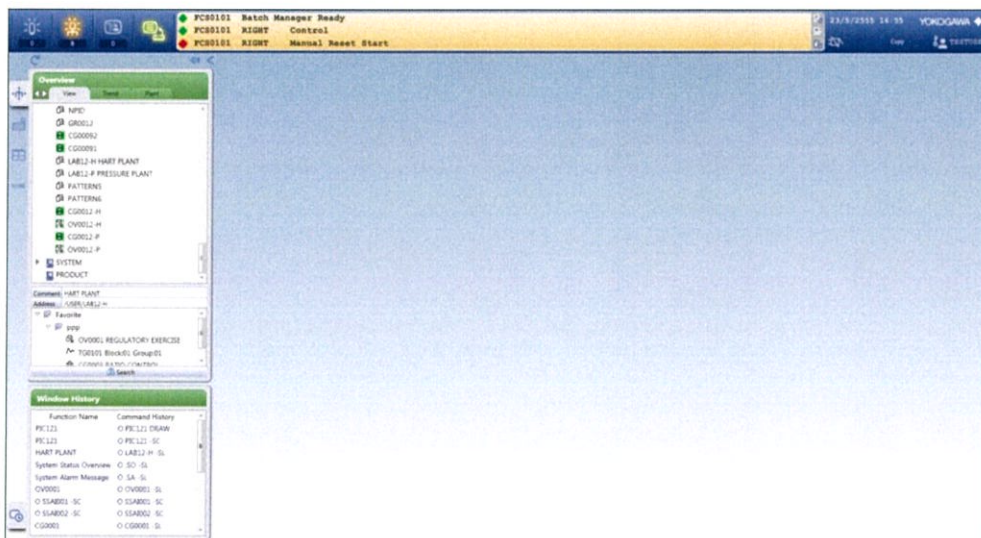
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

หลังจากการเขียนหน้าโปรแกรมและหน้ากราฟิกของกระบวนการควบคุมความดันภายในถังปิด โดยใช้โปรแกรม System view แล้ว จะทำการทดสอบฟังก์ชันการใช้งานโดยการ Test function เพื่อดูผลตอบสนองที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ใน Function block Sequence table (ST16) และ Function block Logic chart (LC64) โดยการควบคุมบนหน้าต่างต่าง BKHBos

4.1 การ Test function โปรแกรม โปรเจค

เริ่มต้นด้วยการเปิดไฟล์โปรเจคที่โปรแกรม System view แล้วทำการ Test function ซึ่งการ Simulate นี้จะเป็นการจำลองเสมือนจริงซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการใช้งานจริง โดยจะปรากฏหน้าต่างหลัก BKHBos เพื่อเริ่มต้นในการใช้งาน ดังแสดงในรูปต่อไปนี้

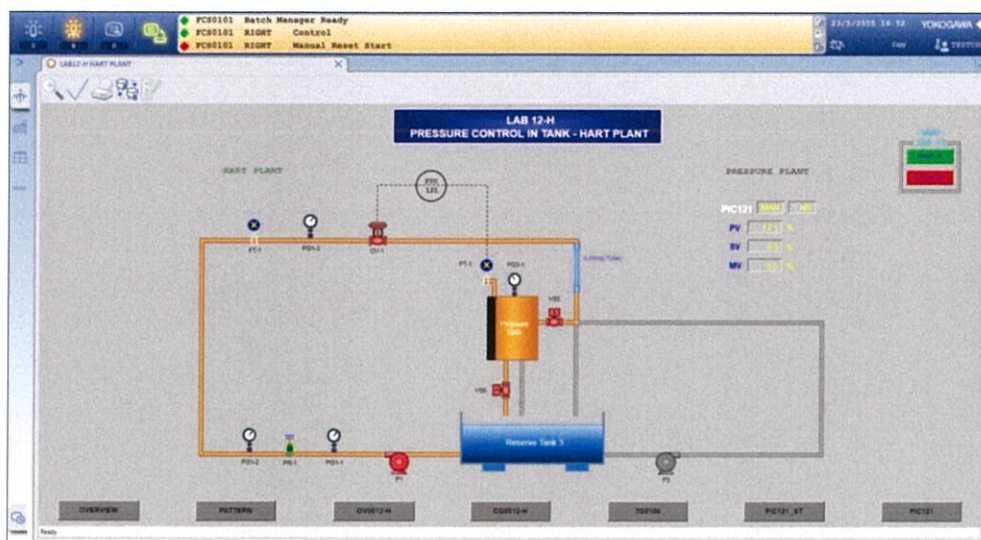


ภาพที่ 4.1 หน้าต่างโปรแกรม BKHBos

4.1.1 หน้ากราฟิกสำหรับควบคุมความดันภายในถังปิด

หน้ากราฟิกสำหรับควบคุมความดันภายในถังปิด จะเป็นหน้าจอหลักสำหรับการควบคุมกระบวนการซึ่งสามารถลิงค์ไปยังหน้ากราฟิกอื่นและหน้า Faceplate สำหรับการปรับค่า SV, MV การ

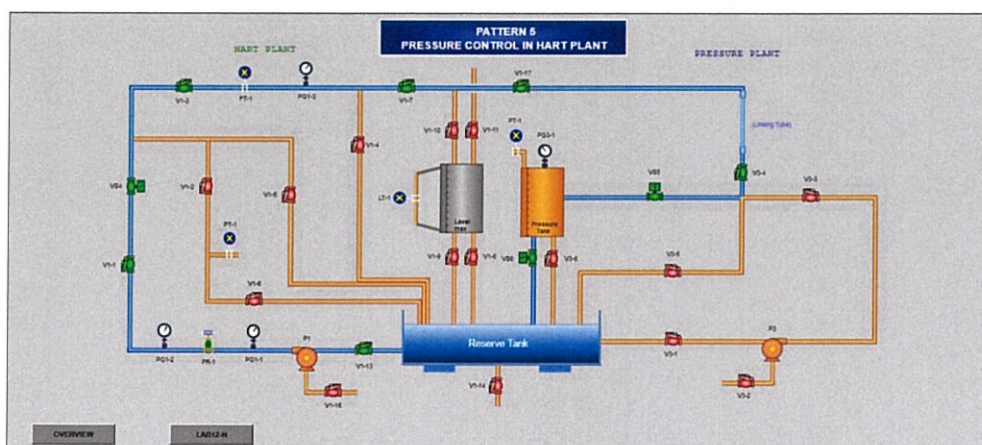
ควบคุมการทำงานของ Pump และ Solenoid valve และการดูกราฟแสดงผลค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เปลี่ยนแปลงไป



ภาพที่ 4.2 หน้ากราฟสำหรับควบคุมความดันภายในถังปิด

4.1.2 หน้า Pattern รูปแบบการเตรียมแพลนโมเดล

หน้า Pattern รูปแบบการเตรียมแพลนโมเดล เป็นหน้ารูปแบบตัวอย่างสำหรับการจัดตำแหน่งการเปิด/ปิดวาล์ว ให้เหมาะสมกับการใช้งานควบคุมแพลนโมเดล



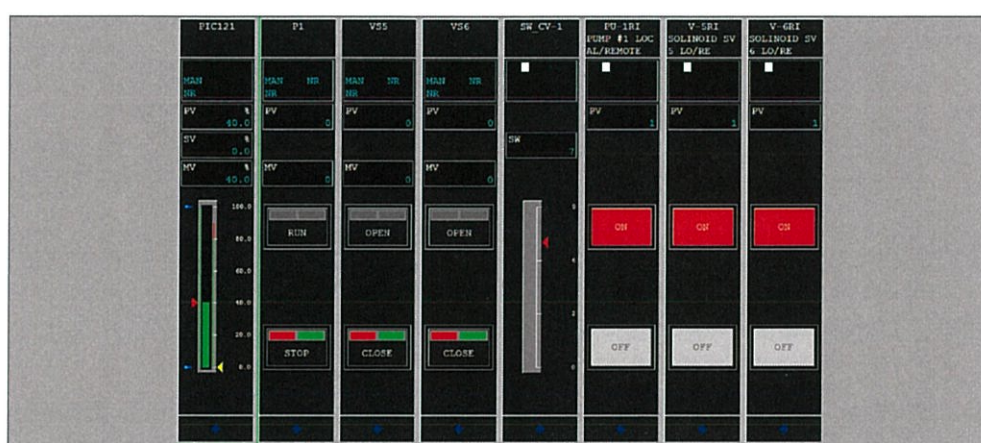
ภาพที่ 4.3 หน้า Pattern รูปแบบการเตรียมแพลนโมเดล

4.1.3 หน้า Process control drawing DR0023

หน้า Process control drawing DR0023 เป็นหน้าของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมโดยการรับค่า Process variable จากหน้างานมาแล้วสั่งการควบคุมกระบวนการโดยใช้อินเวอร์เตอร์ในการควบคุมการทำงานของปั้มน้ำ และมีส่วนของเงื่อนไข interlocking ในการสั่งการในกรณีเกิดสภาวะผิดปกติ

4.1.4 หน้า Control group CG0012-H

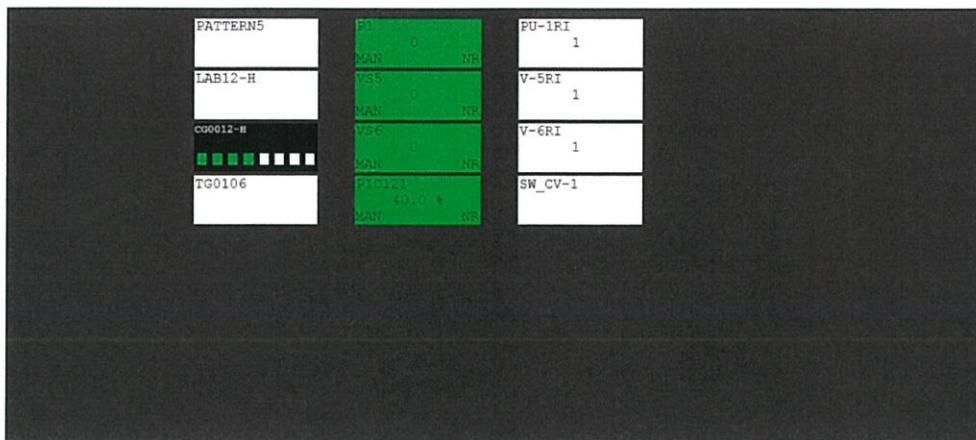
หน้า Control group CG0012-H เป็นหน้าต่างที่รวม Faceplate ต่างๆที่ใช้ในกระบวนการควบคุมความดันภายในถังปิด ซึ่งประกอบด้วย ส่วนควบคุมความดัน PIC121, ส่วนควบคุมอุปกรณ์ P1, VS5, VS6



ภาพที่ 4.4 หน้า Control group CG0012-H

4.1.5 หน้า Overview OV0012-H

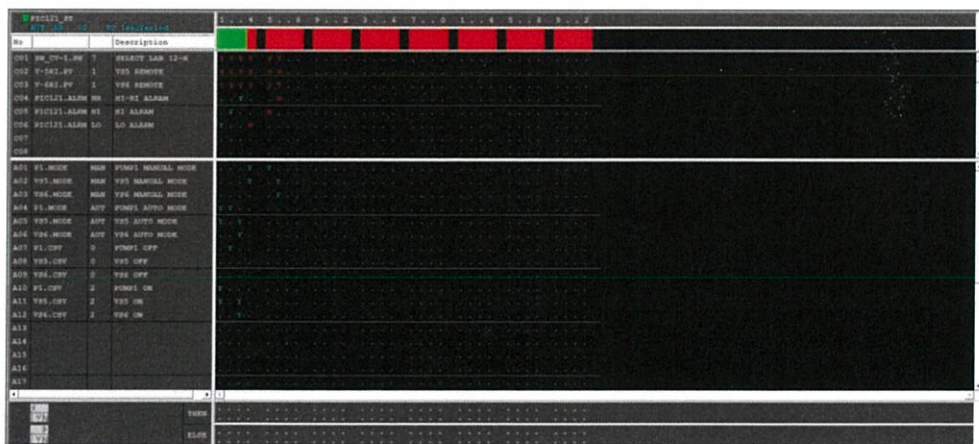
หน้า Overview OV0012-H เป็นหน้าต่างที่รวมการแสดงผลสถานะต่างๆของกระบวนการ เช่น สถานะ High/Low alarm ของกระบวนการวัดความดัน, แสดงค่า PV (Process variable) ของกระบวนการ, แสดงสถานะเปิด/ปิดของโซลินอยด์วาล์วและปั้มน้ำ และแสดงโหมดในการควบคุม เป็นต้น



ภาพที่ 4.5 หน้า Overview OV0012-H

4.1.6 หน้า Sequence Table PIC121_ST

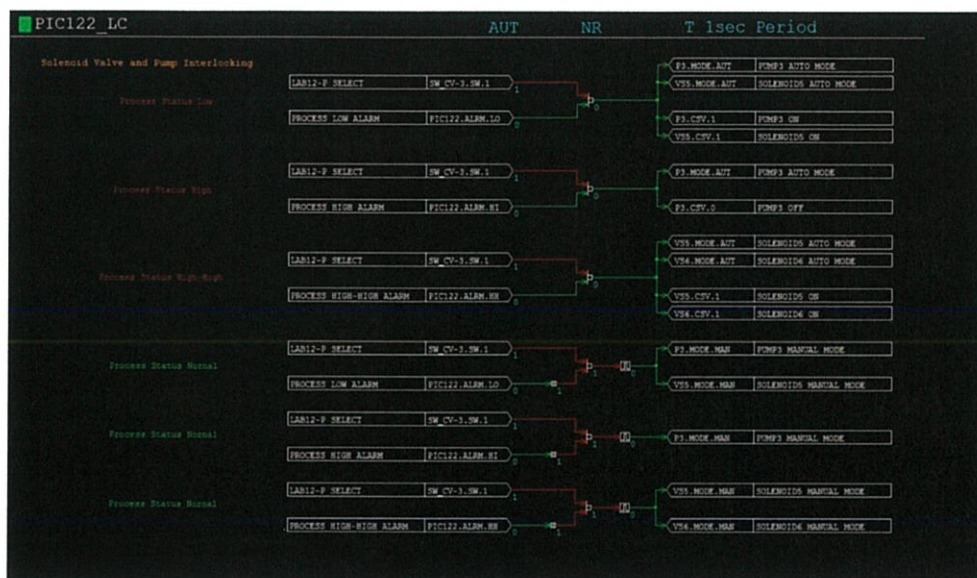
หน้า Sequence Table PIC121_ST เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับการควบคุมแบบ interlocking ในการสร้างเงื่อนไขเพื่อสั่งการ output ให้ปฏิบัติตามเมื่อเกิดสถานการณ์ต่างๆ เช่นการรับสถานะ High Alarm มาเพื่อสั่งการเปลี่ยนโหมดปั๊มน้ำให้เป็นโหมด Auto และสั่งการให้ปั๊มปิด เป็นต้น



ภาพที่ 4.6 หน้า Sequence Table PIC121_ST

4.1.7 หน้า Logic Chart PIC122_LC

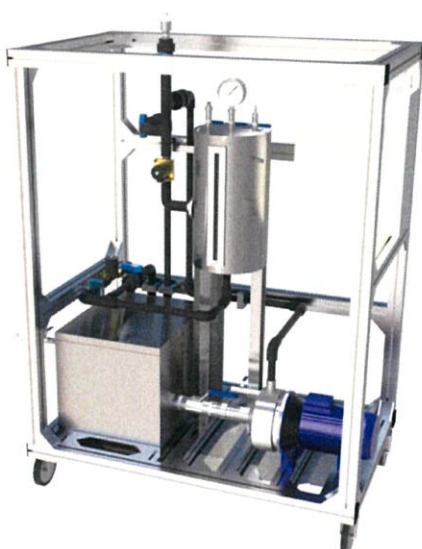
หน้า Logic Chart PIC122_LC เป็นหน้าต่างที่ใช้สำหรับการควบคุมลอจิก เพื่อทำ interlocking ในการรับสถานะมา เมื่อลอกจิกเป็นจริงตามที่กำหนดก็จะสั่งการ output ไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์



ภาพที่ 4.7 หน้า Logic Chart PIC122_LC

4.2 การออกแบบแพลนโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด

เนื่องจากติดปัญหาในโครงการนี้จึงทำในส่วนการออกแบบแพลนโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิดเท่านั้น ซึ่งแพลนนี้จะเป็นส่วนเสริมที่แยกออกมาจากแพลนโมเดลหลัก โดยมีถังแอสแตนเลสและปั้มน้ำสำหรับควบคุมความดันในตัว และมีชุดโซลินอยวาล์วเพื่อใช้ในการทำ interlocking



ภาพที่ 4.8 แบบสามมิติแพลนโมเดลสำหรับควบคุมความดันในถังปิด

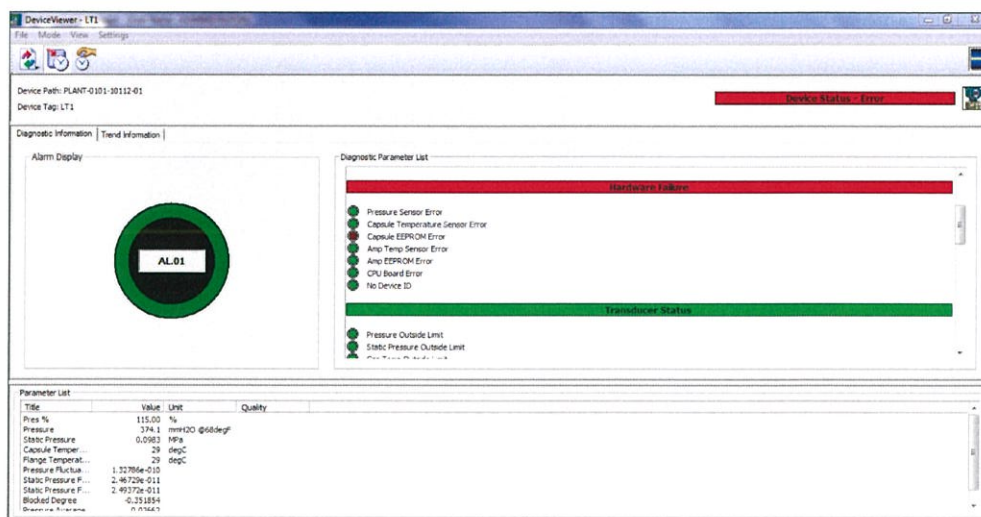
4.3 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A



ภาพที่ 4.9 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A

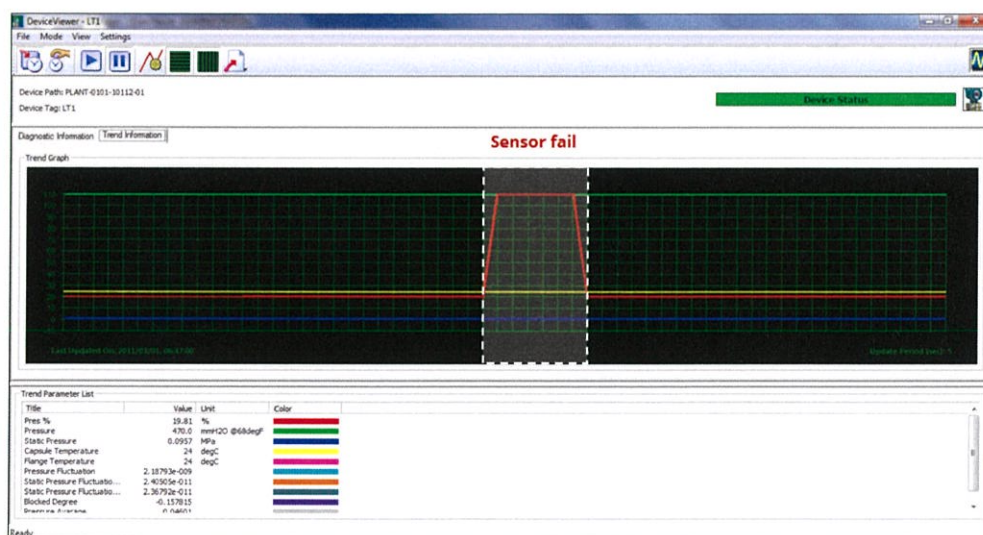
หลังจากทดสอบเครื่องมือวัดแล้ว จึงนำมาสร้างเป็นชุดทดลองเพื่อดูลักษณะของผลตอบสนองที่เกิดขึ้นจากการ fail ของเซนเซอร์แต่ละตัว ในขณะที่มีการทำงานของกระบวนการโดยใช้ Lab2 Pressure control in Hart plant ใน Project Plant (DCS) เพื่อทดลอง เมื่อควบคุมระดับของของเหลวให้คงที่ ใน Auto mode แล้วจึงเริ่มการสร้างความผิดปกติ ในชุดทดลองฟังก์ชันการตรวจสอบความผิดปกติของเครื่องมือวัดระดับ แล้วจึงใช้โปรแกรม Plant Resource Manager (PRM) เพื่อดู Alarm ของเครื่องมือวัดที่หน้าต่าง Device Viewer และใช้โปรแกรม DCS Centum VP เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงจากกราฟของกระบวนการ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1. กดปุ่ม Push Button Switch SW-1 ค้างไว้ 10 วินาที ผลที่เกิดขึ้น



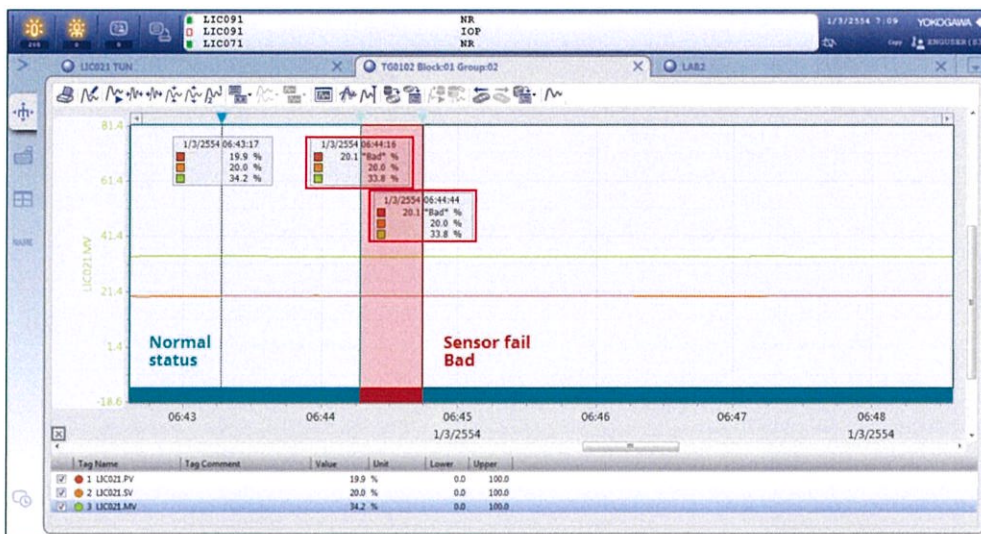
ภาพที่ 4.10 (SW-1) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM

- 1.1 Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM Capsule EEPROM Error



ภาพที่ 4.11 (SW-1) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรม PRM

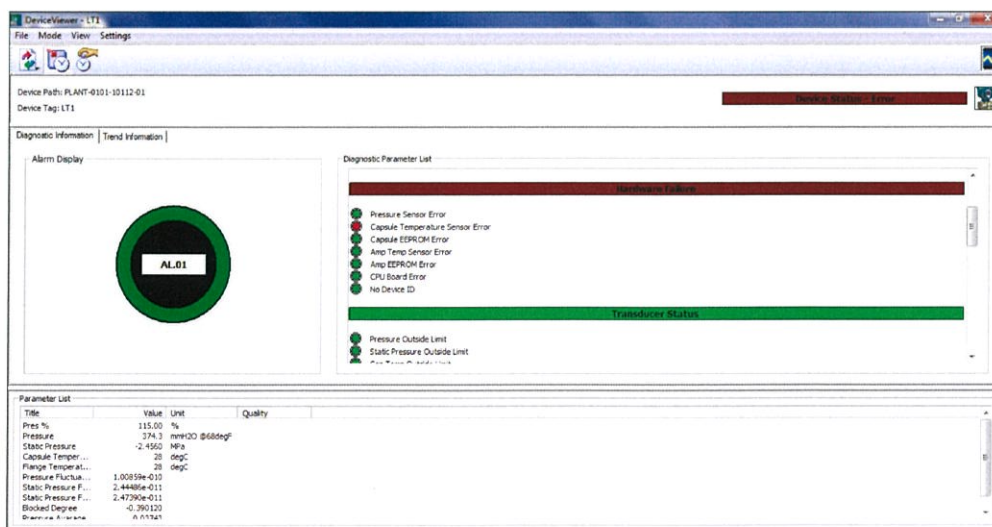
- 1.2 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรม PRM ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-1) จะเกิด error ที่ค่า %Pressure



ภาพที่ 4.12 (SW-1) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS

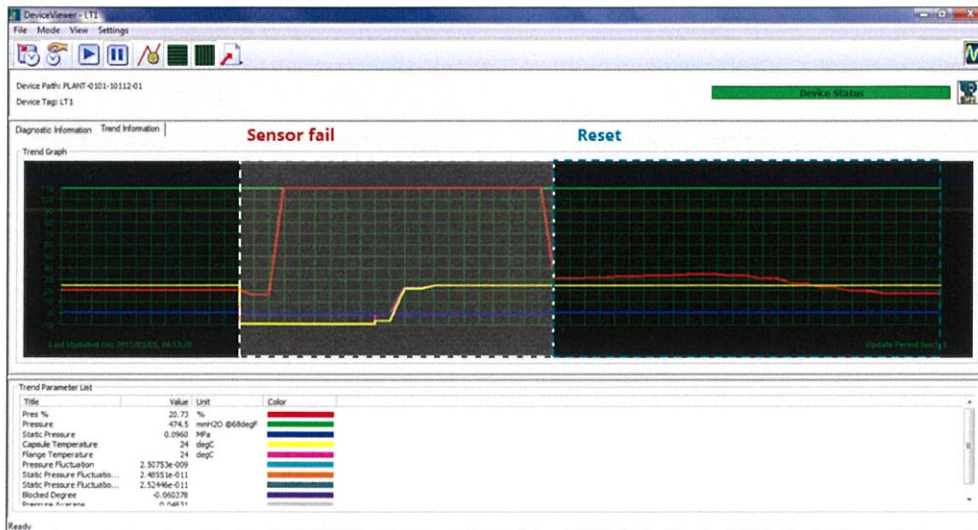
1.3 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรม DCS ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-1) จะเกิดสถานะ Bad ที่ค่า PV (Process variable) และที่ LIC021 จะเปลี่ยนเป็น Manual mode

2. กดปุ่ม Push Button Switch SW-2 ค้างไว้ 10 วินาที ผลที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 4.13 (SW-2) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM

2.1 Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM Capsule Temperature Sensor Error



ภาพที่ 4.14 (SW-2) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM

2.2 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-2) จะเกิด error ที่ค่า Capsule Temperature ในระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นก็จะกลับมาอยู่ที่ค่าเดิม และเกิด error ที่ค่า %Pressure

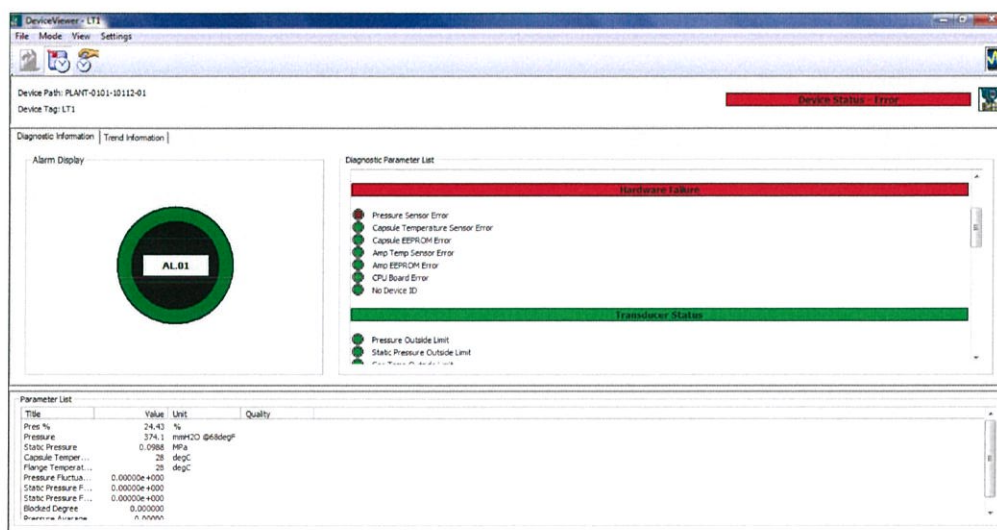


ภาพที่ 4.15 (SW-2) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS

2.3 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรม DCS ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-2) จะเกิดสถานะ Bad ที่ค่า PV (Process variable) และที่ LIC021 จะเปลี่ยนเป็น Manual mode

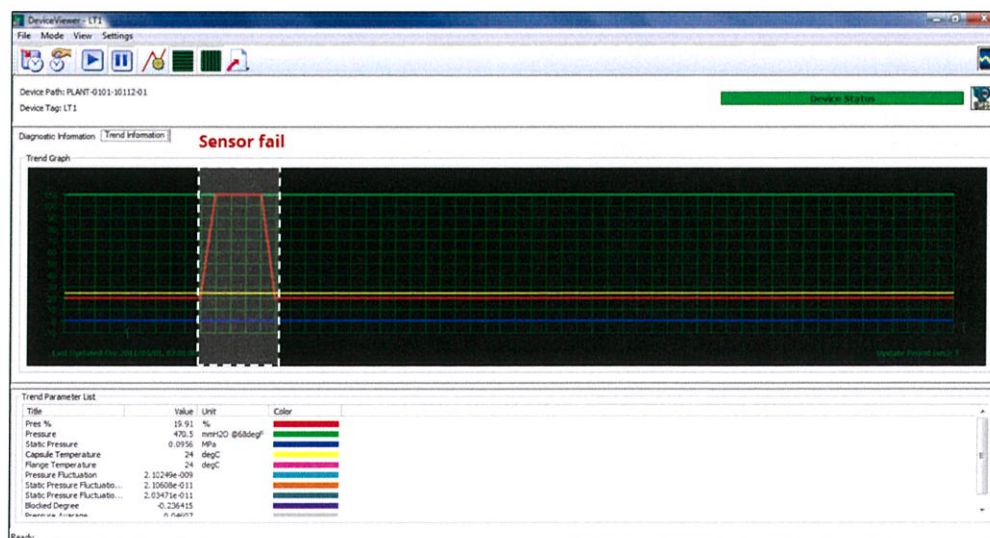
2.4 กดปุ่ม Reset แล้วอธิบายผลที่เกิดขึ้น เมื่อทำกดปุ่ม Reset และเปลี่ยนให้เป็น Auto mode เครื่องมือวัดจะวัดค่าและควบคุมระบบให้กลับมาที่ค่า SV (Set point)

3. กดปุ่ม Push Button Switch SW-3 ค้างไว้ 10 วินาที ผลที่เกิดขึ้น



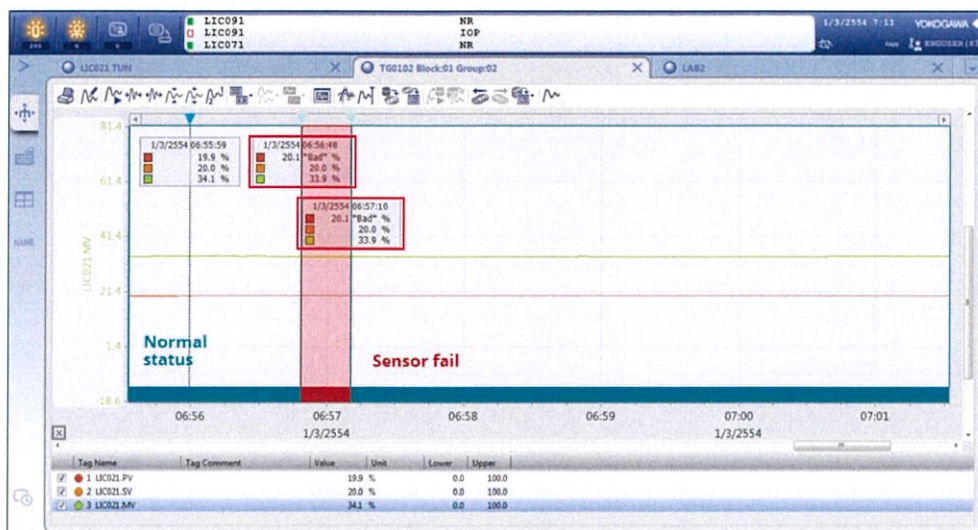
ภาพที่ 4.16 (SW-3) Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM

3.1 Alarm ที่เกิดขึ้นในโปรแกรม PRM Pressure Sensor Error



ภาพที่ 4.17 (SW-3) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM

3.2 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมPRM ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-3) จะเกิด error ที่ค่า %Pressure



ภาพที่ 4.18 (SW-3) ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS

3.3 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรม DCS ในช่วงเวลาที่เซนเซอร์ fail (ขณะที่กด Push button switch SW-3) จะเกิดสถานะ Bad ที่ค่า PV (Process variable) และที่ LIC021 จะเปลี่ยนเป็น Manual mode

4.4 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34



ภาพที่ 4.19 ชุดทดลอง diagnostic ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34

หลังจากทดสอบเครื่องมือวัดแล้ว จะทดลองการเกิด Slug flow โดยการใส่ลมเข้าไปในท่อขณะที่มีการทำงานของกระบวนการโดยใช้ Lab1 Flow control in Hart plant ใน Project Plant (DCS) เพื่อทดลอง เมื่อควบคุมอัตราการไหลของของเหลวให้คงที่ ใน Auto mode แล้วจึงเริ่มใส่ลม แล้วดูลักษณะของผลตอบสนองที่เกิดขึ้นโดยใช้โปรแกรม DCS Centum VP เพื่อดูลักษณะการเปลี่ยนแปลงจากกราฟของกระบวนการ ซึ่งได้ผลการทดลองดังนี้

1. เปิดปั๊มเพื่อใส่น้ำเข้าไปในระบบ ควบคุมจาก Lab1 Flow control in Hart plant
2. เปิดวาล์วที่ปั๊มลม ขนาดทำมุมประมาณ 35°
3. เปิดวาล์วสำหรับใส่ลมเข้าไปในท่อ ขนาดทำมุมประมาณ 30° ค้างไว้ 30 วินาที แล้วปิด



ภาพที่ 4.20 ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS

Alarm ที่เกิดขึ้นที่หน้าจอของเครื่องมือวัด Alarm14 (Slug detection)

ความผิดปกติของกราฟในโปรแกรมDCS เกิดการแกว่งของค่าอัตราการไหล ในขณะที่ใส่ลมเข้าไปในท่อ ปริมาณอัตราการไหล (ค่า PV Process Variable) จะลดลง ทำให้ระบบจ่ายค่า MV (Manipulated Variable) เพิ่มขึ้น เมื่อลมหมดค่า PV ที่พุ่งขึ้นก่อนที่จะกลับสู่สภาวะปกติ

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

ส่วนแรกจากการทดสอบ Test function ของ Lab12 Pressure control in closed tank การทำงานของเงื่อนไขและการสั่งการ Interlocking ทั้งของ Function Block Sequence Table และ Function Block Logic Chart เป็นไปตามขั้นตอนที่ได้กำหนดไว้ ในส่วนที่สองชุดทดลอง Diagnostic ของเครื่องมือวัดระดับ EJX110A สามารถแสดง Alarm ตรงตามที่ได้ออกแบบไว้และสามารถนำกราฟจากการทดลองมาวิเคราะห์หาสาเหตุของความผิดปกติได้ ชุดทดลอง Slug Detection ของเครื่องมือวัดอัตราการไหล Rotamass RCCT34 สามารถจำลองสถานการณ์ที่มีการเกิดขึ้นจริงของ Slug ซึ่งผู้ทดลองสามารถศึกษากราฟของการทดลองเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. เนื่องจากมองไม่เห็นภาพการทำงาน จึงทำให้เกิดความล่าช้าในการคิดหัวข้อโครงการ
2. งานในด้านเครื่องมือวัดเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญ จึงจำเป็นต้องมีประสบการณ์

5.3 คำแนะนำ

การทำโครงการสหกิจศึกษาเป็นงานทำขึ้นเพื่อสร้างประโยชน์ให้กับสถานประกอบการซึ่งต้องใช้เวลาในการสร้างความคุ้นเคยกับงานในสายงานนั้น เพื่อที่จะสามารถแก้ไขปัญหา พัฒนา และต่อยอดโครงการให้กับสถานประกอบการได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Instrumentation & Automation Education Center (IAEC), “CENTUM VP Overview”, บริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ.
- [2] Instrumentation & Automation Education Center (IAEC), “CENTUM VP System Configuration”, บริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ.
- [3] Instrumentation & Automation Education Center (IAEC), “CENTUM VP Engineering”, บริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ.
- [4] HART Protocol
Available: <http://www.thailandindustry.com/onlinemag/view2.php?id=1330§ion=8&issues=80>
- [5] รศ.ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์, “วิศวกรรมการวัดคุม”, แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [6] มาตรฐานมวลคอริออริสกับการไหลของเหลว ภายในท่อที่ส่วนผสมของฟองอากาศ
Available: http://www.cbwmthai.org/test/Activity_Detail.aspx?id=12